

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ
ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΜΕΙΨΙΣΠΟΡΑΣ
ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ, ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΚΑΙ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ**

Χ. ΚΑΒΑΛΑΡΗΣ

Διδακτορική διατριβή

ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ 2004

**«Μελέτη εναλλακτικών μεθόδων κατεργασίας του εδάφους
σε συστήματα αμειψισποράς
ζαχαροτεύτλων, καλαμποκιού και βαμβακιού»**

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

- | | | |
|----|--|---|
| 1. | Θ. Γέμτος (επιβλέπων)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Αναπληρωτής Καθηγητής
Γεωργική Μηχανολογία |
| 2. | Χ. Γούλας (μέλος)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Καθηγητής
Γενετική βελτίωση |
| 3. | Σ. Γαλανοπούλου-Σενδούκα (μέλος)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Καθηγήτρια
Γεωργία |

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή

- | | | |
|----|---|--|
| 1. | Θ. Γέμτος (επιβλέπων)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Αναπληρωτής Καθηγητής
Γεωργική Μηχανολογία |
| 2. | Χ. Γούλας (μέλος)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Καθηγητής
Γενετική Βελτίωση Φυτών |
| 3. | Σ. Γαλανοπούλου-Σενδούκα (μέλος)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Καθηγήτρια
Γεωργία |
| 4. | Κ. Τσατσαρέλης (μέλος)
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης | Καθηγητής
Εκμηχάνιση των Καλλιεργειών |
| 5. | Γ. Μαρτζόπουλος (μέλος)
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης | Καθηγητής
Ήπιες Μορφές Ενέργειας στην Γεωργία –
Εκμηχάνιση των Αγροτικών Εκμεταλλεύσεων. |
| 6. | Ν. Σιδηράς (μέλος)
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών | Καθηγητής
Γεωργία |
| 7. | Γ. Παπαδάκης (μέλος)
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών | Αναπληρωτής Καθηγητής
Μηχανολογικός Εξοπλισμός Αγροτικών
Εκμεταλλεύσεων – Εφαρμογές Μεταφοράς
Θερμότητας και Μάζας. |

Χρήστος Κ. Καβαλάρης
Υπότροφος Ι.Κ.Υ.

**«Μελέτη εναλλακτικών μεθόδων κατεργασίας του εδάφους
σε συστήματα αμειψισποράς
ζαχαροτεύτλων, καλαμποκιού και βαμβακιού»**

X. Καβαλάρης (2004). Μελέτη εναλλακτικών μεθόδων κατεργασίας του εδάφους σε συστήματα αμειψισποράς ζαχαροτεύλων, καλαμποκιού και βαμβακιού. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Νέα Ιωνία.

Περίληψη

Η μακροχρόνια χρήση μεθόδων εντατικής κατεργασίας του εδάφους έχει οδηγήσει σε μια σειρά από σημαντικά προβλήματα που σχετίζονται με την υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους. Φαινόμενα όπως η διάβρωση, η συμπίεση, η δημιουργία σκληρού εδαφικού ορίζοντα και η μείωση της οργανικής ουσίας και γενικότερα της γονιμότητας του εδάφους σχετίζονται με τις μεθόδους κατεργασίας και έχουν αποτελέσει αιτία για την μείωση της παραγωγικότητας σε μεγάλες εκτάσεις καλλιεργήσιμης γης τα τελευταία έτη. Επιπλέον, η ανοδική πορεία των τιμών και η επισφαλής προσφορά του πετρελαίου επιτείνουν την ανησυχία και ανασφάλεια στον χώρο της γεωργίας.

Πολλοί ερευνητές προτείνουν την χρήση μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους ή ακαλλιέργειας προκειμένου να επιτευχθούν μια σειρά από οφέλη για την γεωργία όπως η βελτίωση της γονιμότητας μέσω της αύξησης της οργανικής ουσίας, ο περιορισμός της συμπίεσης και της διάβρωσης των εδαφών η αποτελεσματικότερη διαχείριση του νερού κ.α. Επιπλέον, με την εφαρμογή μεθόδων μειωμένων εισροών κατά τη κατεργασία του εδάφους, αναμένεται να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας και εργασίας καθώς και μια σειρά από άλλα οφέλη όπως ο περιορισμός της καταπόνησης και της φθοράς του γεωργικού εξοπλισμού.

Ωστόσο πέρα από τα αναμενόμενα οφέλη, η εισαγωγή μεθόδων μειωμένων εισροών για την κατεργασία του εδάφους δείχνει να παρουσιάζει ορισμένα προβλήματα. Το σημαντικότερο εμπόδιο στην διάδοση και την ευρεία αποδοχή αυτών των μεθόδων είναι μια ενδεχόμενη μείωση της παραγωγής. Πολλές έρευνες έχουν δείξει ότι με την μείωση του βάθους και του αριθμού των επεμβάσεων κατά την κατεργασία του εδάφους προκύπτει μια μείωση στις αποδόσεις των καλλιεργειών. Η μείωση αυτή οφείλεται στην αύξηση της συμπίκνωσης του εδάφους, στον ανταγωνισμό από τα ζιζάνια, στην ελάττωση της θερμοκρασίας του εδάφους με συνέπεια τον περιορισμό του φυτρώματος κ.α. Άλλες έρευνες ωστόσο παρουσιάζουν εντελώς αντίθετα αποτελέσματα. Η παραλλακτικότητα αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι παράγοντες όπως η γεωγραφία, το κλίμα, το έδαφος και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά μιας περιοχής μπορεί να αλληλεπιδρούν με τους υπό μελέτη παράγοντες μεταβάλλοντας τα πειραματικά αποτελέσματα.

Σε σύγκριση με το πλήθος των πειραμάτων που έχουν πραγματοποιηθεί σε βορειότερες Ευρωπαϊκές χώρες, οι έρευνες που αφορούν την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους στις χώρες της Μεσογείου και ειδικότερα στην Ελλάδα, είναι ελάχιστες. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να επεκτείνει την υπάρχουσα γνώση και να διερευνήσει τη δυνατότητα εφαρμογής συστημάτων αειφορικής διαχείρισης του εδάφους κάτω από τις Ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες. Για το σκοπό αυτό εγκαταστάθηκε στο Αγρόκτημα του Π.Θ. στην περιοχή του Βελεστίνου ένα τριετές πείραμα στο οποίο μελετήθηκαν πέντε μέθοδοι κατεργασίας του εδάφους σε συνδυασμό με συστήματα αμειψισποράς που περιελάμβαναν καλλιέργειες καλαμποκιού, βαμβακιού και ζαχαροτεύλων. Σκοπός της εισαγωγής των αμειψισπορών ήταν η αποτελεσματικότερη διαχείριση των ζιζανίων στα συστήματα μειωμένης κατεργασίας. Οι καλλιέργειες των

ζαχαροτεύτλων, του καλαμποκιού και του βαμβακιού καταλαμβάνουν το 72% των αρδευόμενων αροτριάων γεωργικών εκτάσεων της χώρας.

Οι μέθοδοι κατεργασίας που μελετήθηκαν ήταν: 1) Συμβατική κατεργασία με όργωμα σε βάθος 25-30 cm, 2) μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή σε βάθος 20-25 cm ή εδαφοσχίστη σε βάθος 25-30 cm, 3) μειωμένη με περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα σε βάθος 10-12 cm, 4) μειωμένη κατεργασία με δισκοσβάρνα σε βάθος 6-8 cm και 5) ακαλλιέργεια, απ' ευθείας σπορά δηλαδή και καταστροφή της βλάστησης με glyphosate πριν το φύτευμα της καλλιέργειας. Το πείραμα εγκαταστάθηκε σε δύο αγρούς και περιελάμβανε 4 επαναλήψεις.

Κατά την διάρκεια του πειράματος μετρήθηκαν οι μηχανικές και φυσικές ιδιότητες του εδάφους, η προσβολή από τα ζιζάνια, το φύτευμα, η πορεία της ανάπτυξης και οι τελικές αποδόσεις των καλλιεργειών ενώ επιπλέον με ένα σύστημα δυναμομέτρησης που προσαρμόστηκε στον γεωργικό ελκυστήρα μετρήθηκε η απορροφώμενη ισχύς και υπολογίστηκε η κατανάλωση ενέργειας κατά τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για τις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας και ιδίως για την ακαλλιέργεια υπήρχε μια δραματική αύξηση των ζιζανίων. Παρότι η παρεμβολή της καλλιέργειας του καλαμποκιού στα συστήματα της αμειψισποράς έδειξε να επιφέρει μια μείωση των ζιζανίων, εν τούτοις αυτή δεν κρίθηκε επαρκής ώστε να αποφευχθεί η μείωση των αποδόσεων από ανταγωνισμό.

Το έδαφος στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας παρουσίαζε αυξημένη ξηρή φαινομενική πυκνότητα, αυξημένη αντίσταση στην διείσδυση και αυξημένη αντοχή στην διάτμηση. Διαφορές διαπιστώθηκαν και στην υγρασία του εδάφους στην περιοχή της σποροκλίνης όπου οι μέθοδοι μειωμένης κατεργασίας διατηρούσαν μια πιο υγρή επιφάνεια. Εξαίρεση αποτέλεσε η μέθοδος της ακαλλιέργειας στην οποία όταν υπήρχε μεγάλος αριθμός ζιζανίων διαπιστώθηκε ελάττωση της εδαφικής υγρασίας. Προφανώς η άντληση του εδαφικού νερού από τα ζιζάνια με την λειτουργία της διαπνοής προκάλεσε μείωση της εδαφικής υγρασίας.

Αντίθετα με ότι αναφέρεται σε αντίστοιχα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε βορειότερες χώρες, η εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας δεν επηρέασε σημαντικά την μέση θερμοκρασία του εδάφους στην σποροκλίση. Η μόνη επίδραση που διαπιστώθηκε ήταν μια ελάττωση του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας.

Το φύτευμα των καλλιεργειών παρουσίαζε ποικιλία αποτελεσμάτων εξαρτώμενο από τις ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες της κάθε χρονιάς καθώς και από την κατάσταση του εδάφους. Σε γενικές γραμμές, στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας και ιδίως στην ακαλλιέργεια το φύτευμα ήταν μειωμένο διότι δεν υπήρχε ικανοποιητική κάλυψη του σπόρου. Το γεγονός όμως αυτό οφείλονταν στο ότι για την σπορά χρησιμοποιήθηκε μια συμβατική μηχανή σποράς. Η ύπαρξη ενός υψηλότερου επιπέδου εδαφικής υγρασίας ευνόησε την ταχύτερη έναρξη του φυτρώματος κατά τις χρονιές όπου μετά την σπορά δεν σημειώθηκε βροχόπτωση.

Η ανάπτυξη των καλλιεργειών στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ήταν μειωμένη σχετικά με την συμβατική. Το γεγονός αποδίδεται στην αυξημένη συμύκνωση του εδάφους η οποία δυσχέραινε την ανάπτυξη των ριζών και στον ανταγωνισμό από τα ζιζάνια.

Ως αποτέλεσμα της περιορισμένης ανάπτυξης και σε ορισμένες περιπτώσεις του περιορισμένου φυτρώματος, για τις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας υπήρξε μείωση των αποδόσεων. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία η μείωση της απόδοσης στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή κυμαίνονταν από 4,7-8,6%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού με κατακόρυφα ελάσματα από 23,6-37,1%, στην μέθοδο της δισκοσβάρνας από 22,7-37,2% και στην μέθοδο της ακαλλιέργειας από 33,3-52,5%.

Από την ανάλυση των ενεργειακών ισοζυγίων για κάθε καλλιέργεια διαπιστώθηκε ότι το μερίδιο των ενεργειακών εισροών που αντιστοιχεί στην κατεργασία του εδάφους ήταν μικρό (4,3-5,9%) σε σχέση με τις συνολικές ενεργειακές εισροές στο χωράφι κατά την διάρκεια μιας καλλιεργητικής περιόδου. Ως εκ τούτου, τα περιθώρια για εξοικονόμηση ενέργειας ήταν περιορισμένα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την μείωση των εκροών εξαιτίας της μείωσης των αποδόσεων, οδήγησε στην ελάττωση των συντελεστών ενεργειακής αποδοτικότητας και παραγωγικότητας για όλες τις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας και όλες τις καλλιέργειες.

Παρότι η συμβολή της κατεργασίας του εδάφους στο συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο ήταν μικρή, εντούτοις η ενέργεια που χρησιμοποιείται για αυτή προέρχεται αποκλειστικά από άμεση κατανάλωση πετρελαίου στο χωράφι (η κατεργασία του εδάφους με την συμβατική μέθοδο ευθύνονταν για το 49-76% του πετρελαίου που καταναλώνονταν στο χωράφι). Μια σχετική ανεξάρτηση της γεωργικής παραγωγής από τις διακυμάνσεις των τιμών της αγοράς του πετρελαίου θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στην σταθεροποίηση του εισοδήματος των παραγωγών. Με την μείωση της εντατικότητας της κατεργασίας προέκυψε σημαντική εξοικονόμηση πετρελαίου. Με τη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή η εξοικονόμηση ήταν της τάξης του 16-25%, με τη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού με κατακόρυφα ελάσματα της τάξης του 25-36%, με τη μέθοδο της δισκοσβάρνας της τάξης του 32-50% και με την μέθοδο της ακαλλιέργειας της τάξης των 48-75%. Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση πετρελαίου σημειώθηκε στις καλλιέργειες του καλαμποκιού και του βαμβακιού και η μικρότερη στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων διότι ένα υψηλό ποσοστό της άμεσης κατανάλωσης πετρελαίου αντιστοιχούσε για την συγκομιδή.

Από τα παραπάνω στοιχεία προέκυψε ότι η συμβατική κατεργασία του εδάφους αποτελεί την αποτελεσματικότερη μέθοδο διαχείρισης του εδάφους για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων των καλλιεργειών με την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος. Ενδιαφέρον ωστόσο παρουσιάζει και η προοπτική υποκατάστασης του αρότρου με βαρύ καλλιεργητή. Η μέθοδος αυτή προσέφερε παραπλήσιες αποδόσεις με την συμβατική κατεργασία και σημαντική εξοικονόμηση πετρελαίου στον αγρό. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την δυνατότητα αειφορικής διαχείρισης του εδάφους αναδεικνύουν τον βαρύ καλλιεργητή ως ένα από τα πιθανότερα εργαλεία υποκατάστασης του αρότρου στα πλαίσια της τήρησης και των κανόνων της Ορθής Γεωργικής Πρακτικής από την Ε.Ε.

C. Cavalaris (2004). Study of alternative methods of soil tillage in sugarbeet, corn and cotton rotations. Ph. Thesis, University of Thessaly, N. Ionia.

Abstract

The long term use of conventional tillage practices has caused a series of major problems concerning soil quality. Soil erosion, compaction, the formation of hardpan, the reduction of soil organic matter and soil fertility are consequences of the use of intensive tillage techniques and are the main reasons for the reduction of productivity on a vast agricultural land area during the last decades. Additionally, the rise and flocculation of diesel prices and the uncertainty of its availability add to the worry and insecurity of the agricultural community.

Many researchers suggest the adoption of methods of reduced tillage or even no-tillage in order to achieve a series of advantages such as the improvement of soil fertility due to the increase of soil organic matter, the reduction of soil erosion and soil compaction, the most effective use of water e.t.c. In addition, the adoption of low input methods for soil preparation is expected to result in important energy and labour savings as well as a series of other benefits such as the reduction of machinery use and machinery wear.

Beyond the expected benefits however, the introduction of low input methods for soil tillage, presents some difficulties. The greater obstacle seems to be a potential yield reduction. Many researches have shown that reducing tillage depth and tillage intensity cause a reduction on crop production due to increased soil compaction and increased weed infestation as well as reduced soil temperatures that have adverse effects on seed emergence. There are a lot of researches, however, who have found opposite results. The great variability is due to the fact that many external factors such as the geography, the climate, the landscape and the particular characteristics of a region usually interact with the factors on study and alter the results.

Contrary to the number of experiments that have been established in North Europe, the experimental results concerning adaptation of conservation tillage techniques on Mediterranean countries and especially Greece are limited. Objective of the present study was to expand the existing knowledge and to investigate the opportunities for adoption of low input methods of tillage under the Greek climatic conditions. For this purpose on the Farm of the University, in the region of Velestino, a three year experiment was established with five methods of tillage combined with four different rotations including crops of sugar beet, corn and cotton. The rotations were introduced in order to achieve better weed control in the reduced tillage treatments. The selected crops take up the 72% of the irrigated agricultural land of Greece.

The five methods of tillage were: 1). Conventional tillage including ploughing at a depth of 25-30 cm, 2) reduced tillage with heavy cultivator at a depth of 20-25 cm, 3) reduced tillage with a power harrow at a depth of 10-12 cm, 4) reduced tillage with disk harrow at a depth of 6-8 cm and 5) no-tillage, including direct planting and weed destruction with *glyphosate* application, before crop emergence. The experiment was conducted on two fields and included four replications.

During the three year period, measurements were taken concerning the soil physical and mechanical properties, the weed infestation, the progress of crop emergence and crop development and the final yields. In addition, by means of a draft - forward speed - PTO torque and speed recording system, mounted on a field tractor, the absorbed power and the consumed energy for each operation was estimated.

The results indicate that in the reduced tillage methods and especially the no-tillage there is a dramatic increase of weeds. A slight reduction of weeds was noticed when the rotation included corn as previous or present crop but the results weren't satisfactory enough to prevent a yield reduction.

The soil at the conservation tillage methods presented increased dry bulk density, and increased penetration resistance and shear strength. Differences were also found on soil moisture in the seedling zone with the reduced tillage methods presenting greater water content. An exception was found in the method of no-tillage when alive weeds took up the soil surface. In this case the method presented lower moisture regimes probably because the weeds were pumping soil water through the activity of transpiration.

The application of reduced tillage didn't have significant effect on the soil temperature. This finding is in contrast with the findings on northern European countries. The only effect was a slight decrease in the range of the day to night soil temperature variation.

Crop establishment presented wide variability depending on the specific climatic conditions of each year as well as on the soil tilth. Generally speaking, seed emergence at the reduced tillage methods and especially at no-tillage was poor because a conventional planter was used for seeding resulting on ineffective seed coverage. The existence of a greater moisture content in the conservation tillage treatments enhanced seed emergence on years with poor rainfall.

Crop development at the conservation tillage methods was also reduced. Main causes for this was the compacted soil layer at the root zone as well as the increased weed competition.

As a result of the reduced development and the reduced emergence, there was a yield reduction in the conservation tillage methods for all of the three crops. Compared to conventional tillage, yield reduction in the heavy cultivator method was at the rate of 4,7-8,6%. In the method of power harrow yield reduction of 23,6-37,1% was found while in the method of disk harrow yield losses were 22,7-37,2% and in the method of no-tillage 33,3-52,5%.

The energy inputs for soil tillage were relatively small (4,3-5,9%) compared to the total inputs during a growing period. As a result, the margins for energy savings are limited. Combined with the reduced outputs, resulted from reduced yields, a reduction in the terms of "*energy intensity*" and "*energy productivity*" was estimated for all the methods of conservation tillage.

Despite the small contribution of soil tillage on the total energy inputs of a crop, it is true that the energy is originated almost exclusively from diesel fuel. (conventional tillage represented 49-76% of direct fuel use in the field). As it seems, a relative independence of agricultural production from the flocculation of diesel prices could lead to a more stable income for the farmers. As found on the present experiment, reduced tillage intensity resulted in reduced fuel consumption. Fuel savings with the heavy cultivator method were 16-25%, with the power harrow method 25-36%, with the disk harrow 32-50% and with no tillage 48-75%. The greater savings were found on the corn and cotton crops and the lower ones for the sugar beet crop because on the last one a greater quantity of fuel is used during harvest.

From the data presented above it can be concluded that conventional tillage is the most effective method for soil management in order to achieve greater yields with lower energy inputs per unit produced. The method of heavy cultivator however gave slightly smaller yields but offered significant fuel savings. Considering the benefits arising from the adoption of a conservation tillage technique, the heavy cultivator seems to be the most probable implement for the substitution of the plough in order to follow the rules of Good Agricultural Practices of the E.U.

Ευχαριστίες

Στα έτη που μεσολάβησαν από την έναρξη μέχρι και την ολοκλήρωση της διδακτορικής μου διατριβής είχα την ευκαιρία να γαλουχηθώ στην επιστημονική σκέψη, να εμβαθύνω στο επιστημονικό αντικείμενο με το οποίο ασχολήθηκα και να μάθω να χρησιμοποιώ τα εργαλεία της επιστημονικής έρευνας για να φέρω σε πέρας το έργο που ανέλαβα. Θα ήθελα λοιπόν να αναφέρω όλα εκείνα τα άτομα που με ενέπνευσαν και στάθηκαν πλάι μου όλα αυτά τα χρόνια και να τους ευχαριστήσω για την αμέριστη εμπιστοσύνη που μου έδειξαν.

Πρώτα απ' όλους θα ήθελα ολόψυχα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κο Θ. Γέμτο που από την πρώτη στιγμή πίστεψε σε μένα και με την πολύτιμη καθοδήγηση και την αμέριστη συμπαράσταση του σε όλα αυτά τα έτη συνέβαλε καθοριστικά στην έναρξη, την πραγματοποίηση και την ολοκλήρωση της διδακτορικής διατριβής.

Ευχαριστώ επίσης τον κο Χ. Γούλα, καθηγητή μου και μέλος της τριμελούς επιτροπής ο οποίος σε όλες μας τις συναντήσεις με στήριξε ηθικά και με εμπύχωσε ενώ παράλληλα, με την πείρα και τις υποδείξεις του βοήθησε ουσιαστικά και έδωσε λύσεις σε θέματα που αφορούσαν την ανάλυση των στοιχείων του πειράματος

Εξίσου σημαντική ήταν η συμβολή της κας Σ. Γαλανπούλου-Σενδούκα καθηγήτριας μου και επίσης μέλος της τριμελούς επιτροπής, την οποία και ευχαριστώ θερμότερα για τον χρόνο που αφιέρωσε για την επίβλεψη της προόδου της παρούσας μελέτης. Οι υποδείξεις της σε επίμαχα σημεία καθώς επίσης οι πολύτιμες συμβουλές της για την τελική διαμόρφωση του κειμένου συνέβαλαν ουσιαστικά στην βελτίωση της εικόνας της διδακτορικής διατριβής.

Ευχαριστώ θερμά τον κο Κ. Τσατσαρέλη ο οποίος με την εμπειρία και τις γνώσεις του, ιδίως όσον αναφορά το δεύτερο μέρος της παρούσας μελέτης, συνέβαλε ουσιαστικά στην πληρέστερη αξιοποίηση των στοιχείων.

Ευχαριστώ τους κυρίους Χ. Γεωργίου, Μ. Κουρκούτα και Π. Γουβιώτη πρώην φοιτητές του Π.Θ. και νυν Γεωπόνους οι οποίοι στα πλαίσια της πτυχιακής τους διατριβής προσέφεραν χρήσιμη βοήθεια όσον αναφορά το επίπονο κομμάτι των μετρήσεων του αγρού.

Για τους ίδιους λόγους ευχαριστώ τους κυρίους Χ. Καραμούτη και Ι. Παπαθανασίου, Γεωπόνους και συνάδελφους οι οποίοι προσέφεραν την εμπειρία τους και την προσωπική βοήθεια στο κομμάτι που αφορούσε τις μετρήσεις με τα γεωργικά μηχανήματα.

Ευχαριστώ επίσης τον καλό μου φίλο Δημήτρη Συλλούντο ο οποίος με βοήθησε στις μετρήσεις του αγρού κατά το δύσκολο πρώτο έτος της έναρξης του πειράματος.

Τέλος ευχαριστώ την σύζυγο μου Έττα και τα παιδιά μου Ορφέα και Άρια που επέδειξαν απεριόριστη υπομονή για επτά, τέσσερα και ενάμιση έτη αντίστοιχα και μου έδωσαν το απαραίτητο κουράγιο να συνεχίσω.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ 1^ο

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ – ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ο ρόλος της κατεργασίας του εδάφους	1
1.2. Συστήματα κατεργασίας του εδάφους.....	2
1.3. Επίδραση της συμβατικής κατεργασίας στο έδαφος.....	5
1.4. Επίδραση των μεθόδων μειωμένης κατεργασίας στο έδαφος	8
1.5. Αγρονομικές ιδιαιτερότητες κατά την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας	21
1.5.1. Η σπορά	21
1.5.2. Η λίπανση	22
1.5.3. Ο έλεγχος των ζιζανίων	23
1.5.4. Ο έλεγχος των ζωικών εχθρών και των παθογόνων	26
1.6. Οικονομικές επιπτώσεις από την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας.....	28
1.6.1. Επιπτώσεις στο κόστος παραγωγής	28
1.6.2. Επίπτωση στην απόδοση των καλλιεργειών	32
1.7. Κοινωνική αποδοχή των μεθόδων αειφορικής διαχείρισης του εδάφους	38
1.8. Ανακεφαλαίωση και περιγραφή των στόχων του πειράματος	40
1.9. Κριτήρια επιλογής των μεταχειρίσεων	42
1.9.1. Επιλογή μηχανημάτων και μεθόδων κατεργασίας	42
1.9.2. Επιλογή συστημάτων αμειψισποράς	44

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Περιγραφή του πειραματικού σχεδίου	45
2.2. Περιγραφή των μηχανημάτων κατεργασίας	50
2.3. Καλλιεργητικές εργασίες.....	52
2.4. Μετρήσεις	57
2.4.1. Ζιζάνια.....	57
2.4.2. Μηχανικές ιδιότητες του εδάφους	58
2.4.2.1. Ξηρή φαινομενική πυκνότητα	58
2.4.2.2. Αντοχή στη διάτμηση	59
2.4.2.3. Αντίσταση στη διείδυση	60
2.4.3. Εδαφική υγρασία	60
2.4.4. Θερμοκρασία του εδάφους.....	64
2.4.5. Χαρακτηριστικά ανάπτυξης καλλιεργειών	66
2.4.5.1. Ζαχαρότευτλα	66
2.4.5.2. Καλαμπόκι	68
2.4.5.3. Βαμβάκι	69

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Ζιζάνια	71
Συζήτηση	80
3.2. Μηχανικές ιδιότητες του εδάφους	85
3.2.1. Ξηρή φαινομενική πυκνότητα	85
3.2.2. Αντοχή στη διάτμηση	91
3.2.3 Αντίσταση στη διείσδυση	94
Συζήτηση	98
3.3. Εδαφική υγρασία.....	103
Συζήτηση	117
3.4. Θερμοκρασία του εδάφους	119
Συζήτηση	137
3.5. Χαρακτηριστικά ανάπτυξης καλλιεργειών	141
3.5.1. Ζαχαρότευτλα.....	141
3.5.1.1. Φύτρωμα.....	141
3.5.1.2. Ανάπτυξη.....	146
3.5.1.3 Απόδοση	155
3.5.2 Καλαμπόκι.....	163
3.5.2.1. Φύτρωμα	163
3.5.2.2. Ανάπτυξη	166
3.5.2.3. Απόδοση	170
3.5.3. Βαμβάκι	177
3.5.3.1. Φύτρωμα	177
3.5.3.2. Ανάπτυξη	180
3.5.3.3. Απόδοση	182
Συζήτηση	193

ΜΕΡΟΣ 2^ο

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΙΣΡΟΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΙΣΟΖΥΓΙΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

4. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

4.1. Χρήση της ενέργειας στην γεωργική παραγωγή	209
4.2. Ενεργειακή ανάλυση αγροτικών συστημάτων	212
4.3. Εισροές ενέργειας στην γεωργική παραγωγή	214
4.4. Ενέργεια γεωργικών προϊόντων	215
4.5. Ενεργειακά ισοζύγια καλλιεργειών	216

5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1. Γενική μεθοδολογία	221
5.2. Ενέργεια για την κατεργασία του εδάφους	222
5.3. Ενέργεια για την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων και παρασιτοκτόνων	233
5.4. Ενέργεια για την λίπανση	233
5.5. Ενέργεια για την σπορά	234
5.6. Ενέργεια για την άρδευση	234
5.7. Ενέργεια για την συγκομιδή	236
5.8. Ενεργειακές εκροές	237

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	
6.1. Ενέργεια γεωργικών μηχανημάτων.....	239
6.2. Ενεργειακές εισροές	249
6.2.1. Ενέργεια για την κατεργασία του εδάφους	249
6.2.2. Ενέργεια για την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων και παρασιτοκτόνων	251
6.2.3. Ενέργεια για την λίπανση	253
6.2.4. Ενέργεια για την σπορά	254
6.2.5. Ενέργεια για την άρδευση	254
6.2.6. Ενέργεια για την συγκομιδή	255
6.3. Ενεργειακές εκροές	257
6.3.1. Ζαχαρότευτλα	257
6.3.2. Καλαμπόκι	258
6.3.3. Βαμβάκι	258
6.4. Ενεργειακά ισοζύγια	260
6.4.1. Ζαχαρότευτλα	260
6.4.2. Καλαμπόκι	264
6.4.3. Βαμβάκι	268
Συζήτηση	273
7. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	283
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	287
9. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	289
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	291
10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	
10.1. Πίνακες αποτελεσμάτων	307
10.2. Υπολογισμός συντελεστών μετάδοσης της ισχύος στην έλξη	326
10.2.1. Μετρήσεις στο εργαστήριο	326
10.2.2. Μετρήσεις στον αγρό	328
10.3. Στοιχεία μετεωρολογικών δεδομένων	329

Διάρθρωση διδακτορικής διατριβής

Προκαταρκτικές σελίδες: 27
Μέρος 1^ο: 207 σελίδες, 31 πίνακες, 100 σχήματα
Μέρος 2^ο: 73 σελίδες, 33 πίνακες, 18 σχήματα
Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα: 8 σελίδες
Παράρτημα, 26 σελίδες, 29 πίνακες, 5 σχήματα
Βιβλιογραφικές παραπομπές: 252

Κατάλογος πινάκων

ΜΕΡΟΣ 1^ο

Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικά του εδάφους των πειραματικών αγρών	45
Πίνακας 2.2. Τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς του πειράματος	45
Πίνακας 2.3. Σύνοψη καλλιεργητικών εργασιών για κάθε καλλιέργεια για το 1997	52
Πίνακας 2.4. Σύνοψη καλλιεργητικών εργασιών για κάθε καλλιέργεια για το 1998	53
Πίνακας 2.5. Σύνοψη καλλιεργητικών εργασιών για κάθε καλλιέργεια για το 1999.	56
Πίνακας 2.6 Υπολογισμός των συντελεστών a_0 και a_1 για 3 δείγματα εδάφους από τον αγρό1	63
Πίνακας 3.3.1 Αποτελέσματα της ανάλυσης απλής συσχέτισης μεταξύ της υγρασίας του εδάφους και του δεκαδικού λογαρίθμου της ξηράς βιομάζας των ζιζανίων για 2 βάθη δειγματοληψίας.	116
Πίνακας 3.4.1. Υπολογισμός με βάση την ξηρή φαινομενική πυκνότητα, την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, και την περιεκτικότητα σε υγρασία, της κατ' όγκο θερμοχωρητικότητας του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας σε δυο βάθη για τις 26/3/97.	121
Πίνακας 3.4.2. Σύγκριση του εύρους της διακύμανσης της θερμοκρασίας σε βάθος 4 και 8 cm για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα 2 συστήματα αμειψισποράς το 1997.	122
Πίνακας 3.4.3. Υπολογισμός με βάση την ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους, την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, και την μέση % κατ' όγκο υγρασία (από τις μετρήσεις στις 21/4, 30/4, 8/5, 12/5, 15/5/98 και 25/5, της μέσης κατ' όγκο θερμοχωρητικότητας του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας σε δυο βάθη.	125
Πίνακας 3.4.4. Σύγκριση του εύρους της διακύμανσης της θερμοκρασίας σε βάθος 4 και 8 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα δύο συστήματα αμειψισποράς κατά το 1998.	127
Πίνακας 3.4.5. Σύγκριση του εύρους της διακύμανσης της θερμοκρασίας σε βάθος 4 και 8 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα δύο συστήματα αμειψισποράς κατά το 1998.	128
Πίνακας 3.4.6. Υπολογισμός της κατ' όγκο θερμοχωρητικότητας του εδάφους με βάση την ξηρή φαινομενική πυκνότητα και την μέση % κατ' όγκο υγρασία για τις τέσσερις περιόδους. (Π1: 6/3 - 16/3/99, Π2: 17/3 - 4/4/99, Π3: 5/4 - 4/5/99, Π4: 5/5 - 30/5/99).	130
Πίνακας 3.4.7 Ανάλυση συσχέτισης της βιομάζας των ζιζανίων με την θερμοκρασία του εδάφους.	132
Πίνακας 3.4.8. Συντελεστές πολλαπλής συμμεταβολής της θερμοκρασίας του εδάφους με την υγρασία του εδάφους και την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.	134
Πίνακας 3.5.1.1. Στοιχεία παραγωγής των τεύτλων για το 1997	155
Πίνακας 3.5.1.2. Στοιχεία παραγωγής των τεύτλων για το 1998	157
Πίνακας 3.5.1.3. Στοιχεία παραγωγής των τεύτλων για το 1999	159
Πίνακας 3.5.1.4. Στοιχεία παραγωγής των τεύτλων. Συνδυασμένη ανάλυση των δεδομένων για τα τρία έτη επανάληψης του πειράματος	162
Πίνακας 3.5.2.1. Στοιχεία παραγωγής του καλαμποκιού για το 1997	170
Πίνακας 3.5.2.2. Στοιχεία παραγωγής του καλαμποκιού για το 1998 (πειραματικός αγρός 2).	171
Πίνακας 3.5.2.3. Στοιχεία παραγωγής του καλαμποκιού για το 1999	173
Πίνακας 3.5.2.4. Στοιχεία ανάπτυξης και παραγωγής του καλαμποκιού για τα τρία έτη επανάληψης του πειράματος	175
Πίνακας 3.5.3.1. Στοιχεία παραγωγής του βαμβακιού για το 1997	182
Πίνακας 3.5.3.2. Στοιχεία παραγωγής του βαμβακιού για το 1997	184

Πίνακας 3.5.3.3. Στοιχεία παραγωγής του βαμβακιού για το 1998	185
Πίνακας 3.5.3.4. Στοιχεία παραγωγής του βαμβακιού για το 1998	187
Πίνακας 3.5.3.5. Στοιχεία παραγωγής του βαμβακιού για το 1999	188
Πίνακας 3.5.3.6. Στοιχεία παραγωγής του βαμβακιού για το 1999	189
Πίνακας 3.5.3.7. Στοιχεία ανάπτυξης και παραγωγής βαμβακιού για τα 3 έτη του πειράματος	190
Πίνακας 3.5.3.8. Στοιχεία παραγωγής του βαμβακιού για τα τρία έτη του πειράματος	192

ΜΕΡΟΣ 2^ο

Πίνακας 4.1. Χρήση της ενέργειας στη παγκόσμια γεωργία (Στοιχεία από Faidley, 1992)	210
Πίνακας 4.2. Ανώτερη θερμογόνος δύναμη προϊόντων για νομή. (Fluck, 1992b)	216
Πίνακας 5.1. Βαθμονόμηση των δυναμοκυψελών.	224
Πίνακας 6.1.1. Ενέργεια των σταθερών στοιχείων των μηχανημάτων.	239
Πίνακας 6.1.2. Απόδοση και προβλεπόμενη διάρκεια οικονομικής ζωής των μηχανημάτων κατεργασίας του εδάφους.	240
Πίνακας 6.1.3. Απόδοση και προβλεπόμενη διάρκεια οικονομικής ζωής των λοιπών μηχανημάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις τρεις χρονιές του πειράματος καθώς και των μηχανημάτων συγκομιδής.	240
Πίνακας 6.1.4 Απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων των μηχανημάτων κατά τις επεμβάσεις κατεργασίας.	241
Πίνακας 6.1.5 Απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων των λοιπών μηχανημάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις τρεις χρονιές του πειράματος καθώς και των μηχανημάτων συγκομιδής.	241
Πίνακας 6.1.6. Υπολογισμός της απορροφόμενης ισχύος από εργαλεία που εργάζονται στο έδαφος.	242
Πίνακας 6.1.7. Υπολογισμός της απορροφόμενης ισχύος από εργαλεία που εργάζονται στην ανασηκωμένη θέση.	242
Πίνακας 6.1.8. Υπολογισμός της απορροφόμενης ισχύος στην κύλιση των τροχών του ελκυστήρα και των ελκόμενων μηχανημάτων κατά τις νεκρές διαδρομές.	244
Πίνακας 6.1.9. Υπολογισμός της ενέργειας των μεταβλητών στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις επεμβάσεις κατεργασίας του εδάφους.	245
Πίνακας 6.1.10. Υπολογισμός της ενέργειας των μεταβλητών στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις υπόλοιπες καλλιεργητικές επεμβάσεις.	246
Πίνακας 6.1.11. Ειδική αντίσταση και εντατικότητα της κατεργασίας του εδάφους	247
Πίνακας 6.2.1. Πραγματική απορροφόμενη από τα εργαλεία κατεργασίας του εδάφους ενέργεια η οποία αποδίδεται στο έδαφος. Σύγκριση των πέντε συστημάτων κατεργασίας για τα τρία έτη.	249
Πίνακας 6.2.2. Συνολικές εισροές ενέργειας κατά την κατεργασία του εδάφους. Σύγκριση των πέντε συστημάτων κατεργασίας για τα τρία έτη.	250
Πίνακας 6.2.3. Υπολογισμός της ενεργειακής περιεκτικότητας των χρησιμοποιούμενων σε κάθε καλλιέργεια ζιζανιοκτόνων.	251
Πίνακας 6.2.4. Ενέργεια των χρησιμοποιούμενων για κάθε έτος και καλλιέργεια ζιζανιοκτόνων.	252
Πίνακας 6.2.5. Υπολογισμός της ενεργειακής περιεκτικότητας παρασιτοκτόνων.	253
Πίνακας 6.2.6 Εισροές ενέργειας από την εφαρμογή παρασιτοκτόνων στα ζαχαρότευτλα.	253
Πίνακας 6.2.7. Ενέργεια των χρησιμοποιούμενων σε κάθε καλλιέργεια λιπασμάτων.	254
Πίνακας 6.2.6. Εισροές ενέργειας κατά την σπορά των καλλιεργειών	254
Πίνακας 6.2.9. Υπολογισμός των εισροών ενέργειας για την άρδευση των καλλιεργειών.	255
Πίνακας 6.2.10. Υπολογισμός της ενέργειας των μεταβλητών στοιχείων των μηχανών συγκομιδής.	255
Πίνακας 6.3.1. Ενεργειακές εκροές στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων για τα τέσσερα από τα πέντε συστήματα κατεργασίας του εδάφους.	257
Πίνακας 6.3.2. Ενεργειακές εκροές στην καλλιέργεια του καλαμποκιού για τα τέσσερα από τα πέντε συστήματα κατεργασίας του εδάφους.	258
Πίνακας 6.3.3. Ενεργειακές εκροές στην καλλιέργεια του βαμβακιού για τα τέσσερα από τα πέντε συστήματα κατεργασίας του εδάφους.	259
Πίνακας 6.4.1. Ενεργειακά ισοζύγια για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων	261

Πίνακας 6.4.2. Υπολογισμός της ενέργειας που αντιστοιχεί στην χρήση του πετρελαίου στον αγρό για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων.	263
Πίνακας 6.4.3. Ενεργειακά ισοζύγια για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στην καλλιέργεια του καλαμποκιού.	265
Πίνακας 6.4.4. Υπολογισμός της ενέργειας που αντιστοιχεί στην χρήση του πετρελαίου στον αγρό για την καλλιέργεια του καλαμποκιού και για τα συστήματα κατεργασίας του εδάφους κατά το 1996.	267
Πίνακας 6.4.5. Ενεργειακά ισοζύγια για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στην καλλιέργεια του βαμβακιού	269
Πίνακας 6.4.6. Υπολογισμός της ενέργειας που αντιστοιχεί στην χρήση του πετρελαίου στον αγρό για την καλλιέργεια του βαμβακιού. Σύγκριση των συστημάτων κατεργασίας του εδάφους	272

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 10.1.1. Αποτελέσματα των αναλύσεων εδάφους που πραγματοποίησε η Ε.Β.Ζ.	307
Πίνακας 10.1.2. Ξηρά βιομάζα των ζιζανίων	307
Πίνακας 10.1.3. Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους	308
Πίνακας 10.1.4. Αντοχή του εδάφους στην διάτμηση	309
Πίνακας 10.1.5 Αντίσταση του εδάφους στην διείδυση για δύο ημερομηνίες κατά το 1997	310
Πίνακας 10.1.6. Αντίσταση του εδάφους στην διείδυση για δύο ημερομηνίες κατά το 1998	311
Πίνακας 10.1.7. Αντίσταση του εδάφους στην διείδυση για δύο ημερομηνίες κατά το 1999	312
Πίνακας 10.1.8. Μέση % υγρασία του εδάφους για τα τρία έτη του πειράματος	313
Πίνακας 10.1.9. Μέσοι όροι της μέσης, μέγιστης, ελάχιστης καθώς και του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους για την περίοδο 13/2 - 27/3/97	314
Πίνακας 10.1.10. Μέσοι όροι της μέσης, μέγιστης, ελάχιστης καθώς και του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους για την περίοδο 9/4 - 13/5/98	314
Πίνακας 10.1.11. Υπολογισμός της κατ' όγκο θερμοχωρητικότητας (C) του εδάφους για τις 5 μεθόδους κατεργασίας σε δύο βάθη και για τρεις ημερομηνίες όπου μετρήθηκε η εδαφική υγρασία κατά το 1998.	315
Πίνακας 10.1.12. Κατ' όγκο περιεκτικότητα αέρα για τις 5 μεθόδους κατεργασίας σε δύο βάθη και για τρεις ημερομηνίες όπου μετρήθηκε η εδαφική υγρασία κατά το 1998.	315
Πίνακας 10.1.13. Μέσοι όροι της μέσης, μέγιστης, ελάχιστης καθώς και του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους για την περίοδο 6/3 - 16/3/99.	315
Πίνακας 10.1.14. Μέσοι όροι της μέσης, μέγιστης, ελάχιστης καθώς και του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους για την περίοδο 17/3 - 6/4/99.	316
Πίνακας 10.1.15. Μέσοι όροι της μέσης, μέγιστης, ελάχιστης καθώς και του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους για την περίοδο 7/4 - 4/5/99.	316
Πίνακας 10.1.16. Μέσοι όροι της μέσης, μέγιστης, ελάχιστης καθώς και του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους για την περίοδο 5/5 - 31/5/99.	316
Πίνακας 10.1.17. Συσχέτιση βιομάζας ζιζανίων - μέσης θερμοκρασίας εδάφους	317
Πίνακας 10.1.18. Συσχέτιση βιομάζας ζιζανίων - ελάχιστης θερμοκρασίας εδάφους	317
Πίνακας 10.1.19. Συσχέτιση βιομάζας ζιζανίων - μέγιστης θερμοκρασίας εδάφους	317
Πίνακας 10.1.20. Συσχέτιση βιομάζας ζιζανίων - εύρους ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους	317
Πίνακας 10.1.21. Εξέλιξη του φυτρώματος των τεύτλων για τα τρία έτη	318
Πίνακας 10.1.22. Τεύτλα. Φυλλική επιφάνεια	319
Πίνακας 10.1.23. Μορφολογικά χαρακτηριστικά της ρίζας των τεύτλων	320
Πίνακας 10.1.24. Μορφολογικά χαρακτηριστικά της ρίζας των τεύτλων	321
Πίνακας 10.1.25. Εξέλιξη του φυτρώματος του καλαμποκιού για τα τρία έτη του πειράματος	322
Πίνακας 10.1.26. Ύψος του καλαμποκιού για τα τρία έτη	323
Πίνακας 10.1.27. Εξέλιξη του φυτρώματος του βαμβακιού για τα τρία έτη	324
Πίνακας 10.1.28. Εξέλιξη της βλαστικής ανάπτυξης του βαμβακιού για τα τρία έτη	325
Πίνακας 10.2.1. Στοιχεία που προέρχονται από μετρήσεις του Εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας και που αφορούν την περίοδο 2001-2002. Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των συντελεστών απόδοσης της ισχύος στην έλξη για τα διάφορα παρελκόμενα μηχανήματα	328

Κατάλογος σχημάτων

ΜΕΡΟΣ 1^ο

Σχήμα 1.1. Ροές θερμότητας στο έδαφος (Evetts, 2000).	12
Σχήμα 2.1. Η διάταξη του πειράματος στον πειραματικό αγρό 1	47
Σχήμα 2.2. Η διάταξη του πειράματος στον πειραματικό αγρό 2	48
Σχήμα 2.3. Το διατμητικό πτερύγιο (Das, 1979).	59
Σχήμα 2.4. Πλευρική και κατακόρυφη άποψη ενός υγρασιόμετρου Theta Probe ML2	61
Σχήμα 2.5. Υπολογισμός της γωνίας ανάπτυξης των ριζών των τεύτλων. Τρία παραδείγματα.	67
Σχήμα 3.1.1: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους και τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς κατά το 1997.	72
Σχήμα 3.1.2: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στους δυο πειραματικούς αγρούς κατά το 1997.	72
Σχήμα 3.1.3: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους και τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς κατά το 1998.	73
Σχήμα 3.1.4: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στους δυο πειραματικούς αγρούς κατά το 1998.	74
Σχήμα 3.1.5: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 12/4/98.	75
Σχήμα 3.1.6: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 5/5/98.	75
Σχήμα 3.1.7: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 15/7/98.	76
Σχήμα 3.1.8: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 24/2/99.	76
Σχήμα 3.1.9: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 11/3/99.	77
Σχήμα 3.1.10: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 16/5/99.	78
Σχήμα 3.1.11: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στους δυο πειραματικούς αγρούς κατά το 1999.	79
Σχήμα 3.2.1: Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους σε δύο βάθη και σε δυο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1997.	85
Σχήμα 3.2.2: Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους για τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς σε δύο βάθη και σε δυο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1997.	86
Σχήμα 3.2.3: Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους σε δύο βάθη και σε δυο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1998	87
Σχήμα 3.2.4: Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους για τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς σε δύο βάθη και σε δυο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1998.	88
Σχήμα 3.2.5: Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους σε δύο βάθη και σε δυο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1999.	88
Σχήμα 3.2.6: Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους για τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς σε δύο βάθη και σε δυο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1999.	89
Σχήμα 3.2.7: Σύγκριση της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους σε βάθος 0,5 - 3 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 11/3/99.	90
Σχήμα 3.2.8: Σύγκριση της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους σε βάθος 7,5- 10 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 11/3/99.	90
Σχήμα 3.2.9. Αντοχή του εδάφους στη διάτμηση στις 23/5/97.	91
Σχήμα 3.2.10. Αντοχή του εδάφους στη διάτμηση στις 20/5/98	92
Σχήμα 3.2.11. Αντοχή του εδάφους στη διάτμηση στις 21/6/99	93
Σχήμα 3.2.12. Αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση στις 20/7/97	94
Σχήμα 3.2.13. Αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση στις 10/6/98	95
Σχήμα 3.2.14. Αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση στις 21/5/99	96
Σχήμα 3.2.15. Αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση στις 15/11/99	97

Σχήμα 3.2.16. Συσχέτιση μεταξύ της ενέργειας που απορροφάται από τα μηχανήματα για την κατεργασία του εδάφους με την κάθε μέθοδο και της αθροιστικής αντίστασης του εδάφους στην διείδυση για ένα βάθος μέχρι 30 cm (μέσος όρος μετρήσεων 3 ετών).	101
Σχήμα 3.3.1: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας για τις 5 μεθόδους κατεργασίας κατά το 1997.	103
Σχήμα 3.3.2. Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας για τα 4 συστήματα αμειψισποράς το 1997	104
Σχήμα 3.3.3: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας σε βάθος 0,5-3 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας κατά το έτος 1998.	105
Σχήμα 3.3.4: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας σε βάθος 7,5-10 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας κατά το έτος 1998.	105
Σχήμα 3.3.5: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας σε βάθος 0,5- 3 cm για τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς κατά το έτος 1998.	106
Σχήμα 3.3.6: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας σε βάθος 7,5- 10 cm για τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς κατά το έτος 1998.	106
Σχήμα 3.3.7: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους κατά το έτος 1998.	106
Σχήμα 3.3.8: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας κατά το έτος 1999.	107
Σχήμα 3.3.9: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας για τα 4 συστήματα αμειψισποράς κατά το έτος 1999.	107
Σχήμα 3.3.10 Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για τις 11/3/99.	108
Σχήμα 3.3.11. Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για τις 17/4/99.	109
Σχήμα 3.3.12. Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για τις 16/5/99.	110
Σχήμα 3.3.13. Γραφική αναπαράσταση της εξέλιξης της % κατ' όγκο υγρασίας του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους σε μια επανάληψη της αμειψισποράς "καλαμπόκι – τεύτλα" κατά το 1999.	110
Σχήμα 3.3.14. Γραφική αναπαράσταση της εξέλιξης της % κατ' όγκο υγρασίας του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους σε μια επανάληψη της αμειψισποράς "βαμβάκι - καλαμπόκι" κατά το 1999.	111
Σχήμα 3.4.1. Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους σε βάθος 4 cm και 8 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους και για την περίοδο 13/2 – 28/3/97.	115
Σχήμα 3.4.2. Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους στα δύο συστήματα αμειψισποράς για τις 5 μεθόδους κατεργασίας και για την περίοδο 13/2 – 28/3/97.	116
Σχήμα 3.4.3. Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους σε βάθος 4 cm και 8 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους και για την περίοδο 9/4 – 13/5/98..	124
Σχήμα 3.4.4. Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους για τα δύο συστήματα αμειψισποράς και τις 5 μεθόδους κατεργασίας για την περίοδο 9/4 – 13/5/98.	124
Σχήμα 3.4.5. Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους σε βάθος 4 cm και 8 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους και για την περίοδο 6/3 – 31/5/99.	129
Σχήμα 3.4.6. Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους στα δύο συστήματα αμειψισποράς για τις 5 μεθόδους κατεργασίας και για την περίοδο 6/3 – 31/5/99.	129
Σχήμα 3.4.7. Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του εδάφους την άνοιξη, με την μεταβολή της εδαφικής υγρασίας.	134
Σχήμα 3.4.8. Υπολογισμός για διάφορες ημερομηνίες έναρξης του φυτρώματος, της απαραίτητης περιόδου για 50% φύτρωμα των τεύτλων με βάση τα δεδομένα από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους στις πέντε μεθόδους κατεργασίας.	135
Σχήμα 3.4.9. Υπολογισμός για διάφορες ημερομηνίες έναρξης του φυτρώματος, της απαραίτητης περιόδου για 100% φύτρωμα του καλαμποκιού με βάση τα δεδομένα από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους στις πέντε μεθόδους κατεργασίας.	136
Σχήμα 3.4.10. Υπολογισμός για διάφορες ημερομηνίες έναρξης του φυτρώματος, της απαραίτητης περιόδου για 100% φύτρωμα του βαμβακιού με βάση τα δεδομένα από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους στις πέντε μεθόδους κατεργασίας.	136
Σχήμα 3.5.1.1. Εξέλιξη του φυτρώματος των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στους δυο πειραματικούς αγρούς - (αμειψισπορές) κατά το 1997 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους.	141
Σχήμα 3.5.1.2. Εξέλιξη του φυτρώματος των τεύτλων για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δύο περιοχές κατά το 1998 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους.	143

Σχήμα 3.5.1.3. Εξέλιξη του φυτρώματος των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους κατά το 1999 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους.	144
Σχήμα 3.5.1.4. Φυλλική επιφάνεια των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στους δυο πειραματικούς αγρούς - (αμειψισπορές) κατά το 1997.	146
Σχήμα 3.5.1.5. Φυλλική επιφάνεια των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998.	147
Σχήμα 3.5.1.6. Μήκος της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998.	148
Σχήμα 3.5.1.7. Μέγιστη διάμετρος της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις περιοχές κατά το 1998.	149
Σχήμα 3.5.1.8. Βάθος ανάπτυξης της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998.	150
Σχήμα 3.5.1.9. Γωνία κλίσης κατά την ανάπτυξη της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998.	150
Σχήμα 3.5.1.10. Αντιπροσωπευτικά δείγματα ριζών τεύτλων από τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις 12/6/98.	151
Σχήμα 3.5.1.11. Φυλλική επιφάνεια των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999.	152
Σχήμα 3.5.1.12. Μήκος της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999.	152
Σχήμα 3.5.1.13. Μέγιστη διάμετρος της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις περιοχές κατά το 1999.	153
Σχήμα 3.5.1.14. Βάθος ανάπτυξης της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999.	153
Σχήμα 3.5.1.15. Γωνία κλίσης κατά την ανάπτυξη της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999.	154
Σχήμα 3.5.1.16. Απόδοση σε ζάχαρη για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές - αμειψισπορές κατά το 1997.	156
Σχήμα 3.5.1.17. Απόδοση, σε ζάχαρη για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998.	158
Σχήμα 3.5.1.18. Απόδοση, σε ζάχαρη για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999.	160
Σχήμα 3.5.1.19. Απόδοση των ζαχαροτεύτλων (νωπό βάρος ριζών) για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα έξι περιβάλλοντα.	162
Σχήμα 3.5.2.1. Εξέλιξη του φυτρώματος του καλαμποκιού για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1997 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους.	163
Σχήμα 3.5.2.2. Εξέλιξη του φυτρώματος του καλαμποκιού για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους.	164
Σχήμα 3.5.2.3. Εξέλιξη του φυτρώματος του καλαμποκιού για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους.	166
Σχήμα 3.5.2.4. Μέση εξέλιξη του ύψους του καλαμποκιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1997.	167
Σχήμα 3.5.2.5. Εξέλιξη του ύψους του καλαμποκιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998.	168
Σχήμα 3.5.2.6. Εξέλιξη του ύψους του καλαμποκιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους κατά το 1999.	169
Σχήμα 3.5.2.7. Απόδοση του καλαμποκιού σε σπόρο υγρασίας 15,5% για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές για το 1997.	171
Σχήμα 3.5.2.8. Απόδοση του καλαμποκιού σε σπόρο υγρασίας 15,5% για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για το 1998.	172
Σχήμα 3.5.2.9. Απόδοση του καλαμποκιού σε σπόρο υγρασίας 15,5% για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές για το 1999.	174
Σχήμα 3.5.2.10. Απόδοση του καλαμποκιού (σπόρος υγρασίας 15,5%) για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα πέντε περιβάλλοντα.	175
Σχήμα 3.5.3.1. Εξέλιξη του φυτρώματος του βαμβακιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1997 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους.	177
Σχήμα 3.5.3.2. Εξέλιξη του φυτρώματος του βαμβακιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους.	178

Σχήμα 3.5.3.3. Εξέλιξη του φυτρώματος του βαμβακιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους.	179
Σχήμα 3.5.3.4. Μέσος αριθμός κόμβων και μέσο ύψος φυτών για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας κατά το 1997.	180
Σχήμα 3.5.3.5. Μέσος αριθμός κόμβων και μέσο ύψος φυτών για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους το 1998.	181
Σχήμα 3.5.3.6. Μέσος αριθμός κόμβων και μέσο ύψος φυτών για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους κατά το 1999.	181
Σχήμα 3.5.3.7. Αριθμός συγκομιζόμενων καρυδιών ανά μέτρο γραμμής για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1997.	183
Σχήμα 3.5.3.8. Απόδοση του σύσπορου βαμβακιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1997.	184
Σχήμα 3.5.3.9. Αριθμός συγκομιζόμενων καρυδιών ανά μέτρο γραμμής για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998.	185
Σχήμα 3.5.3.10. Απόδοση σύσπορου βαμβακιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998.	186
Σχήμα 3.5.3.11. Αριθμός συγκομιζόμενων καρυδιών ανά μέτρο γραμμής για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999.	188
Σχήμα 3.5.3.12. Απόδοση σύσπορου βαμβακιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999.	189
Σχήμα 3.5.3.13. Απόδοση του σύσπορου βαμβακιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας στα έξι περιβάλλοντα.	192
Σχήμα 3.5.1 Συσχέτιση μεταξύ της αθροιστικής αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση για ένα βάθος μέχρι 30 cm και της μέσης απόδοσης των τριών καλλιεργειών για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους εκφρασμένης ως % της απόδοσης στον μάρτυρα.	207
 ΜΕΡΟΣ 2^ο	
Σχήμα 4.1. Ποσοστιαία αύξηση τιμών της ενέργειας για την περίοδο 1967-80. (Pimentel, 1992)	211
Σχήμα 4.2. Ποσοστιαία αύξηση τιμών λιπασμάτων για την περίοδο 1967-80. (Pimentel, 1992)	211
Σχήμα 5.1. Η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση των δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ μηχανήματος κατεργασίας και γεωργικού ελκυστήρα και της ροπής στον δυναμοδότη.	222
Σχήμα 5.2. Το σύστημα δυναμομέτρησης αναρτημένο στον ελκυστήρα	223
Σχήμα 5.3. Η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή του σήματος των δυναμοκυψελών.	224
Σχήμα 6.1.1. Ισοδύναμη στον δυναμοδότη απορροφόμενη ισχύς στην έλξη και στον δυναμοδότη.	243
Σχήμα 6.1.2. Πραγματική απορροφόμενη ενέργεια στην έλξη και στον δυναμοδότη.	243
Σχήμα 6.1.3. Ενέργεια των σταθερών και των μεταβλητών στοιχείων που χρησιμοποιείται κατά τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις	246
Σχήμα 6.1.4. Απώλειες της ενέργειας των αναλωσίμων στοιχείων κατά τα διάφορα στάδια μετατροπής και μετάδοσής της για τα πέντε μηχανήματα κατεργασίας του εδάφους.	247
Σχήμα 6.1.5. Εντατικότητα της χρήσης της ενέργειας κατά την κατεργασία του εδάφους	248
Σχήμα 6.2.1. Σύγκριση της πραγματικής απορροφόμενης (από τα μηχανήματα) και της συνολικής καταναλισκόμενης (σταθερών και μεταβλητών στοιχείων) ενέργειας κατά την κατεργασία του εδάφους για τα πέντε συστήματα κατεργασίας	250
Σχήμα 6.2.2. Ενέργεια των σταθερών και των μεταβλητών στοιχείων που δαπανάται κατά την λειτουργία των μηχανών συγκομιδής.	256
Σχήμα 6.4.1. Σύγκριση των εισροών και εκροών ενέργειας για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων.	260
Σχήμα 6.4.2. Ποσοστιαία αναλογία των εισροών ενέργειας κατά τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις στην συμβατική μέθοδο της κατεργασίας για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων.	262
Σχήμα 6.4.3. Κατανάλωση καυσίμου κατά την χρήση των γεωργικών μηχανημάτων στον αγρό για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων.	263
Σχήμα 6.4.4. Σύγκριση των εισροών και εκροών ενέργειας στην καλλιέργεια του καλαμποκιού για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους. Μέσοι όροι για τα τρία έτη.	264

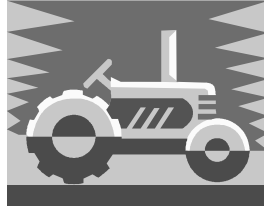
Σχήμα 6.4.5. Ποσοστιαία αναπαράσταση των εισροών ενέργειας κατά τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις στην συμβατική μέθοδο της κατεργασίας για την καλλιέργεια του καλαμποκιού.	266
Σχήμα 6.4.6. Κατανάλωση καυσίμου κατά την χρήση των γεωργικών μηχανημάτων στον αγρό για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στην καλλιέργεια του καλαμποκιού για το έτος 1996.	267
Σχήμα 6.4.7. Σύγκριση των εισροών και εκροών ενέργειας στην καλλιέργεια του βαμβακιού για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους. Μέσοι όροι για τα τρία έτη	268
Σχήμα 6.4.8. Ποσοστιαία αναλογία των εισροών ενέργειας κατά τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις στην συμβατική μέθοδο της κατεργασίας για την καλλιέργεια του βαμβακιού.	271
Σχήμα 6.4.9. Κατανάλωση καυσίμου κατά την χρήση των γεωργικών μηχανημάτων στον αγρό για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στην καλλιέργεια του βαμβακιού.	272
Σχήμα 6.4.10. Ποσοστιαία αναλογία των εισροών ενέργειας με βάση τους συντελεστές παραγωγής στην συμβατική μέθοδο κατεργασίας για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων	273
Σχήμα 6.4.11. Ποσοστιαία αναλογία των εισροών ενέργειας με βάση τους συντελεστές παραγωγής στην συμβατική μέθοδο κατεργασίας για την καλλιέργεια του καλαμποκιού.	273
Σχήμα 6.4.12. Ποσοστιαία αναλογία των εισροών ενέργειας με βάση τους συντελεστές παραγωγής στην συμβατική μέθοδο της κατεργασίας για την καλλιέργεια του βαμβακιού.	273
Σχήμα 6.1. Συσχέτιση μεταξύ της πραγματικά απορροφώμενης ενέργειας από τα μηχανήματα για την κατεργασία του εδάφους σε κάθε μια από τις πέντε μεθόδους κατεργασίας και της μέσης απόδοσης των τριών καλλιεργειών (εκφρασμένης ως % της απόδοσης στον μάρτυρα) για τα τρία έτη του πειράματος.	279
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	
Σχήμα 10.2.1. Σχέση μεταξύ της κατανάλωσης καυσίμου και του ποσοστού φόρτισης του ελκυστήρα στον δυναμοδότη για τον γεωργικό ελκυστήρα Ford 8210 του Αγροκτήματος.	327
Σχήμα 10.2.2. Σύγκριση της καμπύλης της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου για τον γεωργικό ελκυστήρα Ford 8210 του Αγροκτήματος με τις θεωρητικές καμπύλες των Liljedahl et al (1989) καθώς και την καμπύλη που προκύπτει από την χρησιμοποίηση της σχέσης 10.3 (ASAE 2002 D4910.4) όταν τα αποτελέσματα μειωθούν κατά 15%.	327
Σχήμα 10.3.1. Στοιχεία μετεωρολογικών δεδομένων για το 1997	330
Σχήμα 10.3.2. Στοιχεία μετεωρολογικών δεδομένων για το 1998	331
Σχήμα 10.3.3. Στοιχεία μετεωρολογικών δεδομένων για το 1999	332

ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

<u>ΣΥΜΒΟΛΟ</u>	<u>ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ</u>	<u>ΜΟΝΑΔΕΣ</u>
A	Μέτωπο κοπής των εργαλείων κατεργασίας του εδάφους	m
a_0, a_1	Συντελεστές βαθμονόμησης υγρασιομέτρων	
AFC	Κατανάλωση καυσίμου ανά μονάδα έκτασης (Leach, 1976)	l · στρ
$aRsi$	Ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος που αντανακλάται από την επιφάνεια του εδάφους	$W \cdot m^{-2}$
B_n	Αδιάστατος συντελεστής που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της αντίστασης κύλισης των τροχών (D497.4, ASAE 2002).	
C_p	Συντελεστής μετάδοσης της ισχύος στην έλξη	
d	Βάθος απόσβεσης της θερμοκρασίας του εδάφους	m
D	Συντελεστής θερμικής διάχυσης του εδάφους	$cm \cdot s^{-1}$
$DE_{στρ}$	Οι άμεσες εισροές ενέργειας που απαιτούνται για την άρδευση ενός στρέμματος.	$MJ \cdot στρ^{-1}$
d_t	Βάθος εργασίας των εργαλείων κατεργασίας του εδάφους	m
d_{Π}	Πλάτος των ελασμάτων του διατμητικού πτερυγίου	m
$E(t)_{KAYΣ}$	Η ενέργεια του συνολικά καταναλισκόμενου καυσίμου (ίση με $E(u)_{KAYΣ} + E(w)_{KAYΣ}$)	$MJ \cdot στρ^{-1}$
$E(u)_{KAYΣ}$	Ενέργεια του καυσίμου που καταναλώνεται όταν τα παρελκόμενα γεωργικά μηχανήματα παράγουν αποκλειστικά ωφέλιμο έργο	$MJ \cdot στρ^{-1}$
$E(w)_{KAYΣ}$	Η ενέργεια του καυσίμου που καταναλώνεται στις νεκρές διαδρομές	$MJ \cdot στρ^{-1}$
$E(i)_{KAYΣ}$	Η ενέργεια του καταναλισκόμενου καυσίμου συμπεριλαμβανομένης και της ενέργειας που χρειάζεται για την άντληση, την επεξεργασία και την μεταφορά του στον αγρό	$MJ \cdot στρ^{-1}$
EF_c	Ο συντελεστής απόδοσης του συστήματος διανομής και μεταφοράς του νερού σε ένα δίκτυο άρδευσης.	
EF_l	Βαθμός απόδοσης της αντλίας.	
EF_p	Βαθμός απόδοσης της ενέργειας στη μονάδα ισχυοδότησης της αντλίας.	
EU	Η ενέργεια που απαιτείται για την ανύψωση (άντληση), 1000 m ³ νερού από βάθος 1 m	MJ
$E_{\Delta YN}$	Απορροφώμενη ενέργεια στον δυναμοδότη	MJ
$E_{EΛΕ}$	Απορροφώμενη ενέργεια στην έλξη	MJ
$E_{EΠ}$	Ενέργεια που χρησιμοποιείται για την επισκευή και την συντήρηση των γεωργικών μηχανημάτων	$MJ \cdot kg^{-1}$
$E_{I\Delta YN}$	Ισοδύναμη ενέργεια στον δυναμοδότη	MJ
E_{KAT}	Ενέργεια που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των γεωργικών μηχανημάτων	$MJ \cdot kg^{-1}$
$E_{ΛΙΠ}$	Ενέργεια των λιπαντικών	MJ
E_{MET}	Ενέργεια που χρησιμοποιείται για την μεταφορά των γεωργικών μηχανημάτων από το εργοστάσιο παραγωγής στον παραγωγό	$MJ \cdot kg^{-1}$
$E_{MΣ}$	Ενέργεια μεταβλητών στοιχείων	MJ
$E_{ΣΣ}$	Ενέργεια σταθερών στοιχείων	$MJ \cdot kg^{-1}$
f_a	Ποσοστό των πόρων του εδάφους που περιέχει αέρα	$cm^3 \cdot cm^{-3}$
FC	Κατανάλωση καυσίμου	$ℓ \cdot h^{-1}$

FE	Συντελεστές απόδοσης της εργασίας κατά τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις (D497.4 ASAE (2002))	
f_o	Κατ' όγκο αναλογία των οργανικών συστατικών του εδάφους	$\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$
f_p	Ολικό πορώδες εδάφους	$\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$
f_s	Κατ' όγκο αναλογία των ανόργανων συστατικών του εδάφους	$\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$
f_w	Κατ' όγκο αναλογία της υγρής φάσης του εδάφους	$\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$
F_w	Κατακόρυφο φορτίο στους τροχούς του ελκυστήρα	kN
F_{EAE}	Αντίσταση έλξης των παρελκόμενων γεωργικών μηχανημάτων	kN
G	Διάχυση της θερμότητας μέσα στο έδαφος	$\text{J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
GE	Ο συντελεστής απόδοσης ενός ηλεκτροκινητήρα	
G_{JW}	Μεταγωγή της θερμότητας μέσα στο έδαφος	$\text{J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
H	Θερμότητα που μεταφέρεται από το έδαφος στην ατμόσφαιρα με επαγωγή και μεταγωγή του αέρα	$\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$
HC	Θερμοχωρητικότητα του εδάφους	$\text{J} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$
h_r	Βάθος της κύριας ρίζας των τεύτλων	m
h_{Π}	Ύψος των ελασμάτων του διατμητικού πτερυγίου	m
k	Θερμική αγωγιμότητα του εδάφους	$\text{J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$
$L\downarrow, L\uparrow$	Θερμική ακτινοβολία (μεγάλου μήκους κύματος)	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$
LE	Λανθάνουσα θερμότητα	
l_r	Μήκος της κύριας ρίζας των τεύτλων	m
LT	Προβλεπόμενη διάρκεια ζωής των γεωργικών μηχανημάτων	h λειτουργίας
M	Ροπή στρέψης	N· m
m_{dry}	Μάζα ξηρού εδάφους	g, kg
ME	Βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας	
MR	Αντίσταση κύλισης των τροχών εδάφους	kN
m_w	Μάζα του νερού	g
m_{wet}	Μάζα υγρού εδάφους	g, kg
OM	H % κατά βάρος αναλογία της οργανικής ουσίας του εδάφους	$\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
$P(w)_{KAYS}$	Ισχύς του καταναλισκόμενου καυσίμου στις νεκρές διαδρομές (ίση με την ενέργεια του καταναλισκόμενου καυσίμου κατά την συμπλήρωση μιας ώρας νεκρών διαδρομών του ελκυστήρα)	kW
p_b	Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
PI_{AYN}	Συνολική ισοδύναμη ισχύς στον δυναμοδότη, ίση με $PI_{EAE}+P_{AYN}$	kW
p_o	Πυκνότητα των οργανικών συστατικών του εδάφους	$1,3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
p_s	Πυκνότητα των ανόργανων εδαφικών τεμαχιδίων του εδάφους	$2,65 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
p_w	Πυκνότητα του νερού	$1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
P_{AE}	Ισχύς που αποδίδεται στον κινητήριο άξονα των τροχών	kW
P_{AYN}	Πραγματική απορροφόμενη ισχύς στον δυναμοδότη από τα παρελκόμενα μηχανήματα	kW
P_{EAE}	Πραγματική απορροφόμενη ισχύς στην έλξη από τα παρελκόμενα μηχανήματα	kW
PI_{EAE}	Ισοδύναμη στον δυναμοδότη ισχύς έλξης του ελκυστήρα	kW
PI_{KYA}	Ισοδύναμη στον δυναμοδότη ισχύς κύλισης των τροχών του ελκυστήρα	kW
P_{KAYS}	Ισχύς του καταναλισκόμενου καυσίμου (ίση με την ενέργεια του καυσίμου που καταναλώνεται σε μια ώρα συνεχούς λειτουργίας του γεωργικού ελκυστήρα).	kW

P_{KYA}	Απορροφόμενη ισχύς για την κύλιση των τροχών του ελκυστήρα	kW
P_{OA}	Συνολική απορροφόμενη ισχύς από τα παρελκόμενα μηχανήματα	kW
$RQ_{στρ}$	Η συνολική ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται σε μια πλήρη καλλιεργητική περίοδο για μια καλλιέργεια.	$m \cdot στρ^{-1}$
Rsi	Ηλιακή ακτινοβολία (μικρού μήκους κύματος)	$W \cdot m^{-2}$
Rt	Το κλάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας που διαπερνά την βλάστηση και καταλήγει στο έδαφος	$W \cdot m^{-2}$
SFC	Ειδική κατανάλωση καυσίμου	l/kWh
SR	Ειδική αντίσταση του εδάφους κατά την κατεργασία	$kN \cdot m^{-2}$
$t_{(πρ)}$	Ο επιπλέον χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση μιας καλλιεργητικής εργασίας σε μια έκταση ενός στρέμματος	h
TDH	Συνολικό μανομετρικό ύψος του νερού.	m
TE	Οι συντελεστές μετατροπής της ορυκτής, πυρηνικής και υδροδυναμικής ενέργειας σε ηλεκτρική.	
V	Όγκος	cm^3, l
Vo	Ηλεκτρική τάση	mV
Vo_{dry}	Ηλεκτρική τάση που μετρήθηκε στο ξηρό έδαφος κατά την διαδικασία της βαθμονόμησης των υγρασιομέτρων	mV
Vo_{wet}	Ηλεκτρική τάση που μετρήθηκε στο υγρό έδαφος κατά την διαδικασία της βαθμονόμησης των υγρασιομέτρων	mV
w_t	Πλάτος εργασίας των γεωργικών μηχανημάτων	m
x	Ο λόγος της συνολικής ισοδύναμης στον δυναμοδότη ισχύος που απαιτείται για την εκτέλεση μιας εργασίας προς την μέγιστη διαθέσιμη ισχύ στον δυναμοδότη του ελκυστήρα	
ε	Διηλεκτρική σταθερά του εδάφους	$ds m^{-1}$
ε_{dry}	Διηλεκτρική σταθερά του ξηρού εδάφους	$ds m^{-1}$
ε_{wet}	Διηλεκτρική σταθερά του υγρού εδάφους	$ds m^{-1}$
θ	Υγρασία	
θ_{dry}	Υγρασία (% ξηρού βάρους)	%
θ_v	Υγρασία (% κατ' όγκο)	%
θ_{wet}	Υγρασία (% υγρού βάρους)	%
ΘSA	Θεωρητική στρεμματική απόδοση των γεωργικών μηχανημάτων	$στρ \cdot h^{-1}$
λ	Εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους σε βάθος 8 cm προς το εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας σε βάθος 4 cm	
ΠSA	Πραγματική στρεμματική απόδοση των γεωργικών μηχανημάτων	$στρ h^{-1}$
τ	Διατμητική τάση	kPa
u	Ταχύτητα	$m \cdot s^{-1}$
φ_r	Κλίση της ανάπτυξης της κύριας ρίζας των τεύτλων	
ω	Γωνιακή ταχύτητα	$rad \cdot s^{-1}$
ω_{θ}	Γωνιακή ταχύτητα του περιοδικού φαινομένου της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας	$7,27 \cdot 10^{-5} rad s^{-1}$



Μέρος 1^ο

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ
ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ο ρόλος της κατεργασίας του εδάφους

Από γεωργική άποψη, ως έδαφος χαρακτηρίζεται το επιφανειακό στρώμα του φλοιού της γης το οποίο εκμεταλλεύονται τα φυτά για την ανάπτυξή τους. Ο ρόλος του εδάφους είναι να παρέχει στήριξη στα φυτά και να εξασφαλίζει σε αυτά το νερό και τα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζονται για την ανάπτυξή τους. Άλλες εξίσου σημαντικές λειτουργίες είναι η εξασφάλιση των κατάλληλων προϋποθέσεων για το φύτεμα των σπόρων και η εξασφάλιση του κατάλληλου περιβάλλοντος για την δράση των μικροοργανισμών που θα αποικοδομήσουν τα φυτικά υπολείμματα. Το έδαφος για το σκοπό αυτό θα πρέπει να διευκολύνει την μετακίνηση του αέρα.

Με την κατεργασία του εδάφους επιδιώκεται η διαμόρφωση των κατάλληλων φυσικών ιδιοτήτων (που αφορούν κυρίως τη δομή του εδάφους) οι οποίες θα ευνοήσουν την ανάπτυξη των φυτών της καλλιέργειας κατά την διάρκεια της βλαστικής περιόδου και θα υποβοηθήσουν την βλάστηση των σπόρων και των άλλων μέσων αναπαραγωγής προκειμένου να γίνει η εγκατάσταση της φυτείας.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων χρησιμοποιούνται διάφορα μηχανήματα κατεργασίας του εδάφους. Τα μηχανήματα κατεργασίας προκαλούν αναμόχλευση του εδάφους ασκώντας σε αυτό τάσεις οι οποίες προκαλούν διάτμηση, συμπίεση, εφελκυσμό και παραμόρφωση. Από τις δράσεις αυτές, εκείνες που οδηγούν στην χαλάρωση της εδαφικής στοιβάδας είναι οι διατμητικές τάσεις οι οποίες προκαλούν την αποκοπή και την ολίσθηση ενός τμήματος εδάφους πάνω σε ένα άλλο και οι τάσεις εφελκυσμού οι οποίες προκαλούν την διάσπαση του εδάφους (Γέμτος, 1994). Ο τύπος της αντίδρασης του εδάφους εξαρτάται κυρίως από την περιεχόμενη υγρασία ενώ σημαντικό ρόλο παίζουν η δομή, η μηχανική σύσταση και η ιστορία του εδάφους. Ουσιαστικό ρόλο επίσης παίζει η διαμόρφωση των εργαλείων κατεργασίας η οποία καθορίζει το σύστημα των δυνάμεων που φορτίζουν το έδαφος. Πολλές φορές απαιτούνται περισσότερες από μια επεμβάσεις και μάλιστα με διαφορετικά καλλιεργητικά μηχανήματα.

Οι επεμβάσεις της κατεργασίας μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο ξεχωριστά στάδια (Γέμτος, 1994). Στο πρώτο στάδιο το οποίο αναφέρεται ως *“πρωτογενής κατεργασία”* του εδάφους χρησιμοποιούνται μηχανήματα βαθιάς αναμόχλευσης όπως άροτρα και βαρείς καλλιεργητές τα οποία προκαλούν κυρίως χαλάρωση αφήνοντας ωστόσο μια τραχιά επιφάνεια η οποία είναι ακατάλληλη για την τοποθέτηση του σπόρου. Η τελική προετοιμασία του εδάφους για τη σπορά πραγματοποιείται με την χρήση ελαφρύτερων μηχανημάτων αβαθούς κατεργασίας όπως δισκοσβάρνες και ελαφρείς καλλιεργητές τα οποία προκαλούν κυρίως ψιλοχωματισμό. Οι συμπληρωματικές αυτές επεμβάσεις χαρακτηρίζονται ως *“δευτερογενής κατεργασία”* ή ως εργασίες για την προετοιμασία της σποροκλίνης.

Με την πρωτογενή κατεργασία του εδάφους επιδιώκεται η βελτίωση της δομής του εδάφους ώστε να ευνοηθεί η ανάπτυξη της ρίζας κατά την διάρκεια της βλαστικής περιόδου (Hamblin, 1987). Επίσης επιδιώκεται η διαχείριση των ζιζανίων και των φυτικών υπολειμμάτων και ο αερισμός του εδάφους (Hamblin, 1987). Οι στόχοι της δευτερογενούς κατεργασίας περιλαμβάνουν τον ψιλοχωματισμό της τραχιάς επιφάνειας του εδάφους που δημιουργείται μετά την πρωτογενή κατεργασία, την καταστροφή των ζιζανίων, την ενσωμάτωση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στο έδαφος, την διαχείριση της εδαφικής υγρασίας και την θέρμανση του εδάφους (Hamblin, 1987).

Αν και η πρωτογενής κατεργασία είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί ακόμη και λίγες μέρες πριν από τη σπορά, εν' τούτοις, για ανοιξιάτικες καλλιέργειες είναι προτιμότερο να μεσολαβήσει ένα χρονικό διάστημα μερικών μηνών μεταξύ της πρωτογενούς και της δευτερογενούς κατεργασίας. Με αυτό τον τρόπο επιδιώκεται ο συνδυασμός των ωφελειών που προκύπτουν τόσο από τη μηχανική κατεργασία όσο και από την επίδραση των καιρικών φαινομένων. Οι κύκλοι διαβροχής - ξήρανσης και παγώματος - τήξης βοηθούν στο θρυμματισμό των μεγάλων βόλων που αφήνονται μετά τις πρωτογενείς επεμβάσεις διευκολύνοντας με τον τρόπο αυτό το έργο των μηχανημάτων της δευτερογενούς κατεργασίας (Hamblin, 1987).

Στην Ελλάδα, για τις εαρινές καλλιέργειες, οι επεμβάσεις πρωτογενούς κατεργασίας πραγματοποιούνται συνήθως κατά την περίοδο του φθινοπώρου ενώ η δευτερογενής κατεργασία γίνεται την άνοιξη, λίγες ημέρες πριν από τη σπορά. Όταν όμως πρόκειται να σπαρθούν φθινοπωρινές καλλιέργειες, η πρωτογενής και η δευτερογενής κατεργασία πραγματοποιούνται μέσα στο φθινόπωρο. Αν η συγκομιδή της προηγούμενης καλλιέργειας έχει γίνει νωρίς το καλοκαίρι, η πρωτογενής κατεργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί και μέσα στην περίοδο του καλοκαιριού. Η χρήση αρότρου την περίοδο αυτή βοηθά σημαντικά στην καταπολέμηση πολυετών ζιζανίων. Πολλές φορές όμως η συγκομιδή της προηγούμενης καλλιέργειας, όταν αυτή είναι ανοιξιάτικη (π.χ. βαμβάκι, τεύτλα), καθυστερεί αφήνοντας ελάχιστο χρόνο για την πραγματοποίηση των καλλιεργητικών επεμβάσεων. Σε αυτή την περίπτωση, αν δεν επικρατήσουν ευνοϊκές καιρικές συνθήκες, οι επεμβάσεις μπορεί να πραγματοποιηθούν σε υγρό έδαφος προκαλώντας σημαντική συμπίεση του εδάφους.

1.2. Συστήματα κατεργασίας του εδάφους

Με τον όρο *''σύστημα κατεργασίας''* περιγράφεται το σύνολο των καλλιεργητικών εργασιών που πραγματοποιούνται με σκοπό την προετοιμασία του εδάφους και της σποροκλίνης για την εγκατάσταση μιας καλλιέργειας. Ένα σύστημα κατεργασίας καθορίζεται από το είδος των εργαλείων που χρησιμοποιούνται και την εντατικότητα χρήσης αυτών (αριθμός επεμβάσεων, βάθος κατεργασίας). Μπορεί να περιλαμβάνει την χρησιμοποίηση ενός ή συνηθέστερα περισσότερων εργαλείων, σε μια ή και περισσότερες επεμβάσεις, με σκοπό την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος.

Το σύστημα που συνήθως εφαρμόζεται σε μια περιοχή καθορίζεται κυρίως από τις ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, τις συνήθειες καλλιέργειας, καθώς και από τον τύπο και τη σύσταση του εδάφους αλλά και άλλους παράγοντες όπως η τιμή του προϊόντος κ.λ.π. Έτσι για παράδειγμα, σε μια περιοχή όπου το κλίμα είναι υγρό και ψυχρό, αποτρέποντας την πρόωμη σπορά, όταν πρόκειται να σπαρθεί μια εαρινή καλλιέργεια, προτιμώνται να εφαρμόζονται μέθοδοι που απαιτούν ελάχιστες επεμβάσεις για την προετοιμασία της σποροκλίνης.

Σύμφωνα με την τυποποίηση της Αμερικανικής Εταιρίας Γεωργικών Μηχανικών, (ASAE EP291.2, 2002) τα διάφορα συστήματα κατεργασίας ταξινομούνται με βάση την εντατικότητα σε:

1. **Συστήματα συμβατικής κατεργασίας.**
2. **Συστήματα κατεργασίας που στοχεύουν στην αειφορική διαχείριση του εδάφους** (sustainable agriculture) όπως ελάχιστη κατεργασία (minimum tillage), άριστη κατεργασία (optimum tillage), κατεργασία διατήρησης (conservation tillage) και κατεργασία διατήρησης φυτικών υπολειμμάτων (mulch tillage), μειωμένη κατεργασία (reduced tillage), κατεργασία σε λωρίδες (strip tillage) και μηδενική κατεργασία (Zero-tillage).

Ως συστήματα κατεργασίας του εδάφους που στοχεύουν στην αειφορική διαχείριση αυτού χαρακτηρίζονται οι μέθοδοι κατεργασίας που είναι λιγότερο εντατικές από την συμβατική μέθοδο και που χρησιμοποιούν λιγότερη ενέργεια. Οι μέθοδοι αυτές έχουν ως κοινό γνώρισμα την διατήρηση της επιφάνειας του εδάφους καλυμμένη με φυτικά υπολείμματα τουλάχιστον κατά 30%. Η προετοιμασία της σποροκλίνης γίνεται με περιορισμένο αριθμό επεμβάσεων στοχεύοντας:

1. Στην μείωση του κόστους παραγωγής μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και του περιορισμού της απαιτούμενης εργασίας.
2. Στην διατήρηση της ποιότητας και της παραγωγικότητας του εδάφους μέσω του περιορισμού της συμπίεσης και της διάβρωσης.
3. Στην εξοικονόμηση εδαφικής υγρασίας.
4. Διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους (Phillips and Young, 1973).

Σύμφωνα με την τυποποίηση EP291.2 της ASAE (2002) μπορούν να διακριθούν τα εξής συστήματα τα οποία ως στόχο έχουν την αειφορική διαχείριση του εδάφους:

Ελάχιστη κατεργασία (*minimum tillage*). Με τον όρο “ελάχιστη κατεργασία” αναφέρονται οι μέθοδοι διαχείρισης κατά τις οποίες πραγματοποιούνται οι ελάχιστες απαραίτητες επεμβάσεις για την προετοιμασία του εδάφους. Οι επεμβάσεις διατηρούνται στο ελάχιστο και σε όλη την υπόλοιπη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. (σκαλίσματα κ.λ.π.).

Βέλτιστη κατεργασία (*Optimum tillage*). Η “άριστη κατεργασία” αποτελεί την ιδεατή μορφή της ελάχιστης κατεργασίας. Στόχος είναι η επίτευξη του μεγαλύτερου δυνατού οφέλους με τις ελάχιστες δυνατές επεμβάσεις, για μια ορισμένη καλλιέργεια και στις ορισμένες συνθήκες. ενός εδάφους και μιας περιοχής.

Κατεργασία διατήρησης φυτικών υπολειμμάτων (*Mulch tillage*). Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζονται όσα συστήματα εφαρμόζουν μεθόδους κατεργασίας οι οποίες αφήνουν το μεγαλύτερο ποσοστό των φυτικών υπολειμμάτων πάνω ή κοντά στην επιφάνεια του εδάφους.

Κατεργασία συντήρησης (*Conservation tillage*). Οι μέθοδοι που περιλαμβάνονται στην “κατεργασία διατήρησης” μοιάζουν με τις προηγούμενες με τη διαφορά ότι δεν είναι απαραίτητο να αφήνονται όλα τα φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια του εδάφους. Ειδικότερα, ως “κατεργασία διατήρησης” χαρακτηρίζονται οι τεχνικές κατεργασίας οι οποίες αφήνουν τουλάχιστον το 30% της επιφάνειας του εδάφους καλυμμένη με φυτικά υπολείμματα μετά τη σπορά.

Μειωμένη κατεργασία (*reduced tillage*). Με τον όρο “μειωμένη κατεργασία” αναφέρονται τα συστήματα κατεργασίας του εδάφους τα οποία ως κύριο μέλημα έχουν τον περιορισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά την διενέργεια των καλλιεργητικών χειρισμών.

Κατεργασία σε λωρίδες (*Strip tillage*). Ως συστήματα κατεργασίας σε λωρίδες χαρακτηρίζονται οι μέθοδοι που κατεργάζονται μέχρι το 30% της εδαφικής επιφάνειας. Η κατεργασία πραγματοποιείται σε λωρίδες πάνω στις οποίες στη συνέχεια σπέρνονται οι γραμμές της καλλιέργειας, ενώ ο χώρος μεταξύ των γραμμών παραμένει ακατέργαστος.

Μηδενική κατεργασία ή ακαλλιέργεια (*Zero Tillage, No-tillage*). Τα συστήματα της μηδενικής κατεργασίας ή αλλιώς ακαλλιέργειας περιλαμβάνουν τη τοποθέτηση του σπόρου σε μια πολύ στενή λωρίδα κατεργασμένου εδάφους, ουσιαστικά το αυλάκι στο οποίο τοποθετείται ο σπόρος ενώ όλη η υπόλοιπη επιφάνεια παραμένει ακατέργαστη. Η υπάρχουσα βλάστηση καταστρέφεται με τη χρήση ζιζανιοκτόνων, είτε λίγο πριν, είτε αμέσως μετά τη σπορά.

Κατεργασία σε αναχώματα (*Ridge tillage*). Κατά την κατεργασία του εδάφους σχηματίζονται αναχώματα πάνω στα οποία σπέρνονται σε γραμμές τα φυτά της καλλιέργειας. Η πρακτική αυτή βοηθά στην πρόωμη θέρμανση των εδαφών σε ψυχρές περιοχές, επιτρέποντας με τον τρόπο αυτό την πρωιμότερη σπορά. Τα αναχώματα διατηρούνται στην αρχική τους τοποθεσία και απλώς κάθε έτος, μετά την συγκομιδή, ανασχηματίζονται με την χρήση κατάλληλων μηχανημάτων (αυλακωτήρες).

Κατεργασία με δημιουργία δεξαμενών (*Reservoir tillage*). Είναι μια ειδική μέθοδος όπου κατά την κατεργασία του εδάφους δημιουργούνται λακούβες οι οποίες χρησιμεύουν ως δεξαμενές συγκέντρωσης του νερού της βροχής ή της άρδευσης. Το σύστημα αυτό βρίσκει πρακτική εφαρμογή σε κεκλιμένα εδάφη όπου η επιφανειακή απορροή του νερού προκαλεί προβλήματα διάβρωσης του εδάφους.

Η διάκριση μεταξύ των συστημάτων που περιγράφηκαν δεν είναι σαφής και ο χαρακτηρισμός αποδίδεται ανάλογα με τον τομέα στον οποίο δίνεται έμφαση κατά την εφαρμογή ενός συγκεκριμένου συστήματος. Έτσι για παράδειγμα όταν εφαρμόζεται μια μέθοδος κατεργασίας η οποία ως κύριο μέλημα έχει να αφήσει τα φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια του εδάφους με σκοπό τον περιορισμό της διάβρωσης, το σύστημα αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί ως "κατεργασία διατήρησης". Παράλληλα όμως, αποτελεί και σύστημα "μειωμένης κατεργασίας" διότι για να παραμείνουν τα φυτικά υπολείμματα στην εδαφική επιφάνεια δεν γίνεται αναστροφή του εδάφους και επομένως επιτυγχάνεται μείωση της εντατικότητας της κατεργασίας και εξοικονόμηση ενέργειας.

Ο πειραματισμός με τέτοιου είδους τεχνικές καλλιέργειας δεν είναι πρόσφατος. Ήδη, από την δεκαετία του 50' είχαν γίνει οι πρώτες απόπειρες για την εφαρμογή μεθόδων μηδενικής κατεργασίας. Η παραγωγή του καλαμποκιού με ένα σύστημα ακαλλιέργειας επιχειρήθηκε για πρώτη φορά από τους Davidson & Barrons το 1954 (Αναφορά των Dick *et al.*, 1991). Η αποτελεσματικότητα όμως των ζιζανιοκτόνων που ήταν διαθέσιμα την εποχή εκείνη, δεν επαρκούσε για την επιτυχή διαχείριση των ζιζανίων, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να γίνουν εμφανή τα πραγματικά πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της μεθόδου, έως ότου το 1959 εμφανίστηκε στην αγορά η ατραζίνη. Από τότε, πάρα πολλά πειράματα έχουν γίνει και συνεχίζουν να γίνονται σε όλο τον κόσμο με σκοπό να διερευνηθεί η δυνατότητα εφαρμογής και να αξιολογηθούν οι ευεργετικές επιπτώσεις σε διαφορετικές περιοχές και καλλιέργειες. Οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αποκαλύψει μια σειρά από οφέλη που είναι ικανά να καταστήσουν την υιοθέτηση αυτών των συστημάτων, από την πλευρά των παραγωγών, ιδιαίτερα δελεαστική. Εξάλλου, σε πολλές περιπτώσεις, και οι ίδιοι οι παραγωγοί έχουν αντιληφθεί τις ωφέλειες από την εφαρμογή τέτοιων πρακτικών τις οποίες και εφαρμόζουν, ιδίως σε λιγότερο εντατικές καλλιέργειες. Η ακαλλιέργεια σήμερα αποτελεί μια ευρέως διαδεδομένη πρακτική σε χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Αυστραλία όπου δεν είναι λίγοι οι παραγωγοί που έχουν αντιληφθεί τα οφέλη της και έχουν αποκτήσει προσωπική πρακτική εμπειρία πάνω στις ιδιαίτερες τεχνικές που πρέπει να ακολουθούν. Για την Ελλάδα, χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι παραγωγοί στην περιοχή της Θεσσαλίας οι οποίοι για να περιορίσουν το κόστος, όταν πρόκειται να σπείρουν σιτάρι έπειτα από βαμβάκι, σπέρνουν στην επιφάνεια του εδάφους αφού πρώτα περάσουν με ένα ελαφρύ καλλιεργητή ο οποίος πραγματοποιεί μια επιφανειακή αναμόχλευση αφήνοντας τα βαμβακοστελέχη όρθια. Σε άλλες περιπτώσεις πάλι πραγματοποιούν απ' ευθείας σπορά στα υπολείμματα της βαμβακοκαλλιέργειας (Gemtos *et al.*, 1998).

1.3. Επίδραση της συμβατικής κατεργασίας στο έδαφος

Η συμβατική κατεργασία του εδάφους (*Conventional tillage*), ορίζεται στις περισσότερες χώρες του κόσμου από τη χρήση του αρότρου. Το άροτρο, με την αναστροφή που προκαλεί στο έδαφος, αποδεικνύεται ιδιαίτερα αποτελεσματικό στον έλεγχο των ζιζανίων. Επιπλέον, με την ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων, διευκολύνεται η εργασία των μηχανημάτων της δευτερογενούς κατεργασίας. Τα φυτικά υπολείμματα που ενσωματώνονται διεγείρουν την δραστηριότητα των μικροοργανισμών του εδάφους οι οποίοι και τα αποσυνθέτουν. Με την διεργασία τους αυτή παράγουν οργανική ουσία η οποία με την περαιτέρω αποσύνθεσή της παρέχει στα φυτά πολύτιμα θρεπτικά στοιχεία. Με το όργωμα προκαλείται σημαντική χαλάρωση του εδάφους στην στοιβάδα της ριζόσφαιρας με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η ανάπτυξη της φυτείας και να πετυχαίνονται υψηλές αποδόσεις. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τον αποτελεσματικό έλεγχο των ζιζανίων αποτελούν τις βασικές αιτίες για την ευρεία αποδοχή του οργώματος. Στην συμβατική κατεργασία, η τελική προετοιμασία του εδάφους επιτυγχάνεται με τις επεμβάσεις δευτερογενούς κατεργασίας όπου χρησιμοποιούνται ελαφρύτερα εργαλεία, όπως ελαφρείς καλλιεργητές, σβάρνες και δισκοσβάρνες συνήθως σε περισσότερες από μια επεμβάσεις.

Παρά τα σημαντικά οφέλη, η συμβατική κατεργασία αποτελεί ένα σύστημα εντατικής διαχείρισης του εδάφους που απαιτεί αυξημένη κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον με τις εντατικές επεμβάσεις επηρεάζονται πολλές πτυχές της φυσικής κατάστασης του εδάφους, όπως η γονιμότητα, η σταθερότητα της δομής και η διαβρωσιμότητα. Ορισμένα σημαντικά προβλήματα που έχουν προκύψει ως συνέπεια της συμβατικής διαχείρισης του εδάφους είναι η συμπίεση του εδάφους, η διάβρωση, ο σχηματισμός σκληρού εδαφικού ορίζοντα και η δημιουργία επιφανειακής κρούστας.

Με τον όρο συμπίεση του εδάφους περιγράφεται η μείωση του εδαφικού όγκου που οφείλεται στην ελάττωση του πορώδους και η οποία προκύπτει από την εξάσκηση ισχυρών πιέσεων (Chancellor, 1977). Οι παράγοντες οι οποίοι ευθύνονται κατά κύριο λόγο για την συμπίεση που παρατηρείται σήμερα στα γεωργικά εδάφη είναι η συχνή κίνηση βαριών γεωργικών ελκυστήρων και μηχανημάτων συγκομιδής καθώς και τα εργαλεία κατεργασίας που εργάζονται μέσα στο έδαφος (Chancellor, 1977). Η μεγαλύτερη συμπίεση του εδάφους στην διάρκεια μιας καλλιεργητικής περιόδου συμβαίνει κατά την διάρκεια της συγκομιδής ιδίως όταν αυτή πραγματοποιείται σε υγρές συνθήκες (Boizard *et al.*, 2002). Αλλά και για την κατεργασία του εδάφους, ιδίως όταν αυτή περιλαμβάνει όργωμα σε μεγάλο βάθος, απαιτείται η χρήση ισχυρών και βαριών γεωργικών ελκυστήρων οι οποίοι καθώς μετακινούνται στην επιφάνεια του εδάφους ασκούν έντονες κατακόρυφες πιέσεις, προκαλώντας την συμπίεση αυτού.

Ένα συμπίεμένο έδαφος εμφανίζει αυξημένη φαινομενική πυκνότητα και συνοχή και περιορισμένο πορώδες με δυσμενείς συνέπειες στη διακίνηση νερού και αέρα καθώς και την ανάπτυξη των ριζών (Hatfield and Karlen, 1992). Η συμπίεση του εδάφους, ιδίως όταν έχει προκληθεί από μεγάλα φορτία μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα τόσο στο φύτευμα όσο και στην ανάπτυξη και τελική απόδοση μιας καλλιέργειας. (Chancellor, 1977).

Καθώς η δομή του εδάφους υποβαθμίζεται, οι παραγωγοί καταφεύγουν στη μηχανική κατεργασία για να βελτιώσουν την φυσική κατάσταση της ριζόσφαιρας. Το όργωμα μπορεί να ανακουφίσει τις αρνητικές επιπτώσεις της συμπίεσης αυξάνοντας το πορώδες του εδάφους. Ωστόσο η βελτίωση αυτή είναι πρόσκαιρη και η συμπύκνωση του εδάφους μπορεί να αυξηθεί σε ακόμη υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με την συμπύκνωση πριν από την

κατεργασία (Dani and Ghezzehi, 2002). Το γεγονός αυτό οφείλεται στην υποβάθμιση της δομής και τη μείωση της σταθερότητας των συσσωματωμάτων του εντατικά κατεργασμένου εδάφους. Το όργωμα ενός συμπίεσμένου εδάφους μπορεί να επαναφέρει το εδαφικό πορώδες κοντά στα επίπεδα που ήταν πριν από την συμπίεση. Αυτό όμως που στην πραγματικότητα βελτιώνεται είναι μόνο το μακροπορώδες καθώς το μικροπορώδες χρειάζεται να περάσουν τουλάχιστον πέντε έτη μετά το συμβάν της συμπίεσης, για να βελτιωθεί μέσω των φυσικών διεργασιών από την επίδραση των κλιματολογικών παραγόντων (Arvidsson and Hakansson, 1996). Ακόμη και με ετήσια οργώματα, οι υπολειμματικές επιπτώσεις της συμπίεσης σε ένα αργιλώδες έδαφος μπορούν να διατηρηθούν για πάνω από 3 έτη (Alakukku, 1996a). Κάτω από το βάθος αρόσεως ωστόσο οι επιπτώσεις από την συμπίεση μπορούν να παραμείνουν για πολύ περισσότερο (Alakukku, 1996b).

Το κόστος που προκύπτει από τη συμπίεση του εδάφους από τα γεωργικά μηχανήματα μπορεί να είναι πολύ σημαντικό. Όταν μάλιστα η χρήση του γεωργικού εξοπλισμού γίνεται σε επίπεδα υψηλής εδαφικής υγρασίας το κόστος της συμπίεσης μπορεί να υπερβαίνει το κόστος της επένδυσης και της χρήσης του μηχανολογικού εξοπλισμού (Cooke and Scott, 1993). Τα συμπίεσμένα εδάφη είναι πιο ανθεκτικά στις δυνάμεις κατεργασίας και απαιτούν μεγαλύτερη ελκτική δύναμη και συνεπώς κατανάλωση ενέργειας για την κατεργασία (Chancellor, 1977). Συνεπώς μια μελέτη για μια ορθολογική επένδυση και διαχείριση των γεωργικών μηχανημάτων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη και το κόστος της συμπίεσης που ενδεχομένως αυτά να δημιουργούν στο έδαφος.

Διάβρωση ονομάζεται το φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο από μια επιφάνεια εδάφους χάνεται το επιφανειακό υλικό. Η διάβρωση του εδάφους έχει ως συνέπεια την απώλεια της επιφανειακής γόνιμης στοιβάδας και την αποκάλυψη ενός λιγότερου παραγωγικού υπεδάφους το οποίο έχει μειωμένη ικανότητα να συγκρατεί και να ανακυκλώνει τα θρεπτικά στοιχεία καθώς και να απορροφά, αποθηκεύει και διευκολύνει την κυκλοφορία του νερού και του αέρα. Στα διαβρωμένα εδάφη οι αποδόσεις των καλλιεργειών μειώνονται από 20-65% (Parendick, 1992). Σύμφωνα με τους Brown and Wolf (1984) εξαιτίας της διάβρωσης μέσα σε μια δεκαετία χάνεται παγκοσμίως περίπου το 7% του επιφανειακού καλλιεργήσιμου εδάφους. Οι Μήτσιος και λοιποί (1995) εκτιμούν ότι τα Ελληνικά εδάφη είναι από τα πιο επιρρεπή στη διάβρωση παγκοσμίως. Τούτο οφείλεται αφενός στα ψαθυρά γεωλογικά υλικά από τα οποία συνιστώνται τα περισσότερα Ελληνικά εδάφη σε συνδυασμό με την χαμηλή περιεκτικότητά τους σε οργανική ουσία και αφ' ετέρου στις μεγάλες κλίσεις που εμφανίζουν πολλές καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Επιπλέον, το ξηρό κλίμα της χώρας μας και οι συχνές καταρρακτώδεις βροχές, οδηγούν σε μια δραματική επιδείνωση του προβλήματος.

Οι παράγοντες που προκαλούν διάβρωση είναι το νερό είτε της βροχής είτε της άρδευσης, ο άνεμος και πολλές φορές ο ίδιος ο άνθρωπος όταν χρησιμοποιεί ακατάλληλες τεχνικές κατεργασίας προκαλώντας την καθοδική μετακίνηση μεγάλων ποσοτήτων γόνιμου εδάφους. Ο σημαντικότερος από τους προηγούμενους παράγοντες είναι το νερό της βροχής και της άρδευσης ιδίως όταν αυτή πραγματοποιείται με καταιονισμό. Καθώς οι σταγόνες του νερού προσπίπτουν με δύναμη στην επιφάνεια του εδάφους προκαλούν την αποκόλληση μικρών τεμαχιδίων από τα εδαφικά συσσωματώματα τα οποία παρασέρνονται κατά την επιφανειακή απορροή των υδάτων. Με την εντατική κατεργασία του εδάφους το έδαφος αφήνεται ψιλοχωματισμένο και ακάλυπτο στην επίδραση των σταγόνων του νερού και επομένως επιρρεπές στην εμφάνιση διάβρωσης.

Οι πρακτικές που χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό του φαινομένου της διάβρωσης είναι η καλλιέργεια σε ισουψείς, η σπορά πολυετών και βαθύριζων καλλιεργειών όπως διάφορες χορτοδοτικές καλλιέργειες, η χρήση καλλιεργειών φυτοκάλυψης και ο περιορισμός της κατεργασίας του εδάφους.

Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα που προκύπτει από την κατεργασία ενός εδάφους διαρκώς στο ίδιο βάθος, χρησιμοποιώντας κάθε φορά το ίδιο εργαλείο, είναι η δημιουργία σκληρού εδαφικού ορίζοντα, ενός στρώματος εδάφους δηλαδή, ακριβώς κάτω από το βάθος κατεργασίας, στο οποίο παρατηρείται μια απότομη αύξηση της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας και μια αυξημένη αντίσταση στη διείσδυση. Η αυξημένη μηχανική αντίσταση που παρουσιάζει το στρώμα αυτό παρεμποδίζει την ανάπτυξη των ριζών στο υπέδαφος, γεγονός που είναι απαραίτητο για την ομαλή τροφοδοσία των φυτών με νερό, ιδίως σε περιόδους ξηρασίας. Επίσης επηρεάζει τις υδραυλικές ιδιότητες και την στράγγιση του εδάφους.

Από τα εργαλεία κατεργασίας, αυτό που δημιουργεί το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι το υνάροτρο καθώς κατά την εργασία του το κάτω μέρος της βάσης συμπιέζει το έδαφος (Chancellor, 1977). Το πρόβλημα επιδεινώνεται ιδιαίτερα όταν κατά την διάρκεια της κατεργασίας το έδαφος είναι υγρό με συνέπεια ο τροχός του ελκυστήρα που κινείται μέσα στην αυλακιά να προκαλεί συμπίεση του εδάφους σε βάθος όπου πολλές φορές είναι αδύνατο να προσεγγιστεί με τα συμβατικά εργαλεία κατεργασίας. Ακόμη χειρότερα, καθώς ο τροχός ολισθαίνει, φράζει τους μεγαλύτερους πόρους του πυθμένα της αυλακιάς, οδηγώντας σε περαιτέρω μείωση της στράγγισης.

Μια ακόμη δυσμενής επίδραση που μπορεί να έχει η εντατική κατεργασία του εδάφους όταν αμέσως μετά επικρατήσουν ορισμένες καιρικές συνθήκες, είναι ο σχηματισμός εδαφικής κρούστας, μιας λεπτής δηλαδή, συμπαγούς και συνεκτικής στοιβάδας εδάφους στην ανώτερη επιφάνεια. Με τις εργασίες κατεργασίας του εδάφους πριν τη σπορά η επιφάνεια ψιλοχωματίζεται και συνήθως αφήνεται γυμνή από φυτική κάλυψη και εκτεθειμένη στην επίδραση των καιρικών συνθηκών για μια περίοδο μέχρι να φυτρώσει και να αναπτυχθεί η καλλιέργεια. Στο διάστημα αυτό μία σύντομη βροχή ή ένα πότισμα με καταιονισμό με μεγάλο μέγεθος σταγόνας, αμέσως μετά τη σπορά, ακολουθούμενα από μία περίοδο έντονης ξηρασίας, αποτελούν τον ιδανικό συνδυασμό που οδηγεί στη δημιουργία εδαφικής κρούστας. Οι σταγόνες της βροχής ή του νερού της άρδευσης καθώς χτυπούν με δύναμη τα εδαφικά συσσωματώματα, προκαλούν την αποκόλληση μικρών τεμαχιδίων τα οποία φράζουν τους πόρους της επιφάνειας. Κατά την ξήρανση του εδάφους τα τεμαχίδια αυτά θα αναπτύξουν ισχυρούς δεσμούς με τα συσσωματώματα παίζοντας το ρόλο της ενδιάμεσης προσκολλητικής ουσίας, με αποτέλεσμα όταν το έδαφος στεγνώσει, να εμφανίζει μια λεία, συνεχόμενη και ανθεκτική υφή.

Η κρούστα παρεμποδίζει την είσοδο του νερού και του αέρα στο έδαφος και μπορεί να προκαλέσει συνθήκες ασφυξίας στους σπόρους και στις ρίζες των νεαρών φυτών. Επιπλέον, καθώς η εδαφική επιφάνεια στεγνώνει, γίνεται υπερβολικά συνεκτική, εμποδίζοντας την έξοδο των κοτυληδόνων από το έδαφος. Συνέπεια όλων αυτών είναι οι σημαντικές απώλειες κατά το φύτευμα.

Ο κίνδυνος δημιουργίας εδαφικής κρούστας μπορεί να περιοριστεί εάν προστεθεί οργανική ουσία ή γύψος στην επιφάνεια του εδάφους. Την αποτελεσματικότερη προστασία ωστόσο παρέχουν και πάλι τα φυτικά υπολείμματα όταν διατηρούνται στην επιφάνεια του εδάφους αποτρέποντας την απ' ευθείας πρόσπτωση των σταγόνων του νερού (James and Russell, 1996, Tebrügge and Düring, 1999).

1.4. Επίδραση των μεθόδων μειωμένης κατεργασίας στο έδαφος

Συγκρινόμενο με ένα έδαφος που καλλιεργείται, ένα έδαφος στο οποίο εφαρμόζεται ακαλλιέργεια παρουσιάζει ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά προσομοιάζοντας την κατάσταση ενός φυσικού λειμώνα. Ένα έδαφος σε ακαλλιέργεια είναι κατ' αρχάς πιο συνεκτικό και συμπαγές (Girma, 1998) εμφανίζοντας αυξημένη ξηρή φαινομενική πυκνότητα (Phillips and Young, 1973, Papendick, 1992, Salinas-Garcia *et al.*, 1997, Tebrügge and Düring, 1999, Rasmussen, 1999, Yang and Wander, 1999, Guerif *et al.*, 2001) καθώς και υψηλότερη αντίσταση στη διείσδυση (Lopez *et al.*, 1996, Tebrügge and Düring, 1999, Ferreras, *et al.*, 2000). Αυξημένη φαινομενική πυκνότητα και αντίσταση στην διείσδυση παρουσιάζει επίσης το έδαφος όταν περιορίζεται η εντατικότητα της κατεργασίας (Moreno *et al.*, 1997). Υπάρχουν ωστόσο έρευνες οι οποίες αναφέρουν και το αντίθετο. Οι Hao *et al.* (2000) δεν διαπίστωσαν διαφορές στην αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας και της ακαλλιέργειας παρόλο που το ακαλλιέργητο έδαφος παρουσίαζε υψηλότερη ξηρή φαινομενική πυκνότητα. Επίσης οι Karunatikale, *et al.* (2000) δεν διαπίστωσαν διαφορές στην αντίσταση στην διείσδυση μεταξύ ενός οργωμένου και ενός ακαλλιέργητου ιλο-αργιλώδους εδάφους. Το γεγονός αυτό το αποδίδουν στην βελτιωμένη δομή που υπήρχε στην ακαλλιέργεια διότι ο πειραματικός αγρός προέρχονταν από πενταετή καλλιέργεια μηδικής, καθώς και στο υψηλότερο επίπεδο υγρασίας που διατηρούσε το έδαφος στην ακαλλιέργεια.

Το ακαλλιέργητο έδαφος επίσης περιλαμβάνει μεγαλύτερα και σταθερότερα συσσωματώματα (Medeiros, *et al.*, 1996, Rasmussen, 1999, Arshad, *et al.*, 1999, Ferreras, *et al.*, 2000) με αποτέλεσμα να είναι πιο ανθεκτικό στην συμπίεση από τα γεωργικά μηχανήματα (Tebrügge and Düring, 1999) αλλά και στην διάβρωση (Hajabbasi and Hemmat, 2000). Η κατά βάρος μέση σταθμισμένη διάμετρος των σταθερών συσσωματωμάτων του εδάφους στην ακαλλιέργεια είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την μέση σταθμισμένη διάμετρο των συσσωματωμάτων στην συμβατική κατεργασία (Hao *et al.*, 2000, Mrabet *et al.*, 2001). Οι Mahboubi and Lal (1998) διαπίστωσαν ότι κατά μέσο όρο σε ένα έτος τα σταθερά συσσωματώματα στην ακαλλιέργεια ήταν 41,4%, σε ένα σύστημα κατεργασίας με εδαφοσχίση 29,6%, ενώ σε ένα σύστημα συμβατικής κατεργασίας με άροτρο 25,8%. Ομοίως, τα συσσωματώματα μεγαλύτερα από 1 mm ήταν για τα τρία συστήματα 26,1%, 16,7% και 12,2% αντίστοιχα. Σε ένα πείραμα με διαφορετικά συστήματα κατεργασίας και διαφορετικές αμειψιπορές οι Gomez *et al.* (2001) διαπίστωσαν μια αύξηση της σταθερότητας των συσσωματωμάτων ως συνέπεια της αύξησης των χουμικών ενώσεων στο έδαφος κατά την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας. Ως γνωστό οι χουμικές ενώσεις παίζουν πρωτεύοντα ρόλο στην δημιουργία δεσμών μεταξύ των ανόργανων συστατικών του εδάφους. Η σταθερότητα των εδαφικών συσσωματωμάτων ήταν υψηλότερη όταν στο σύστημα της αμειψιποράς περιλαμβανόταν καλλιέργεια καλαμποκιού η οποία επιστρέφει στο έδαφος μεγάλο όγκο φυτικών υπολειμμάτων μετά τη συγκομιδή. Οι Loveland and Webb (2003) αναφέρουν ότι μόνο το πρόσφατα παραγόμενο ενεργό τμήμα από την οργανική ουσία του εδάφους με υψηλή περιεκτικότητα σε μονο και πολύ-σακχαρίτες και μυκητολογικές υφές μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της σταθερότητας των συσσωματωμάτων.

Για την αποικοδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων και τον εμπλουτισμό του εδάφους με οργανική ουσία είναι απαραίτητη η δράση των μικροοργανισμών του εδάφους. Με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας προκύπτει μια σημαντική αύξηση της μικροβιακής χλωρίδας του εδάφους (Emmerling, *et al.*, 2001, Kladienko, 2001). Η αύξηση αυτή οφείλεται στην δημιουργία ευνοϊκότερων συνθηκών (αυξημένη υγρασία, αύξηση του οργανικού υποστρώματος, βελτίωση της δομής κ.α.) Τα μεγαλύτερα συσσωματώματα που

δημιουργούνται όταν περιορίζεται η εντατικότητα της κατεργασίας περιέχουν υψηλότερο ποσοστό μικροβιακής βιομάζας (Lurwayi *et al.*, 1998, Lurwayi *et al.*, 2001). Η μικροβιακή χλωρίδα ευθύνεται με τη σειρά της για την αποικοδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων, την ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων, την διάσπαση τοξικών ουσιών και συμβάλει στην διατήρηση της σταθερότητας της δομής του εδάφους. Για πολλές έρευνες, η ποσότητα και η βιοποικιλότητα της μικροβιακής χλωρίδας του εδάφους αποτελεί δείκτη της γονιμότητας και της δομικής σταθερότητας του εδάφους.

Η αυξημένη ξηρή φαινομενική πυκνότητα ενός ακαλλιέργητου εδάφους συνοδεύεται από ένα περιορισμένο εδαφικό πορώδες (Tebrügge and Düring, 1999). Η μείωση του πορώδους ωστόσο δεν συνοδεύεται απαραίτητα από μια ανάλογη μείωση της στράγγισης του νερού ή του αερισμού. Αυτό που στην πραγματικότητα συμβαίνει με την απουσία της κατεργασίας είναι μια μείωση του μακροπορώδους και μια αύξηση των μικροπόρων (Phillips and Young, 1973, Rasmussen, 1999, Arshad *et al.*, 1999, Ferreras, *et al.*, 2000). Επειδή το έδαφος είναι περισσότερο συμπαγές, οι πόροι συνιστούν ένα σταθερό δίκτυο από κανάλια μέσω των οποίων το νερό διηθείται ταχύτατα και με ευκολία (Cameira, *et al.*, 2003). Υπεύθυνοι για την δημιουργία αυτού του δικτύου είναι οι ζωικοί οργανισμοί του εδάφους και ιδίως οι γαιοσκώληκες των οποίων ο πληθυσμός αυξάνει σημαντικά στα ακαλλιέργητα και πλούσια σε οργανική ουσία εδάφη (Vanouliou *et al.*, 1999, Rasmussen, 1999, Chan, 2001, Kladinco, 2001, Langmaack *et al.*, 2002). Οι οργανισμοί αυτοί, κατά τη μετακίνησή τους, δημιουργούν στοές στο έδαφος μέσω των οποίων στραγγίζει το νερό και διακινείται ο αέρας. Στα εδάφη που οργώνονται, αντίθετα, οι στοές γαιοσκωλήκων παρατηρούνται ως επί το πλείστον κάτω από το βάθος αρόσεως (Sveistrup *et al.*, 1997). Οι Sidiras and Kahnt (1988) διαπίστωσαν ότι σε βάθος 0-30 cm ο αριθμός των βιοπόρων σε ένα έδαφος που εφαρμοζόταν μειωμένη κατεργασία ήταν κατά 261% μεγαλύτερος σε σχέση με τους βιοπόρους που απαντήθηκαν στο οργωμένο έδαφος.

Ένας δεύτερος, εξίσου σημαντικός παράγοντας ο οποίος συμβάλει στην δημιουργία του πορώδους, είναι οι ρίζες των φυτών οι οποίες μετά τον θάνατό και την αποσύνθεσή τους, αφήνουν κενές σήραγγες.

Το συνεκτικό και συμπυκνωμένο έδαφος στην ακαλλιέργεια συνήθως περιορίζει την ανάπτυξη των ριζών στα βαθύτερα στρώματα οδηγώντας στον σχηματισμό ενός πιο επιπολαιόριζου ριζικού συστήματος (Gregory, 1988a, Bennie, 1996, Lopez and Arrue, 1996, Laren *et al.*, 2001). Πολλές φορές, η αδυναμία της ρίζας να διεισδύσει στο έδαφος, αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα που περιορίζει την ανάπτυξη των φυτών. Οι ρίζες των φυτών κατά κανόνα αναπτύσσονται προτιμώντας τις ρωγμές του εδάφους και τα κανάλια των εδαφικών πόρων, αποφεύγοντας σκληρά και αδιαπέραστα τμήματα. Ωστόσο, όταν θα συναντήσουν κάποια σκληρή επιφάνεια που δημιουργεί αδιέξοδο, θα προσπαθήσουν να τη διεισδύσουν προκαλώντας την μετακίνηση των εδαφικών τεμαχιδίων. Η διείσδυση θα είναι επιτυχής όταν η πίεση ανάπτυξης της ρίζας είναι μεγαλύτερη από την μηχανική αντίσταση του εδαφικού πλέγματος. Ο μηχανισμός ανάπτυξης της ρίζας περιλαμβάνει την επιμήκυνση των κυττάρων του μεριστωματικού ιστού πίσω από την καλύπτρα την οποία και πιέζουν να διεισδύσει στο έδαφος Bennie (1996). Για να συμβεί αυτό θα πρέπει η οσμωτική πίεση στο κυτόπλασμα των επιμηκόμενων κυττάρων να είναι αρκετή ώστε να υπερνικήσει την αντίσταση που προβάλλουν τα κυτταρικά τοιχώματα και την αντίσταση που προβάλλει το εδαφικό πλέγμα. Η διαφορά της οσμωτικής πίεσης των κυττάρων από την αντίσταση των κυτταρικών τοιχωμάτων αποτελεί την ωφέλιμη πίεση για την διείσδυση της ρίζας στο έδαφος και ονομάζεται *πίεση ανάπτυξης* της ρίζας. Για τα περισσότερα καλλιεργούμενα φυτικά είδη κυμαίνεται από 700 έως 2500 kPa (Gregory 1988a, Bennie, 1996). Γενικά, η ανάπτυξη της ρίζας περιορίζεται όταν η αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση υπερβαίνει τα 1200 kPa (Bennie, 1996) και όταν η ξηρή φαινομενική πυκνότητα είναι υψηλή (μεγαλύτερη από 1,55 g/cm³ για τα αργιλώδη εδάφη, 1,65 g/cm³ για τα ιλυώδη και 1,80 g/cm³ για τα αμμώδη) (Gregory, 1988a). Το έδαφος

επομένως θα πρέπει να παρέχει επαρκή αναλογία μακροπόρων ώστε να αναπτύσσονται οι κύριες ρίζες ενώ δεν πρέπει να παρουσιάζει σκληρούς εδαφικούς ορίζοντες που μπορεί να εμποδίζουν την ανάπτυξη των ριζών σε μεγαλύτερα βάθη. Σε ένα πείραμα με συστήματα μειωμένης κατεργασίας, οι Μπιλάλης, και λοιποί (2000) διαπίστωσαν μια θετική συσχέτιση μεταξύ του ποσοστού των μακροπόρων του εδάφους και της πυκνότητας του ριζικού συστήματος του βαμβακιού. Ο υψηλότερος συντελεστής συσχέτισης ($r=0,87$) διαπιστώθηκε για την μέθοδο της ακαλλιέργειας. Εκτός από τις κύριες ρίζες, για την ανάπτυξη των ριζικών τριχιδίων απαιτείται επίσης η ύπαρξη εδαφικών πόρων. Οι πόροι αυτοί είναι κυρίως μικροπόροι οι οποίοι όμως θα πρέπει να έχουν μια ελάχιστη διατομή ίση με την διάμετρο ενός ριζικού κυττάρου.

Ένα καλής δομής έδαφος θα πρέπει να επιτρέπει την ομοιόμορφη και ανεμπόδιση ανάπτυξη των ριζών. Οι Hatfield and Karlen (1989) ωστόσο πιστεύουν ότι το γεγονός ότι ένα συμπαγές ακαλλιέργητο έδαφος δυσχεραίνει την ανάπτυξη των ριζών δεν είναι απαραίτητα και αρνητικό. Τα φυτά αναγκάζονται να αναπτύξουν ένα λεπτότερο αλλά με μεγαλύτερο συνολικό μήκος, ριζικό σύστημα, το οποίο είναι πιο αποτελεσματικό στην πρόσληψη νερού και θρεπτικών στοιχείων διότι έχει μεγαλύτερη ενεργό επιφάνεια (*αναλογία επιφάνειας προς όγκο*). Εκτός όμως από την έκταση, και η μορφολογία του ριζικού συστήματος φαίνεται ότι διαφοροποιείται. Ιδίως για τα επιπολαιόριζα φυτά, διαφαίνεται μια τάση για ανάπτυξη των νεαρών ριζών κατά μήκος της αυλακιάς που δημιουργεί η σπартική μηχανή για την τοποθέτηση του σπόρου (Phillips and Young, 1973). Καθώς όμως η συνολική επιφάνεια του ριζικού συστήματος δεν περιορίζεται, αυτό δεν φαίνεται να αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα. Οι Ball-Coelho, *et al.* (1998) αναφέρουν ότι η ανάπτυξη των ριζών του καλαμποκιού σε ένα έδαφος που βρίσκεται σε ακαλλιέργεια ήταν πιο επιφανειακή αλλά το συνολικό μήκος των ριζών ήταν μεγαλύτερο σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Ομοίως οι Sidiras *et al.* (2001) διαπίστωσαν για το κριθάρι ότι οι ρίζες στην ακαλλιέργεια ήταν λεπτότερες σε σχέση με αυτές που παρατηρήθηκαν στο οργωμένο έδαφος αλλά η συνολική τους μάζα ήταν 9% μεγαλύτερη. Η μάζα των ριζών ήταν σε θετική συσχέτιση με το εδαφικό πορώδες και την μέση κατά βάρος σταθμισμένη διάμετρο των εδαφικών συσσωματωμάτων και σε αρνητική συσχέτιση με την αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση.

Η άργιλος μαζί με την οργανική ουσία αποτελούν τα δυο βασικότερα συγκολλητικά και σταθεροποιητικά συστατικά των εδαφικών τεμαχιδίων. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε άργιλο και όσο υψηλότερο είναι το ποσοστό της οργανικής ουσίας, τόσο σταθερότερη είναι η δομή του εδάφους και τόσο ανθεκτικότερο είναι αυτό στη συμπίεση (Haiquan *et al.*, 1997, Mahboubi and Lai, 1998, Gomez *et al.*, 2001, Chan *et al.*, 2002). Επίσης, η οργανική ουσία του εδάφους σχετίζεται με αυξημένη συγκράτηση νερού Larney and Lindwall (1995), αυξημένο πορώδες (Arshad *et al.*, 1999) μικρότερη φαινομενική πυκνότητα και καλύτερο αερισμό (Reeves, 1997), καθώς και με αυξημένη ευθρυπτότητα και μειωμένη αντίσταση κατά την μηχανική κατεργασία (McLaughlin *et al.* 2002)

Όταν ένα έδαφος βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας, οι ετήσιες απώλειες του άνθρακα αντισταθμίζονται από ανάλογες εισροές. Ο άνθρακας προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα με την μορφή CO₂ κατά την διαδικασία της φωτοσύνθεσης των φυτών και ενσωματώνεται στο έδαφος με την μορφή οργανικής ουσίας κατά την διαδικασία της αποικοδόμησης των φυτικών υπολειμμάτων. Οι απώλειες C από το έδαφος στην ατμόσφαιρα γίνονται και πάλι με την μορφή CO₂ και οφείλονται στην δράση των μικροοργανισμών που διασπούν την οργανική ουσία.

Με την εντατική κατεργασία η οργανική ουσία του εδάφους εκτίθεται σε αυξημένο αερισμό και η διαδικασία της διαπνοής των μικροοργανισμών επιταχύνεται (Watts, *et al.*, 2000). Με την αύξηση του ρυθμού της αναπνοής από τους μικροοργανισμούς διαταράσσεται το φυσικό ισοζύγιο ανταλλαγής CO₂ μεταξύ εδάφους και ατμόσφαιρας και προκύπτει μια

ελάττωση της οργανικής ουσίας με όλες τις περαιτέρω αρνητικές επιπτώσεις για τη φυσική κατάσταση και την δομική σταθερότητα του εδάφους που συνεπάγεται ένα τέτοιο γεγονός. Όταν όμως ένα έδαφος που έχει χάσει σημαντική ποσότητα από την οργανική ουσία του εξαιτίας της εντατικής κατεργασίας παραμένει ακαλλιέργητο η ροή της ανταλλαγής CO₂ μεταξύ εδάφους και ατμόσφαιρας αναστρέφεται και επέρχεται σταδιακά μια αποκατάσταση της αρχικής ισορροπίας. Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα των εδαφών που δεν υπόκεινται σε εντατική κατεργασία επομένως, είναι η αύξηση της οργανικής ουσίας, ιδίως στην ανώτερη επιφάνεια (Duiker and Lal, 1999, Tebrügge and Düring, 1999, Yang and Wander, 1999, Salinas-Garcia *et al.*, 2001, Mrabet, *et al.*, 2001). Η αύξηση επέρχεται σταδιακά και οφείλεται στην αποσύνθεση των ετήσιων φυτικών υπολειμμάτων (Grant, 1997).

Οι Duiker and Lal (1999) διαπίστωσαν μια θετική γραμμική συσχέτιση μεταξύ της μάζας των φυτικών υπολειμμάτων που επιστρέφουν στο έδαφος και της περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία. Σε ένα πείραμα με μη αρδευόμενο σιτάρι στην νότιο Ισπανία οι Lopez-Bellido *et al.* (1997), δεν παρατήρησαν σημαντική αύξηση της οργανικής ουσίας, σε ένα βάθος 30 cm στο έδαφος, έπειτα από έξι συνεχή έτη εφαρμογής ακαλλιέργειας, εξαιτίας της φτωχής ποσότητας των φυτικών υπολειμμάτων που επέστρεφαν ετησίως στο έδαφος. Από τις αροτριάεις καλλιέργειες, αυτή που επιστρέφει ετησίως την μεγαλύτερη ποσότητα φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος, είναι η καλλιέργεια του καλαμποκιού. Οι Smith *et al.* (1995) διαπίστωσαν ότι κατά την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας σε μια καλλιέργεια καλαμποκιού, τα φυτικά υπολείμματα που επέστρεφαν στο έδαφος ήταν κατά 30% περισσότερα σε σχέση με την συμβατική κατεργασία με όργωμα. Αντίθετα, δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στην ποσότητα των επιστρεφόμενων φυτικών υπολειμμάτων, ανεξαρτήτως συστήματος κατεργασίας, με τις καλλιέργειες φασολιών και ζαχαροτεύτλων. Σε ένα άλλο πείραμα, οι Torbert *et al.* (1998) διαπίστωσαν ότι τα υπολείμματα του καλαμποκιού προκαλούν μεγαλύτερη αύξηση του οργανικού C σε ένα βάθος 10-20 cm σε σχέση με τις καλλιέργειες σόργου και σόγιας.

Σε μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας ο Reeves (1997) σημειώνει ότι για να επέλθει αύξηση στην οργανική ουσία του εδάφους κατά την εφαρμογή συστημάτων μειωμένης κατεργασίας θα πρέπει αυτά να συνοδεύονται από εντατικοποίηση της παραγωγής με καλλιέργειες οι οποίες επιστρέφουν στο έδαφος μεγάλο όγκο φυτικών υπολειμμάτων μετά τη συγκομιδή. Σύμφωνα με τους Salinas-Garcia *et al.* (2001) για να επέλθει αύξηση της οργανικής ουσίας στην επιφανειακή στοιβάδα του εδάφους, θα πρέπει με το σύστημα της μειωμένης κατεργασίας ή της ακαλλιέργειας να διατηρείται στην επιφάνεια του εδάφους τουλάχιστον το 60% των φυτικών υπολειμμάτων όταν οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής ευνοούν την ταχεία διάσπαση της οργανικής ουσίας και τουλάχιστον το 30% όταν εξαιτίας των κλιματολογικών συνθηκών η διάσπαση της οργανικής ουσίας είναι βραδεία.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό που έχει διαπιστωθεί ότι μεταβάλλεται κατά την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας είναι η θερμοκρασία του εδάφους. Η θερμοκρασία του εδάφους δύναται να επηρεάσει την ανάπτυξη τόσο του υπόγειου όσο και του υπέργειου τμήματος των φυτών αλλά και αντίστροφα, τα φυτά δηλαδή να επηρεάσουν τη θερμοκρασία του εδάφους. Η θερμοκρασία του εδάφους επηρεάζει πολλές πτυχές της ανάπτυξης των φυτών, όπως την ανάπτυξη των ριζών και τον ρυθμό με τον οποίο αυτές προσλαμβάνουν νερό και θρεπτικά στοιχεία, την ανάπτυξη και έκπτυξη των φύλλων, την παραγωγή βιομάζας, την αναλογία υπόγειου και υπέργειου τμήματος, την ανθοφορία και την απόδοση (Payne and Gregory, 1988).

Η **θερμική αγωγιμότητα** (k) του εδάφους ορίζεται ως το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται στην μονάδα του χρόνου μέσα από μια μονάδα επιφάνειας όταν στις δυο πλευρές της επιφάνειας επικρατεί διαφορά θερμοκρασίας 1°C . Οι παράγοντες που επηρεάζουν την θερμοχωρητικότητα, επηρεάζουν και την θερμική αγωγιμότητα του εδάφους. Η επίδραση αυτή είναι όμως πολύ μεγαλύτερη (Hillel, 1980).

Μια άλλη παράμετρος που συχνά χρησιμοποιείται για την περιγραφή της θερμικής συμπεριφοράς του εδάφους είναι ο **συντελεστής θερμικής διάχυσης** (D). Ο συντελεστής αυτός ορίζεται ως η μεταβολή της θερμοκρασίας που συμβαίνει στην μονάδα του χρόνου σε μια μονάδα όγκου, όταν μέσα από αυτό τον όγκο διέρχεται ένα ποσό θερμότητας εξαιτίας θερμοκρασιακής διαφοράς 1°C στα δυο του άκρα. Ισούται με τον λόγο της θερμικής αγωγιμότητας προς την θερμοχωρητικότητα του εδάφους (Hillel, 1980):

Η θερμική αγωγιμότητα (k) των στερεών υλικών ενός εδάφους είναι πολλαπλάσια αυτής του νερού και του αέρα και συνεπώς, όσο πιο συνεκτικό και συμπιεσμένο είναι ένα έδαφος, τόσο μεγαλύτερη γίνεται η θερμική του αγωγιμότητα. Με την κατεργασία γενικά, δημιουργείται μια χαλαρή επιφανειακή στοιβάδα η οποία παρουσιάζει διαφορετικές θερμικές ιδιότητες από το ακατέργαστο υπέδαφος. Ο Hillel (1980) αναφέρει ότι ο van Duin (1956) μελέτησε την επίδραση της κατεργασίας στο θερμοκρασιακό καθεστώς του εδάφους η οποία προκύπτει από μεταβολές στην αντανάκλασιμότητα, την κατ' όγκο θερμοχωρητικότητα και την θερμική αγωγιμότητα του ανώτερου στρώματος του εδάφους. Στην μελέτη του αυτή διαπίστωσε ότι η διακύμανση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του εδάφους ήταν μεγαλύτερη στο κατεργασμένο από ότι στο ακατέργαστο έδαφος. Η διακύμανση όμως μειωνόταν με το βάθος πιο απότομα στην περίπτωση του κατεργασμένου εδάφους εξαιτίας της μεγαλύτερης ποσότητας αέρα και συνεπώς της μικρότερης θερμικής αγωγιμότητας που παρουσίαζε το έδαφος αυτό. Οι Nidal and Abu Hamdeh (2000) μέτρησαν την θερμική αγωγιμότητα σε ένα ιλυώδες και ένα ιλυο-αργιλώδες όπου εφαρμόζονταν τρεις διαφορετικές μέθοδοι κατεργασίας: κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα, κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή και ακαλλιέργεια. Οι μετρήσεις λήφθηκαν σε ένα βάθος 20 cm και για διαφορετικά επίπεδα υγρασίας. Από τα δεδομένα αυτά σχεδιάστηκαν διαγράμματα μεταβολής της θερμικής αγωγιμότητας με την υγρασία του εδάφους. Σε όλα τα επίπεδα υγρασίας, την μικρότερη θερμική αγωγιμότητα ($0,43 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ για το ιλυώδες και $0,38 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ για το ιλυο-αργιλώδες έδαφος) τη διαπίστωσαν στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού με κατακόρυφα ελάσματα. Στην μέθοδο αυτή διαπιστώθηκε και η μικρότερη ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους ($1,16 \text{ g cm}^{-3}$ και $1,15 \text{ g cm}^{-3}$ για τα δύο εδάφη αντίστοιχα). Η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή παρουσίαζε υψηλότερη φαινομενική πυκνότητα ($1,31 \text{ g cm}^{-3}$ και $1,32 \text{ g cm}^{-3}$ για τα δύο εδάφη αντίστοιχα) και κατά συνέπεια μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα ($0,59 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ και $0,56 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ αντίστοιχα). Την υψηλότερη φαινομενική πυκνότητα ($1,34 \text{ g cm}^{-3}$ και $1,36 \text{ g cm}^{-3}$ για τα δύο εδάφη αντίστοιχα) και την υψηλότερη θερμική αγωγιμότητα ($0,67 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ και $0,66 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ αντίστοιχα) παρουσίαζε η ακαλλιέργεια. Επιπλέον, η μέθοδος της ακαλλιέργειας διατηρούσε ένα σχετικά υψηλότερο επίπεδο υγρασίας (περίπου 2%).

Ένα υγρό έδαφος είναι πολύ καλύτερος αγωγός της θερμότητας από ότι ένα ξηρό. Κατά την διάρκεια μιας ημέρας με ηλιοφάνεια, ή κατά την διάρκεια μιας νύκτας χωρίς νέφη, η επιφάνεια ενός ξηρού εδάφους μπορεί να θερμαίνεται και να ψύχεται αντίστοιχα πολύ ταχύτερα από ότι η επιφάνεια ενός υγρού εδάφους (Payne and Gregory, 1988). Σύμφωνα με τους παραπάνω ερευνητές, αυτό συμβαίνει συχνά όταν επικρατούν σχετικά υψηλές θερμοκρασίες που ευνοούν την εξάτμιση του νερού. Όταν ένα έδαφος είναι υγρό, το μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται, καταναλώνεται για την εξάτμιση του εδαφικού νερού. Σε ένα ξηρό έδαφος αντίθετα, το μεγαλύτερο ποσοστό αποθηκεύεται ως θερμότητα, η οποία αυξάνει την θερμοκρασία είτε του εδάφους, είτε του αέρα πάνω από το έδαφος. Επιπλέον, η αυξημένη θερμική αγωγιμότητα που εμφανίζουν τα

υγρά εδάφη επιτρέπει την ροή της θερμότητας προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Σε ένα ξηρό έδαφος όμως, η απορροφώμενη θερμότητα παραμένει στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους ανεβάζοντας περισσότερο την θερμοκρασία του.

Ένα υγρό έδαφος επιπλέον έχει πολύ μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα από ότι ένα ξηρό. Αυτό σημαίνει ότι για να αποκτήσει την ίδια τιμή θερμοκρασίας με ένα ξηρό έδαφος, το υγρό έδαφος θα πρέπει να απορροφήσει πολύ μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας. Δεδομένου ότι η ποσότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας είναι σταθερή, το υγρό έδαφος θα προσλάβει την απαιτούμενη θερμότητα σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Το αντίστροφο συμβαίνει κατά τη διάρκεια της νύκτας όπου το έδαφος ψύχεται. Για να αποκτήσει ένα υγρό έδαφος την ίδια θερμοκρασία με ένα ξηρό, θα πρέπει να χάσει την πολύ μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας που έχει αποθηκεύσει κατά την διάρκεια της ημέρας γεγονός που θα συμβεί και πάλι σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Hillel, 1980). Τα υγρά εδάφη ωστόσο, έχουν την ικανότητα να απορροφούν μεγαλύτερες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας από τα ξηρά διότι έχουν μικρότερο αλμπέντο εξαιτίας του πιο σκούρου χρωματισμού τους (Hillel, 1980, Emett, 2000).

Τα φυτικά υπολείμματα που βρίσκονται στην επιφάνεια, επιδρούν με διάφορους τρόπους στην διακύμανση της εδαφικής θερμοκρασίας. Από την μια αποτελούν ένα φυσικό εμπόδιο που απορροφά και αντανakλά τμήμα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (R_{si}) περιορίζοντας την ποσότητα (R_t) που φθάνει στην επιφάνεια του εδάφους και συνεπώς ελαττώνοντας τη θερμοκρασία αυτού. Από την άλλη μπορούν να παγιδεύσουν αέρα δημιουργώντας ένα μονωτικό στρώμα πάνω από το έδαφος (Hillel, 1980). Η θερμική αγωγιμότητα του αέρα είναι πολύ μικρή με συνέπεια η επαγωγή της θερμότητας (H) να είναι πολύ μικρή. Κατά τη διάρκεια της ημέρας επομένως η θερμότητα μεταδίδεται με πολύ βραδύ ρυθμό από την επιφάνεια των φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους. Το αντίστροφο ωστόσο μπορεί να παρατηρηθεί κατά την διάρκεια της νύκτας όπου η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι χαμηλότερη από αυτή της επιφάνειας του εδάφους. Στην περίπτωση αυτή θερμότητα επάγεται από την εδαφική επιφάνεια στην ατμόσφαιρα. Η ύπαρξη πάνω από την επιφάνεια του εδάφους ενός μονωτικού στρώματος αέρα το οποίο δημιουργήθηκε εξαιτίας των φυτικών υπολειμμάτων, περιορίζει την επαγωγή της θερμότητας στην ατμόσφαιρα διατηρώντας την επιφάνεια πιο θερμή (Hillel, 1980).

Το χρώμα των φυτικών υπολειμμάτων επηρεάζει επίσης τις ροές θερμότητας. Ανοιχτόχρωμα φυτικά υπολείμματα όπως το άχυρο και η καλαμιά, αντανakλούν μεγαλύτερα ποσοστά από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα να θερμαίνονται λιγότερο και κατά συνέπεια, να εκπέμπουν μικρότερη ποσότητα θερμικής ακτινοβολίας (L_{\downarrow}) προς την επιφάνεια του εδάφους. Το αντίθετο συμβαίνει με τα φυτικά υπολείμματα που έχουν πιο σκούρο χρωματισμό (Hillel, 1980).

Τέλος, ένας έμμεσος τρόπος με τον οποίο τα φυτικά υπολείμματα μπορούν να επηρεάσουν την θερμοκρασία του εδάφους είναι μεταβάλλοντας το υγρασιακό καθεστώς. Τα φυτικά υπολείμματα περιορίζουν την εξάτμιση του νερού διατηρώντας την επιφάνεια του εδάφους πιο υγρή. Ένα υγρό έδαφος θερμαίνεται βραδύτερα και λιγότερο από ότι ένα ξηρό. Το πρόβλημα μπορεί να είναι πολύ σοβαρό όταν η ακαλλιέργεια εφαρμόζεται σε καλλιέργειες οι οποίες αφήνουν μεγάλες ποσότητες φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους μετά την συγκομιδή τους, όπως το καλαμπόκι (Janovicek *et al.*, 1997). Το μειωμένο φύτρωμα της καλλιέργειας αποδίδεται στην περιορισμένη θέρμανση του εδάφους διότι τα φυτικά υπολείμματα από τη μία παρεμποδίζουν την απ' ευθείας πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος και από την άλλη, μειώνουν την εξάτμιση του νερού και διατηρούν το έδαφος πιο υγρό με αποτέλεσμα να καθυστερούν την θέρμανσή του (Hayboe *et al.*, 1996, Hussain *et al.*, 1999, Swan *et al.*, 1996). Οι Swan, *et al.* (1987) διεξήγαγαν ένα πείραμα στο οποίο μελέτησαν την επίδραση των φυτικών υπολειμμάτων στη θερμοκρασία του εδάφους κατά την εφαρμογή διαφορετικών συστημάτων κατεργασίας διαπιστώνοντας ότι ο χρόνος για

την συμπλήρωση των απαραίτητων θερμομονάδων μέχρι το στάδιο των έξι φύλλων του καλαμποκιού ήταν σε θετική γραμμική συσχέτιση με το ποσοστό της εδαφοκάλυψης. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις τους, 70% εδαφοκάλυψη μπορεί να προκαλέσει οψίμηση της τελικής παραγωγής μέχρι και 10 ημέρες

Η βλάστηση έχει την ίδια γενική επίδραση με τα φυτικά υπολείμματα, μειώνοντας τόσο την ημερήσια όσο και την ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του εδάφους, διότι προσλαμβάνει τμήμα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Rsi) καθώς και της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται προς (L↓) και από (L↑) το έδαφος. Εδάφη με βλάστηση αργούν να θερμανθούν νωρίς την άνοιξη και ψύχονται αργότερα κατά το φθινόπωρο (Payne and Gregory, 1988, Grant et al., 1995).

Η επίδραση του παράγοντα της βλάστησης στην διακύμανση της εδαφικής θερμοκρασίας συσχετίζεται με το ποσοστό της σκίασης που δημιουργεί το φύλλωμα. Όταν η σκίαση είναι 100%, τα φύλλα απορροφούν όλη την ηλιακή ακτινοβολία (Rsi). Το έδαφος επομένως σε αυτή την περίπτωση, θερμαίνεται κατά κύριο λόγο από την θερμική ακτινοβολία του φυλλώματος της υπέργειας βλάστησης (L↓) και κατά δεύτερο, με επαγωγή και μεταγωγή θερμότητας (H) από την μετακίνηση αέριων μαζών.

Το πρόβλημα των χαμηλών θερμοκρασιών μπορεί να περιοριστεί με την εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών, όπως η μετακίνηση μέρους ή όλων των φυτικών υπολειμμάτων από τις γραμμές σποράς και η τοποθέτηση τους μεταξύ των γραμμών. Αυτό μπορεί να γίνει με την προσαρμογή κοίλων δίσκων στην σπαρτική. Μια άλλη πιο αποτελεσματική τεχνική που εφαρμόζεται, όταν η χαμηλή θερμοκρασία του εδάφους κατά την σπορά αποτελεί πρόβλημα είναι η καλλιέργεια σε αναχώματα. Το έδαφος στα αναχώματα στραγγίζει πιο εύκολα με συνέπεια να θερμαίνεται πολύ ταχύτερα. Μια τρίτη τέλος λύση στο πρόβλημα είναι η ανάπτυξη ανθεκτικότερων ποικιλιών (Payne and Gregory, 1988)..

Σε ορισμένες περιπτώσεις τα φυτικά υπολείμματα μπορεί να παρέχουν προστασία στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης των φυτών της καλλιέργειας όπως κατά την επικράτηση θερμοκρασιών παγετού (Payne and Gregory, 1988). Στην περίπτωση αυτή, τα φυτικά υπολείμματα μπορεί να επιδράσουν ευνοϊκά στο θερμοκρασιακό καθεστώς δημιουργώντας ένα μικροκλίμα που προστατεύει τα φυτά από τους παγετούς. Με την χρησιμοποίηση της ακαλλιέργειας, έχει επιτραπεί η σπορά του σιταριού στους μέχρι πρότινος εαρινόσπαρτους λειμώνες του Καναδά καθώς τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας προστατεύουν τα νεαρά φυτά από τις παγωνιές, το χιόνι και τον άνεμο (Tompkins *et al.*, 1991). Το επίτευγμα αυτό οδήγησε σε θεαματική αύξηση των αποδόσεων, μιας και τα ήδη φυτρωμένα σιτηρά, έχουν στην διάθεσή τους κατά την περίοδο της άνοιξης, μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για να αναπτυχθούν και να αξιοποιήσουν το νερό της βροχής.

Η διατήρηση των φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους μπορεί να καθυστερεί την θέρμανσή του και να δυσχεραίνει ορισμένες καλλιεργητικές εργασίες και ιδίως τη σπορά, παρέχει όμως μια σειρά από σημαντικά οφέλη, με κύριο όφελος την προστασία της επιφάνειας του εδάφους από την διάβρωση (Yoo *et al.*, 1988, Rasmussen, 1999). Τα φυτικά υπολείμματα παρεμποδίζουν την επιφανειακή απορροή του νερού ενώ παράλληλα αυξάνουν τη διήθηση. Επιπλέον, εμποδίζουν τις σταγόνες της βροχής να φτάσουν με δύναμη στο έδαφος και να προκαλέσουν διάσπαση των εδαφικών συσσωματωμάτων. Οι Basic *et al.* (2001) διαπίστωσαν ότι με την εφαρμογή ενός συστήματος ακαλλιέργειας προέκυπτε μια μείωση των απωλειών γόνιμης γης εξαιτίας της διάβρωσης της τάξης των 90 t/ha ενώ η επιφανειακή απορροή του νερού μειώνονταν κατά 32%. Σε ένα άλλο πείραμα οι Tebrügge and Düring (1999) αναφέρουν ότι κατά την διάρκεια βροχόπτωσης έντασης 63 mm σε μια ώρα οι επιφανειακές απορροές του νερού στην συμβατική κατεργασία ήταν 34 mm ενώ στην ακαλλιέργεια 24 mm. Οι απώλειες των ζιζανιοκτόνων *metolachlor* και *terbuthylazine* ήταν περιορισμένες ανάλογα.

Το πρόβλημα της διάβρωσης είναι ακόμη πιο έντονο σε καλλιέργειες οι οποίες παρέχουν μικρή προστασία της επιφάνειας του εδάφους όπως το βαμβάκι. Οι Nyakatawa *et al.* (2001a) εκτίμησαν ότι για την καλλιέργεια του βαμβακιού, όταν εφαρμόζεται συμβατική μέθοδος κατεργασίας, οι απώλειες εδάφους εξαιτίας της διάβρωσης είναι δύο φορές υψηλότερες από το ανώτερο ανεκτό όριο. Αντίθετα με την εφαρμογή ακαλλιέργειας οι απώλειες εδάφους ήταν κατά 50% λιγότερες από το ανώτερο ανεκτό όριο. Οι απώλειες αυτές περιορίζονται ακόμη περισσότερο όταν στο σύστημα της ακαλλιέργειας γίνεται εφαρμογή κοπριάς.

Καλλιέργειες οι οποίες επιστρέφουν στο έδαφος μεγάλο όγκο φυτικών υπολειμμάτων μετά την συγκομιδή όπως το καλαμπόκι, προσφέρουν σημαντική προστασία από την διάβρωση. Οι Hussain *et al.* (1999) μέτρησαν το ποσοστό της εδαφοκάλυψης από φυτικά υπολείμματα καλαμποκιού κατά την εφαρμογή διαφορετικών συστημάτων κατεργασίας. Στην συμβατική κατεργασία η εδαφοκάλυψη κυμαίνονταν από 6-17%, σε μία μέθοδο με βαρύ καλλιεργητή από 21-47% και στην ακαλλιέργεια από 75-95%. Οι απώλειες εδάφους από την διάβρωση που εκτιμήθηκαν με χρήση της γενικής εξίσωσης απώλειας του εδάφους ήταν 29,5 Mg ha⁻¹ για την συμβατική μέθοδο, 21,1 Mg ha⁻¹ για την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή και 7,9 Mg ha⁻¹ για την ακαλλιέργεια.

Οι Deibert *et al.* (1979) πραγματοποίησαν ένα πείραμα συγκρίνοντας την παραγωγή ζαχαροτεύτλων με δυο μεθόδους μειωμένης κατεργασίας και μια μέθοδο ακαλλιέργειας σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία του εδάφους. Στο πείραμα αυτό, μια εβδομάδα μετά τη σπορά, σημειώθηκε μια καταρρακτώδης βροχόπτωση η οποία προκάλεσε μετακίνηση εδάφους από τα πειραματικά τεμάχια και έγινε αιτία να δημιουργηθεί εδαφική κρούστα. Υπό αυτές τις αντίξοες συνθήκες, το φύτεμα των τεύτλων ήταν πολύ καλύτερο στην ακαλλιέργεια και στις δυο μεθόδους μειωμένης κατεργασίας, σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία του εδάφους διότι τα φυτικά υπολείμματα είχαν περιορίσει σε σημαντικό βαθμό τις καταστρεπτικές επιδράσεις της βροχής.

Εκτός, από το νερό της βροχής, ένας άλλος παράγοντας που συχνά προκαλεί διάβρωση της επιφάνειας του εδάφους, είναι ο άνεμος. Για την περιοχή της Αραγονίας στην Ισπανία οι Lopez *et al.* (2000) διαπίστωσαν μια 10% μείωση του επιρρεπούς στην διάβρωση του ανέμου κλάσματος του εδάφους κατά την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας με καλλιεργητή.

Οι μικρού μεγέθους σπόροι καλλιεργειών όπως τα ζαχαρότευτλα, οι οποίοι τοποθετούνται σε ένα μικρό βάθος κατά τη σπορά, είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι στην επίδραση του ανέμου και μπορούν πολύ εύκολα να παρασυρθούν μαζί με το έδαφος μακριά από τη θέση σποράς. Μετά το φύτεμα, τα παρασυρόμενα τεμαχίδια του εδάφους μπορούν να πληγώσουν ή και να σκεπάσουν τα νεαρά φυτά. Η διάβρωση κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου μπορεί να αποτελέσει σοβαρό πρόβλημα ιδίως σε ελαφριάς σύστασης, αμμώδη εδάφη. Για την προστασία από τον άνεμο έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές οι οποίες αποσκοπούν είτε στην ελάττωση της ταχύτητας του ανέμου με τη δημιουργία αναχωμάτων και ανεμοφραχτών, είτε στην σταθεροποίηση της επιφάνειας του εδάφους με προσθήκη διαφόρων προσκολλητικών ουσιών. Σημαντικά επίσης είναι τα οφέλη που προκύπτουν με την εφαρμογή καλλιεργητικών συστημάτων διατήρησης όπου τα φυτικά υπολείμματα παρέχουν μια αποτελεσματική προστασία του εδάφους. Οι Deibert *et al.* (1981) μέτρησαν την ταχύτητα του ανέμου πάνω από την επιφάνεια ενός συμβατικά κατεργασμένου εδάφους και ενός ακαλλιέργητου και διαπίστωσαν ότι σε ύψος πέντε εκατοστών πάνω από το ακαλλιέργητο έδαφος, ο άνεμος έπνεε κατά μέσο όρο με την μισή ταχύτητα σε σχέση με αυτή που μετρήθηκε στη συμβατική κατεργασία. Όταν η ταχύτητα πάνω από την συμβατική κατεργασία ήταν περίπου 7 km/h, στην ακαλλιέργεια ήταν μηδέν. Η ελάττωση της ταχύτητας του ανέμου στην ακαλλιέργεια οφείλεται στα φυτικά υπολείμματα τα οποία σχηματίζουν ένα φυσικό εμπόδιο προστατεύοντας την επιφάνεια του εδάφους από την διάβρωση.

Οι παραγωγοί στη Μ. Βρετανία με σκοπό να προστατέψουν τους σπόρους και τα νεαρά φυτά των ζαχαροτεύτλων από την διάβρωση που προκαλούν οι δυνατοί άνεμοι σπέρνουν

συνήθως μία καλλιέργεια κάλυψης (συνήθως κριθάρι) τρεις εβδομάδες πριν από την προγραμματισμένη ημερομηνία σποράς (Cooke and Scott, 1993). Η καλλιέργεια αυτή καταστρέφεται όταν τα φυτά των τεύτλων βρίσκονται στο στάδιο των 4-6 φύλλων με χρήση κατάλληλου ζιζανιοκτόνου.

Σε ένα πείραμα στην Βόρειο Ελλάδα, ο Δουνδουλακάκης (1992), δοκίμασε την εγκατάσταση ζαχαροτεύτλων σε ένα ακαλλιέργητο έδαφος στο οποίο υπήρχε σιτάρι ως καλλιέργεια κάλυψης. Το σιτάρι σπέρνονταν σε ακατέργαστο έδαφος περί τα μέσα-τέλη Νοεμβρίου, ενώ την άνοιξη, 1-2 εβδομάδες μετά την σπορά των τεύτλων και πριν το φύτερωμα αυτών, καταστρεφόταν με ψεκάσμο ενός καθολικού ζιζανιοκτόνου (*Gramoxone* ή *Roundap*). Το φύτερωμα των τεύτλων στην σιτοκάλυψη ήταν κατά μια εβδομάδα προωμότερο και είχε βελτιωθεί κατά 9,4% σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία. Επιπλέον, στην σιτοκάλυψη τα ζιζάνια περιορίστηκαν σημαντικά. Ωστόσο οι Richard *et al.* (1995) επισημαίνουν τον αυξημένο κίνδυνο προσβολής από ζωικούς εχθρούς κατά την σπορά ζαχαροτεύτλων σε καλλιέργειες φυτοκάλυψης.

Ένα άλλο σημαντικό όφελος που προκύπτει από την διατήρηση των φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους είναι ο περιορισμός της εξάτμισης του νερού και η εξοικονόμηση υγρασίας (Helms *et al.*, 1997, Oropku *et al.*, 1997, Hussain *et al.*, 1999, Rasmussen, 1999, Arshad *et al.*, 1999, Sharma and Achara, 2000). Οι Acharya, *et al.* (1998) αναφέρουν μια αύξηση της εδαφικής υγρασίας στην περιοχή της σποροκλίνης κατά 6-10% κατ' όγκο όταν στην επιφάνεια του εδάφους γινόταν προσθήκη φυτικών υπολειμμάτων. Επίσης οι Singh *et al.* (1998) διαπίστωσαν μέχρι και 8% αύξηση του εδαφικού νερού σε βάθος 0 - 7,5 cm, κατά την εφαρμογή ακαλλιέργειας σε καλλιέργεια κριθαριού όπου τα φυτικά υπολείμματα αφήνονταν στην επιφάνεια. Σε ένα βάθος 0-20 cm το νερό του εδάφους στην ακαλλιέργεια ήταν μέχρι και 12 mm περισσότερο σε σχέση με το νερό στη συμβατική κατεργασία η οποία περιελάμβανε απομάκρυνση των φυτικών υπολειμμάτων και κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα σε βάθος 10 cm. Μια τρίτη μέθοδος η οποία περιελάμβανε κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα σε βάθος 10 cm χωρίς απομάκρυνση των φυτικών υπολειμμάτων (τα φυτικά υπολείμματα αναμίχθηκαν και ενσωματώθηκαν στο έδαφος) παρουσίαζε ενδιάμεσα επίπεδα εδαφικής υγρασίας. Σε ένα πείραμα με σιτάρι, οι Cantero-Martinez *et al.* (1995) διαπίστωσαν μια αύξηση του εδαφικού νερού σε βάθος 0-2 m κατά 44 mm όταν αντί για όργωμα εφαρμόζονταν κατεργασία με εδαφοσχίστη και κατά 53 mm όταν εφαρμόζονταν ακαλλιέργεια. Οι Ferreras *et al.* (2000) αναφέρουν αύξηση της εδαφικής υγρασίας στην επιφάνεια του εδάφους (0-10 cm) στην αρχή της περιόδου κατά την εφαρμογή ακαλλιέργειας σε καλλιέργειες σιταριού και σόγιας. Στην συγκομιδή ωστόσο, καμία διαφορά δεν διαπιστώθηκε στην εδαφική υγρασία μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας και της ακαλλιέργειας. Οι Larney and Lindwall (1995) αναφέρουν ότι οι μεταβολές στο συνολικά αποθηκευμένο νερό σε ένα βάθος 1,5 m κατά την εφαρμογή ακαλλιέργειας ήταν ελάχιστες. Οι διαφορές μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας και της ακαλλιέργειας περιορίζονταν στα επιφανειακά 0-10 cm με την ακαλλιέργεια να εμφανίζει αυξημένη υγρασία. Στο πείραμα αυτό όμως η συμβατική κατεργασία περιελάμβανε χρήση μόνο βαρύ καλλιεργητή σε ένα βάθος 10 cm. Για τον Καναδά, οι Tan *et al.* (2002) δεν διαπίστωσαν διαφορές στην υγρασία του εδάφους καθώς και στον ρυθμό της εξατμισιοδιαπνοής μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας με όργωμα και της ακαλλιέργειας. Οι Campbell *et al.* (1982) αναφέρουν ότι όταν στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας διατηρούνται στην επιφάνεια του εδάφους ζωντανοί φυτικοί ιστοί, όπως συμβαίνει στις περιπτώσεις της εφαρμογής καλλιεργειών κάλυψης, αυτά αντλούν μέσω της διαπνοής το εδαφικό νερό περιορίζοντας την εδαφική υγρασία. Το γεγονός αυτό είχε άμεση επίπτωση και περιορίσει σημαντικά την απόδοση μιας μη αρδευόμενης καλλιέργειας καλαμποκιού.

Πολλές φορές, εξοικονόμηση υγρασίας στην στοιβάδα της σποροκλίνης μπορεί επίσης να προκύψει και από περιορισμένη διήθηση (Medeiros *et al.*, 1996). Οι Moreno *et al.* (1997) μέτρησαν την υδραυλική αγωγιμότητα στην επιφάνεια ενός αμμο-αργιλώδους εδάφους στο οποίο εφαρμόζονταν συμβατική κατεργασία με όργωμα και μειωμένη κατεργασία με δισκοσβάρνα. Στην πρώτη περίπτωση η υδραυλική αγωγιμότητα για μύζηση 0 atm ήταν ίση με $3,5 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ ενώ στην δεύτερη $1,8 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$. Για ένα ιλυώδες έδαφος, οι Ferreras *et al.* (2000) αναφέρουν ότι η υδραυλική αγωγιμότητα σε ένα βάθος 0-8,5 cm ήταν για την ακαλλιέργεια ίση με $3,5 \times 10^{-7} \text{ m s}^{-1}$ ενώ για τη συμβατική κατεργασία που περιελάμβανε όργωμα ίση με $10,9 \times 10^{-7} \text{ m s}^{-1}$. Οι Karunatilake *et al.* (2000) διαπίστωσαν μειωμένη υγρασία στην περιοχή της σποροκλίνης για την συμβατική κατεργασία εξαιτίας της αυξημένης διήθησης του νερού μέσω του δικτύου των μακροπόρων που σχηματίστηκαν με το όργωμα. Ωστόσο στο ενδεχόμενο έντονων βροχοπτώσεων η διήθηση του νερού μπορεί να μειωθεί σημαντικά στο οργωμένο έδαφος. Οι σταγόνες της βροχής όταν έχουν υψηλή κινητική ενέργεια προκαλούν διάσπαση των λιγότερο σταθερών εδαφικών συσσωματωμάτων και παρασύρουν τα εδαφικά τεμαχίδια τα οποία φράζουν τους πόρους μέσα από τους οποίους διηθείται το νερό. Στην περίπτωση αυτή η επιφανειακή απορροή αυξάνει και το ενδεχόμενο της διάβρωσης είναι πολύ πιθανό. Στην ακαλλιέργεια αντίθετα το δίκτυο των μακροπόρων είναι πολύ πιο σταθερό με αποτέλεσμα η ταχεία διήθηση του νερού να εξακολουθεί ακόμη και στην περίπτωση έντονων καταιγίδων (Shipitato *et al.*, 2000).

Σύμφωνα με άλλους ερευνητές, η αύξηση της σταθερότητας των συσσωματωμάτων κατά την εφαρμογή ακαλλιέργειας οδηγεί στην δημιουργία ενός σταθερού δικτύου από μη διακοπτόμενους πόρους. Οι πόροι αυτοί αν και συνήθως είναι μικρότερης διατομής συμβάλλουν αποφασιστικά στην βελτίωση της διήθησης του νερού. Οι Arshad *et al.* (1999) αναφέρουν ότι η διήθηση του νερού στην ακαλλιέργεια ήταν κατά 60% υψηλότερη σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Για ένα συνολικό βάθος 2 m και για ένα αργιλώδες έδαφος ο O' Leary (1996) αναφέρει μια σημαντική αύξηση της υδραυλικής αγωγιμότητας από $3,3 \times 10^{-6}$ έως $9,2 \times 10^{-6} \text{ m s}^{-1}$ για την συμβατική κατεργασία σε 4×10^{-5} έως $5,7 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ για την ακαλλιέργεια.

Αυξημένη υγρασία στην περιοχή της σποροκλίνης διευκολύνει το φύτρωμα των σπόρων (Giles *et al.*, 1995, Gemtos and Lellis, 1997, Gemtos *et al.*, 2000). Οι Cooke and Scott (1993) αναφέρουν ότι ο σπόρος των τεύτλων απαιτεί εδαφική υγρασία τουλάχιστον 6 - 7 % κατά υγρό βάρος, για την αποτελεσματική απορρόφηση νερού και το γρήγορο φύτρωμα.

Το νερό επίσης είναι απαραίτητο τόσο για την επιβίωση των φυτών όσο και για την ανάπτυξη τους. Χρησιμοποιείται στη φωτοσύνθεση για την παραγωγή σακχάρων, ως διαλύτης για την μεταφορά θρεπτικών συστατικών μέσα στο φυτό, ως μέσο για την εκτέλεση βιοχημικών αντιδράσεων και τέλος για την ανάπτυξη οσμωτικής πίεσης στα κύτταρα η οποία είναι απαραίτητη για την στήριξη των φυτών. Σε αντίθεση με τα θρεπτικά στοιχεία που έχουν την ικανότητα να αποθηκεύονται στους φυτικούς ιστούς, το νερό βρίσκεται διαρκώς σε κίνηση διατηρώντας μια συνεχή ροή από το έδαφος στις ρίζες και από εκεί στα στελέχη και στα φύλλα καταλήγοντας τελικά με την λειτουργία της διαπνοής στην ατμόσφαιρα. Η ικανότητα των φυτών να προσλαμβάνουν το εδαφικό νερό εξαρτάται από την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, την εδαφική υγρασία, καθώς και το μέγεθος των πόρων από τους οποίους τα φυτά πρέπει να αντλήσουν το νερό. Οι Harman *et al.* (1989) θεωρώντας ως διαθέσιμο για τα βαμβακόφυτα το νερό του εδάφους που μπορεί να προσροφηθεί ασκώντας μύζηση μεγαλύτερη των $-1,5 \text{ MPa}$ διαπίστωσαν ότι με την εφαρμογή ακαλλιέργειας, προέκυπτε μια αύξηση της ποσότητας του διαθέσιμου νερού. Σε ένα βάθος 90 cm και για τέσσερα συνεχή έτη το έδαφος στην ακαλλιέργεια διατηρούσε κατά μέσο όρο 45 mm περισσότερο νερό σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία. Οι Gantzer and Blake (1978) σε ένα πείραμα με καλαμπόκι, μέτρησαν μια μέση κατ' όγκο εδαφική υγρασία 10% υψηλότερη στο ακαλλιέργητο έδαφος σε σχέση με το οργωμένο. Η αυξημένη αυτή υγρασία μπορεί να

είναι ζωτικής σημασίας για μη αρδευόμενες καλλιέργειες οι οποίες εξαρτώνται από το νερό των βροχοπτώσεων. Στο μη αρδευόμενο καλαμπόκι, η εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας, μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη μιας απόδοσης παρόμοιας ή και υψηλότερης από αυτή της συμβατικής κατεργασίας σε περιόδους όπου οι βροχοπτώσεις είναι περιορισμένες. Αξιοσημείωτη είναι επίσης η αύξηση της απόδοσης στο μη αρδευόμενο βαμβάκι (Weise *et al.*, 1994) ιδίως σε περιόδους με περιορισμένες βροχοπτώσεις (Vacek and Mutocha, 1997). Οι McConnell *et al.* (1994) σύγκριναν την συμβατική κατεργασία με την ακαλλιέργεια στην καλλιέργεια βαμβακιού διαπιστώνοντας ότι ενώ στις αρδευόμενες εκτάσεις η απόδοση ήταν υψηλότερη στην συμβατική κατεργασία, στην μη αρδευόμενη καλλιέργεια δεν παρατηρούνταν σημαντικές διαφορές στην απόδοση.

Οι Varsa *et al.* (1997) μελέτησαν την επίδραση του διαφορετικού βάθους υπεδάφιας κατεργασίας στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και την απόδοση του καλαμποκιού. Τον πρώτο χρόνο το έδαφος καλλιεργήθηκε με έναν υπεδαφοκαλλιεργητή σε βάθη 0, 40, 60 και 90 cm, ενώ για τα επόμενα τέσσερα έτη εφαρμοζόταν δυο μέθοδοι ετήσιας διαχείρισης του εδάφους. Η πρώτη περιελάμβανε μειωμένη κατεργασία με δισκοσβάρνα και η δεύτερη ακαλλιέργεια. Η βαθιά κατεργασία του εδάφους (90 cm) γενικά ευνόησε την ανάπτυξη ενός πλουσιότερου ριζικού συστήματος σε ένα μεγαλύτερο βάθος. Αυτό ήταν ιδιαίτερα σημαντικό σε χρονιές με περιορισμένες βροχοπτώσεις όπου η απόδοση του καλαμποκιού ακολούθησε το βάθος της κατεργασίας καθώς τα φυτά είχαν τη δυνατότητα να προσλάβουν νερό από τους βαθύτερους εδαφικούς ορίζοντες και έτσι κατόρθωσαν να αποφύγουν την έλλειψη νερού. Σε χρονιές ωστόσο με επαρκείς βροχοπτώσεις, η βαθιά κατεργασία δεν έδειξε να επιδρά σημαντικά στην απόδοση του καλαμποκιού καθώς οι ρίζες κατάφεραν να εξασφαλίσουν το απαραίτητο νερό από ένα μικρότερο βάθος δίχως να χρειαστεί να αναπτυχθούν βαθύτερα. Τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της ακαλλιέργειας (αύξηση των αποδόσεων εξαιτίας της διατήρησης ενός υψηλότερου επιπέδου εδαφικής υγρασίας) ήταν ορατά μόνο στα τεμάχια εκείνα όπου δεν διαταράχθηκε η δομή του εδάφους, δηλαδή όπου κατά το πρώτο έτος δεν πραγματοποιήθηκε κατεργασία ή αυτή έγινε σε πολύ μικρό βάθος.

Τα αποτελέσματα του πιο πάνω πειράματος συμφωνούν με αυτά του Dragovic (1982) ο οποίος μελέτησε την επίδραση διαφορετικού βάθους αρόσεως (20, 30 και 40 cm), με και χωρίς υπεδαφοκαλλιέργεια (στα 45 cm), στην απόδοση και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ζαχαροτεύτλων. Οι σχετικά υψηλές ωστόσο βροχοπτώσεις, κατά την διάρκεια και των τριών ετών του πειραματισμού, βοήθησαν στην επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων σε όλες τις μεταχειρίσεις, εκμηδενίζοντας την σημασία των παραγόντων "βάθος κατεργασίας" και "υπεδαφοκαλλιέργεια". Στο ίδιο πείραμα, οι μεταχειρίσεις κατεργασίας του εδάφους συνδυάστηκαν με διαφορετικά επίπεδα λίπανσης και άρδευσης δίχως ωστόσο να διαπιστωθεί κάποια σημαντική αλληλεπίδραση.

Αν και σε τροπικά και υποτροπικά κλίματα, η διατήρηση της εδαφικής υγρασίας είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη των φυτών και την επίτευξη υψηλών αποδόσεων, σε υγρά κλίματα όπου η στράγγιση των εδαφών είναι προβληματική, η διατήρηση υψηλών επιπέδων υγρασίας πολλές φορές αποτελεί πρόβλημα για την ανάπτυξη της καλλιέργειας διότι παρεμποδίζεται ο αερισμός και η θέρμανση των εδαφών. Συγκεντρώνοντας και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα από 400 πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στην Αγγλία την περίοδο 1957-1970 οι Webster *et al.* (1977) διαπίστωσαν ότι οι υψηλότερες αποδόσεις ζαχαροτεύτλων με μειωμένη κατεργασία, σημειώθηκαν σε εδάφη μέτριας στράγγισης ενώ σε κακής στράγγισης εδάφη η απόδοση ήταν κατά μέσο όρο 100 kg/στρ μικρότερη. Σε αυτή την περίπτωση, η εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας ενδέχεται να επιδρά δυσμενώς στο φύτρωμα και την ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Οι Negi *et al.* (1990) εγκατέστησαν ένα πείραμα στο οποίο μελέτησαν τις επιδράσεις της συμπίεσης και της μηδενικής κατεργασίας στην απόδοση του καλαμποκιού. Στα δυο από τα τρία έτη πειραματισμού η κατανομή των βροχοπτώσεων κατά την διάρκεια της

καλλιεργητικής περιόδου ήταν κανονική και η απόδοση του καλαμποκιού βρέθηκε να σχετίζεται άμεσα με τα επίπεδα υγρασίας του εδάφους. Τα τεμάχια της μηδενικής κατεργασίας ήταν αυτά που διατηρούσαν ένα σχετικά υψηλότερο επίπεδο υγρασίας και γι' αυτό απέδωσαν περισσότερο. Κατά το τρίτο έτος ωστόσο, η καλλιεργητική περίοδος ήταν ιδιαίτερα υγρή. Στο έτος αυτό η απόδοση στη μηδενική κατεργασία ήταν μικρότερη παρότι το έδαφος συνέχιζε να παρουσιάζει υψηλότερη υγρασία. Το σημείο υδατοϊκανότητας στην μηδενική κατεργασία ήταν 46,5% κ.ο. ενώ στα επιφανειακά 30 cm το σημείο κορεσμού ήταν 58% κ.ο. Για να βρισκεται το έδαφος στην υδατοϊκανότητα και να μην υπάρχει υδατικό έλειμα στη φυτεία, ο όγκος του πορώδους που καταλαμβάνεται από αέρα θα έπρεπε να ήταν μέχρι 12%. Δεδομένου ότι αναλογία αέρα κάτω από 10% είναι περιοριστική για την ανάπτυξη του καλαμποκιού, είναι προφανές ότι η υψηλή υγρασία προκάλεσε συνθήκες κακού αερισμού του εδάφους με συνέπεια τον περιορισμό της απόδοσης. Οι Miller and Shrader (1976) ανέπτυξαν ένα πρότυπο πρόβλεψης της απόδοσης σε σχέση με την εδαφική υγρασία με σκοπό να εκτιμήσουν τις επιπτώσεις από την εφαρμογή συστημάτων μειωμένης κατεργασίας στην καλλιέργεια του καλαμποκιού. Τα στοιχεία τους δείχνουν ότι όταν τα επίπεδα της εδαφικής υγρασίας κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου καλύπτουν τις απαιτήσεις της καλλιέργειας, η εφαρμοζόμενη πρακτική κατεργασίας του εδάφους δεν έχει καμία σημασία στην τελική απόδοση.

Εκτός από το έδαφος, η εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας δύναται να επηρεάσει και το περιβάλλον. Με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας είναι δυνατή η δέσμευση στο έδαφος του CO₂ της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα την ουσιαστική συμβολή στον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου (Subak, 2000). Με την αύξηση της οργανικής ουσίας το έδαφος μετατρέπεται σταδιακά σε δεξαμενή αποθήκευσης του CO₂ (Schlesinger, 2000). Οι Marlen *et al.* (2002) μελέτησαν τις μεταβολές του εδαφικού C για την περίοδο 1982-1997 στις γεωργικές εκτάσεις των Η.Π.Α. διαπιστώνοντας ότι υπήρχε ένα συνολικό κέρδος 15,1 x 10⁶ t C ανά έτος. Κατά την πιο πάνω περίοδο περίπου 13,2x10⁷ στρ καλλιεργήσιμης γης συμπεριλήφθηκε σε ένα ομοσπονδιακό πρόγραμμα για την μείωση της διάβρωσης των εδαφών (*Conservation Reserve Program*) και καλλιεργήθηκε είτε με πολυετείς χορτοδοτικές ή με δενδρώδεις καλλιέργειες. Επιπλέον, η εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους επεκτάθηκε από το 18% της καλλιεργήσιμης γης κατά το 1982 στο 36% κατά το 1998. Μέχρι και το έτος 2008 οι Uri and Bloodworth (2000) εκτιμούν ότι το ποσοστό της καλλιεργήσιμης γης που θα υπόκειται σε κάποια μορφή μειωμένης κατεργασίας θα ανέρχεται στο 54%. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την αύξηση της γης που προβλέπεται να ενταχθεί σε ειδικά προγράμματα αειφορικής διαχείρισης αναμένεται να επιφέρει μια αύξηση του συνολικού οργανικού C στο έδαφος για τη δεκαετία 1998-2008 κατά 25%.

Παράλληλα με την δέσμευση του CO₂ στο έδαφος, με τον περιορισμό της χρήσης των γεωργικών μηχανημάτων στα συστήματα μειωμένης κατεργασίας, περιορίζονται και οι εκπομπές του CO₂. Οι West and Marland (2002) εκτίμησαν ότι με τον περιορισμό της χρήσης των γεωργικών μηχανημάτων οι ετήσιες εκπομπές του CO₂ περιορίζονται από 6,9 kg C στρ⁻¹ έτος⁻¹ σε 2,3 kg C στρ⁻¹ έτος⁻¹. Οι Nobuhisa Koga *et al.* (2003) υπολογίζουν τις συνολικές εκπομπές CO₂ στην ατμόσφαιρα κατά την διάρκεια της παραγωγής και της επεξεργασίας των ζαχαροτεύτλων στα 60,5 kg στρ⁻¹ έτος⁻¹. Το μεγαλύτερο ποσοστό αντιστοιχεί στην χρήση των γεωργικών μηχανημάτων στο χωράφι. Από τις καλλιεργητικές εργασίες, αυτή που ευθύνονταν για το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπομπών ήταν η κατεργασία του εδάφους. Με την μείωση της εντατικότητας της κατεργασίας μπορούσε να σημειωθεί μείωση των εκπομπών της τάξης 12,5 kg CO₂ στρ⁻¹ έτος⁻¹. Σε ένα άλλο πείραμα οι Borin *et al.* (1997) εκτίμησαν ότι με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας σε καλλιέργειες καλαμποκιού, κριθαριού και σόγιας δεσμεύονταν στο έδαφος με την μορφή οργανικής ουσίας 217 kg στρ⁻¹

έτος⁻¹ CO₂ ενώ οι εκπομπές CO₂ από την χρήση των γεωργικών μηχανημάτων περιορίζονταν κατά 16 kg στρ⁻¹ έτος⁻¹ δίνοντας τελικά ένα καθαρό όφελος της τάξης των 233 kg στρ⁻¹ ετησίως. Όταν εφαρμόζονταν ακαλλιέργεια δεσμεύονταν στο έδαφος με την μορφή οργανικής ουσίας 282 kg στρ⁻¹ έτος⁻¹ ενώ οι εκπομπές από την χρήση των γεωργικών μηχανημάτων περιορίζονταν κατά 22 kg στρ⁻¹ έτος⁻¹ προσδίδοντας ένα συνολικό όφελος της τάξης των 305 kg στρ⁻¹ ετησίως.

1.5. Αγρονομικές ιδιαιτερότητες κατά την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας

1.5.1 Η σπορά

Η σπορά σε ένα έδαφος που δεν έχει υποστεί καμία κατεργασία αντιμετωπίζει ορισμένες σημαντικές δυσκολίες. Το ακαλλιέργητο έδαφος είναι πολύ πιο συνεκτικό. Οι Munkholm *et al.* (2003) μέτρησαν την συνεκτικότητα του εδάφους στην περιοχή της σποροκλίνης διαπιστώνοντας ότι υπήρχε μια αύξηση της αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση από 400 kPa στα 1200 kPa κατά την μετάβαση από την συμβατική κατεργασία στην ακαλλιέργεια. Το συνεκτικό έδαφος ανθίσταται στην διείσδυση των μηχανισμών διάνοιξης αυλακιάς της σπαρτικής με αποτέλεσμα ο σπόρος να τοποθετείται σε ένα πολύ μικρότερο βάθος. Πολλές φορές, οι μηχανισμοί διάνοιξης της αυλακιάς πραγματοποιούν συμπίεση του εδάφους δεξιά και αριστερά στα τοιχώματα της αυλακιάς παρά εκσκαφή αυτού με αποτέλεσμα οι μηχανισμοί επικάλυψης του σπόρου που ακολουθούν να μη βρίσκουν ψιλοχωματισμένο έδαφος για να σκεπάσουν το σπόρο. Ο σπόρος μετά τη σπορά παραμένει ακάλυπτος, σε ένα περιβάλλον με περιορισμένη υγρασία και εκτεθειμένος σε διάφορους κινδύνους όπως είναι τα πουλιά. Επιπλέον, όταν η σπορά πραγματοποιείται σε υγρές συνθήκες, οι μηχανισμοί διάνοιξης της αυλακιάς συμπιέζουν το έδαφος στο κάτω μέρος της αυλακιάς δημιουργώντας ένα συμπαγές στρώμα που εμποδίζει την είσοδο του ριζιδίου και επομένως το φύτεμα των φυτών. Συνέπεια των πιο πάνω γεγονότων είναι οι σημαντικές απώλειες κατά τη σπορά και ένα φτωχό φύτεμα της καλλιέργειας.

Σημαντικό πρόβλημα επίσης δημιουργούν και τα φυτικά υπολείμματα τα οποία εμπλέκονται στους μηχανισμούς της σπαρτικής εμποδίζοντας την ομαλή τους λειτουργία. Πολλές φορές, τα φυτικά υπολείμματα που παρασέρνονται από την σπαρτική, παρασέρνουν και τον σπόρο μακριά από το σημείο τοποθέτησής του.

Εκτός από την τοποθέτηση του σπόρου, τα φυτικά υπολείμματα είναι δυνατόν να επηρεάσουν αρνητικά και την λειτουργία του φυτρώματος. Η αρνητική αυτή επίδραση οφείλεται στις ουσίες που παράγονται όταν τα φυτικά υπολείμματα αποσυντίθενται, ιδίως κάτω από αναερόβιες συνθήκες. Οι ουσίες αυτές είναι δυνατόν να επιδρούν τοξικά στους σπόρους και στα νεαρά φυτά της επόμενης καλλιέργειας (Cochran *et al.*, 1977). Οι Gemtos *et al.* (1998), πειραματίστηκαν σε διάφορους αγρούς της Κεντρικής Ελλάδας με την απ' ευθείας σπορά σιταριού μετά την συγκομιδή καλλιέργειας βαμβακιού, με και χωρίς κοπή των βαμβακοστελέχων. Το σιτάρι σπέρνονταν σε ακαλλιέργητο έδαφος είτε σε γραμμές, είτε στα πεταχτά όπου ο σπόρος ενσωματώνονταν στο έδαφος με ένα πέρασμα με ένα ελαφρύ καλλιεργητή. Μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας και των μεθόδων απ' ευθείας σποράς δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην απόδοση του σιταριού. Στατιστικώς σημαντικές διαφορές ωστόσο διαπιστώθηκαν μεταξύ των μεταχειρίσεων γραμμικής σποράς και σποράς στα πεταχτά, με το φύτεμα και την απόδοση να υπερέχουν στη γραμμική

σπορά. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε σε μια πιθανή αρνητική επίδραση των υπό αποσύνθεση φυτικών υπολειμμάτων. Ενώ στην γραμμική σπορά οι δίσκοι της σπαρτικής απομάκρυναν τα φυτικά υπολείμματα τοποθετώντας τον σπόρο σε ένα καθαρό έδαφος, στην σπορά στα πεταχτά, ο σπόρος αφέθηκε να φυτρώνει σε επαφή με φυτικά υπολείμματα των οποίων η κυτταρίνη καθώς αποσυντίθεται υπό αναερόβιες συνθήκες παράγει οξικό οξύ το οποίο δρα τοξικά στους σπόρους και στα νεαρά φυτά. Επιπλέον, το φύτρωμα στις μεταχειρίσεις μειωμένης κατεργασίας ήταν πρωϊμότερο, όταν μετά την σπορά επικρατούσαν σχετικά υγρές συνθήκες, διότι ο σπόρος τοποθετούνταν σε ένα σχετικά μικρότερο βάθος.

Για να επιλυθούν τα πιο πάνω προβλήματα έχουν δοκιμαστεί διάφορες τροποποιήσεις και παραλλαγές πάνω στις κοινές σπαρτικές με σκοπό να τις κάνουν ικανές να εργάζονται ακόμη και στις αντίξοες συνθήκες ενός ακαλλιέργητου εδάφους. Οι σπαρτικές αυτές θεωρούνται εξειδικευμένες για τα συστήματα ακαλλιέργειας και η προμήθεια τους από όσους παραγωγούς στρέφονται σε τέτοιες μεθόδους κρίνεται απαραίτητη. Οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρεί μια τέτοιου είδους μηχανή είναι: (Philips and Young, 1973)

- Να έχει μεγάλο βάρος για να διεισδύει στο συνεκτικό ακαλλιέργητο έδαφος.
- Να διαθέτει στιβαρή κατασκευή που να αντέχει τις έντονες καταπονήσεις που υπόκειται όταν εργάζεται κάτω από ιδιαίτερα αντίξοες συνθήκες που δημιουργούν το ακαλλιέργητο έδαφος και τα φυτικά υπολείμματα.
- Να δημιουργεί μια στενή λωρίδα κατεργασίας του εδάφους, πλάτους 2-7 cm και βάθους μέχρι 7-10 cm, στην οποία και θα τοποθετεί το σπόρο.
- Να έχει δυνατότητα ακριβούς ελέγχου του βάθους σποράς το οποίο κάθε φορά εξαρτάται από το είδος και το μέγεθος του σπόρου καθώς και από τις συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας του εδάφους.
- Να καλύπτει το σπόρο και να σταθεροποιεί το έδαφος γύρω από αυτόν.

Σε μια προσπάθεια να ξεπεράσουν τους περιορισμούς που θέτει η ύπαρξη υψηλού ποσοστού φυτικών υπολειμμάτων σε συστήματα ακαλλιέργειας οι Orok and Swanton (1997) δοκίμασαν ορισμένες παραλλαγές της μηδενικής κατεργασίας κατά τη σπορά καλαμποκιού έπειτα από σιτάρι. Από τις μεθόδους που δοκίμασαν, αποδείχθηκε ότι όσες απομάκρυναν τα φυτικά υπολείμματα από την περιοχή που αναπτύσσονταν τα φυτά, είχαν μια θετική επίδραση και αύξαναν το φύτρωμα και την απόδοση του καλαμποκιού από 5% έως 10% σε σχέση με την κλασική μηδενική κατεργασία όπου όλα τα φυτικά υπολείμματα του σιταριού αφήνονταν ελεύθερα στην επιφάνεια.

1.5.2. Η λίπανση

Σύμφωνα με τα υπάρχοντα πειραματικά δεδομένα, οι απαιτήσεις σε αζωτούχο λίπανση όταν εφαρμόζονται μέθοδοι μειωμένης κατεργασίας ή ακαλλιέργειας, είναι μεγαλύτερες τουλάχιστον για τα πρώτα έτη εφαρμογής του συστήματος. Η ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος κατά τα πρώτα έτη συνήθως επιφέρει μια αύξηση της δραστηριότητας της μικροβιακής χλωρίδας. Οι μικροοργανισμοί που αποσυνθέτουν τα υπολείμματα, ανταγωνίζονται τα φυτά της καλλιέργειας ως προς το διαθέσιμο άζωτο (McConnell *et al.*, 1994). Οι Torbert *et al.* (1998), αναφέρουν ότι η απονιτροποίηση του αζώτου σε ένα βάθος 0-10 cm συμβαίνει με πολύ ταχύτερο ρυθμό στην μειωμένη και στη μηδενική, σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία του εδάφους. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η προσθήκη αυξημένων ποσοτήτων ανόργανου N είναι απαραίτητη για την αντιστάθμιση των

απωλειών. Οι Koch and Marlander (1994) αναφέρουν ότι η απόδοση των τεύτλων σε νωπές ρίζες και ζάχαρη όταν δεν εφαρμόζεται όργωμα είναι παρόμοια με αυτή σε οργωμένο έδαφος, με την προϋπόθεση ότι η δόση του αζώτου θα αυξηθεί. Με τη πάροδο όμως των ετών, το έδαφος εμπλουτίζεται με οργανική ουσία η οποία συνεισφέρει ένα σημαντικό μερίδιο από το απαραίτητο άζωτο στα φυτά, με συνέπεια το περιορισμό της ανάγκης προσθήκης ανόργανων λιπασμάτων. Οι Sidiras et al. (1999) βρήκαν ότι η ανάπτυξη των φυτών του βίκου και η παραγωγή φυματίων στις ρίζες ήταν πολύ καλύτερη στην περίπτωση της ακαλλιέργειας σε σχέση με την συμβατική και την μειωμένη κατεργασία. Στην περίπτωση της ακαλλιέργειας όμως, διαπιστώθηκε μια μικρότερη συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των φυματίων και του αφομοιωμένου στις ρίζες των φυτών αζώτου γεγονός που υποδεικνυε ότι τα φυτά προμηθεύονταν σημαντική ποσότητα αζώτου από το έδαφος και δεν επαφίονταν αποκλειστικά στην λειτουργία των φυματίων.

Εκτός από το άζωτο, η μετάβαση σε ένα καθεστώς μειωμένης κατεργασίας μπορεί να επηρεάσει την πρόσληψη και των άλλων δυο μακροστοιχείων, που είναι ο φώσφορος (Salinas-García, *et al.*, 1997, Ishaq et al., 2002) και το κάλιο (Franzluebbers and Hons, 1996, Ishaq et al., 2002). Τα στοιχεία αυτά αντίθετα με το άζωτο, δεν είναι ευκίνητα και η πρόσληψή τους εξαρτάται κυρίως από την έκταση της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος. Όπως έχει αναφερθεί, το ακαλλιέργητο έδαφος ευνοεί την ανάπτυξη ενός λεπτότερου αλλά με μεγαλύτερη ενεργό επιφάνεια ριζικού συστήματος που κατά συνέπεια είναι πιο αποτελεσματικό στην πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων. Μπορεί οι ρίζες να περιορίζονται στην ανώτερη επιφάνεια του εδάφους αλλά εκεί είναι συγκεντρωμένα και τα θρεπτικά στοιχεία (Selles *et al.*, 1997). Οι Franzluebbers and Hons (1996) αναφέρουν ότι η συγκέντρωση του αφομοιώσιμου P και K είναι υψηλότερη στην ανώτερη επιφάνεια του ακαλλιέργητου εδάφους (0-30 cm) σε σχέση με ένα οργωμένο, εξαιτίας της αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων. Τα κατιόντα των μικροστοιχείων Zn, Mn, Fe και Cu παρουσίαζαν επίσης υψηλότερες συγκεντρώσεις στην στοιβάδα αυτή με συνέπεια να προσλαμβάνονται επίσης πιο εύκολα από τα φυτά.

Πολλές φορές ωστόσο, στα συστήματα μειωμένης κατεργασίας, όταν τα φυτικά υπολείμματα εμποδίζουν την θέρμανση του εδάφους, η πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων μπορεί να είναι περιορισμένη εξαιτίας μειωμένης δραστηριότητας των ριζών (Amemiya, 1977).

1.5.3. Ο έλεγχος των ζιζανίων

Τα ζιζάνια αποτελούν ένα από τα βασικά προβλήματα των καλλιεργειών και όλες οι στρατηγικές διαχείρισης στοχεύουν στον περιορισμό των αναπαραγωγικών τους οργάνων. Τα ζιζάνια μπορούν να αναπαράγονται είτε με σπόρους είτε με φυτικά τμήματα (π.χ. κονδύλους). Οι σπόροι των ζιζανίων που βρίσκονται στο έδαφος συνιστούν μια φυσική δεξαμενή η οποία ευθύνεται για την επιβίωση και την εξάπλωση πολλών ειδών. Ακόμη και με τα πιο εντατικά συστήματα καταπολέμησης, πολλές φορές φυτά ζιζανίων καταφέρνουν να επιβιώσουν και να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο παράγοντας εκατοντάδες ή και χιλιάδες νέους σπόρους οι οποίοι πέφτοντας στο έδαφος εμπλουτίζουν την δεξαμενή των σπόρων των ζιζανίων. Μετά την συγκομιδή της καλλιέργειας οι σπόροι αυτοί κείτονται συνήθως σε ένα βάθος μέχρι 5 cm. Με το όργωμα όμως, οι σπόροι των ζιζανίων ενσωματώνονται στα βαθύτερα στρώματα. Μετά το όργωμα υπάρχει μια πιο ομοιόμορφη κατανομή σε όλο το βάθος του οργώματος των σπόρων των ζιζανίων (Colbach, *et al.*, 2000, Pekrun et al., 2003).

Οι σπόροι που θάβονται βαθιά μέσα στο έδαφος βρίσκονται σε ένα σκοτεινό περιβάλλον με υψηλή συνήθως υγρασία και χαμηλή συγκέντρωση σε οξυγόνο. Οι συνθήκες αυτές αποτρέπουν την έναρξη του φυτρώματος και μπορούν να συμβάλουν στην διατήρηση του λήθαργου (Reuss *et al.*, 2001). Αντίθετα οι σπόροι των ζιζανίων που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους έχουν συνήθως αυξημένη παροχή σε οξυγόνο και η έναρξη του φυτρώματος εξαρτάται από την θερμοκρασία του εδάφους, από την παρουσία επαρκούς υγρασίας, καθώς και από την ύπαρξη εναρκτήριων μηχανισμών (όπως είναι η έκθεση στο φως για τους σπόρους πολλών ειδών ζιζανίων) (Pekrun *et al.*, 2003).

Ο Paramichail (1998) διαπίστωσε μια σημαντική αύξηση των ζιζανίων κατά το πρώτο έτος εφαρμογής μειωμένης κατεργασίας σε μια καλλιέργεια βαμβακιού στην Ελλάδα. Την δεύτερη χρονιά ωστόσο, οι διαφορές μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας και των μεθόδων μειωμένης κατεργασίας αμβλύθηκαν. Κατά το δεύτερο έτος, στην συμβατική κατεργασία σημειώθηκε μια αύξηση των ζιζανίων γεγονός που αποδόθηκε στην επαναφορά στην επιφάνεια του εδάφους σπόρων ζιζανίων που είχαν θαφτεί με το όργωμα την πρώτη χρονιά. Επίσης οι Bilalis *et al.* (2001) αναφέρουν μια αύξηση των ετήσιων ζιζανίων στην συμβατική κατεργασία διότι αυτά προέρχονται κυρίως από σπόρους.

Παρά την σημαντική συμβολή της αναμόχλευσης του εδάφους στην επιβίωση των σπόρων των ζιζανίων, με την εντατική κατεργασία υπάρχει η δυνατότητα της μείωσης των αποθεμάτων των σπόρων των ζιζανίων στο έδαφος (Ghersa and Martinez-Ghersa, 2000). Με την συχνή κατεργασία του εδάφους, οι σπόροι των ζιζανίων που έχουν μακρά περίοδο λήθαργου έρχονται κάποια στιγμή στην επιφάνεια του εδάφους όπου και διακόπτεται ο λήθαργος. Τα ζιζάνια που θα φυτρώσουν καταστρέφονται είτε με ψεκασμούς είτε με μηχανικά σκαλίσματα, πριν προλάβουν ξανά να σποροποιήσουν. Αντίστροφη είναι η λειτουργία της κατεργασίας για τους μη διαχειμάζοντες σπόρους των ζιζανίων. Όταν οι σπόροι αυτοί θάβονται βαθιά μέσα στο έδαφος συνήθως διέρχονται την περίοδο που είναι ικανοί να φυτρώσουν σε ένα αντίξοο περιβάλλον με αποτέλεσμα όταν θα επανέρθουν στην επιφάνεια, να έχουν χάσει την φυτρωτική τους ικανότητα.

Κατά την εφαρμογή ακαλλιέργειας του εδάφους, η κατανομή, ποικιλότητα και επιβίωση των σπόρων των ζιζανίων προσομοιάζει με αυτή των φυσικών λειμώνων. Η έκθεση των σπόρων στην επιφάνεια του εδάφους και η μη προστασία τους εντός των συσσωματωμάτων μπορεί να συμβάλει στην ταχύτερη διάσπαση αυτών από μικροοργανισμούς του εδάφους. Σύμφωνα με τους Ghersa and Martinez-Ghersa (2000) στην επιφάνεια του εδάφους οι σπόροι των ζιζανίων δεν κινδυνεύουν μόνο από ζωικά παράσιτα και μικροοργανισμούς αλλά γηράσκουν επίσης ταχύτερα ενώ το ποσοστό της θνησιμότητας αυξάνει όταν μετά την έναρξη του φυτρώματος επικρατήσουν μη ευνοϊκές συνθήκες για την συνέχιση της ανάπτυξης των φυτών (π.χ. παγωνιά). Οι Bilalis *et al.* (2001) διαπίστωσαν μια μείωση στην συχνότητα εμφάνισης, την πυκνότητα και την ποικιλότητα των ειδών των ζιζανίων που εμφανίζονται σε εαρινές καλλιέργειες όταν στο έδαφος εφαρμόζεται ακαλλιέργεια. Επίσης οι Streit *et al.* (2001) αναφέρουν μειωμένους πληθυσμούς ζιζανίων για την περίπτωση της ακαλλιέργειας διότι τα φυτικά υπολείμματα ανέστειλλαν το φύτρωμα των σπόρων. Συνεπώς τα συστήματα διαχείρισης του εδάφους τα οποία ελαχιστοποιούν την ενσωμάτωση των σπόρων μέσα στο έδαφος, όπως είναι η ακαλλιέργεια, μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική μείωση της επιβίωσης των σπόρων.

Οι Porterfield and Davidson (1974) αναφέρουν επιπλέον μια μεταβολή στα είδη των επικρατούντων ζιζανίων από τα μονοετή στα πολυετή όταν η καταπολέμηση γίνεται αποκλειστικά με τη χρήση ζιζανιοκτόνων. Επίσης οι Gill and Arshad (1995) διαπίστωσαν μια σημαντική αύξηση των ζιζανίων κατά την εφαρμογή συστημάτων μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας σε καλλιέργειες σιταριού κριθαριού και ελαιοκράμβης. Παράλληλα όμως διαπίστωσαν και μια μεταβολή των επικρατέστερων ειδών. Με τον περιορισμό της εντατικότητας της κατεργασίας διαπιστώθηκε μια σημαντική αύξηση των πολυετών ζιζανίων.

Στην ακαλλιέργεια υπήρχε μια πολύ μεγαλύτερη βιοποικιλία ειδών και μάλιστα επικρατούσαν τα λιγότερο συνηθισμένα είδη. Τα πλατύφυλλα ζιζάνια παρόλο που ήταν πολύ περισσότερα σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, αποτελούσαν ένα μικρότερο ποσοστό επί των συνολικών ζιζανίων φανερώνοντας μια υπέρσχυση των αγρωστωδών. Σε ένα πείραμα με αμειψισπορά καλαμποκιού και κριθαριού, οι Carter *et al.* (2002) αναφέρουν μια αύξηση των πολυετών ζιζανίων κατά την εφαρμογή ακαλλιέργειας. Κατά την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας σε καλλιέργειες σιταριού, ελαιοκράμβης και καλαμποκιού οι Streit *et al.* (2001) αναφέρουν μια μεταβολή των ειδών των ζιζανίων. Στην περίπτωση της ακαλλιέργειας διαπιστώθηκε μια αύξηση των πολυετών ειδών όπως τα *Sonchus arvensis* και *Epilobium spp.* ενώ στις μεταχειρίσεις της συμβατικής κατεργασίας και της μειωμένης κατεργασίας επικρατούσαν τα ετήσια πλατύφυλλα είδη. Οι Bilalis *et al.* (2001) αναφέρουν μια εξάπλωση των ζιζανίων του γένους *Malva* όταν δεν εφαρμόζεται κατεργασία του εδάφους διότι δεν μπορούν να καταστραφούν οι ρίζες αυτών..

Οι Ghera and Martinez-Ghera (2000) επισημαίνουν τον κίνδυνο ανάπτυξης ανθεκτικότητας των ζιζανίων κατά την χημική καταπολέμησή τους σε συστήματα μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας. Στα συστήματα αυτά, τα φυτρωμένα ζιζάνια αντιπροσωπεύουν ένα υψηλό ποσοστό από το συνολικό δυναμικό των ζιζανίων (φυτά και σπόροι). Κατά την εφαρμογή ψεκασμών ή άλλων μέσων καταπολέμησης η πίεση της φυσικής επιλογής είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με την πίεση που ασκείται σε ένα αγρό που υπόκειται σε συστηματική κατεργασία και όπου τα φυτρωμένα ζιζάνια αποτελούν ένα μικρό ποσοστό από το συνολικό δυναμικό των ειδών. Ενώ στην πρώτη περίπτωση θα επιβιώσουν και θα πολλαπλασιαστούν τα ανθεκτικότερα φυτά, στην δεύτερη, υπάρχει ένα σημαντικό απόθεμα (με την μορφή των μη φυτρωμένων σπόρων) οι οποίοι δεν υπόκεινται στην πίεση της φυσικής επιλογής και οι οποίοι όταν φυτρώσουν θα αποτελέσουν φυσικούς ανταγωνιστές των ανθεκτικότερων γενοτύπων επιβραδύνοντας με τον τρόπο αυτό την διαδικασία ανάπτυξης ανθεκτικότητας.

Η καταπολέμηση των ζιζανίων αποτελεί ίσως το μεγαλύτερο πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπίσουν όσοι παραγωγοί επιχειρούν να στραφούν προς την υιοθέτηση μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους και ιδίως ακαλλιέργειας. Με τη συμβατική κατεργασία το πρόβλημα συνήθως είναι περιορισμένο, διότι ένα σημαντικό μερίδιο στον έλεγχο των ζιζανίων, αναλαμβάνει το ίδιο το άροτρο, με την αναστροφή που πραγματοποιεί στο έδαφος. Πολλές φορές, αυτό και μόνο είναι αρκετό. Στα συστήματα μειωμένης κατεργασίας όμως, ο έλεγχος των ζιζανίων βασίζεται αποκλειστικά στη χρήση ζιζανιοκτόνων, των οποίων η εφαρμογή θα πρέπει να γίνεται σε μεγαλύτερες δόσεις και στα κατάλληλα χρονικά διαστήματα για να υπάρχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Όπως έχει αναφερθεί, έπειτα από μακροχρόνια εφαρμογή ακαλλιέργειας προκαλείται αύξηση της οργανικής ουσίας στην ανώτερη επιφάνεια του εδάφους (Girma 1998, DeMaria *et al.*, 1999, Salinas-Garcia *et al.*, 2001, Nyakatawa *et al.*, 2001b, Chan *et al.*, 2002). Η οργανική ουσία, καθώς αποσυντίθεται παράγει οξέα με συνέπεια τη μείωση του εδαφικού pH (Franzluebbbers and Hons, 1996, Salinas-Garcia *et al.*, 1997, DeMaria *et al.*, 1999, Rasmussen, 1999, Mrabet *et al.*, 2001). Το γεγονός αυτό έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην δραστηριότητα ορισμένων ζιζανιοκτόνων όπως το *fluometuron* (Brown *et al.*, 1994). Οι Novak *et al.* (1996) διαπίστωσαν αυξημένη απορρόφηση των *fluometuron* και *atrazine* στην ανώτερη επιφάνεια του εδάφους όταν εφαρμόζεται μειωμένη κατεργασία γεγονός που σχετιζόταν με την αυξημένη οργανική ουσία στην περιοχή αυτή. Για να εξασφαλιστεί λοιπόν μια αποτελεσματικότητα του φαρμάκου, ανάλογη με αυτή που παρουσιάζει σε κατεργασμένο έδαφος, θα πρέπει να αυξηθεί η δόση εφαρμογής (Brown *et al.*, 1987). Αντίθετα οι Gaynor *et al.* (1998) δεν διαπίστωσαν επίδραση της κατεργασίας του εδάφους στον ρυθμό διάσπασης των *atrazine* και *metolachlor*. Τα δύο αυτά ζιζανιοκτόνα χρησιμοποιούνται ευρέως στην καλλιέργεια του καλαμποκιού για την καταπολέμηση πλατύφυλλων και ετήσιων αγρωστωδών ζιζανίων.

Επίσης ο Paramichail (1998) δεν διαπίστωσε μεταβολή στην αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων *alachlor*, *prometryne* και *fluometuron* κατά την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας. Ωστόσο επειδή στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας τα ζιζάνια είναι περισσότερα, προτείνει την εφαρμογή αυξημένων δόσεων με τα κατάλληλα μείγματα. Επιπλέον, η υπολειμματική δράση των πιο πάνω σκευασμάτων δεν διαπιστώθηκε να είναι επαρκής για ένα διάστημα 9 εβδομάδων μετά την σπορά, περίοδος κατά την οποία ο ανταγωνισμός από τα ζιζάνια μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση των αποδόσεων.

Η χρήση μόνο προσπαρτικών ή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων συνήθως δεν επαρκεί και γι' αυτό πολλές φορές κατά την εφαρμογή μεθόδων ακαλλιέργειας είναι αναγκαία η επέμβαση με μεταφυτρωτικά επιλεκτικά σκευάσματα ή η χρήση μη επιλεκτικών σκευασμάτων με επιλεκτικό ψεκασμό (Griffith *et al.*, 1977). Σύμφωνα με τους Brown and Whitwell (1985) και Wiese *et al.* (1994), σε συστήματα ακαλλιέργειας στο βαμβάκι, ο συνδυασμός υπολειμματικών ζιζανιοκτόνων όπως τα *atrazine*, *propazine* και *fluometuron*, αμέσως μετά την συγκομιδή της προηγούμενης καλλιέργειας, με το *glyphosate* κατά την περίοδο της σποράς της επόμενης, δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με την εφαρμογή μόνο του *glyphosate*. Οι Burmester *et al.* (1997) εφαρμόζοντας μηδενική κατεργασία σε ένα τριετές πείραμα με καλλιέργεια βαμβακιού, διαπίστωσαν ότι μετά το δεύτερο έτος, η εφαρμογή μόνο μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων (*fluaziphop-butyl*) προκάλεσε μια δραματική εξάπλωση των ζιζανίων. Ο συνδυασμός όμως προφυτρωτικών (*pendimethalin*, *fluometuron*) με μεταφυτρωτικά σκευάσματα περιορίζει σημαντικά το πρόβλημα δίχως επιπλέον να παρατηρηθεί κάποια αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη του βαμβακιού.

Σε ένα τετραετές πείραμα με μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους και ακαλλιέργειας στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων, οι Deinbert *et al.* (1981) αντιμετώπιζαν για τα τρία πρώτα έτη, σοβαρό πρόβλημα με τα ζιζάνια, ιδίως του γένους *Kochia*. Το πρόβλημα ήταν ιδιαίτερα έντονο στις μεθόδους όπου δεν εφαρμοζόταν όργωμα με αποτέλεσμα μια σημαντική μείωση των αποδόσεων της καλλιέργειας. Το τέταρτο έτος ωστόσο εφαρμόσαν κατά την περίοδο του φθινοπώρου EPTC (*Eptam*) σε μορφή κοκκώδους σκευάσματος. Με αυτό τον τρόπο πέτυχαν άριστα αποτελέσματα, περιορίζοντας ουσιαστικά τα ζιζάνια, τουλάχιστον για τα πρώτα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας, ακόμη και στην περίπτωση της ακαλλιέργειας όπου δεν μπορούσε να γίνει ενσωμάτωση. Για καλλιέργειες βρώμης και κριθαριού η Bostrom (1999) προτείνει την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας με την συστηματική εφαρμογή σε μειωμένες δόσεις των κατάλληλων, ανάλογα με τα είδη των ζιζανίων, ζιζανιοκτόνων.

1.5.4. Ο έλεγχος των ζωικών εχθρών και των παθογόνων

Ως γνωστό, πολλοί παθογόνοι μικροοργανισμοί, είτε αυτοί είναι μύκητες είτε βακτήρια αναπαράγονται μέσα στους ιστούς των φυτών. Επιπλέον, πολλά έντομα τοποθετούν τα αυγά στους βλαστούς των φυτών όπου εκκολάπτονται και διαχειμάζουν οι προνύμφες. Ένα πρόβλημα που συχνά προκύπτει με την υιοθέτηση μεθόδων κατεργασίας οι οποίες διατηρούν τα φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια του εδάφους, είναι η δημιουργία ευνοϊκών προϋποθέσεων μετάδοσης ορισμένων ασθενειών και εχθρών των καλλιεργειών καθώς τα φυτικά αυτά υπολείμματα αποτελούν σοβαρές εστίες μόλυνσης για τα φυτά της επόμενης καλλιέργειας. Το πρόβλημα είναι εντονότερο όταν χρησιμοποιούνται ψυχανθή και χορτοδοτικά φυτά ως καλλιέργειες κάλυψης καθώς πολλά έντομα τα προτιμούν για την απόθεση των αυγών τους (Amemyia, 1997). Με το όργωμα αντίθετα, τα φυτικά υπολείμματα θάβονται μέσα στο έδαφος και έτσι δεν δίνεται η ευκαιρία στους παθογόνους οργανισμούς να

σποροποιήσουν και στα αυγά των εντόμων να εκκολαφθούν. Επιπλέον, τα παράσιτα καταστρέφονται από τα μικρόβια του εδάφους που αποσυνθέτουν τα φυτικά υπολείμματα.

Εκτός από τα φυτικά υπολείμματα, οι μεταβολές στις φυσικοχημικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους, που συμβαίνουν όταν αυτό παραμένει ακαλλιέργητο, μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ανάπτυξη των παθογόνων (Sturz *et al.*, 1997). Η αυξημένη συμπίκνωση, η μείωση του πορώδους και του αερισμού, μπορούν να επηρεάσουν τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά τους μικροοργανισμούς της ριζόσφαιρας και την επιβίωση και διάδοση των παθογόνων. Επιπλέον, οι αναερόβιες συνθήκες μπορούν να προκαλέσουν αντιδράσεις μεταξύ των ριζών και των παθογόνων προκαλώντας τελικά την ανάπτυξη ασθενειών. Η αυξημένη συγκέντρωση οργανικών συστατικών από την αποικοδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους αποτελεί πηγή θρεπτικών υποστρωμάτων και μπορεί να βοηθήσει στην εξάπλωση των παθογόνων. Με την εφαρμογή ακαλλιέργειας παρατηρείται γενικά μια αύξηση της βιοποικιλότητας των μικροοργανισμών (Kandeler *et al.*, 1999, Kladinco, 2001). Ωστόσο δεν είναι όλοι οι μικροοργανισμοί του εδάφους παθογόνοι. Η αυξημένη μικροβιακή δραστηριότητα μπορεί να οδηγήσει σε φαινόμενα ανταγωνισμού μεταξύ παθογόνων και μη παθογόνων ειδών και να δράσει ως μια φυσική αιτία περιορισμού των ασθενειών (Sturz and Carter, 1995).

Εκτός από τους μικροοργανισμούς του εδάφους, πρόβλημα για τις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας μπορεί να αποτελέσουν και άλλοι παρασιτικοί οργανισμοί όπως για παράδειγμα οι νηματώδεις και τα έντομα εδάφους αλλά και μεγαλύτεροι ζωικοί εχθροί όπως οι αρουραίοι. Υπό συνθήκες μη κατεργασίας οι οργανισμοί αυτοί αναπτύσσονται και πολλαπλασιάζονται δημιουργώντας πολλές φορές σοβαρά προβλήματα για τις καλλιέργειες. Κατά την σπορά ζαχαροτεύτλων σε καλλιέργειες φυτοκάλυψης οι Richard *et al.* (1995) διαπίστωσαν ότι το φύτρωμα της καλλιέργειας ήταν μειωμένο. Εξετάζοντας τους υπαίτιους παράγοντες διαπίστωσαν ότι οι σπόροι είχαν φαγωθεί από έντομα εδάφους (*Alauda arvensis*) και από τυφλοπόντικες. Αύξηση των εντόμων του εδάφους κατά την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων διαπίστωσαν επίσης οι Pringas *et al.* (2002). Στο ίδιο πείραμα ωστόσο οι παραπάνω ερευνητές δεν διαπίστωσαν επίδραση του συστήματος κατεργασίας του εδάφους στην διατήρηση και την μετάδοση της κερκόσπορας προφανώς εξαιτίας της ταχείας αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων των ζαχαροτεύτλων.

Όταν η καταπολέμησή των ζωικών εχθρών με την χρήση παρασιτοκτόνων δεν επαρκεί, το όργωμα αποτελεί μια καλή πρακτική με την οποία καταστρέφονται τόσο τα ίδια τα παράσιτα όσο και τα αυγά και οι προνύμφες τους.

Πολλές φορές όμως, με το όργωμα καταστρέφονται και πολλά ωφέλιμα είδη εντόμων. Τα πλέον ευπαθή είδη είναι τα πιο μεγάλωσυμα τα οποία με την μηχανική κατεργασία μπορούν να θανατωθούν άμεσα (Kladinco, 2001). Ο Kromp (1999) αναφέρει μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ του βαθέως οργώματος και του πληθυσμού των εντόμων του γένους *Carabidae* στο έδαφος. Ορισμένα από τα έντομα αυτά τρέφονται με θρίπες και μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην μείωση των πληθυσμών στα σιτηρά και στα ζαχαρότευτλα. Άλλα αποτελούν θηρευτές πολλών επιβλαβών κολεοπτέρων και άλλα τρέφονται με νύμφες λεπιδοπτέρων.

Τέλος, κατά την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας, η ευπάθεια των νεαρών φυτών στις ασθένειες μπορεί ακόμη να αυξηθεί εξαιτίας της επιβράδυνσης των πρώτων ευαίσθητων σταδίων ανάπτυξης της φυτείας λόγω της επικράτησης χαμηλότερων θερμοκρασιών στο έδαφος.

1.6. Οικονομικές επιπτώσεις από την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας

1.6.1. Επιπτώσεις στο κόστος παραγωγής

Για έναν νέο παραγωγό που επενδύει για πρώτη φορά στη γεωργία, η εκλογή της ακαλλιέργειας ως συστήματος διαχείρισης του εδάφους μπορεί να αποδειχθεί πιο οικονομική σε σχέση με την επένδυση που απαιτείται για την εφαρμογή ενός συστήματος συμβατικής κατεργασίας. Πέρα από έναν μεγάλου ισχύος ελκυστήρα, στη δεύτερη περίπτωση θα πρέπει επιπλέον να επενδύσει στην αγορά τουλάχιστον δυο και τριών διαφορετικών εργαλείων κατεργασίας του εδάφους. Αντίθετα, στην περίπτωση εφαρμογής ακαλλιέργειας, το μόνο που χρειάζεται είναι ένας σχετικά μικρού ισχύος ελκυστήρας, ένα ψεκαστικό και μια κατάλληλη σπαρτική μηχανή για χρήση υπό καθεστώς ακαλλιέργειας. Για μια όμως ήδη υπάρχουσα αγροτική επιχείρηση, που άλλωστε αποτελεί και την πλειονότητα των περιπτώσεων, η μετάβαση από ένα σύστημα συμβατικής κατεργασίας σε ένα σύστημα ακαλλιέργειας, απαιτεί την επένδυση κεφαλαίου για την προμήθεια της κατάλληλης σπαρτικής ενώ παράλληλα περιθωριοποιείται η χρήση πολλών ήδη υπαρχόντων εργαλείων.

Παραβλέποντας το αρχικό κόστος που απαιτείται για την προμήθεια του κατάλληλου εξοπλισμού, το κόστος από την εφαρμογή της ακαλλιέργειας είναι σαφώς μικρότερο από αυτό της συμβατικής κατεργασίας. Κατ' αρχάς, υπάρχει μια σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας η οποία προκύπτει με τον περιορισμό των επεμβάσεων της κατεργασίας του εδάφους.

Οι Hernanz *et al.* (1995) εκτιμούν ότι με την εφαρμογή συστημάτων μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας σε καλλιέργειες σιτηρών προκύπτει μια μείωση των συνολικών εισροών ενέργειας στην παραγωγική διαδικασία της τάξης του 7% με 11% σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Για μια καλλιέργεια βίκου η εξοικονόμηση ενέργειας ήταν της τάξης 10% για την μειωμένη κατεργασία και 15% για την ακαλλιέργεια. Το κόστος της παραγωγής ήταν κατά 13-24% μικρότερο για την μειωμένη κατεργασία και κατά 6-17% μικρότερο για την ακαλλιέργεια. Εκτιμώντας την ειδική κατανάλωση καυσίμου κατά την κατεργασία του εδάφους ο Vilde (1998) διαπίστωσε ότι με την χρήση συμβατικών μεθόδων καταναλώνονται 4,9 kg στρ⁻¹ καυσίμου. Η κατανάλωση είναι κατά 59% μεγαλύτερη όταν εφαρμόζεται μια πιο εντατική μορφή κατεργασίας, 51% μικρότερη όταν εφαρμόζεται μειωμένη κατεργασία που όμως περιλαμβάνει όργωμα και 84-76% μικρότερη όταν εφαρμόζεται μειωμένη κατεργασία που δεν περιλαμβάνει όργωμα. Οι Smith *et al.* (1995) αναφέρουν ότι η κατανάλωση ενέργειας κατά την εφαρμογή ενός συστήματος που χρησιμοποιεί ως εργαλεία κατεργασίας ένα περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα το οποίο κατεργάζεται το έδαφος σε λωρίδες πριν τη σπορά και ένα σκαλιστήρι μετά το φύτεμα, είναι 60% μικρότερη σε σχέση με την ενέργεια που καταναλώνεται στην συμβατική κατεργασία που περιλαμβάνει δισκοσβάρνα για την ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων, όργωμα, δύο δισκοσβαρνίσματα και σκάλισμα. Με την υιοθέτηση ενός συστήματος ελάχιστης κατεργασίας όπου η μόνη καλλιεργητική επέμβαση ήταν η εφαρμογή σκαλίσματος μετά την σπορά η εξοικονόμηση ενέργειας έφτανε μέχρι και 70%. Οι Kosutic *et al.* (1998) υπολόγισαν ότι περιορίζοντας τους δευτερογενείς καλλιεργητικούς χειρισμούς, με τη χρήση εργαλείων που προετοιμάζουν την σποροκλίνη με ένα μόνο πέρασμα, όπως είναι το περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα, ακόμη και όταν έχει πραγματοποιηθεί

όργωμα, προκύπτει μια εξοικονόμηση ενέργειας στο σύστημα της παραγωγής της τάξης του 20-40%. Μετρώντας την κατανάλωση ενέργειας κατά τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις οι Sijtsma *et al.* (1998) διαπίστωσαν ότι η αντικατάσταση του αρότρου με διάφορους συνδυασμούς εργαλείων που πραγματοποιούν μειωμένη κατεργασία (βαρύς καλλιεργητής, δισκοσβάρνα, περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα) παρείχε μείωση του ετήσιου κόστους για την κατεργασία από 44-60% σε μια τριετή αμειψισπορά πατάτας, κριθαριού και χορτοδοτικών και 10-40% μείωση σε μια διετή αμειψισπορά κριθαριού και σόγιας. Οι Wegener *et al.* (2002) υπολόγισαν τις συνολικές εισροές ενέργειας σε ένα τριετές σύστημα αμειψισποράς με μη αρδευόμενες καλλιέργειες τεύτλων-σιταριού-σιταριού για την συμβατική μέθοδο κατεργασίας του εδάφους (όργωμα στα 30 cm) ίσες με 4.930 MJ στρ⁻¹. Με την μείωση της εντατικότητας της κατεργασίας (επιφανειακή αναμόχλευση του εδάφους σε βάθος 10 cm) προέκυψε μείωση των εισροών ενέργειας για το διάστημα των τριών ετών της τάξης 340 MJ στρ⁻¹. Όταν αντί για μειωμένη κατεργασία εφαρμόστηκε ακαλλιέργεια οι εισροές ενέργειας ήταν μειωμένες κατά 440 MJ στρ⁻¹.

Οι Bernstern and Berre (2002) αναφέρουν ότι, σε μη συμπιεσμένα εδάφη, το περιστροφικό σκαπτικό αξιοποιούν αποτελεσματικότερα την ενέργεια για το ψιλοχωματισμό του εδάφους σε σχέση με τους ελαφρείς καλλιεργητές και τις δισκοσβάρνες. Σε συμπιεσμένα εδάφη όμως, ο ψιλοχωματισμός είναι καλύτερος όταν γίνεται χρήση ελαφρών καλλιεργητών. Αντίθετες είναι ωστόσο οι ενδείξεις από μελέτες των Chamen *et al.* (1996) οι οποίοι εισήγαγαν την έννοια της "ενέργειας κατεργασιμότητας" (*Tilth Energy*) ως το γινόμενο της ενέργειας που καταναλώνεται κατά την κατεργασία του εδάφους με τα διάφορα εργαλεία με την σταθμισμένη κατά μέσο βάρος διάμετρο των συσσωματωμάτων που παράγονται (kJ m⁻²). Την έννοια αυτή τη χρησιμοποίησαν για να συγκρίνουν την αποτελεσματικότητα με την οποία διάφορα εργαλεία κατεργασίας του εδάφους μπορούν να παράγουν μια ψιλοχωματισμένη επιφάνεια. Από τα εργαλεία που συγκρίθηκαν διαπιστώθηκε ότι σε αργιλώδη εδάφη, μη ισχυροδοτούμενα από το PTO εργαλεία όπως δισκοσβάρνες και ελαφρείς καλλιεργητές δύνανται να προετοιμάσουν μια εξίσου καλής ποιότητας σποροκλίνη, αλλά με περισσότερες επεμβάσεις σε σχέση με τα ισχυροδοτούμενα μηχανήματα. Υπό το πρίσμα ωστόσο της ενέργειας κατεργασιμότητας, τα ισχυροδοτούμενα μηχανήματα καταναλώνουν πολύ περισσότερη ενέργεια με συνέπεια παρ' ότι απαιτούνται λιγότερα περάσματα, αυτά αποδεικνύονται λιγότερο αποτελεσματικά. Οι διαπιστώσεις αυτές ίσχυαν και για τα ελαφρύτερης σύστασης εδάφη αν και οι διαφορές εδώ μεταξύ των μηχανημάτων ήταν μικρότερες.

Εξαιτίας του περιορισμού της κατεργασίας, ο έλεγχος των ζιζανίων βασίζεται αποκλειστικά στην χρήση ζιζανιοκτόνων και μάλιστα σε μεγαλύτερες δόσεις. Η προσθήκη μεγαλύτερων ποσοτήτων ζιζανιοκτόνων βέβαια, μπορεί να αποτελεί μια επιπλέον επιβάρυνση στο κόστος εφαρμογής ενός συστήματος ακαλλιέργειας, δεν ανατρέπει όμως το όφελος που προκύπτει από την εξοικονόμηση ενέργειας. Οι Clements *et al.* (1995) υπολόγισαν ότι η ενέργεια που χρησιμοποιείται, όταν για την καταπολέμηση των ζιζανίων εφαρμόζονται ζιζανιοκτόνα, είναι σημαντικά μικρότερη από την ενέργεια που χρησιμοποιείται όταν για τον ίδιο σκοπό εφαρμόζονται μηχανικά σκαλίσματα. Οι Weise *et al.* (1994) αναφέρουν ότι η χρήση *glyphosate* για την καταστροφή των ζιζανίων στην μηδενική κατεργασία προσέφερε μείωση του κόστους παραγωγής του βαμβακιού κατά \$70 ha⁻¹ σε σχέση με την επέμβαση με δισκάροτρο. Το κόστος της ζιζανιοκτονίας στην μηδενική κατεργασία ήταν υψηλότερο, αλλά το κόστος χρήσης, συντήρησης και απόσβεσης του μηχανολογικού εξοπλισμού, σημαντικά μικρότερο με τελικό αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλότερου καθαρού κέρδους. Για την καλλιέργεια του βαμβακιού και πάλι οι Mygdakos *et al.* (2000) υπολόγισαν μια μείωση του κόστους εγκατάστασης της τάξης του 34,4% για μια μέθοδο μειωμένης κατεργασίας και της τάξης του 38,7% για μια μέθοδο ακαλλιέργειας σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Εξετάζοντας όμως το συνολικό κόστος παραγωγής διαπίστωσαν ότι με την ακαλλιέργεια

υπήρχε μια αύξηση της τάξης του 1% ενώ με την μέθοδο μειωμένης κατεργασίας μείωση της τάξης του 16%. Η αύξηση του κόστους για την ακαλλιέργεια οφείλονταν στο αυξημένο κόστος καταπολέμησης των ζιζανίων. Σύμφωνα πάντως με τους Harman *et al.* (1989), μακροπρόθεσμα, το καθαρό κέρδος από την εφαρμογή μεθόδων ακαλλιέργειας υπερβαίνει αυτό της συμβατικής μεθόδου, εξαιτίας της σταδιακής αύξησης των αποδόσεων και του περιορισμού του κόστους χρήσης των γεωργικών μηχανημάτων.

Εκτός όμως από τα φανερά οφέλη, υπάρχει και μια σειρά από λιγότερο εμφανείς ωφέλειες που απολαμβάνει ο παραγωγός που θα επιλέξει μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ή ακαλλιέργειας για τη διαχείριση του εδάφους. Λόγω της σημαντικά μειωμένης καταπόνησης τόσο του ελκυστήρα όσο και του μηχανολογικού εξοπλισμού, μιας και γενικά δεν υπάρχουν εργασίες που να απαιτούν την ανάπτυξη ισχυρών ελκτικών δυνάμεων, η φθορά του εξοπλισμού είναι μικρότερη με συνέπεια να παρατείνεται η διάρκεια της οικονομικής ζωής του (Hatfield and Karlen, 1992). Ακόμη όμως και για εργασίες που είναι κοινές τόσο σε ένα σύστημα συμβατικής όσο και σε ένα μειωμένης κατεργασίας, μπορεί να υπάρξουν οικονομικά οφέλη. Για παράδειγμα, ο ψεκασμός φαινομενικά αποτελεί μια επέμβαση, το κόστος εφαρμογής της οποίας δεν σχετίζεται με το είδος της κατεργασίας που εφαρμόστηκε στο έδαφος. Η μετακίνηση όμως των γεωργικών μηχανημάτων και του ελκυστήρα, γίνεται πολύ πιο εύκολα σε μια ακαλλιέργητη επιφάνεια διότι το έδαφος είναι συμπαγές και δεν υποχωρεί κάτω από το βάρος του μηχανήματος με αποτέλεσμα να υπάρχει σημαντικά μικρότερη αντίσταση κύλισης (Phillips and Young, 1974). Το γεγονός αυτό συμβάλλει σε εξοικονόμηση ενέργειας που έρχεται να προστεθεί στα υπόλοιπα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή του συστήματος. Το ίδιο ισχύει και για το κόστος της συγκομιδής. Εδώ μάλιστα τα οφέλη μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερα καθώς πολλές φορές οι παραγωγοί αναγκάζονται να συγκομίσουν σε υγρά χωράφια όπου οι βαριές μηχανές συγκομιδής δυσκολεύονται να μετακινηθούν. Αν όμως το έδαφος είναι ακαλλιέργητο με φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια, ακόμα και υγρό, παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή και οι μηχανές συγκομιδής μπορούν να κινηθούν ευκολότερα ενώ παράλληλα, προκαλούν μικρότερη συμπίεση του εδάφους (Phillips and Young, 1974).

Στην συμβατική κατεργασία του εδάφους με άροτρο, υπάρχει ιδιαίτερο πρόβλημα από την συγκέντρωση εργασιών για την προετοιμασία των χωραφιών σε ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Ένα άλλο σημαντικό όφελος επομένως που προκύπτει με την εφαρμογή της μειωμένης κατεργασίας, είναι η εξοικονόμηση χρόνου για την έγκαιρη πραγματοποίηση των αγροτικών εργασιών. Οι Λιθουργίδης και Τσατσαρέλης (2003) διαπίστωσαν μια ελάττωση του χρόνου που απαιτείται για την σπορά επίσπορου καλαμποκιού κατά 30-48% για την απ' ευθείας σπορά σε σχέση με την συμβατική μέθοδο εγκατάστασης της καλλιέργειας. Σύμφωνα με τους Kosutic *et al.* (1998) η χρήση μηχανημάτων που προετοιμάζουν την σποροκλίνη με ένα μόνο πέρασμα επιφέρει εξοικονόμηση εργατοωρών μέχρι και 60% σε σχέση με την διαδοχική χρήση πολλών και διαφορετικών μηχανημάτων. Ο χρόνος αυτός μπορεί κάλλιστα να αξιοποιηθεί για περαιτέρω αύξηση του αγροτικού εισοδήματος μέσω της δυνατότητας αύξησης του μεγέθους της γεωργικών εκμεταλλεύσεων ή με τη διάθεσή του σε άλλους παραγωγικούς τομείς. Επιπλέον, σε μεγάλα αγροκτήματα, η δυνατότητα επίτευξης έγκαιρης σποράς της καλλιέργειας μπορεί να επιφέρει, ανάλογα με την καλλιέργεια, αύξηση της βλαστικής περιόδου και πρωίμηση της παραγωγής. Στην πρώτη περίπτωση προκύπτει βελτίωση της απόδοσης ενώ στην δεύτερη αποφεύγονται όψιμοι κίνδυνοι προσβολών από εχθρούς και ασθένειες και ελευθερώνεται το χωράφι γρηγορότερα.

Οι Larney *et al.* (1988) μελέτησαν τις πρακτικές που ακολουθούν οι παραγωγοί κατά την εγκατάσταση ζαχαροτεύτλων στα φτωχής δομής εδάφη της Ιρλανδίας. Τα εδάφη αυτά στεγνώνουν επιφανειακά κατά την άνοιξη, αλλά διατηρούν ένα σημαντικά υγρότερο υπέδαφος στα 20 – 40 cm. Κατά την κατεργασία των εδαφών αυτών, παράγονται βόλοι και συσσωματώματα πολύ ξηρά στην επιφάνεια και πολύ υγρά βαθύτερα. Από τα μηχανήματα

δευτερογενούς κατεργασίας που δοκιμάστηκαν, το περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα ήταν αυτό που παρήγαγε την πιο ψιλοχωματισμένη σποροκλίνη απαιτώντας τον μικρότερο αριθμό (1 – 4) επεμβάσεων. Η χρήση δισκοσβάρνας για την προετοιμασία της σποροκλίνης απαιτούσε 1- 8 επεμβάσεις ενώ η χρήση ελαφρού καλλιεργητή απαιτούσε 2 - 6 επεμβάσεις. Τα μηχανήματα όμως που πραγματοποιούν κάποια ελαφρά αναστροφή του εδάφους όπως η δισκοσβάρνα και ο καλλιεργητής, προκαλούσαν παράλληλα και την επαναφορά υγρών συσσωματωμάτων στην επιφάνεια του εδάφους. Τα συσσωματώματα αυτά χρειάζονταν κάποιο επιπλέον χρόνο για να στεγνώσουν ώστε να μπορέσουν να θρυμματιστούν περαιτέρω. Αντίθετα, το περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα κατεργάζονταν το έδαφος σε ένα βάθος με πιο ομοιογενές υγρασιακό καθεστώς που όταν ήταν στο κατάλληλο επίπεδο (κοντά στο κατώτερο όριο πλαστικότητας), ελαχιστοποιούσε τον απαιτούμενο αριθμό επεμβάσεων.

Πέρα από τα καθαρά οφέλη που προκύπτουν για τον παραγωγό από την μείωση του κόστους παραγωγής όταν εφαρμόζονται συστήματα μειωμένης κατεργασίας, υπάρχει και μια σειρά από λιγότερο εμφανή οικονομικά οφέλη τα οποία σχετίζονται με το κοινωνικό κόστος από την υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Το κόστος αυτό, αν και συνήθως παραβλέπεται, πολλές φορές είναι πολύ υψηλότερο από το κόστος των αρνητικών επιπτώσεων στον αγρό όπου εφαρμόζεται η συμβατική κατεργασία (Stonehouse, 1997). Η εκτίμηση του πραγματικού κοινωνικού και περιβαλλοντολογικού κόστους ωστόσο καθίσταται από δύσκολη έως αδύνατη καθώς πολλές φορές οι επιπτώσεις επεκτείνονται σε απομακρυσμένες κοινωνικές ομάδες και σε απροσδιόριστους οικονομικούς τομείς. Επίσης υπάρχει αδυναμία για την αποτίμηση μη οικονομικών παραμέτρων όπως για παράδειγμα η απόδοση νομισματικού κόστους στην εξαφάνιση ενός ζωικού είδους. Εξάλλου πολλές φορές οι στόχοι της οικονομικής ανάπτυξης έρχονται σε αντίθεση με τους στόχους και τις επιδιώξεις της οικολογικής συνείδησης.

Κάθε παραγωγική δραστηριότητα μπορεί να έχει θετικές ή αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες σχετίζονται με την ποιότητα του αέρα, του νερού, της γης και την υγεία και οικολογική ισορροπία της άγριας χλωρίδας και πανίδας σε μια περιοχή. Στην γεωργική παραγωγή, οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνήθως σχετίζονται με την συμβατική κατεργασία του εδάφους αφορούν την ερημοποίηση γόνιμων γεωργικών εκτάσεων εξαιτίας του φαινομένου της διάβρωσης, την ρύπανση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων από την εκτεταμένη χρήση των αγροχημικών και τις αυξημένες εκπομπές CO₂ από το έδαφος και από την εντατική χρήση των μηχανών εσωτερικής καύσης. Το περιβαλλοντικό κόστος που προκύπτει από τις αρνητικές αυτές επιπτώσεις αφορά δαπάνες για την αποκατάσταση της ποιότητας του νερού στις λεκάνες απορροής, ιδίως όταν αυτό χρησιμοποιείται για ανθρώπινες ανάγκες, δαπάνες για την απομάκρυνση της σκόνης σε αστικές περιοχές η οποία οφείλεται στην διάβρωση του εδάφους από τον άνεμο, δαπάνες στην υγεία λόγω προβλημάτων που οφείλονται στις αυξημένες εκπομπές CO₂, δαπάνες για την διατήρηση της άγριας ζωής από περιβαλλοντικές οργανώσεις, κ.λ.π. (Stonehouse, 1997). Οι δαπάνες αυτές βαρύνουν το κοινωνικό σύνολο με την μορφή φόρων.

Από την άλλη μεριά, με την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας μπορεί να προκύψει μια σημαντική μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και κατά συνέπεια των ανάλογων δαπανών. Υποθέτοντας ότι 22,4*10⁷ στρ καλλιεργήσιμης γης σε κεκλιμένα εδάφη στις Η.Π.Α τα οποία είναι επιρρεπή στην διάβρωση και στα οποία μέχρι το 1996 χρησιμοποιούνταν μέθοδοι συμβατικής κατεργασίας εισέρχονται σε συστήματα αειφορικής διαχείρισης, οι Uri *et al.* (1998) εκτίμησαν μια μείωση του κοινωνικο-περιβαλλοντικού κόστους που οφείλεται στην διάβρωση από το νερό κατά \$32*10⁶ ετησίως και στην διάβρωση από τον άνεμο κατά \$17,6*10⁶ ετησίως. Την ίδια χρονιά, το κέρδος εξαιτίας του περιορισμού της διάβρωσης από το νερό και τον άνεμο που προέκυπτε από τις ήδη καλλιεργούμενες με συστήματα μειωμένης κατεργασίας εκτάσεις ανέρχονταν \$148*10⁶.

1.6.2. Επίπτωση στην απόδοση των καλλιεργειών

Πέρα από τα εμφανή και τα λιγότερο εμφανή οφέλη που προκύπτουν από την υιοθέτηση ενός συστήματος μειωμένης κατεργασίας, το σημαντικότερο κριτήριο που επηρεάζει την απόφαση για την επιλογή του συστήματος, είναι η απόδοση της καλλιέργειας η οποία είναι άμεσα συνυφασμένη με το καθαρό κέρδος. Η ακαλλιέργεια, φαίνεται ότι τουλάχιστον για τα πρώτα έτη της εφαρμογής της, επιφέρει μια μείωση των αποδόσεων σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία. Έπειτα όμως από μερικά έτη συνεχούς εφαρμογής της μεθόδου, αρχίζουν να αναδεικνύονται τα πραγματικά της οφέλη, καθώς η δομή του εδάφους βελτιώνεται και η περιεχόμενη οργανική ουσία αυξάνει, με συνέπεια οι αποδόσεις να ανακάμπτουν και σε ορισμένες περιπτώσεις να ξεπερνούν αυτές της συμβατικής μεθόδου.

Σε ένα πείραμα με αμειψισπορά ξηρικής σόγιας και καλαμποκιού οι Hussain *et al.* (1999) διαπίστωσαν ότι οι αποδόσεις στην ακαλλιέργεια ήταν μικρότερες από την συμβατική κατεργασία για τα τρία πρώτα έτη. Μετά το τέταρτο έτος ωστόσο και μέχρι το όγδοο οι αποδόσεις στην ακαλλιέργεια ήταν υψηλότερες. Οι μικρότερες αποδόσεις στην αρχή της περιόδου αποδόθηκαν την μειωμένη διαθεσιμότητα του αζώτου εξαιτίας του μειωμένου ρυθμού απονιτροποίησης και της δέσμευσης του από τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Στα επόμενα έτη ωστόσο η απόδοση ήταν υψηλότερη εξαιτίας της αυξημένης διαθεσιμότητας της υγρασίας στην ακαλλιέργεια. Να σημειωθεί ότι και στις δύο καλλιέργειες δεν εφαρμόζονταν άρδευση. Στις χρονιές με επαρκή υγρασία οι αποδόσεις του καλαμποκιού στην ακαλλιέργεια ήταν μικρότερες κατά 5-20% σε σχέση με την συμβατική κατεργασία ενώ σε χρονιές με ανεπάρκεια νερού η απόδοση στην ακαλλιέργεια ήταν από 10% έως και 100% υψηλότερη.

Σε μια ανασκόπηση πειραματικών δεδομένων από την Αργεντινή οι Buschiazzo *et al.* (1998) αναφέρουν ότι με την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας η απόδοση ξηρικών καλλιεργειών σόγιας, σιταριού και σόργου ήταν γενικά υψηλότερες ή ίσες με την συμβατική κατεργασία γεγονός που αποδόθηκε στην αποτελεσματικότερη αξιοποίηση του νερού του εδάφους. Για τις καλλιέργειες του καλαμποκιού και του ηλίανθου ωστόσο οι αποδόσεις στην μειωμένη κατεργασία ήταν μικρότερες. Οι δύο τελευταίες καλλιέργειες είναι ιδιαίτερα απαιτητικές σε άζωτο και με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας σημειώθηκε έλλειψη η οποία είχε μια αρνητική επίπτωση στις αποδόσεις. Σε μια καλλιέργεια πατάτας στην Νορβηγία, οι Ekeberg and Riley (1997) διαπίστωσαν αυξημένη απόδοση κατά την εφαρμογή ακαλλιέργειας γεγονός που οφείλονταν στην αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους. Οι συγκομιζόμενοι κόνδυλοι της πατάτας στην μεταχείριση της ακαλλιέργειας είχαν προσλάβει 5,7 kg, 1,1 kg και 4,1 kg στρ⁻¹ περισσότερο N, P και K αντίστοιχα σε σχέση με την συμβατική κατεργασία.

Οι Harman *et al.* (1989) αναφέρουν ότι σε ένα διετές πείραμα με αμειψισπορά κριθαριού – βαμβακιού διαπιστώθηκε ότι η απόδοση του μη αρδευόμενου βαμβακιού, όταν εφαρμόζεται ακαλλιέργεια, ήταν διαρκώς μεγαλύτερη από αυτή στη συμβατική κατεργασία. Κατά μέσο όρο, το βαμβάκι απέδιδε 41% περισσότερο στην ακαλλιέργεια σε σχέση με τη συμβατική μέθοδο. Η αυξημένη αυτή απόδοση οφείλονταν σε μια αύξηση των αποθεμάτων νερού κατά 45 mm. Σύμφωνα με τους Weise *et al.* (1994) η απόδοση, σε ίνα, του μη-αρδευόμενου βαμβακιού υπέρβαινε τα 50 kg στρ⁻¹ στην μηδενική κατεργασία ενώ στη συμβατική κατεργασία με δισκάρτρο ήταν μικρότερη από 40 kg στρ⁻¹. Ενώ στην συμβατική κατεργασία η περιορισμένη εδαφική υγρασία προκάλεσε μείωση του μήκους της ίνας του βαμβακιού, στην μηδενική κατεργασία δεν σημειώθηκε έλλειψη νερού με αποτέλεσμα η ίνα να παρουσιάσει καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Ο Sheikh El Abdel Gadir El-Awad (2000)

δοκίμασε την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας (όργωμα με δισκάρωτρο, κατεργασία με καλλιεργητή και δημιουργία αναχωμάτων) σε συνδυασμό με διαφορετικά διαστήματα άρδευσης στην καλλιέργεια του βαμβακιού διαπιστώνοντας ότι δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην απόδοση του βαμβακιού για τα συστήματα κατεργασίας παρά μόνο για τα διαστήματα άρδευσης. Επιπλέον δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μεταχειρίσεων κατεργασίας και άρδευσης. Σε ένα άλλο πείραμα, οι Blaise and Ravindram (2003) διαπίστωσαν ότι η απόδοση του βαμβακιού, σε μια μέθοδο μειωμένης κατεργασίας, όταν κατά την διάρκεια της βλαστικής περιόδου πραγματοποιούνταν ένα με δύο μηχανικά σκαλίσματα για την καταπολέμηση των ζιζανίων, ήταν σημαντικά υψηλότερη από την απόδοση στην συμβατική κατεργασία. Αντίθετα όταν δεν πραγματοποιούνταν σκαλίσματα η απόδοση του βαμβακιού στην μειωμένη κατεργασία ήταν μικρότερη διότι υπήρχε έντονος ανταγωνισμός από τα ζιζάνια. Στο πείραμα αυτό η συμβατική κατεργασία περιελάμβανε πέρασμα με δισκοσβάρνα μετά την συγκομιδή, όργωμα σε βάθος 20 cm και δύο περάσματα με καλλιεργητή προετοιμασίας. Επίσης περιελάμβανε την πραγματοποίηση 5-6 μηχανικών σκαλισμάτων μεταξύ των γραμμών για την καταπολέμηση των ζιζανίων. Η μειωμένη κατεργασία περιελάμβανε την προσπαρτική εφαρμογή *phenmedipham* στην δόση των 0,1 kg δ.ο. /στρ ακολουθούμενη από ένα πέρασμα με δισκοσβάρνα και την πραγματοποίηση ένα με δύο μηχανικών σκαλισμάτων μεταξύ των γραμμών κατά την διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε μια περιοχή της Ινδίας με υψηλή ετήσια βροχόπτωση (περίπου 1050 mm) η οποία ως επί το πλείστον συμβαίνει κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Σε ένα άλλο πείραμα με βαμβάκι, οι Govindasamy *et al.* (1994) δεν διαπίστωσαν διαφορές στην απόδοση μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας, της μηδενικής κατεργασίας και της καλλιέργειας σε αναχώματα. Για την Ελλάδα, οι Μπιλάλης και λοιποί (2000) αναφέρουν ότι η απόδοση του αρδευόμενου βαμβακιού ήταν πολύ καλύτερη κατά την εφαρμογή ακαλλιέργειας εξαιτίας του καλύτερου εφοδιασμού των φυτών με νερό και θρεπτικά συστατικά. Επίσης οι Mygdakos *et al.* (2000) πραγματοποίησαν ένα τριετές πείραμα στην περιοχή της Καρδίτσας μη διαπιστώνοντας στατιστικώς σημαντικές διαφορές όσο αναφορά την απόδοση του βαμβακιού μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας, μιας μεθόδου μειωμένης κατεργασίας η οποία περιελάμβανε όργωμα και της ακαλλιέργειας.

Οι Cantero-Martinez *et al.* (1995) διαπίστωσαν ότι σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, η απόδοση του σιταριού ήταν υψηλότερη κατά 80 kg στρ⁻¹ για την μέθοδο της ακαλλιέργειας και κατά 60 kg στρ⁻¹ για μια μέθοδο μειωμένης κατεργασίας με εδαφοσχίστη σε ξηρές χρονιές όπου η μέση απόδοση ήταν μικρότερη από 370 kg στρ⁻¹. Σε χρονιές ωστόσο με επαρκή βροχόπτωση, όπου η μέση απόδοση ήταν υψηλότερη από 370 kg στρ⁻¹ η συμβατική κατεργασία έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα. Ομοίως, οι Arshad, *et al.* (1999) αναφέρουν ότι σε χρονιές με περιορισμένες βροχοπτώσεις η απόδοση του κριθαριού ήταν σταθερά υψηλότερη στην μέθοδο της ακαλλιέργειας σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Ο Borresen (1999) στην Νορβηγία δοκίμασε την εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων κατεργασίας (φθινοπωρινή και ανοιξιάτικη κατεργασία με δισκοσβάρνα, και απ' ευθείας σπορά με δύο τύπους σπαρτικών) σε συνδυασμό με διαφορετικές μεθόδους διαχείρισης των φυτικών υπολειμμάτων (κοπή από την αλωνιστική και διασπορά στην επιφάνεια του εδάφους, κάψιμο, απομάκρυνση, ενσωμάτωση σε δύο βάθη, και προσθήκη διπλής ποσότητας) διαπιστώνοντας ότι, σε ξηρές χρονιές, η απόδοση του κριθαριού, της βρώμης και του σιταριού ήταν υψηλότερες στις μεθόδους όπου τα φυτικά υπολείμματα αφήνονταν στην επιφάνεια του εδάφους. Το αντίθετο ωστόσο διαπιστώθηκε για τις χρονιές με επαρκή βροχόπτωση. Τα καλύτερα αποτελέσματα έδωσε η μέθοδος του φθινοπωρινού οργώματος.

Οι Moreno *et al.* (1997) εγκατέστησαν ένα τριετές πείραμα στο οποίο μελέτησαν την επίδραση δύο μεθόδων κατεργασίας (συμβατική κατεργασία με όργωμα και μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή στην αρχή της περιόδου και κατεργασία μόνο με

δισκοσβάρνα για τα επόμενα έτη) στις ιδιότητες του εδάφους καθώς και στην απόδοση μη αρδευόμενων καλλιεργειών ηλιάνθου και σιταριού. Κατά το πρώτο έτος η ανάπτυξη του ηλιάνθου ήταν καλύτερη στην μειωμένη κατεργασία αλλά η απόδοση ελαφρώς μικρότερη από την συμβατική κατεργασία (214 και 246 kg στρ⁻¹ αντίστοιχα). Στο τρίτο έτος όμως η ανάπτυξη της φυτείας ήταν πολύ καλύτερη στην μειωμένη κατεργασία οδηγώντας τελικά σε μια υπερβολικά υψηλότερη απόδοση (152 kg στρ⁻¹ για την μειωμένη κατεργασία έναντι 47,3 kg στρ⁻¹ για την συμβατική). Η τελευταία χρονιά χαρακτηρίζονταν από περιορισμένες βροχοπτώσεις με αποτέλεσμα μια γενική μείωση των αποδόσεων. Η υψηλότερη απόδοση στην μειωμένη κατεργασία αποδόθηκε στην αποτελεσματικότερη αξιοποίηση του νερού κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ενώ στην συμβατική κατεργασία τα φυτά παρουσίασαν έντονη βλαστική ανάπτυξη από την αρχή εξαντλώντας τα εδαφικά αποθέματα νερού μέχρι την κρίσιμη περίοδο του γεμίσματος των σπόρων, στην μειωμένη κατεργασία η χρήση του νερού στην αρχή της περιόδου ήταν περιορισμένη αφήνοντας σημαντικά αποθέματα για το τέλος της περιόδου. Για την καλλιέργεια του καλαμποκιού, οι Gill *et al.* (1996) προτείνουν όταν εφαρμόζεται βαθιά κατεργασία την προϋμότερη σπορά με σκοπό να αποφευχθούν έντονες συνθήκες εξατμισιοδιαπνοής στην αρχή της περιόδου που μπορούν να οδηγήσουν την καλλιέργεια σε συμπτώματα έλλειψης νερού με αρνητικές συνέπειες για την παραγωγή.

Ένα κρίσιμο σημείο για την επιτυχία των μεθόδων μειωμένης κατεργασίας είναι ο αποτελεσματικός έλεγχος των ζιζανίων. Οι Denton and Tyler (1997) αναφέρουν ότι όταν σε συστήματα ακαλλιέργειας, η ζιζανιοκτονία είναι επιτυχής, η απόδοση του αρδευόμενου βαμβακιού τόσο σε σύσπορο όσο και σε ίνα είναι παρόμοια με αυτή της συμβατικής κατεργασίας. Οι Miller and Dexter (1983) συγκρίνοντας τη συμβατική με την μηδενική κατεργασία σε ένα οκταετές πείραμα αναφέρουν ότι η απόδοση των ζαχαροτεύτλων με μηδενική κατεργασία του εδάφους ήταν ελαφρώς υψηλότερη σε σχέση με την απόδοση στη συμβατική κατεργασία, με την προϋπόθεση ότι δεν υπήρχε ανταγωνισμός από ζιζάνια. Οι συγκομιζόμενες ρίζες των τεύτλων στην μηδενική κατεργασία παρουσίαζαν περισσότερες διακλαδώσεις αλλά λιγότερες προσμίξεις εδάφους. Αντίθετα, σε ένα πείραμα με μεθόδους μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας, οι Deibert *et al.* (1979) σημείωσαν μειωμένες αποδόσεις των ζαχαροτεύτλων σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία του εδάφους. Η μειωμένη απόδοση αποδόθηκε σε αυξημένο ανταγωνισμό από ζιζάνια του γένους *Kochia* για τον έλεγχο των οποίων, η εφαρμογή μόνο χημικής ζιζανιοκτονίας αποδείχτηκε ανεπαρκής. Οι ρίζες των συγκομιζόμενων τεύτλων αν και δεν παρουσίασαν διαφορά στον σακχαρικό τίτλο παρουσίασαν λιγότερο Na, K και αμμωνιακό άζωτο. Οι μειωμένες αναλογίες από μη-ζάχαρα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του βαθμού απόδοσης σε κρυσταλλική ζάχαρη. Οι Koowenhoven *et al.* (2002) δοκίμασαν την εφαρμογή αβαθούς οργώματος (12-18 cm) σε καλλιέργειες σιταριού, πατάτας, ζαχαροτεύτλων και κρεμμυδιών. Για τα τεύτλα διαπίστωσαν μια μείωση της απόδοσης της τάξης του 9% σε σχέση με την συμβατική κατεργασία όπου το όργωμα γίνονταν σε βάθος 20-30 cm. Το κύριο πρόβλημα που αντιμετώπισαν με την μείωση του βάθους της κατεργασίας ήταν μια αύξηση των ζιζανίων και ιδίως των πολυετών.

Σε ένα πείραμα που διεξήχθη στην Νορβηγία, οι Ekeberg and Riley (1997) διερεύνησαν την δυνατότητα εφαρμογής μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας σε δέκα διαφορετικές καλλιέργειες (σιτηρά, πατάτα, ζαχαρότευτλα και είδη του γένους Brassica). Το πείραμα διεξήχθη σε ένα ελαφράς συστάσεως έδαφος, πλούσιο σε οργανική ουσία. Για να αποφευχθεί η συμπίεση του εδάφους χρησιμοποιήθηκε για τις καλλιεργητικές επεμβάσεις ένας γεωργικός ελκυστήρας που ζύγιζε λιγότερο από 3 τόνους. Η εφαρμογή αμειψισπορών βοήθησε στον αποτελεσματικό έλεγχο των ζιζανίων, τα οποία σε γενικές γραμμές δεν αποτελούσαν πρόβλημα για καμία από τις καλλιέργειες. Υπό τις παραπάνω ευνοϊκές προϋποθέσεις η απόδοση των καλλιεργειών, με εξαίρεση τα ζαχαρότευτλα, ήταν σημαντικά βελτιωμένη στην μειωμένη κατεργασία και την ακαλλιέργεια σε σχέση με την συμβατική

κατεργασία. Την καλύτερη προσαρμογή στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας παρουσίασαν οι καλλιέργειες του γένους *Brassica* καθώς και η καλλιέργεια της πατάτας. Το γεγονός αυτό συνδέθηκε με την μειωμένη προσβολή που διαπιστώθηκε για την περίπτωση της ακαλλιέργειας από τον μύκητα *Plasmodiophora brassicae* Wor. που πιθανώς να οφείλονταν σε ανταγωνισμό του μύκητα από άλλα ωφέλιμα παράσιτα. Για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων, η μειωμένη προσαρμοστικότητα στην μειωμένη κατεργασία και την ακαλλιέργεια αποδόθηκε στην ύπαρξη χαμηλότερων θερμοκρασιών του εδάφους για τις μεταχειρίσεις αυτές. Σε σχέση με τις υπόλοιπες καλλιέργειες τα ζαχαροτεύτλα ήταν η πλέον θερμοαπαιτητική ενώ η περιοχή που πραγματοποιήθηκε το πείραμα θεωρείται οριακή για την καλλιέργεια. Οι Printzas et al. (2002) σύγκριναν την απόδοση των ζαχαροτεύτλων για δυο συστήματα μειωμένης κατεργασίας (βαθιά κατεργασία με καλλιεργητή σε βάθος 30 cm και ρηχή κατεργασία με καλλιεργητή σε βάθος 10 cm) και ένα σύστημα ακαλλιέργειας, σε σχέση με την συμβατική κατεργασία (όργωμα σε βάθος 30 cm). Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες αγρών παραγωγών στην Γερμανία. Για τα επτά έτη που διήρκεσε το πείραμα δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην απόδοση και τον ζαχαρικό τίτλο μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας και των δύο μεθόδων μειωμένης κατεργασίας. Η απόδοση όμως στην ακαλλιέργεια ήταν στατιστικώς μικρότερη γεγονός που αποδόθηκε στο μειωμένο φύτρωμα που υπήρχε στις μεθόδους αυτές.

Τα οφέλη και τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν κατά τον περιορισμό της εντατικότητας της κατεργασίας του εδάφους εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό από τον τύπο του εδάφους και τις ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής. Σε τέσσερις περιοχές του Ohio των Ηνωμένων Πολιτειών, έχουν εγκατασταθεί πολυετή πειράματα με σκοπό να διαπιστωθούν οι μακροχρόνιες ευεργετικές επιπτώσεις στις ιδιότητες του εδάφους και στην απόδοση των καλλιεργειών, από την εφαρμογή συστημάτων ακαλλιέργειας (Dick et al., 1991). Μετά από 18 έτη συνεχούς εφαρμογής του συστήματος υπήρχε μια εμφανής μείωση της συμπίεσης σε εδάφη με καλή στράγγιση. Αντίθετα, σε εδάφη όπου η στράγγιση δεν ήταν καλή, η συμπίεση του εδάφους δεν έδειξε να μεταβάλλεται. Και στις δυο περιπτώσεις όμως υπήρχε μια αύξηση της οργανικής ουσίας στην ανώτερη επιφάνεια του εδάφους. Οι αποδόσεις καλλιεργειών καλαμποκιού και σόγιας δεν έδειξαν να βελτιώνονται στα κακώς στραγγιζόμενα εδάφη. Στα εδάφη με ικανοποιητική στράγγιση όμως, οι αποδόσεις ήταν σταθερά υψηλότερες στην περίπτωση της ακαλλιέργειας. Οι DeMaria et al. (1999) μετά από 11 συνεχή έτη εφαρμογής συμβατικής κατεργασίας, μειωμένης κατεργασίας με βαρύ καλλιεργητή και ακαλλιέργειας σε συστήματα αμειψισποράς σόγιας και καλαμποκιού δεν διαπίστωσαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην απόδοση μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Οι Karunatilake and Schindelbeck (2000) παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα από μια διετία δοκιμής της ακαλλιέργειας του εδάφους σε μια μη αρδευόμενη καλλιέργεια καλαμποκιού αναφέρουν ότι η απόδοση στην ακαλλιέργεια ήταν στατιστικώς σημαντικά μικρότερη από την απόδοση στην συμβατική κατεργασία μόνο για το ένα από τα δύο έτη πειραματισμού. Κατά την μεγαλύτερη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, τα φυτά στην ακαλλιέργεια παρουσίαζαν καλύτερη βλαστική ανάπτυξη και οι διαφορές αμβλύθηκαν μόνο προς το τέλος της περιόδου. Ομοίως οι Λιθουργίδης και Τσατσαρέλης (2003) διαπίστωσαν ότι η απόδοση του αρδευόμενου επίσπορου καλαμποκιού κατά την απ' ευθείας σπορά, ήταν μειωμένη σε σχέση με την συμβατική κατεργασία μόνο για το ένα από τα δύο έτη πειραματισμού. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στο μειωμένο φύτρωμα για την πρώτη περίπτωση. Σε ένα 15ετές πείραμα με ξηρική καλλιέργεια καλαμποκιού οι Linden et al. (2000) σύγκριναν ένα σύστημα μειωμένης κατεργασίας με χρήση καλλιεργητή και ένα ακαλλιέργειας με την συμβατική κατεργασία η οποία περιελάμβανε όργωμα. Για τα πρώτα πέντε έτη από την εφαρμογή των συστημάτων δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην απόδοση του καλαμποκιού. Μετά το πέμπτο έτος ωστόσο στην ακαλλιέργεια άρχισε να εμφανίζεται μια σταδιακή μείωση των αποδόσεων. Την υψηλότερη απόδοση

παρουσίαζε η συμβατική κατεργασία ενώ η μέθοδος του καλλιεργητή κυμαίνονταν ενδιάμεσα.

Οι Hajabbasi and Hemmat (2000) διεξήγαγαν ένα πείραμα στο οποίο δοκίμασαν επτά διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας για την εγκατάσταση μιας καλλιέργειας σιταριού. Στα τέσσερα έτη που διήρκησε η έρευνα διαπιστώθηκε μια σημαντική μείωση της απόδοσης του σιταριού για τις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας. Η μέση απόδοση στην συμβατική κατεργασία ήταν 726 kg στρ⁻¹ ενώ για τις μεθόδους που δεν περιλάμβαναν αναστροφή του εδάφους 681 kg στρ⁻¹. Η μείωση των αποδόσεων ήταν η υψηλότερη για την μέθοδο της ακαλλιέργειας (473 kg στρ⁻¹) παρόλο που το έδαφος στην μέθοδο αυτή παρουσίασε βελτίωση της δομικής του σταθερότητας (υψηλότερη οργανική ουσία και μεγαλύτερη σταθμισμένη κατά μέσο βάρος διάμετρο των συσσωματωμάτων). Η βαριά σύσταση του εδάφους καθώς και η μικρή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (0,84% στην συμβατική κατεργασία και 1,07% στην ακαλλιέργεια) δεν επέτρεψαν να αναδυθούν τα επιθυμητά οφέλη από την εφαρμογή της μειωμένης κατεργασίας. Σε ένα άλλο πείραμα με κριθάρι οι Lopez and Argue (1997) διαπίστωσαν για την περίπτωση της ακαλλιέργειας μια μείωση της απόδοσης μέχρι και 53% σε σχέση με την συμβατική κατεργασία εξαιτίας της αύξησης της συμπίεσης σε ιλυώδη και ιλο-αργιλώδη εδάφη. Αντίθετα, σε ένα εξαιρέτως πείραμα που πραγματοποίησαν οι Carter et al. (2002) σε ένα ιλο-αμμώδες έδαφος, πλούσιο σε οργανική ουσία (15,2-17,1 mg C cm⁻³) δεν διαπιστώθηκαν διαφορές στις αποδόσεις του καλαμποκιού και του κριθαριού μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας και της ακαλλιέργειας. Στο πείραμα αυτό παρόλο που η αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση ήταν υψηλότερη στην μέθοδο της ακαλλιέργειας, σημειώθηκε μια σταδιακή ελάττωση των τιμών με την πάροδο των ετών γεγονός που αποδόθηκε στην βελτίωση της δομής του εδάφους. Οι Loveland and Webb (2003) αναφέρουν ότι η δομή του εδάφους μπορεί να βελτιωθεί μόνον όταν ο οργανικός άνθρακας υπερβαίνει το 2%.

Οι Porterfield and Davidson (1974) αναφέρουν ότι όσο αυξάνεται η εντατικότητα της κατεργασίας, ιδίως με επεμβάσεις λίγο πριν και με σκαλίσματα μετά τη σπορά, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση του βαμβακιού. Οι Gemtos et al. (2002) διεξήγαγαν ένα πείραμα με βαμβάκι στην περιοχή του Βελεστίνου διαπιστώνοντας ότι η μειωμένη κατεργασία του εδάφους, προκαλούσε πρωίμιση αλλά και μείωση της παραγωγής του σύσπορου βαμβακιού. Η μειωμένη απόδοση οφείλονταν στο γεγονός ότι τα καρύδια στις μεθόδους αυτές, παρουσίαζαν φτωχότερη θρέψη και μικρότερο μέσο βάρος σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία. Παρόλα αυτά ωστόσο, η χρήση περιστροφικού καλλιεργητή για την προετοιμασία της σποροκλίνης με ένα μόνο πέρασμα έδινε αρκετά καλά αποτελέσματα, (μειωμένη απόδοση κατά 7,2% σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία) γεγονός που ίσως καθιστά το μηχάνημα αυτό ιδιαίτερα χρήσιμο σε χρονιές όπου υπάρχει πίεση χρόνου για έγκαιρη εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών. Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα που βρήκαν οι Keisling et al. (1993) οι οποίοι διαπίστωσαν ότι η μειωμένη απόδοση του βαμβακιού στην μηδενική κατεργασία οφείλονταν σε μειωμένη θρέψη των καρυδιών (μέσο βάρος 17% μικρότερο σε σχέση με αυτών της συμβατικής κατεργασίας).

Οι Singh et al. (2000) εκτιμούν ότι για το βαμβάκι που καλλιεργείται στην Ινδία υπάρχουν ακόμη περιθώρια για αύξηση των αποδόσεων μέσω της προσθήκης επιπλέον ενέργειας στην παραγωγική διαδικασία. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις τους, οι περισσότεροι παραγωγοί χρησιμοποιούν λιγότερη ενέργεια από αυτή που θα έπρεπε να χρησιμοποιούν για να βελτιστοποιήσουν την παραγωγή. Αυξάνοντας τις εισροές της ενέργειας κατά 0,3% κυρίως στους τομείς της κατεργασίας του εδάφους, της άρδευσης και της ζιζανιοκτονίας είναι δυνατόν να προκύψει μια αύξηση της παραγωγής κατά 2,5%.

Από τα μέχρι σήμερα πειραματικά δεδομένα, φαίνεται ότι τα συστήματα αειφορικής γεωργίας δύνανται να εφαρμοστούν σε ένα ευρύ φάσμα εδαφών, από τα πιο ελαφρά αμμώδη και καλά στραγγιζόμενα εδάφη μέχρι και τα πιο βαριά αργιλώδη και με περιορισμένη στράγγιση εδάφη, προσφέροντας σημαντικά οφέλη για κάθε περίπτωση.

Στα αμμώδη εδάφη, η διατήρηση των φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια, έχει ως κύρια οφέλη τον περιορισμό της εξάτμισης και συνεπώς την εξοικονόμηση εδαφικής υγρασίας, την αύξηση της οργανικής ουσίας με συνέπεια την βελτίωση της σταθερότητας και την μείωση της συμπίεσης ενώ επιπλέον, το έδαφος προστατεύεται από τη διάβρωση.

Στα αργιλώδη εδάφη αντίθετα, το σημαντικότερο ίσως πρόβλημα είναι η συμπίεση (Arvidsson and Hakansson, 1996). Και εδώ ωστόσο, η εφαρμογή μεθόδων ακαλλιέργειας μπορεί να αποδειχθεί επωφελής καθώς με τον περιορισμό των καλλιεργητικών επεμβάσεων, υπάρχει σταδιακή μείωση της συμπίεσης ενώ τα κανάλια που δημιουργούνται από την δράση των μικροοργανισμών, βελτιώνουν την στράγγιση. Ο Rasmussen (1999) αναφέρει ότι η εφαρμογή συστημάτων μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας στις Σκανδιναβικές χώρες δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα σε βαριά αργιλώδη εδάφη τα οποία είναι δύσκολο να υποστούν κατεργασία εξαιτίας της αυξημένης συγκράτησης της υγρασίας.

Οι Hatfield and Karlen (1989) αναφέρουν ότι τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της ακαλλιέργειας μεγιστοποιούνται σε μέσης συστάσεως, πηλώδη εδάφη, όπου η συμπίεση, η διάβρωση και ο σχηματισμός εδαφικής κρούστας αποτελούν συνήθη προβλήματα. Με τη διατήρηση των φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια αυτών των εδαφών, η διάβρωση μπορεί να μειωθεί μέχρι και 90% ενώ παράλληλα με την έλλειψη ψιλοχωματισμού της επιφάνειας, αποτρέπεται ο σχηματισμός της κρούστας.

Τέλος, κατά την εφαρμογή συστημάτων ακαλλιέργειας σε οργανικά εδάφη, περιορίζεται σημαντικά η διαβρωτική δράση της βροχής και του ανέμου, αλλά το φύτρωμα των φυτών μπορεί να καθυστερήσει καθώς τα εδάφη αυτά συνήθως διατηρούν ένα μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας το οποίο δεν επιτρέπει την ταχεία θέρμανσή τους νωρίς την άνοιξη. Επιπλέον, η αυξημένη οργανική ουσία του εδάφους, δεσμεύει μέρος των εφαρμοζόμενων ζιζανιοκτόνων, με αποτέλεσμα να απαιτούνται υψηλότερες δόσεις.

1.7. Κοινωνική αποδοχή των μεθόδων αειφορικής διαχείρισης του εδάφους

Παρά τα σημαντικά οφέλη και τον περιορισμό του κόστους παραγωγής η αποδοχή των μεθόδων μειωμένης κατεργασίας από τους παραγωγούς δεν είναι εύκολη και αυξάνεται με ιδιαίτερα βραδείς ρυθμούς. Σε μια σχετική έρευνα ο Uri (1998b) διαπίστωσε μια συσχέτιση μεταξύ της πραγματικής αξίας του πετρελαίου και της χρήσης μεθόδων μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας στις Η.Π.Α για την περίοδο 1963-1997. Στην μελέτη αυτή διαπιστώθηκε ότι ενώ η πραγματική αξία του πετρελαίου δεν επηρέαζε τον ρυθμό της υιοθέτησης μεθόδων αειφορικής διαχείρισης του εδάφους από καινούργιους παραγωγούς επηρέαζε την έκταση της εφαρμογής τους από τους παραγωγούς που ήδη τις χρησιμοποιούσαν.

Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα που αφορά την υιοθέτηση μεθόδων μειωμένης κατεργασίας από τους παραγωγούς είναι η έλλειψη επαρκούς πληροφόρησης από πλευράς της πολιτείας σχετικά με τα οφέλη και τις προοπτικές που αναδεικνύονται. Επιπλέον απαιτείται εκπαίδευση και ενημέρωση των αγροτών σχετικά με τις ιδιαίτερες συνθήκες που αφορούν την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας. Ο Uri (1998a) διακρίνει δύο ομάδες παραγωγών για τις οποίες θα πρέπει να υπάρξει από την πλευρά της πολιτείας διαφορετική προσέγγιση ώστε να τους δοθεί ώθηση να προχωρήσουν στην εφαρμογή μεθόδων αειφορικής γεωργίας για την διατήρηση του εδάφους. Η πρώτη αποτελείται από παραγωγούς οι οποίοι μπορούν να έχουν άμεσα οικονομικά οφέλη από την εφαρμογή των μεθόδων εξαιτίας της μείωσης του κόστους παραγωγής σε συνδυασμό με μια βελτίωση ή μη μεταβολή στις αποδόσεις των καλλιεργειών. Οι παραγωγοί αυτοί συνήθως διαθέτουν αγροτικές εκτάσεις σε επικλινείς περιοχές οι οποίες αντιμετωπίζουν έντονα προβλήματα από την διάβρωση. Σε αυτή την ομάδα θα πρέπει να παρασχεθεί ενημέρωση σχετικά με τις δυνατότητες που προκύπτουν καθώς επίσης εκπαίδευση και τεχνική υποστήριξη τόσο από την πλευρά της πολιτείας όσο και από ευρύτερους φορείς του ιδιωτικού τομέα (εταιρίες γεωργικών φαρμάκων, εταιρίες γεωργικών μηχανημάτων κ.λ.π.). Η δεύτερη ομάδα αποτελείται από παραγωγούς οι οποίοι συνήθως δεν έχουν άμεσα οικονομικά οφέλη από την εφαρμογή μεθόδων αειφορικής γεωργίας, διαθέτουν ωστόσο γεωργικές εκτάσεις στις οποίες αν εγκαταλείπονταν η συμβατική κατεργασία θα μπορούσαν να προκύψουν σημαντικά περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη. Στην ομάδα αυτή θα πρέπει να δοθούν οικονομικά κίνητρα με την μορφή επιδοτήσεων τα οποία θα ενθαρρύνουν την υιοθέτηση μεθόδων αειφορικής γεωργίας και θα περιορίσουν τυχόν κινδύνους από τη μείωση του εισοδήματος εξαιτίας της μειωμένης παραγωγής. Ο Uri (1998a) ανέπτυξε ένα πρότυπο πρόβλεψης της πιθανότητας για κάποιο παραγωγό στις Η.Π.Α. να υιοθετήσει συστήματα μειωμένης κατεργασίας και διαπίστωσε ότι οι αγροτικές επιχειρήσεις που είχαν την μεγαλύτερη πιθανότητα να υιοθετήσουν συστήματα αειφορικής γεωργίας ήταν αυτές που διέθεταν καλλιεργούμενες εκτάσεις σε περιοχές με αυξημένη κλίση και αυξημένες βροχοπτώσεις. Στις επιχειρήσεις αυτές γινόταν εντατική χρήση της ενέργειας, των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων. Ο Stonehouse (1997), διακρίνει τέσσερις βασικούς παράγοντες οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν την κρίση των παραγωγών: **α) κοινωνικοί παράγοντες** οι οποίοι σχετίζονται με την φιλοσοφία, την στάση τις επιδιώξεις την προσωπική παρότρυνση και άλλα προσωπικά χαρακτηριστικά των παραγωγών καθώς επίσης με κοινωνικές επιρροές, επιρροές από γεωργικούς συνεταιρισμούς και από γείτονες παραγωγούς, **β) οικονομικοί παράγοντες** οι οποίοι επικεντρώνονται στην μεταβολή της καθαρής προσόδου και τους οικονομικούς

κινδύνους από την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας γ) *θεσμικοί παράγοντες* οι οποίοι περιλαμβάνουν την αγροτική πολιτική, την εφαρμογή αναπτυξιακών προγραμμάτων, την παροχή εκπαίδευσης και τεχνικής υποστήριξης και δ) *τεχνικοί παράγοντες* οι οποίοι σχετίζονται με την αναγνώριση της ανάγκης για εφαρμογή μεθόδων αειφορικής γεωργίας ως συνέπεια υφιστάμενων ζημιών κατά το παρελθόν και της διαπίστωσης της ευαισθησίας των φυσικών πόρων.

Ακόμη όμως και οι παραγωγοί που έχουν αποδεχτεί και εφαρμόζουν κάποια μορφή μειωμένης κατεργασίας πολλές φορές δεν γνωρίζουν τι πραγματικά εφαρμόζουν. Ο Uri (2000) αναφέρει για τις Η.Π.Α. ότι από τους παραγωγούς που καλλιεργούν καλαμπόκι, το 18% πιστεύει ότι εφαρμόζει ακαλλιέργεια ενώ από σχετική έρευνα διαπιστώθηκε ότι μόλις το 12% εφάρμοξε την μέθοδο και οι υπόλοιποι χρησιμοποιούσαν κάποια άλλη μορφή μειωμένης κατεργασίας.

Στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν υπάρχει ακόμη μια σαφή πολιτική που να εστιάζει στην αειφορική διαχείριση του εδάφους. Έχει αναγνωριστεί ωστόσο ότι το έδαφος αποτελεί έναν μη ανανεώσιμο φυσικό πόρο του οποίου η διατήρηση είναι απαραίτητη για την διασφάλιση της αγροτικής παραγωγής στο μέλλον. Στα πλαίσια της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής και με στόχο την στήριξη των δράσεων για την αειφορική διαχείριση του εδάφους η Ε.Ε. έχει εκδώσει σχετική οδηγία (AGENDA 2000) στην οποία υπογραμμίζεται η αναγκαιότητα για την ανάπτυξη τοπικών πρωτοβουλιών με σκοπό την ενίσχυση των δράσεων που έχουν ως στόχο την προστασία του εδάφους και γενικότερα του περιβάλλοντος. Στα πλαίσια αυτής της πολιτικής περιλαμβάνεται ο Κώδικας Καλής Γεωργικής Πρακτικής (Good Farming Practice) ο οποίος δίνει ιδιαίτερη έμφαση στη διατήρηση του εδάφους. Ο κώδικας αυτός αναμένεται να αποτελέσει τον πυρήνα γύρω από τον οποίο οι εθνικές κυβερνήσεις θα πρέπει να θεσμοθετήσουν αγροτικές πολιτικές οι οποίες θα δίνουν κίνητρα στους αγρότες για την υιοθέτηση των κατάλληλων γεωργικών πρακτικών ανάλογα με τα ιδιαίτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η κάθε περιοχή. Στα κίνητρα αυτά θα πρέπει να περιλαμβάνεται η παροχή επιδοτήσεων σε περιοχές όπου είναι επιτακτική η λήψη αγρο-περιβαλλοντικών μέτρων για τον περιορισμό της διάβρωσης και της συμπίεσης των εδαφών, την αποτροπή της αλάτωσης των εδαφών, τον περιορισμό της ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, την διατήρηση της βιοποικιλότητας κ.α.. Στα προτεινόμενα μέτρα περιλαμβάνεται η υιοθέτηση πρακτικών όπως η εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας, η χρησιμοποίηση καλλιεργειών κάλυψης η χρήση αμειψισπορών και ο περιορισμός της χρήσης των ανόργανων λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων. Παράλληλα η πολιτεία θα πρέπει να θέσει πρόστιμα και ποινές όπως η περικοπή των επιδοτήσεων στα γεωργικά προϊόντα, όταν διαπιστώνεται ότι δεν γίνεται ορθή εφαρμογή των μέτρων.

Παράλληλα με την προώθηση των θεσμών για την προστασία και την διατήρηση του εδάφους η Ε.Ε. ενισχύει την έρευνα μέσα από μια σειρά από προγράμματα με στόχο την διάγνωση των ιδιαίτερων προβλημάτων των διάφορων περιοχών, την καταγραφή της έκτασης τους και την διερεύνηση της δυνατότητας εφαρμογής συγκεκριμένων λύσεων.

Στο 5^ο Κοινοτικό Πλαίσιο Έρευνας περιλαμβάνονται οι ενότητες “*Περιβαλλοντική και Αειφόρος Ανάπτυξη*” και “*Ποιότητα Ζωής*” που προβλέπουν την χρηματοδότηση ερευνητικών προγραμμάτων τα οποία αφορούν την διατήρηση του εδάφους. Επίσης στην ενότητα “*Αειφορική διαχείριση των υδάτινων πόρων και ποιότητα νερού*” προβλέπεται η ενίσχυση της διερεύνησης των επιπτώσεων των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης και της γεωργίας, στην διαθεσιμότητα και την ποιότητα του νερού. Τέλος, στην ενότητα “*Παγκόσμιες μεταβολές, Κλίμα και Βιοποικιλότητα*” προωθείται η μελέτη των ευπαθών οικοσυστημάτων στα οποία το έδαφος κατέχει πρωταρχικό ρόλο.

1. 8. Ανακεφαλαίωση και περιγραφή των στόχων του πειράματος

Από την ανάλυση της βιβλιογραφίας που παρατέθηκε προκύπτει ότι η κατεργασία του εδάφους αποτέλεσε έναν βασικό παράγοντα ο οποίος οδήγησε σε μια σημαντική βελτίωση της γεωργικής παραγωγής. Με την κατεργασία του εδάφους επιτυγχάνεται διάτμηση, διάσπαση, αναμόρφωση, αναμόχλευση και ανακατανομή των εδαφικών συσσωματωμάτων. Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνονται σημαντικά οφέλη όπως η χαλάρωση της εδαφικής επιφάνειας, η αποτελεσματική διαχείριση των φυτικών υπολειμμάτων και η καταπολέμηση των ζιζανίων. Το γεγονός αυτό ενθάρρυνε την ανάπτυξη νέων εργαλείων κατεργασίας και παράλληλα την βελτίωση της λειτουργίας των υπαρχόντων. Με πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο εργαλείο το άροτρο, η γεωργία οδηγήθηκε σταδιακά σε μια μορφή διαχείρισης του εδάφους η οποία διακρίνονταν από πολλαπλές επεμβάσεις σε όλο και μεγαλύτερα βάθη. Το γεγονός αυτό όμως επέφερε μια σειρά από νέα προβλήματα τα οποία σχετίζονται με την σταδιακή υποβάθμιση της ποιότητας των εδαφών.

Με την χρήση όλο και μεγαλύτερων και βαρύτερων γεωργικών μηχανημάτων προκύπτει συμπίεση του εδάφους. Η συμπίεση αυτή πολλές φορές δεν μπορεί να επανορθωθεί καθώς επεκτείνεται και κάτω από το βάθος κατεργασίας σχηματίζοντας μια συμπακνωμένη ζώνη η οποία περιορίζει την ανάπτυξη των ριζών και την μετακίνηση του νερού. Ένα εξίσου σημαντικό πρόβλημα που προέκυψε είναι η διάβρωση των εδαφών. Με την εντατική κατεργασία των γεωργικών εκτάσεων που βρίσκονται σε επικλινείς περιοχές το έδαφος παραμένει γυμνό από φυτοκάλυψη και ουσιαστικά απροστάτευτο στις δυσμενείς επιδράσεις έντονων καιρικών φαινομένων όπως η δυνατή βροχή και ο άνεμος. Τα φαινόμενα αυτά προκαλούν την μετακίνηση εδάφους από τα υψηλότερα σημεία στα χαμηλότερα με αποτέλεσμα την απώλεια τεράστιων ποσοτήτων γόνιμης γης και θρεπτικών στοιχείων. Άλλα σημαντικά προβλήματα που προκύπτουν με την εντατική κατεργασία είναι ο σχηματισμός σκληρού εδαφικού ορίζοντα όταν πραγματοποιείται όργωμα διαρκώς στο ίδιο βάθος, η εμφάνιση εδαφικής κρούστας κατά την περίοδο του φυτρώματος σε γυμνά και ιδιαίτερα ψιλοχωματισμένα εδάφη και η μείωση της γονιμότητας ως αποτέλεσμα της διάσπασης της οργανικής ουσίας του εδάφους.

Τα πιο πάνω προβλήματα οδηγούν σε μια σταδιακή μείωση της παραγωγικότητας των καλλιεργούμενων εκτάσεων με συνέπεια την συρρίκνωση του αγροτικού εισοδήματος. Οι αγρότες στην προσπάθειά τους να υπερκαλύψουν την μείωση της παραγωγής προβαίνουν στην αυξημένη χρήση χημικών λιπασμάτων τα οποία όμως δημιουργούν σοβαρό πρόβλημα ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

Ως μια λύση μεταξύ άλλων (αμειψισπορά, καλλιεργείες φυτοκάλυψης κ.α.) για την αντιμετώπιση των ανωτέρω προβλημάτων προτείνεται και η εφαρμογή εναλλακτικών μεθόδων για την κατεργασία του εδάφους. Κοινό χαρακτηριστικό των μεθόδων αυτών είναι ο περιορισμός της εντατικότητας των επεμβάσεων και η διατήρηση φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους. Με τον τρόπο αυτό περιορίζονται οι αρνητικές επιδράσεις της διάβρωσης και γενικότερα η υποβάθμιση της δομής του εδάφους. Παράλληλα προκύπτουν σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη όπως η διατήρηση του εδάφους και του νερού και η ενσωμάτωση του CO₂ της ατμόσφαιρας στο έδαφος.

Πέρα από την αειφορική χρήση του εδάφους, με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας είναι δυνατόν να προκύψει και σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Επιπλέον, περιορίζεται η καταπόνηση και η φθορά του μηχανολογικού εξοπλισμού. Για τον λόγο αυτό οι μέθοδοι μειωμένης κατεργασίας χαρακτηρίζονται και ως μέθοδοι μειωμένων εισροών.

Μεγάλη παραλλακτικότητα ωστόσο παρουσιάζουν τα αποτελέσματα από τις έρευνες που αφορούν την επίδραση που έχει στην απόδοση των καλλιεργειών ο περιορισμός της εντατικότητας της κατεργασίας του εδάφους. Άλλες έρευνες αναφέρουν μείωση της παραγωγής, άλλες ότι η απόδοση δεν επηρεάζεται ενώ άλλες διαπιστώνουν ακόμη και βελτίωση της απόδοσης. Το γεγονός αυτό σχετίζεται με την επίδραση και την αλληλεπίδραση εξωτερικών παραγόντων με τους υπό μελέτη παράγοντες. Τέτοιοι εξωτερικοί παράγοντες είναι για παράδειγμα το κλίμα, το έδαφος και οι ιδιαίτερες συνθήκες μιας περιοχής οι οποίες είναι δυνατόν να μεταβάλουν τα πορίσματα της έρευνας.

Για την Ελλάδα τα πειραματικά στοιχεία από την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους είναι περιορισμένα. Μια προσπάθεια έγινε από τον Δουνδουλακάκη (1992) για την σπορά ζαχαροτεύτλων υπό σιτοκάλυψη στην περιοχή του Έβρου. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια προώιμηση και βελτίωση του φυτρώματος. Κατά την διάρκεια δύο ετών πειραματισμού με καλλιέργεια επίσπορου καλαμποκιού οι Λιθουργίδης και Τσατσαρέλης (2003) διαπίστωσαν μειωμένο φύτρωμα για την απ' ευθείας σπορά σε σχέση με την συμβατική κατεργασία και σπορά. Ως προς την απόδοση της καλλιέργειας διαπιστώθηκε μειωμένη απόδοση για την απ' ευθείας σπορά κατά το πρώτο έτος και μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές για το δεύτερο. Οι Gemtos et al. (1998) επιχείρησαν την απ' ευθείας σπορά σιταριού μετά από βαμβακοκαλλιέργεια με επιτυχή αποτελέσματα. Σε ένα άλλο πείραμα ο Μπιλάλης, και άλλοι (2000) αναφέρουν αυξημένες αποδόσεις για το βαμβάκι κατά την εφαρμογή ακαλλιέργειας. Αντίθετα οι Gemtos et al. (2002) αναφέρουν μειωμένες αποδόσεις του βαμβακιού για την περίπτωση της ακαλλιέργειας και παρόμοιες αποδόσεις με την συμβατική μέθοδο για τις περιπτώσεις μειωμένης κατεργασίας με βαρύ και περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα. Για το βαμβάκι επίσης ο Paramichail (1998) μελέτησε τις επιπτώσεις από την εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων κατεργασίας στον πληθυσμό και την ανάπτυξη των ζιζανίων διαπιστώνοντας ότι με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας προέκυπτε μια σημαντική αύξηση των ζιζανίων.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, η διερεύνηση των προβλημάτων και των ωφελειών που προκύπτουν από την εφαρμογή μεθόδων μειωμένων εισροών, κατά τις επεμβάσεις κατεργασίας, για την εγκατάσταση βασικών για το χώρο της Ελληνικής γεωργίας αροτριάων καλλιεργειών είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα.

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης ήταν:

Η σύγκριση μεθόδων κατεργασίας του εδάφους σε συνδυασμό με την αμειψισπορά ανοιξιάτικων καλλιεργειών σε πραγματικές συνθήκες καλλιέργειας και η συγκέντρωση στοιχείων που θα βοηθήσουν τους παραγωγούς στην υιοθέτηση μεθόδων μειωμένης κατεργασίας, στα πλαίσια της διάδοσης συστημάτων αειφορικής γεωργίας.

Ειδικότερα, επιδιώχθηκε:

1. Η μελέτη αντιπροσωπευτικών μηχανημάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υποκαταστήσουν το άροτρο στην Ελληνική γεωργία
2. Η μελέτη των επιπτώσεων από την εφαρμογή μεθόδων κατεργασίας του εδάφους στην απόδοση των καλλιεργειών με μετρήσεις:
 - στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους.
 - στον πληθυσμό των ζιζανίων.
 - στο φύτρωμα και την εγκατάσταση των καλλιεργειών.
 - στην ανάπτυξη των καλλιεργειών
3. Η μελέτη της αλληλεπίδρασης των διαφορετικών αμειψισπορών με τις διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στον πληθυσμό των ζιζανίων, στην ανάπτυξη της φυτείας, τις ιδιότητες του εδάφους και στην αποδοτικότητα των καλλιεργειών.

4. Ο ποσοτικός προσδιορισμός της ενέργειας που καταναλώνεται για την κατεργασία του εδάφους με κάθε μέθοδο κατεργασίας καθώς και οι απαιτήσεις σε ισχύ από τα διάφορα μηχανήματα.
5. Η εκτίμηση των περιθωρίων εξοικονόμησης ενέργειας και η αξιολόγηση των μεθόδων κατεργασίας με βάση την κατάρτιση ενεργειακών ισοζυγίων λαμβάνοντας υπόψη τις συνολικές εισροές και εκροές ενέργειας σε κάθε σύστημα.

1. 9. Κριτήρια επιλογής των μεταχειρίσεων

1.9.1. Επιλογή μηχανημάτων και μεθόδων κατεργασίας

Κατά την επιλογή των μεθόδων κατεργασίας έγινε μια προσπάθεια για την μείωση της εντατικότητας της κατεργασίας από άποψη βάθους αναμόχλευσης του εδάφους και κατανάλωσης ενέργειας. Τα γεωργικά μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν στις διάφορες μεθόδους επιλέχθηκαν μεταξύ των διαθέσιμων μηχανημάτων του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με βασικό κριτήριο τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της λειτουργίας τους. Επιλέχθηκαν συνολικά τέσσερα διαφορετικά εργαλεία για την σύγκριση πέντε διαφορετικών μεθόδων κατεργασίας.

Ως βασικό μηχανήμα στην πρώτη μέθοδο κατεργασίας χρησιμοποιήθηκε το υνάρτρο. Το υνάρτρο είναι εργαλείο πρωτογενούς κατεργασίας το οποίο χαρακτηρίζεται από την αναστροφή που προκαλεί στο έδαφος. Το υνί του αρότρου όταν εργάζεται μέσα στο έδαφος δημιουργεί μια επιφάνεια διάτμησης αποκόπτοντας λωρίδες εδάφους. Οι λωρίδες κινούνται στην επιφάνεια του υνιού όπου αρχίζουν να δημιουργούνται επιφάνειες διάτμησης και στην συνέχεια προωθούνται κατά μήκος του αναστρεπτήρα όπου εξαιτίας της καμπυλότητάς του, δημιουργούνται νέες διατμητικές επιφάνειες. Στο κατώτερο τμήμα του αναστρεπτήρα, οι διατμητικές επιφάνειες είναι παράλληλες με αυτές που δημιουργήθηκαν από το υνί. Καθώς όμως το έδαφος μετατοπίζεται προς τα πίσω και προς τα πάνω, όπου η διεύθυνση της καμπυλότητας του αναστρεπτήρα αλλάζει, σχηματίζονται νέες επιφάνειες διάτμησης κάθετες στις αρχικές. Το θρυμματισμένο έδαφος, εκτινάσσεται και πέφτει ανεστραμμένο καλύπτοντας την αυλακιά που δημιούργησε το προηγούμενο σώμα του αρότρου. Με την αναστροφή του εδάφους εναποτίθενται στο βάθος της αυλακιάς τα φυτικά υπολείμματα και τα ζιζάνια που υπάρχουν στην επιφάνεια. Εξαιτίας του μεγάλου αριθμού των διατμητικών επιφανειών που σχηματίζονται, το πορώδες του εδάφους αυξάνει σημαντικά με συνέπεια να υπάρχει μια σημαντική αύξηση του εδαφικού όγκου η οποία παρατηρείται ως μια ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας του εδάφους (Τσατσαρέλης, 2000). Το βάθος της κατεργασίας με το υνάρτρο κυμαίνεται συνήθως στα 25 – 30 cm.

Από έρευνα που έγινε στον Θεσσαλικό χώρο (Γέμτος και λοιποί, 1998) διαπιστώθηκε ότι το 97% των γεωργικών εκμεταλλεύσεων διαθέτει τουλάχιστον ένα υνάρτρο. Εξάλλου είναι κοινώς γνωστό ότι το άροτρο χαρακτηρίζεται ως ο Βασιλιάς των μηχανημάτων κατεργασίας του εδάφους. Το γεγονός αυτό επιτρέπει τον χαρακτηρισμό της κατεργασίας με άροτρο ως μεθόδου συμβατικής κατεργασίας στον χώρο της Ελληνικής γεωργίας.

Η συμβατική κατεργασία ήταν η πλέον εντατική από άποψη κατανάλωσης ενέργειας και χρησιμοποιήθηκε ως στοιχείο βασικού ελέγχου και σύγκρισης (μάρτυρας) τεσσάρων εναλλακτικών μεθόδων κατεργασίας οι οποίες αντιπροσωπεύουν μια διαβάθμιση των ενεργειακών εισροών, από την ελαφρά μείωση όπως είναι η περίπτωση της υποκατάστασης του αρότρου με την χρήση βαρύ καλλιεργητή μέχρι την πλήρη κατάργηση της χρήσης ενέργειας για την κατεργασία του εδάφους όπως είναι η περίπτωση της εφαρμογής ακαλλιέργειας.

Ως βασικό μηχάνημα στην δεύτερη μέθοδο κατεργασίας του εδάφους χρησιμοποιήθηκε ο βαρύς καλλιεργητής. Αντίθετα με το άροτρο το οποίο πραγματοποιεί αναστροφή του εδάφους ο βαρύς καλλιεργητής πραγματοποιεί απλώς αναμόχλευση του εδάφους και επομένως διατηρεί μεγάλο ποσοστό των φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια ή ελαφρά ενσωματωμένο στα επιφανειακά στρώματα. Το γεγονός αυτό τους καθιστά, κατάλληλους για την εφαρμογή συστημάτων αειφορικής γεωργίας. Παράλληλα όμως δεν καταστρέφουν αποτελεσματικά τα ζιζάνια με συνέπεια να απαιτούνται εντατικότερες δευτερογενείς επεμβάσεις και επιμελέστερη χημική ζιζανιοκτονία

Η μορφή της κατεργασίας με τους βαρείς καλλιεργητές εξαρτάται από τις συνθήκες του εδάφους και από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του μηχανήματος όπως το μέγεθος, το σχήμα και η κλίση των ελασμάτων, η μεταξύ τους απόσταση καθώς και από την ταχύτητα εργασίας. Η κατακόρυφη κατατομή ενός εδάφους που υπόκειται σε κατεργασία από ένα έλασμα βαρύ καλλιεργητή έχει σχήμα κυπελλοειδές. Στον πυθμένα εναποτίθενται οι μικρότεροι βόλαιο και συσσωματώματα ενώ προς την επιφάνεια ανασύρονται οι μεγαλύτεροι. Δεξιά και αριστερά από το κυρίως μέτωπο κατεργασίας σχηματίζονται ρωγμές οι οποίες επεκτείνονται προς την επιφάνεια εδάφους με συνέπεια την επέκταση της ζώνης χαλάρωσης (Τσατσαρέλης, 2000).

Με τον βαρύ καλλιεργητή το έδαφος κατεργάζεται σε ένα βάθος το οποίο προσεγγίζει το βάθος της αρόσεως (περίπου 25 cm) επιτρέποντας την σύγκριση δύο συστημάτων που η κύρια διαφορά τους έγκειται στην αναστροφή του εδάφους και την ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων στο βάθος της αυλακιάς που πραγματοποιεί το άροτρο έναντι της απλής αναμόχλευσης και της διατήρησης των φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια με τον βαρύ καλλιεργητή.

Ως βασικό μηχάνημα για την τρίτη μέθοδο κατεργασίας επιλέχθηκε το περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα. Οι περιστροφικοί καλλιεργητές περιλαμβάνουν ζεύγη κατακόρυφων ελασμάτων πάνω σε οριζόντιους δίσκους τα οποία περιστρέφονται με μεγάλη ταχύτητα. Με την δράση τους αυτή θρυμματίζουν τους βόλους του εδάφους και εκριζώνουν τα ζιζάνια ενσωματώνοντας τα φυτικά υπολείμματα στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους. Όπως όλα τα μηχανήματα κατεργασίας που ισχυροδοτούνται από τον δυναμοδότη, είναι περισσότερο αποδοτικά κατά την αξιοποίηση της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα και έχουν το πλεονέκτημα ότι προετοιμάζουν το έδαφος για σπορά με ένα μόνο πέρασμα. Το βάθος κατεργασίας μπορεί να ρυθμιστεί από 5 έως 20 cm περίπου. Στο βάθος της κατεργασίας παρατηρείται μια στρωμάτωση των εδαφικών συσσωματωμάτων με τους μεγαλύτερους βόλους να εναποτίθενται στην επιφάνεια και το πιο ψιλοχωματισμένο έδαφος στα βαθύτερα τμήματα (Τσατσαρέλης, 2000).

Ως κύριο μηχάνημα για την τέταρτη μέθοδο κατεργασίας του εδάφους επιλέχθηκε η δισκοσβάρνα. Η δισκοσβάρνα πραγματοποιεί μια αβαθή κατεργασία (περίπου 8-10 cm) προκαλώντας θρυμματισμό των βόλων του εδάφους και καταστροφή των ζιζανίων. Τα φυτικά υπολείμματα παραμένουν στην επιφάνεια είτε ενσωματώνονται σε ένα μικρό βάθος (Τσατσαρέλης, 2000). Χρησιμοποιείται κυρίως για την προετοιμασία της σποροκλίνης κατά την άνοιξη. Το μηχάνημα επελέγη για την σύγκριση της αβαθούς κατεργασίας του εδάφους με την βαθύτερη.

Τέλος με την πέμπτη μέθοδο έγινε προσπάθεια να εφαρμοστεί η ακαλλιέργεια. Τυπικά η ακαλλιέργεια προϋποθέτει την χρησιμοποίηση εξειδικευμένων σπαρτικών μηχανών για την εγκατάσταση της φυτείας. Ατυχώς όμως, το υψηλό κόστος των μηχανών αυτών δεν κατέστησε δυνατή την εισαγωγή τους στην χώρα μας. Για το λόγο αυτό και προκειμένου να

μελετηθούν οι δυνατότητες για εφαρμογή της μεθόδου με τον υπάρχοντα γεωργικά εξοπλισμό, και κυρίως η επίδραση της ακαλλιέργειας στα χαρακτηριστικά του εδάφους, την εξάπλωση των ζιζανίων και την ανάπτυξη των φυτών της καλλιέργειας, έγινε προσπάθεια να γίνει η σπορά με μια συμβατική πνευματική σπαρτική

Εκτός από το άροτρο, οι βαρείς καλλιεργητές και οι δισκοσβάρνες είναι επίσης ευρέως χρησιμοποιούμενα μηχανήματα στις Ελληνικές αγροτικές επιχειρήσεις ενώ οι περιστροφικοί καλλιεργητές εισήχθησαν πιο πρόσφατα και χρησιμοποιούνται κυρίως ως μηχανήματα προετοιμασίας της σποροκλίνης σε εαρινές καλλιέργειες. Η μετάβαση λοιπόν από την συμβατική κατεργασία σε ένα από τα τέσσερα σύστημα μειωμένων εισροών συνήθως δεν προϋποθέτει την επένδυση σε καινούργιο γεωργικό εξοπλισμό.

1.9.2. Επιλογή συστημάτων αμειψισποράς

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε κατά την περίοδο 1993-96 στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας από τους Gemtos *et al.* (2002) διαπιστώθηκε ότι με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας σε μονοκαλλιέργεια βαμβακιού προέκυπτε μια δραματική αύξηση των ζιζανίων η οποία τελικά είχε ως συνέπεια την σημαντική μείωση των αποδόσεων στο βαμβάκι.

Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας εισαγωγής διαφορετικών αμειψισπορών για την αντιμετώπιση του προβλήματος με τα ζιζάνια. Επίσης επιχειρήθηκε να μελετηθεί η ανταπόκριση στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας, δύο άλλων βασικών αροτριάων καλλιεργειών της Ελληνικής Γεωργίας που είναι το καλαμπόκι και τα ζαχαρότευτλα. Οι δύο αυτές καλλιέργειες, μαζί με το βαμβάκι, συνιστούν το 72% των αρδευόμενων αροτριάων καλλιεργειών της Ελλάδος καλύπτοντας ένα σημαντικό κομμάτι του Εθνικού γεωργικού εισοδήματος. Για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των ζιζανίων, θα ήταν προτιμότερη η παρεμβολή στα συστήματα της αμειψισποράς και μιας χειμερινής καλλιέργειας όπως το σιτάρι. Οι χειμερινές καλλιέργειες ωστόσο αποφέρουν πολύ μικρότερα έσοδα σε σχέση με τις εαρινές και γι' αυτό η εφαρμογή τους σε αρδευόμενες εκτάσεις κρίνεται ασύμφορη. Ωστόσο στον ένα από τους δύο πειραματικούς αγρούς που χρησιμοποιήθηκαν υπήρχε κατά το προηγούμενο από την έναρξη του πειράματος έτος μια διαφοροποίηση στο είδος των καλλιεργειών καθώς ο μισός ήταν σπαρμένος με σιτάρι και ο υπόλοιπος με βαμβάκι. Κατά την έναρξη του πειράματος οι αμειψισπορές διατάχθηκαν κατά τρόπο ώστε να αξιοποιηθεί η ύπαρξη της διαφορετικής αλληλουχίας καλλιεργειών.

Η επιλογή της ακολουθίας των αμειψισπορών έγινε με γνώμονα την παρουσία, τουλάχιστον για μια φορά, μιας διαφορετικής αλληλουχίας σε κάθε μια από τις τρεις καλλιέργειες. Παράλληλα επιδιώχθηκε για κάθε έτος η παρουσία στο χωράφι και των τριών καλλιεργειών. Μοναδικός περιορισμός ήταν η μη καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων σε μικρότερο από τετραετές διάστημα ακολουθώντας τους περιορισμούς που θέτει η Ε.Β.Ζ. Έτσι, για την πρώτη χρονιά υπήρχε βαμβάκι μετά από σιτάρι και βαμβάκι μετά από βαμβάκι (μόνο στον ένα πειραματικό αγρό), την δεύτερη τεύτλα μετά από βαμβάκι και τεύτλα μετά από καλαμπόκι και την τρίτη καλαμπόκι μετά από τεύτλα και καλαμπόκι μετά από βαμβάκι. Με τον τρόπο αυτό ήταν δυνατή η άμεση αξιολόγηση της επίδρασης των διαφορετικών αλληλουχιών σε κάθε μια από τις καλλιέργειες βοηθώντας στην διεξαγωγή συμπερασμάτων για την μορφή που θα πρέπει να έχουν τα συστήματα της αμειψισποράς. Επιπλέον, για κάθε καλλιέργεια προέκυψαν δεδομένα τριετούς πειραματισμού τα οποία μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την διεξαγωγή εμπεριστατωμένων συμπερασμάτων.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Περιγραφή πειραματικού σχεδίου

Το πείραμα ήταν τριετές και εγκαταστάθηκε το 1997 σε δύο πειραματικούς αγρούς του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Στον πίνακα 2.1 περιγράφονται τα κύρια χαρακτηριστικά του εδάφους των δύο αγρών. Η ανάλυση της μηχανικής σύστασης του εδάφους καθώς και της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία και του pH, πραγματοποιήθηκε από την ΕΒΖ ενώ οι πλαστικές ιδιότητες μετρήθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικά του εδάφους των πειραματικών αγρών

	Χαρακτηρισμός εδάφους	Άμμος (%)	Ιλύς (%)	Αργίλος (%)	Οργανική Ουσία (%)	pH	Όρια πλαστικότητας (% υγρασία υγρού)	
							κατώτερο όριο	ανώτερο όριο
αγρός 1:	Ιλοσαργιλώδες	9,7	41	49,2	1,26	8	18,5	31,14
αγρός 2:	Αργιλώδες	20,1	32,7	47,1	1,08	7,9	17,85	30,23

Το πειραματικό σχέδιο ήταν υποδιαιρεμένες ομάδες (*Strip blocks*). Περιλάμβανε 4 κύρια τεμάχια με 5 υπο-τεμάχια 2 υπο-υπο-τεμάχια και 4 επαναλήψεις.

Στα κύρια τεμάχια εγκαταστάθηκαν τα τέσσερα διαφορετικά συστήματα αμειψισποράς που φαίνονται στον πίνακα 2.2. Για να αξιοποιηθεί η ύπαρξη διαφορετικών αμειψισπορών πριν το 1997 στον πειραματικό αγρό 1, δεν έγινε πλήρης τυχαιοποίηση των κυρίων τεμαχίων. Οι αμειψισπορές (1) και (2) τυχαιοποιήθηκαν στην πλευρά του αγρού που υπήρχε βαμβάκι ενώ οι αμειψισπορές (3) και (4) στην πλευρά του αγρού όπου υπήρχε σιτάρι. Στον πειραματικό αγρό 2 όμως δεν υπήρχε η διαφοροποίηση των δύο προϋπάρχουσων καλλιεργειών, (βαμβάκι - σιτάρι), καθότι κατά την προηγούμενη χρονιά είχε καλλιεργηθεί εξ' ολοκλήρου με βαμβάκι. Στον αγρό αυτό έγινε πλήρης τυχαιοποίηση των κυρίων τεμαχίων.

Πίνακας 2.2. Τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς του πειράματος

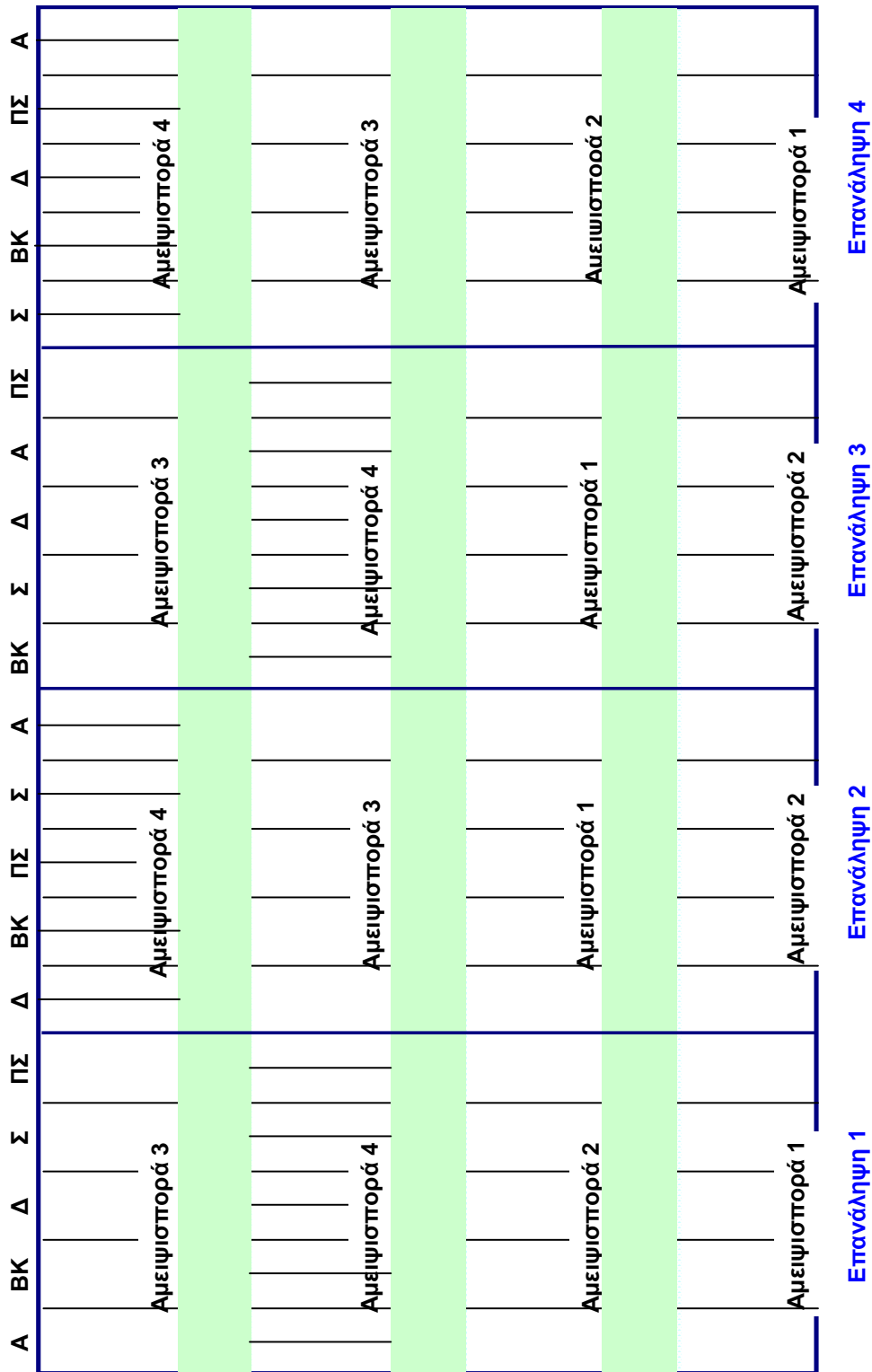
	Προϋπάρχουσες καλλιεργείες	Καλλιεργείες 1ου έτους	Καλλιεργείες 2ου έτους	Καλλιεργείες 3ου έτους
	(1996)	(1997)	(1998)	(1999)
Αμειψισπορά 1:	Βαμβάκι	Βαμβάκι	Τεύτλα	Καλαμπόκι
Αμειψισπορά 2:	Βαμβάκι	Καλαμπόκι	Τεύτλα	Βαμβάκι
Αμειψισπορά 3:	Σιτάρι	Βαμβάκι	Καλαμπόκι	Τεύτλα
Αμειψισπορά 4:	Σιτάρι	Τεύτλα	Βαμβάκι	Καλαμπόκι

Τα υπο-τεμάχια περιλάμβαναν τις εξής πέντε διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για την εγκατάσταση των καλλιεργειών:

1. **Συμβατική κατεργασία (Σ)**: Πρωτογενής κατεργασία του εδάφους με όργωμα σε βάθος 25-30 cm και προετοιμασία της σποροκλίνης με δύο περάσματα με δισκοσβάρνα ή καλλιεργητή προετοιμασίας πριν από τη σπορά.
2. **Μειωμένη κατεργασία (BK)** με χρήση βαρύ καλλιεργητή ή εδαφοσχίστη: Πρωτογενής κατεργασία με ένα πέρασμα με βαρύ καλλιεργητή σε βάθος 20-25 cm κατά τα δύο πρώτα έτη και εδαφοσχίστη σε βάθος 30-35 cm κατά το τρίτο και δευτερογενής κατεργασία με ένα ή δύο περάσματα με δισκοσβάρνα ή καλλιεργητή προετοιμασίας πριν από τη σπορά.
3. **Μειωμένη κατεργασία (ΠΣ)** με χρήση περιστροφικού σκαπτικού με κατακόρυφα ελάσματα: Πρωτογενής κατεργασία με ένα πέρασμα με το περιστροφικό σκαπτικό σε βάθος 10-12 cm και προετοιμασία της σποροκλίνης με ένα ή δύο περάσματα με δισκοσβάρνα ή καλλιεργητή προετοιμασίας πριν την σπορά.
4. **Μειωμένη κατεργασία (Δ)** με χρήση δισκοσβάρνας: Πρωτογενής κατεργασία με ένα ή δύο περάσματα με δισκοσβάρνα σε βάθος 7-8 cm και προετοιμασία της σποροκλίνης με ένα ή δύο περάσματα με τη δισκοσβάρνα η με καλλιεργητή προετοιμασίας πριν από τη σπορά.
5. **Ακαλλιέργεια (Α)**: Απ' ευθείας σπορά σε ακατέργαστο έδαφος και καταστροφή της υπάρχουσας βλάστησης με εφαρμογή *glyphosate* πριν το φύτευμα της καλλιέργειας.

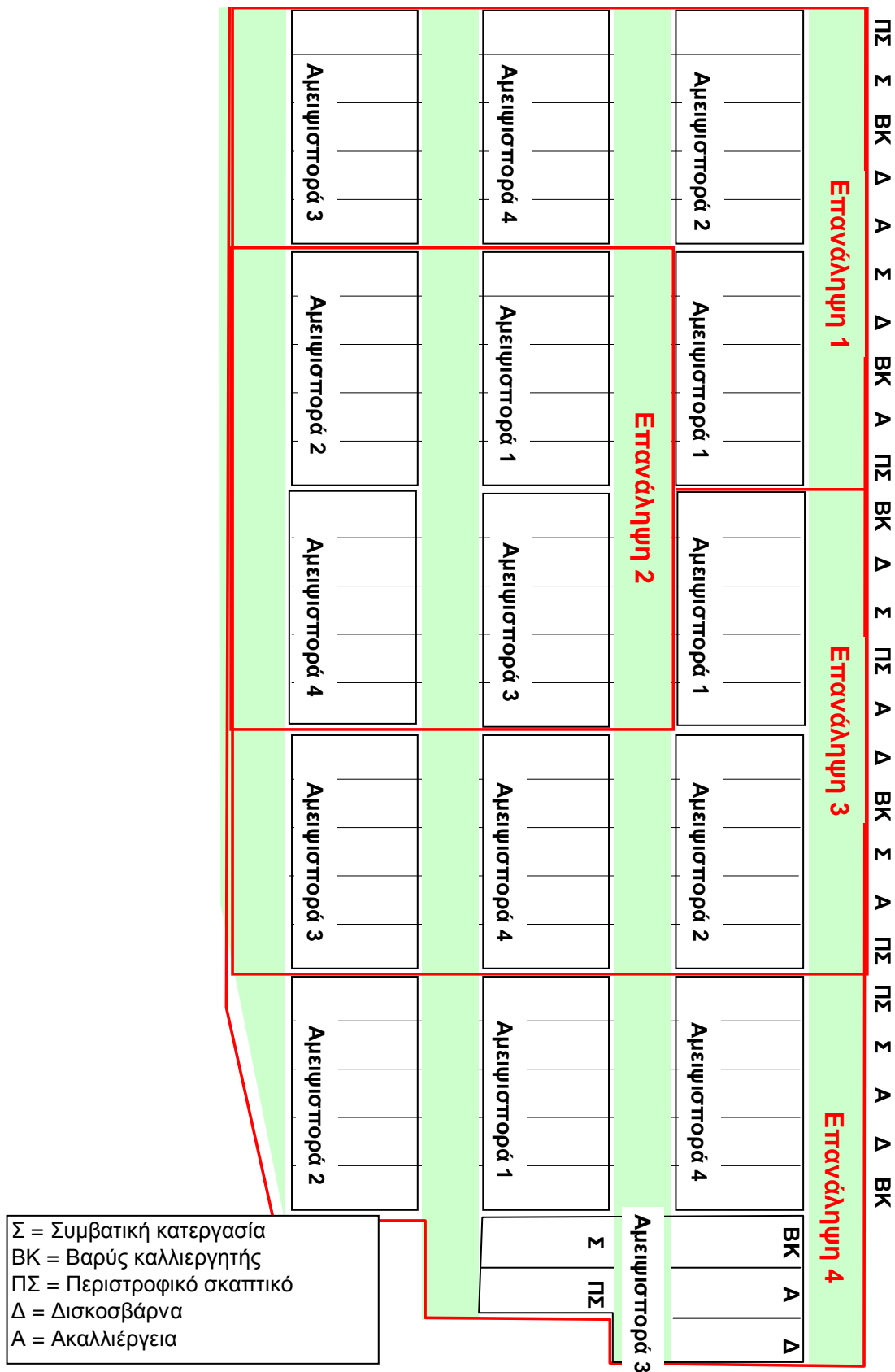
Τα υπο-τεμάχια των κατεργασιών που περιλάμβαναν την καλλιέργεια τεύτλων χωρίστηκαν σε δύο υπο-υπο-τεμάχια διαστάσεων 3X10 m το καθένα, στα οποία σπάρθηκαν δύο διαφορετικές ποικιλίες τεύτλων. Η *RIHZOR* η οποία θεωρείται πρώιμη και ανθεκτική στην ριζομανία και η *TURBO* που είναι πιο όψιμη.

Στα σχήματα 2.1 και 2.2 απεικονίζεται η διάταξη του πειράματος στους δυο πειραματικούς αγρούς. Τα κύρια τεμάχια (αμειψισπορές) είχαν διάσταση 30 × 10 m. Τα υπο-τεμάχια (κατεργασίες) είχαν διάσταση (6 × 10 m) και τα υπο-υπο-τεμάχια (ποικιλίες) είχαν διάσταση 3 × 10 m. Το πλάτος των διαδρόμων ήταν 5 m και το συνολικό τους μήκος 120 m. Ο κάθε πειραματικός αγρός είχε συνολική έκταση, μαζί με τους διαδρόμους, 7 στρέμματα. Στον αγρό 1 η διαθέσιμη έκταση ήταν επαρκής και το πειραματικό σχέδιο μπόρεσε να διαμορφωθεί σε τέσσερις ορθογώνιες επαναλήψεις. Στην περιοχή του πειραματικού αγρού 2 ωστόσο, η διαθέσιμη έκταση ήταν περιορισμένη και γι' αυτό έγινε μια τροποποίηση στην διάταξη των επαναλήψεων (βλέπε σχήμα 2.2).



Σ = Συμβατική κατεργασία (Όργανο)
 ΒΚ = Κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή
 ΠΣ = Κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα
 Δ = Κατεργασία με δισκοσβάρνα
 Α = Ακαλλιέργεια

Σχήμα 2.1.. Η διάταξη του πειράματος στον πειραματικό αγρό 1.



Σχήμα 2.2. Η διάταξη του πειράματος στον πειραματικό αγρό 2.

Για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων διαμορφώθηκαν προσαρμοσμένα βιβλία εργασίας στο *MICROSOFT EXCEL*. Τα φύλλα αυτά περιλάμβαναν τους κατάλληλους τύπους της στατιστικής για τον υπολογισμό των μέσων όρων καθώς και των υπόλοιπων παραμέτρων για την ανάλυση της παραλλακτικότητας. Για την επαλήθευση της ορθότητας των τύπων πραγματοποιήθηκε ανάλυση της παραλλακτικότητας της απόδοσης των καλλιεργειών χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο *MSTATC*. Τα αποτελέσματα ήταν ταυτόσημα και για τους δύο τρόπους.

Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση της παραλλακτικότητας των δεδομένων για το έδαφος ήταν ομάδες με υπο-ομάδες με τέσσερις επαναλήψεις σε δύο περιοχές. Στις κύριες ομάδες συμπεριλήφθηκαν τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς και στις υπο-ομάδες οι πέντε μέθοδοι κατεργασίας. Για την ανάλυση της παραλλακτικότητας των δεδομένων των καλλιεργειών του βαμβακιού και του καλαμποκιού χρησιμοποιήθηκε πειραματικό σχέδιο με πλήρως τυχαιοποιημένες ομάδες, για τα έτη που η καλλιέργεια υπήρχε σε ένα μόνο σύστημα αμειψισποράς και πειραματικό σχέδιο με ομάδες και υπο-ομάδες για τα έτη που για την καλλιέργεια υπήρχαν δύο διαφορετικές αμειψισπορές. Στην περίπτωση αυτή οι αμειψισπορές θεωρήθηκαν ως κύριες ομάδες και οι κατεργασίες ως υπο-ομάδες. Τέλος για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύλων χρησιμοποιήθηκε πειραματικό σχέδιο με ομάδες και υπο-ομάδες για τις χρονιές που υπήρχε στο χωράφι μια αμειψισπορά και ομάδες με υπο-ομάδες και υπο-υπο-ομάδες για τις χρονιές που υπήρχαν δύο αμειψισπορές. Στις μικρότερες ομάδες τοποθετήθηκαν οι δύο ποικιλίες. Για τα χαρακτηριστικά της ανάπτυξης και της παραγωγής των καλλιεργειών, η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας. Αυτό έγινε διότι η σπορά με την συμβατική σπαρτική δεν απέδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα και συνεπώς δεν διαμορφώθηκαν οι κατάλληλες προϋποθέσεις για την περαιτέρω εξέλιξη των καλλιεργειών. Ωστόσο αν είχε χρησιμοποιηθεί μηχανή σποράς κατάλληλη για ακαλλιέργεια πιθανόν να υπήρχε ένα πολύ καλύτερο ξεκίνημα των καλλιεργειών με ένα πολύ καλύτερο φύτρωμα γεγονός που θα επιδρούσε θετικά και στα υπόλοιπα στάδια εξέλιξής τους. Με την αφαίρεση της μεταχείρισης από τις στατιστικές συγκρίσεις επιδιώχθηκε η αποφυγή της υποτίμησης των δυνατοτήτων της μεθόδου εξαιτίας του γεγονότος ότι δεν χρησιμοποιήθηκε ο κατάλληλος εξοπλισμός. Επιπλέον, τα στοιχεία της ακαλλιέργειας παρουσίαζαν μεγάλη διακύμανση και η αφαίρεσή τους από την ανάλυση της παραλλακτικότητας είχε ως συνέπεια την ελάττωση του συντελεστή παραλλακτικότητας και την αύξηση της ευαισθησίας στις συγκρίσεις μεταξύ των υπόλοιπων τεσσάρων μεθόδων κατεργασίας. Η μέθοδος ωστόσο διατηρήθηκε και στα τρία έτη του πειράματος με στόχο να διερευνηθούν οι επιπτώσεις στις ιδιότητες του εδάφους.

2.2. Περιγραφή των μηχανημάτων κατεργασίας

Άροτρο. Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ένα τετράυνο άροτρο απλής αναστροφής. Το σχήμα του αναστρεπτήρα του ήταν κατάλληλο για φθινοπωρινά οργώματα. Το υνιά είχαν πλάτος κοπής 30 cm ενώ το συνολικό πλάτος εργασίας του μηχανήματος ανέρχονταν στα 1,2 m. Το άροτρο ήταν αναρτόμενο και η ρύθμιση του βάθους εργασίας γίνονταν από το υδραυλικό του ελκυστήρα. Το μηχάνημα δεν διέθετε πρόσθετα βοηθητικά εξαρτήματα όπως δίσκο ή μαχαίρι. Το συνολικό του βάρος ανέρχονταν στα 500 kg.



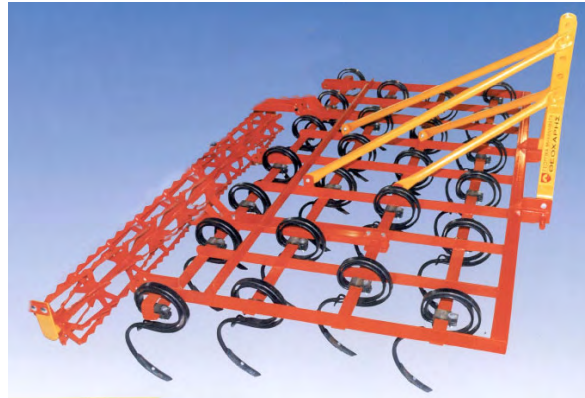
Βαρύς καλλιεργητής. Ο βαρύς καλλιεργητής ήταν αναρτόμενος και περιελάμβανε τρεις σειρές από ελατηριωτά ελάσματα τύπου C ($2+3+2 = 7$ συνολικά) από διπλό μεταλλικό έλασμα ορθογωνικής διατομής (5 x 2 cm) τα οποία προσδένονταν στο πλαίσιο μέσω ελατηρίων -αποσβεστήρων. Τα ελάσματα έφεραν υνιά γενικής χρήσεως. Οι μεταξύ τους αποστάσεις ήταν περίπου 30 cm ενώ το ελεύθερο ύψος του πλαισίου από την επιφάνεια του εδάφους ήταν 50 cm. Οι αποστάσεις μεταξύ των σειρών των ελασμάτων ήταν 70 cm. Το συνολικό πλάτος εργασίας του μηχανήματος ήταν 2 m και το βάρος του 370 kg.



Εδαφοσχίστης. Ο εδαφοσχίστης που χρησιμοποιήθηκε είχε υποστεί μετατροπές από το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας με σκοπό την βελτίωση των χαρακτηριστικών. Αποτελούνταν από πέντε στιβαρά κατακόρυφα ελάσματα πάχους 35 mm και πλάτους 180 mm τα οποία είχαν απόληξη με τη μορφή ράμφους στο οποίο ήταν τοποθετημένο ένα υνιά. Τα ελάσματα ήταν διατεταγμένα σε σχήμα V πάνω σε ένα σταθερό πλαίσιο και σε αποστάσεις μεταξύ τους 60 cm. Το ελεύθερο ύψος του πλαισίου του εδαφοσχίστη ήταν 45 cm. Από το εργαστήριο προστέθηκαν 60 και 70 cm εμπρός από τα κύρια άκαμπτα στελέχη δυο σειρές από δευτερεύοντα βοηθητικά στελέχη. Τα στελέχη αυτά αποτελούνταν από μικρότερα εύκαμπτα ελάσματα σπειροειδούς τύπου, τετραγωνικής διατομής με πλάτος 20 mm. Τα μισά στελέχη τοποθετήθηκαν εμπρός και τα υπόλοιπα στη διάμεσο της απόστασης των κύριων στελεχών. Τα πρόσθετα ελάσματα έφεραν υνιά τύπου νυχιού και εργάζονταν στο μισό του βάθους εργασίας των κυρίως ελασμάτων. Το συνολικό πλάτος εργασίας του μηχανήματος ήταν 1,8 m ενώ το συνολικό του βάρος ανέρχονταν στα 600 kg.



Ελαφρύς καλλιεργητής. Αποτελούνταν από τέσσερις σειρές εύκαμπτων ελασμάτων πλάτους 30 mm και πάχους 10 mm. Η κάθε σειρά περιελάμβανε έξι συνολικά ελάσματα σε αποστάσεις μεταξύ τους 45 cm. Τα ελάσματα μεταξύ των σειρών βρίσκονταν ανά τρία σε διαγώνιο διάταξη με αποτέλεσμα οι οριζόντιες μεταξύ τους αποστάσεις να είναι 15 cm. Οι σειρές απείχαν μεταξύ τους 60 cm και το ελεύθερο ύψος του πλαισίου ήταν 20 cm. Πίσω από τις σειρές των ελασμάτων υπήρχε ένας κύλινδρος βωλοκόπος τύπου κλωβού μέσω του οποίου γίνονταν η ρύθμιση του βάθους εργασίας. Ο κύλινδρος αυτός επίσης, ψιλοχωμάτιζε και ισοπέδωνε το έδαφος. Το συνολικό πλάτος εργασίας του εργαλείου ήταν 2,3 m ενώ το βάρος του ανέρχονταν στα 280 kg.



Περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα (βωλοκόπος). Το περιστροφικό σκαπτικό που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα ήταν αναρτόμενο και περιελάμβανε οκτώ κατακόρυφα περιστρεφόμενα στροφεία με δύο λεπίδες ύψους 20 cm και πλάτους 8 cm το καθένα. Για λόγους συντομίας αναφέρεται στην εργασία ως “περιστροφικό σκαπτικό”. Το μηχάνημα λειτουργούσε στις 540 στρ/min ενώ η σχέση μετάδοσης στα στροφεία ήταν 540 / 180. Η ρύθμιση του βάθους εργασίας γίνονταν μέσω ενός οδοντωτού κυλίνδρου διαμέτρου 36 cm με δόντια μήκους 8 cm. Το συνολικό πλάτος εργασίας του μηχανήματος ήταν 2,5 m και το βάρος 720 kg.



Δισκοσβάρνα. Η δισκοσβάρνα που χρησιμοποιήθηκε για όλες τις επεμβάσεις ήταν διπλής ενεργείας, συρόμενη με τέσσερις σπαστούς άξονες. Κάθε άξονας περιελάμβανε οκτώ δίσκους διαμέτρου 42 cm. Οι εμπρόσθιοι δίσκοι ήταν οδοντωτοί και οι οπίσθιοι λείοι. Η κλίση των δίσκων ως προς την κατεύθυνση της κίνησης ρυθμίστηκε περίπου στις 16°. Το συνολικό πλάτος εργασίας του μηχανήματος ήταν 3 m. Οι τροχοί για την μεταφορά του έφεραν ελαστικά διαμέτρου 0,6 m και πλάτους 0,3 m. Το βάρος της δισκοσβάρνας ήταν 1050 kg.



Γεωργικός ελκυστήρας. Ο γεωργικός ελκυστήρας που χρησιμοποιήθηκε για την λειτουργία των μηχανημάτων είχε τέσσερις κινητήριους τροχούς και ισχύ 110 HP. Το συνολικό του βάρος μαζί με τα αντίβαρα ανέρχονταν στα 4.200 kg με το 63% καταναμημένο στους οπίσθιους τροχούς και το 37% στους μπροστινούς. Η βάση των τροχών είχε μήκος 2,78 m. Τα οπίσθια ελαστικά ήταν 18,4-38 και τα μπροστινά 13-28. Οι οπίσθιοι τροχοί είχαν διάμετρο 1,75 m και οι μπροστινοί 1,35 m.

2.3. Καλλιεργητικές εργασίες

1997

Οι πρωτογενείς κατεργασίες του εδάφους για την καλλιεργητική περίοδο του 1997, έγιναν μέσα στον Νοέμβριο του 1996. Οι κατεργασίες αυτές περιλάμβαναν όργωμα στα τεμάχια της συμβατικής κατεργασίας, πέρασμα με βαρύ καλλιεργητή στα τεμάχια της μειωμένης κατεργασίας (BK), πέρασμα με περιστροφικό σκαπτικό στα τεμάχια της μειωμένης κατεργασίας (ΠΣ), και δυο περάσματα με δισκοσβάρνα στα τεμάχια μειωμένης κατεργασίας (Δ). Η μέση εδαφική υγρασία κατά την περίοδο αυτή ήταν 17,2% για τον ιλυο-αργιλώδη και 16,5% για τον αργιλώδη αγρό. Η προετοιμασία της σποροκλίνης ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 97 με δύο περάσματα της δισκοσβάρνας σε όλα τα τεμάχια πλην αυτών της ακαλλιέργειας. Για την καταστροφή της βλάστησης, στα τεμάχια αυτά έγινε ψεκασμός στις 26/3/97 με 800 g/στρέμμα του καθολικού ζιζανιοκτόνου *glyphosate* (ROUNDAP).

Για την καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων έγινε ενσωμάτωση 5-14-30 μονάδων N-P-K στον πειραματικό αγρό 1 και 12-14-30 μονάδων N-P-K στον αγρό 2. Η λίπανση αυτή βασίστηκε σε σύσταση της E.B.Z. κατόπιν χημικής ανάλυσης δειγμάτων του εδάφους (παράρτημα, πίνακας 10.1.1). Σύμφωνα με την ανάλυση, ο πειραματικός αγρός 1 εμφάνιζε περίσσεια αζώτου ενώ αμφοτέρωι οι αγροί παρουσίαζαν έλλειψη καλίου γεγονός που κατά ένα ποσοστό πρέπει να αποδοθεί στην βαριά μηχανική σύσταση των εδαφών.

Η σπορά των ζαχαρότευτλων πραγματοποιήθηκε στις 20/3/97, χρησιμοποιώντας μια πνευματική σπαρτική σκαλιστικών καλλιεργειών, ρυθμισμένη να τοποθετεί 15 σπόρους ανά μέτρο γραμμής σε αποστάσεις μεταξύ των γραμμών 0,5 m. Ο σπόρος τοποθετήθηκε σε βάθος 2-3 cm. Ο πληθυσμός των τεύτλων ρυθμίστηκε στα 10.000 φυτά / στρέμμα με αραίωμα με το χέρι δυο μήνες αργότερα.

Στις 6/5/97 και αφού τα τεύτλα είχαν ξεπεράσει το στάδιο των δύο μόνιμων φύλλων, έγινε σε όλες τις κατεργασίες ψεκασμός για τα πλατύφυλλα ζιζάνια με το μείγμα φαρμάκων: *BETANAL* (*phenmedipham*) 50 g/στρ., *NORTRON* (*enthofumesate*) 50 g/στρ., *GOLTIX* (*metamitron*) 50 g/στρ. και *SUNOIL* (*παραφινέλαιο*) 50 g/στρ. Ο ίδιος ψεκασμός επαναλήφθηκε μια εβδομάδα αργότερα. Επίσης, στις 9/5/97 πραγματοποιήθηκε ψεκασμός για την αγριάδα και τον βέλιουρα με 100g/στρ. του σκευάσματος *FUSILADE* (*haloxyphop*). Για τον έλεγχο των ζιζανίων πραγματοποιήθηκαν επιπλέον κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού δύο σκαλίσματα με το χέρι, το πρώτο στις 28/5/97 και το δεύτερο στις 5/7/97.

Τέλος, για την προστασία της φυτείας από την κερκόσπορα ακολουθήθηκε το πρόγραμμα ψεκασμών που εφαρμόζει η E.B.Z. Επίσης για πρόληψη από τυχόν εντομολογικές προσβολές έγινε στις 25/6/97 ψεκασμός με 150 g/στρ *ULTRACID 40WP* (*methidathion*).

Δείγματα τεύτλων για τον υπολογισμό της απόδοσης συγκομίστηκαν με το χέρι στις 10/10/97 ενώ τα υπόλοιπα συγκομίστηκαν με μονόσειρη μηχανή συγκομιδής στις 16/1/98.

Για την καλλιέργεια του καλαμποκιού έγινε ενσωμάτωση 10-12-35 μονάδων N-P-K στον αγρό 1 και 15-12-35 μονάδων N-P-K στον αγρό 2 πριν τη σπορά, ενώ μέσα στον Ιούνιο προστέθηκαν και στους δυο αγρούς άλλες 10 μονάδες N επιφανειακά. Η σπορά έγινε στις 9/4 σε γραμμές πλάτους 1 m με την πνευματική μηχανή ρυθμισμένη να τοποθετεί 9 σπόρους/m γραμμής σε βάθος 4 cm. Χρησιμοποιήθηκε το υβρίδιο *COSTANZA* (*FAO 660*) της *PIONEER*. Στις 7/5 έγινε ψεκασμός όλων των μεταχειρίσεων με 450 g/στρέμμα *LASSO AT* (*alachlor+atrazine*) ενώ για τον έλεγχο των ζιζανίων πραγματοποιήθηκε ένα χειρονακτικό σκάλισμα στις 29/5/97. Η συγκομιδή του καλαμποκιού έγινε με το χέρι στις 15/9/97.

Πίνακας 2.3. Σύνοψη καλλιεργητικών εργασιών για κάθε καλλιέργεια για το 1997.

1997	Ζαχαρότευτλα					Καλαμπόκι					Βαμβάκι				
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α
Πρωτογενής κατεργασία			11/11					11/11					11/11		
Όργανο	+					+					+				
Βαρύς καλλιεργητής		+					+					+			
Περιστροφ. σκαπτικό			+					+					+		
Δισκοσβάρνα				++					++					++	
Δευτερογενής κατεργασία			17/3					17/3					17/3		
Δισκοσβάρνα	++	++	++	++		++	++	++	++		++	++	++	++	
Εφαρμογή ROUNDAP					26/3					26/3					26/3
Βασική λίπανση			19/3					19/3					19/3		
Ενσωμάτωση GOLTIX			-												
Ενσωμάτωση LASSO AT								7/4							
Ενσωμάτωση LASSO + PROMETRYNE													18/4		
Σπορά			20/3					9/4					18/4		
Πότισμα για το φύτευμα			-					-					-		
Ψεκασμός με μικροδόσεις ζιζανιοκτόνων			6/5 & 13/5												
Ψεκασμός με GALLAND'S			9/5												
Αραίωμα			18/5												
Σκάλισμα			28/5 & 5/7					29/5					28/5 & 5/7		
Επιφανειακή λίπανση								14/6							
Ψεκασμός με ULTRACID			25/6												
Συγκομιδή			10/10					15/9					22/9 & 18/10		

Τέλος, στα τεμάχια που καλλιεργήθηκαν με βαμβάκι ενσωματώθηκαν ως βασική λίπανση 9-10-35 μονάδες N-P-K, στον πειραματικό αγρό 1 και 15-10-30 μονάδες N-P-K στον αγρό 2. Στις 18/4/97 πραγματοποιήθηκε ψεκασμός όλων των μεταχειρίσεων με το μείγμα των ζιζανιοκτόνων: (*prometryne* (προμετρίνη προσπαρτική) 200g/στρ. και *alachlor* 400g/στρ) και στην συνέχεια ακολούθησε η σπορά. Το βαμβάκι σπάρθηκε σε γραμμές πλάτους 1 m τοποθετώντας 30 σπόρους ανά μέτρο γραμμής σε βάθος 5 cm. Χρησιμοποιήθηκε η Ελληνική ποικιλία *KOPINA*. Για τον έλεγχο των ζιζανίων χρειάστηκαν δύο επιπλέον σκαλίσματα με το χέρι, το πρώτο στις 28/5/97 και το δεύτερο στις 5/7/97.

Η συγκομιδή δειγμάτων βαμβακιού για υπολογισμό της απόδοσης έγινε με το χέρι σε δύο περιόδους, η πρώτη στις 22/9/97 και η δεύτερη στις 18/10/97. Το υπόλοιπο βαμβάκι ωστόσο λόγω δυσκολίας εξεύρεσης διαθέσιμης βαμβακοσυλλεκτικής (για τα μικρού μεγέθους πειραματικά τεμάχια) αφέθηκε στο χωράφι.

1998

Κατά την καλλιεργητική περίοδο του 1998, οι πρωτογενείς κατεργασίες του εδάφους πραγματοποιήθηκαν καθυστερημένα και έγιναν στις 26/3/98 ενώ η προετοιμασία της σποροκλίνης ολοκληρώθηκε μια εβδομάδα αργότερα. Η καθυστέρηση αυτή οφείλεται σε αναμονή για την ολοκλήρωση του συστήματος δυναμομέτρησης των αναπτυσσόμενων δυνάμεων μεταξύ ελκυστήρα και παρελκόμενων μηχανημάτων και στις υγρές καιρικές συνθήκες που δεν επέτρεψαν την έγκαιρη πραγματοποίηση των εργασιών.

Πίνακας 2.4. Σύνοψη καλλιεργητικών εργασιών για κάθε καλλιέργεια για το 1998.

1998	Ζαχαρότευτλα					Καλαμπόκι					Βαμβάκι				
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α
Πρωτογενής κατεργασία			26/3					26/3					26/3		
Όργωμα	+					+					+				
Βαρύς καλλιεργητής		+					+					+			
Περιστροφ. σκαπτικό			+					+					+		
Δισκοσβάρνα				+					+					+	
Δευτερογενής κατεργασία			2/4					2/4					2/4		
Δισκοσβάρνα	++	+	+	+		++	+	+	+		++	+	+	+	
Εφαρμογή ROUNDAP					8/4					8/4					8/4
Βασική λίπανση			3/4					3/4					3/4		
Ενσωμάτωση GOLTIX			-												
Ενσωμάτωση LASSO AT								7/4							
Ενσωμάτωση LASSO + PROMETRYNE													7/4		
Σπορά			6/4					7/4					7/4		
Πότισμα για το φύτευμα			21/4 (29/4)					21/4 (29/4)					21/4 (29/4)		
Ψεκασμός με μικροδόσεις ζιζανιοκτόνων			27/4 & 4/5												
Ψεκασμός με GALLAND'S			28/4												
Αραιώμα			15/5												
Σκάλισμα			5/5 & 12/6					5/5					5/5 & 12/6		
Επιφανειακή λίπανση								17/6							
Συγκομιδή			19/10					14/9							

Οι πρωτογενείς κατεργασίες έγιναν σε μέσο επίπεδο εδαφικής υγρασίας 18,7% υγρού βάρους για τον ιλο-αργιλώδη και 17,9% υγρού βάρους για τον αργιλώδη αγρό και περιλάμβαναν όργωμα στη συμβατική κατεργασία, πέρασμα με βαρύ καλλιεργητή στη μέθοδο μειωμένης κατεργασίας (ΒΚ), πέρασμα με περιστροφικό σκαπτικό στη μέθοδο μειωμένης κατεργασίας (ΠΣ) και ένα πέρασμα με δισκοσβάρνα στη μέθοδο μειωμένης κατεργασίας (Δ). Για την προετοιμασία της σποροκλίνης πραγματοποιήθηκαν δυο περάσματα της δισκοσβάρνας στη μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας, ένα πέρασμα μετά από το βαρύ καλλιεργητή, ένα μετά το περιστροφικό σκαπτικό και ένα μετά από τη δισκοσβάρνα. Τέλος στα τεμάχια της ακαλλιέργειας έγινε στις 8/4/98 ψεκασμός με *glyphosate* διπλασιάζοντας την δόση (800 g/στρέμμα) διότι στον αγρό την περίοδο αυτή υπήρχαν πολύ περισσότερα ζιζάνια.

Για την καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων πραγματοποιήθηκε ενσωμάτωση 14-7-2 μονάδων N-P-K σε κάθε πειραματικό αγρό. Η σπορά των τεύτλων πραγματοποιήθηκε στις 6/4/98, τοποθετώντας και πάλι 15 σπόρους ανά μέτρο γραμμής σε αποστάσεις μεταξύ των γραμμών 0,5 m και σε βάθος 2-3 cm. Χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες ποικιλίες. Στον αγρό 1 πραγματοποιήθηκε πότισμα για το φύτευμα 15 ημέρες μετά την σπορά ενώ στον αγρό 2, 23 ημέρες μετά τη σπορά. Ο πληθυσμός ρυθμίστηκε στα 10.000 φυτά / στρέμμα με αραιώμα που έγινε στις 15/5/98.

Αρχικά πραγματοποιήθηκαν δυο ψεκασμοί για τα πλατύφυλλα ζιζάνια με το μείγμα των ζιζανιοκτόνων: (*BETANAL* 50 g/στρ., *NORTRON* 50 g/στρ., *GOLTIX* 50 g/στρ. και *SUNOIL* 50 g/στρ) στις 27/4 και 4/5/98 ενώ ένας επιπλέον ψεκασμός χρειάστηκε στις 1/6/98. Επίσης στις 28/4/98 ψεκάστηκαν 80g/στρ. του σκευάσματος *GALLAND'S* (*haloxyphop*) για τα αγρωστώδη. Επιπλέον πραγματοποιήθηκαν δυο σκαλίσματα με το χέρι το πρώτο στις 5/5/98 και το δεύτερο στις 12/6/98. Για την προστασία της φυτείας από την κερκόσπορα ακολουθήθηκε και πάλι το πρόγραμμα ψεκασμών της E.B.Z.

Δείγματα τεύτλων για τον υπολογισμό της απόδοσης συγκομίστηκαν και πάλι με το χέρι στις 19/10/98 ενώ τα υπόλοιπα συγκομίστηκαν με μηχανή συγκομιδής στις 15/11/98.

Στην καλλιέργεια του καλαμποκιού η λίπανση περιελάμβανε και για τους δύο αγρούς 14-7-2 μονάδες N-P-K ως βασική πριν τη σπορά και 12 μονάδες N τον Ιούνιο ως επιφανειακή. Η σπορά έγινε στις 7/4/98 χρησιμοποιώντας υβρίδιο της *MONDO (FAO 650)*. Όλες οι μεταχειρίσεις ψεκάστηκαν στις 8/4/98 με 450 g/στρέμμα *LASSO AT (alachlor+atrazine)* ενώ επιπλέον πραγματοποιήθηκε ένα σκάλισμα με το χέρι στις 5/5/98. Η συγκομιδή έγινε με το χέρι στις 14/9/98.

Στην καλλιέργεια του βαμβακιού τέλος, ενσωματώθηκαν 14-7-2 μονάδες N-P-K, σε κάθε πειραματικό αγρό. Στις 8/4/98 έγινε ψεκασμός των ζιζανιοκτόνων (*Prometryne 200g/στρ.* και *alachlor 400g/στρ.*). Η σπορά του βαμβακιού έγινε στις 7/4/98 ενώ οι αποστάσεις σποράς και ο πληθυσμός καθορίστηκαν όπως και στο πρώτο έτος του πειράματος. Χρησιμοποιήθηκε η ποικιλία *ZETA 2*. Για τον έλεγχο των ζιζανίων χρειάστηκαν δυο επιπλέον σκαλίσματα με το χέρι, το πρώτο στις 5/5/98 και το δεύτερο στις 2/6/98.

Η συγκομιδή δειγμάτων βαμβακιού για υπολογισμό της απόδοσης έγινε και πάλι με το χέρι σε δύο περιόδους, η πρώτη στις 2/10/98 και η δεύτερη στις 14/10/98 ενώ το υπόλοιπο βαμβάκι και πάλι δεν συγκομίστηκε και αφέθηκε στο χωράφι.

1999

Κατά το τρίτο έτος του πειράματος, οι πρωτογενείς κατεργασίες πραγματοποιήθηκαν στις 20/1/99. Τη χρονιά αυτή, στην μέθοδο (BK) αντί του βαρύ καλλιεργητή χρησιμοποιήθηκε ένας εδαφοσχίστης σε βάθος 30-35 cm. Για τη συμβατική κατεργασία πραγματοποιήθηκε και πάλι όργωμα στα 25-30 cm. Στη μέθοδο του (ΠΣ) έγινε πέρασμα με το περιστροφικό σκαπτικό σε βάθος 10 cm ενώ στην μέθοδο (Δ) πραγματοποιήθηκαν δυο περάσματα με τη δισκοσβάρνα σε βάθος 8 cm Το μέσο επίπεδο εδαφικής υγρασίας κατά την περίοδο των επεμβάσεων ήταν 18,1% υγρού βάρους για τον ιλυο-αργιλώδη αγρό και 17,5% υγρού βάρους για τον αργιλώδη.

Για τις δευτερογενείς κατεργασίες του εδάφους τη χρονιά αυτή αντί για τη δισκοσβάρνα χρησιμοποιήθηκε ένας ελαφρύς καλλιεργητής. Οι επεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν σε τρεις διαφορετικές περιόδους ανάλογα με το σύστημα της αμειψισποράς. Στην αμειψισπορά (3) όπου προβλεπόταν η σπορά ζαχαροτεύτλων, όλες οι δευτερογενείς επεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν στις 25/2/99. Στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και της μειωμένης κατεργασίας (BK) έγιναν δύο περάσματα με τον ελαφρύ καλλιεργητή ενώ στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας (ΠΣ) και (Δ), ένα πέρασμα. Την ίδια περίοδο έγινε από ένα πέρασμα με τον ελαφρύ καλλιεργητή στα τεμάχια της συμβατικής κατεργασίας και της μειωμένης κατεργασίας (BK) των υπολοίπων αμειψισπορών. Στις 14/4/99, στις αμειψισπορές (1) & (4) όπου προβλεπόταν η σπορά καλαμποκιού πραγματοποιήθηκε ένα ακόμη πέρασμα με τον ελαφρύ καλλιεργητή σε όλα τα τεμάχια πλην της ακαλλιέργειας. Το ίδιο έγινε στις 23/4/99 και για την αμειψισπορά (2) η οποία προέβλεπε την σπορά βαμβακιού. Η διαφοροποίηση αυτή έδωσε μεγαλύτερη ευχέρεια στις επόμενες εργασίες (σπορά, ζιζανιοκτονία κ.λ.π). Ιδίως η σπορά ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί στην κατάλληλη ημερομηνία για κάθε καλλιέργεια.

Τέλος, στην μέθοδο της ακαλλιέργειας εφαρμόστηκαν 800 g/στρ *glyphosate*. Οι ψεκασμοί έγιναν επίσης σε διαφορετικές για κάθε αμειψισπορά ημερομηνίες. Στην αμειψισπορά που περιελάμβανε ζαχαρότευτλα η εφαρμογή έγινε στις 5/3/99, ενώ στις αμειψισπορές που περιλάμβαναν καλαμπόκι στις 14/4/99 και στην αμειψισπορά που περιελάμβανε βαμβάκι στις 24/4/99.

Πίνακας 2.5. Σύνοψη καλλιεργητικών εργασιών για κάθε καλλιέργεια για το 1999.

1999	Ζαχαρότευτλα					Καλαμπόκι					Βαμβάκι				
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α
Πρωτογενής κατεργασία			20/1					20/1					20/1		
Όργανο	+					+					+				
Εδαφοσχίστης		+					+					+			
Περιστροφ. σκαπτικό			+					+					+		
Δισκοσβάρνα				++					++					++	
Δευτερογενής κατεργασία			25/2					25/2 & 14/4					25/2 & 23/4		
Ελαφρύς καλλιεργητής	++	++	+	+		++	++	+	+		++	++	+	+	
Εφαρμογή ROUNDAP					5/3				14/4						24/4
Βασική λίπανση			3/3					14/4					14/4		
Ενσωμάτωση GOLTIX			3/3												
Ενσωμάτωση LASSO AT								14/4							
Ενσωμάτωση KONTAL													23/4		
Σπορά			4/3					15/4					24/4		
Ψεκασμός ΚΟΤΟΡΑΝ													26/4		
Πότισμα για το φύτευμα			-					5/5					5/5		
Ψεκασμός με μικροδόσεις ζιζανιοκτόνων			14/4 & 23/4 & 18/6												
Ψεκασμός με GALLAND'S			16/4 & 20/6												
Σκάλισμα			28/5					28/5					28/5 & 2/7		
Αραίωμα			28/4												
Επιφανειακή λίπανση								12/6							
Ψεκασμός με ULTRACID			12/7												
Συγκομιδή			30/9					24/9					22/9 & 10/10		

Στις 3/3/99, στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων έγινε ενσωμάτωση 14-7-7 λιπαντικών μονάδων N-P-K σε κάθε πειραματικό αγρό. Ταυτόχρονα, με σκοπό τον αποτελεσματικότερο έλεγχο των ζιζανίων, έγινε ενσωμάτωση 800 g/στρ *GOLTIX*.

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 4/3/99 με την σπαρτική σκαλιστικών καλλιεργειών. Τοποθετήθηκαν και πάλι 15 σπόροι ανά μέτρο γραμμής σε βάθος 2-3 cm και σε αποστάσεις μεταξύ των γραμμών 0,5 m. Για την ρύθμιση του τελικού πληθυσμού στα 10.000 φυτά/στρ πραγματοποιήθηκε αραίωμα με το χέρι, στις 22/5/99.

Τη χρονιά αυτή έγιναν τρεις συνολικά ψεκασμοί με το μείγμα των μικροδόσεων από τα ζιζανιοκτόνα *BETANAL*, *NORTRON*, *GOLTIX*. και *SUNOIL*, στις 14/4, 23/4 και 18/6/99. Επίσης στις 16/4 και 20/6 έγινε ψεκασμός με 80 g/στρ *GALLAND*. Για τον έλεγχο των ζιζανίων χρειάστηκε επίσης ένα σκάλισμα το οποίο έγινε με το χέρι στις 28/5. Ακολουθήθηκε και πάλι το πρόγραμμα ψεκασμών της EBZ για την πρόληψη της κερκόσπορας ενώ στις 12/7 έγινε ψεκασμός με *ULTRACID* (methidathion).

Η συγκομιδή για την εκτίμηση της απόδοσης έγινε με το χέρι στις 30/9/99 ενώ τα υπόλοιπα συγκομίστηκαν με τευτλοεξαγωγή στις 25/10/99.

Για την καλλιέργεια του καλαμποκιού, η βασική λίπανση περιελάμβανε την ενσωμάτωση 20-10-10 μονάδων N-P-K. Επιπλέον, εφαρμόστηκαν άλλες 6 μονάδες αζώτου επιφανειακά στις 12/6/99.

Στις 14/4/99 έγινε σε όλα τα τεμάχια ψεκασμός με 450 g/στρ του σκευάσματος LASSO AT και στην συνέχεια ακολούθησε ένα πέρασμα με τον ελαφρύ καλλιεργητή για να ενσωματωθούν τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα στο έδαφος και κυρίως, να καταστραφούν όσα ζιζάνια είχαν φυτρώσει στο διάστημα από τις 25/2/99 όπου πραγματοποιήθηκαν οι επεμβάσεις δευτερογενούς κατεργασίας.

Η σπορά του καλαμποκιού έγινε στις 15/4/99 και η σπαρτική ρυθμίστηκε να σπέρνει 9 σπόρους στο μέτρο και σε βάθος 3-4 cm. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών ήταν και πάλι 1 m. Χρησιμοποιήθηκε το υβρίδιο *COSTANZA* της *PIONEER*.

Στις 5/5/99 πραγματοποιήθηκε ελαφρύ πότισμα με καταιονισμό για υποβοήθηση του φυτρώματος. Ένα σκάλισμα με το χέρι έγινε στις 28/5/99.

Η συγκομιδή έγινε με το χέρι στις 24/9/99.

Τέλος, για το βαμβάκι, ενσωματώθηκαν στο έδαφος πριν από την σπορά 16-8-8 μονάδες N-P-K. Στις 23/4/99 έγινε ψεκασμός με 600 g/στρ του σκευάσματος *KONTAL* (*metolachlor*, 20% + *prometryne* 20%). Στην συνέχεια έγινε ένα πέρασμα με τον ελαφρύ καλλιεργητή για την ενσωμάτωση στο έδαφος των λιπασμάτων, του φυτοφαρμάκου και την καταστροφή των ζιζανίων. Επίσης στις 26/4/99 έγινε ψεκασμός με 400 g/στρ του σκευάσματος *KOTOPAN 50 SC* (*fluometuron*). Η σπορά του βαμβακιού έγινε στις 24/4/99. Η μηχανή ρυθμίστηκε ώστε να τοποθετεί 25 σπόρους ανά μέτρο γραμμής ενώ οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών ήταν 1 m. Το βάθος σποράς κυμαίνονταν στα 4-5 cm. Τη χρονιά αυτή χρησιμοποιήθηκε η ποικιλία *ARIA*. Στις 5/5/99 πραγματοποιήθηκε ελαφρύ πότισμα με καταιονισμό για υποβοήθηση του φυτρώματος. Σκάλισμα για τον έλεγχο των ζιζανίων πραγματοποιήθηκε με το χέρι, στις 28/5/99. Η συλλογή του βαμβακιού για υπολογισμό της απόδοσης έγινε με το χέρι σε δυο περιόδους. Η πρώτη στις 22/9/99 και η δεύτερη στις 10/10/99. Το υπόλοιπο βαμβάκι δεν συγκομίστηκε και πάλι.

Και για τα τρία έτη, η άρδευση των καλλιεργειών έγινε με σύστημα στάγδην. Χρησιμοποιήθηκαν λάστιχα Φ20 που είχαν σταλάκτες παροχής 4 l/h σε αποστάσεις 1 m. Τα λάστιχα τοποθετήθηκαν ανά δεύτερη γραμμή σε κάθε καλλιέργεια δηλαδή σε πλάτος 2 m στο καλαμπόκι και το βαμβάκι και 1 m στα τεύτλα.

Η ποσότητα του νερού άρδευσης για κάθε καλλιέργεια διαφοροποιήθηκε ρυθμίζοντας τη χρονική διάρκεια της άρδευσης. Κατά το 1997 πραγματοποιήθηκαν επτά συνολικά ποτίσματα. για την ανάπτυξη, το 1998 έξι συνολικά ποτίσματα και το 1999 επτά συνολικά ποτίσματα. Κατά το δεύτερο έτος όμως (1998), στον πειραματικό αγρό 1 παρουσιάστηκε ένα πρόβλημα στην αντλία περί το πρώτο 10ήμερο του Ιουλίου με αποτέλεσμα στο καλαμπόκι και το βαμβάκι να χαθεί ένα πότισμα και να πραγματοποιηθούν συνολικά πέντε. Στα τεύτλα ωστόσο τα ποτίσματα έγιναν κανονικά.

Οι δόσεις άρδευσης σε κάθε πότισμα ήταν ίδιες και για τα τρία έτη. Στην καλλιέργεια του βαμβακιού εφαρμοζόταν 60 m³/στρ ενώ στα ζαχαρότευτλα και το καλαμπόκι 80 m³/στρ. Κατά το 1999 ωστόσο, τα δύο πρώτα ποτίσματα πραγματοποιήθηκαν με αυτοκινούμενο αρδευτή με μεγάλο ακροφύσιο. Στην περίπτωση αυτή δεν υπήρξε διαφοροποίηση της δόσης άρδευσης στις τρεις καλλιέργειες και εφαρμόστηκαν 60 m³/στρ.

2.4 Μετρήσεις

2.4.1. Ζιζάνια

Οι παρατηρήσεις που αφορούσαν την ποσότητα των ζιζανίων που φύτρωσαν στις διαφορετικές μεταχειρίσεις βασίστηκαν στον υπολογισμό της υπέργεια ξηράς τους βιομάζας. Από δύο τυχαίες επιφάνειες 0.25 m² σε κάθε τεμάχιο συλλέχθηκε το υπέργειο μέρος των ζιζανίων το οποίο ξηράθηκε σε κλίβανο στους 72⁰ C για 48 ώρες (ASAE S358.2, 2002). Στην συνέχεια έγινε αναγωγή του ξηρού βάρους σε g/m² επιφάνειας εδάφους. Εξαιτίας της μεγάλης παραλλακτικότητας που παρουσίαζαν τα δεδομένα, για την στατιστική επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε ο δεκαδικός λογάριθμος της ξηράς βιομάζας.

Οι παρατηρήσεις αφορούσαν περιόδους τόσο πριν, όσο και μετά από το σκάλισμα. Το 1997 οι παρατηρήσεις ξεκίνησαν στις 18/1, και επαναλήφθηκαν στις 14/3 και στις 18/5. Το 1998 παρατηρήσεις έγιναν στις 22/4, 15/5 και 15/7 ενώ το 1999 στις 24/2, 11/3 και 16/5. Παράλληλα έγινε καταγραφή των επικρατέστερων ειδών ζιζανίων.

2.4.2. Μηχανικές ιδιότητες του εδάφους

2.4.2.1. Ξηρή φαινομενική πυκνότητα

Για τις μετρήσεις της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους λήφθηκαν δείγματα εδάφους από την περιοχή της σποροκλίνης σε δύο βάθη, 0.5-3 cm και 7.5-10 cm και από τρία τυχαία σημεία σε κάθε πειραματικό τεμάχιο. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας δείγματα σταθερού όγκου με την μέθοδο του κυλινδρικού δειγματολήπτη.

Ο κυλινδρικός δειγματολήπτης ήταν ένας λεπτός μεταλλικός κύλινδρος, διαμέτρου 70 mm και ύψους 25 mm με απολεπτυσμένη τη μια πλευρά, που έκοβε κυλινδρικά δείγματα εδάφους διαταράσσοντας το όσο το δυνατόν λιγότερο. Ο κύλινδρος προωθούνταν στο έδαφος με ελαφρά πίεση και χτυπήματα και στη συνέχεια απομακρύνονταν προσεκτικά. Το έδαφος που εξείχε στις δύο ελεύθερες επιφάνειες του κυλίνδρου απομακρυνόταν έτσι ώστε το δείγμα να έρθει στο ίδιο ύψος με τον κύλινδρο. Στη συνέχεια, το δείγμα αφαιρούταν από τον κύλινδρο και τοποθετούταν σε πλαστικές σακούλες μέχρι να μεταφερθούν στο εργαστήριο και αφού ζυγιστούν να τοποθετηθούν σε κλίβανο όπου παρέμεναν στους 104^οC για 48 h. Μετά την ξήρανση, τα δείγματα ζυγίζονταν και πάλι και υπολογίζονταν το ξηρό τους βάρος. Η ξηρή φαινομενική πυκνότητα υπολογίστηκε από την σχέση (Burke et al., 1986):

$$p_b = \frac{m_{dry}}{V} \quad (2.1)$$

όπου: p_b = η ξηρή φαινομενική πυκνότητα ($g\ cm^{-3}$)

m_{dry} = η μάζα του ξηρού εδάφους (g)

V = ο όγκος του εδάφους μάζας m_{dry} (μαζί με τους πόρους) (cm^3)

Από την ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους μπορεί ακόμη να υπολογισθεί το ολικό πορώδες του εδάφους από την σχέση (Burke et al., 1986):

$$f_p = 1 - p_b / p_s \quad (2.2)$$

Όπου: f_p = το ολικό πορώδες

p_s = η πυκνότητα εδαφικών τεμαχιδίων, (ίση με 2.65 $g\ cm^{-3}$).

p_b = η ξηρή φαινομενική πυκνότητα ($g\ cm^{-3}$)

Επίσης μπορεί ακόμη να υπολογισθεί η αναλογία των πόρων που περιέχουν αέρα (f_a) από τη σχέση (Burke et al., 1986):

$$f_a = f_p - \frac{p_b \times \theta_{dry}}{p_w} \quad (2.3)$$

Όπου: p_b = η ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους ($g\ cm^{-3}$).

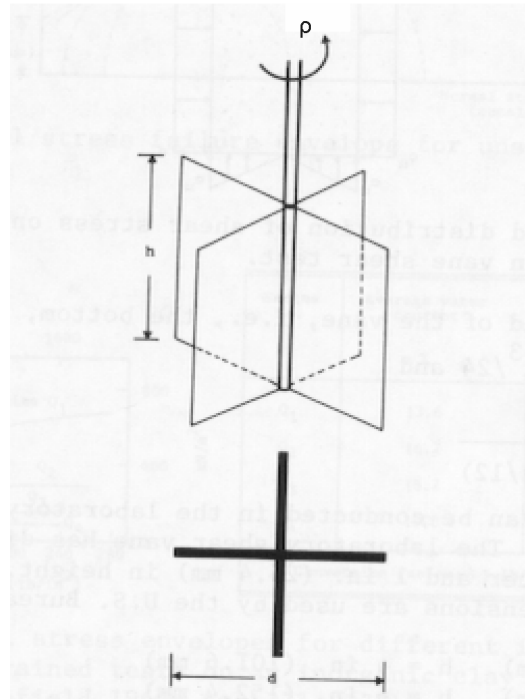
θ_{dry} = η υγρασία % του ξηρού εδάφους

p_w = η πυκνότητα του καθαρού νερού ίση με 1 g/cm^3

Μετρήσεις της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας πραγματοποιήθηκαν στις 26/3 και 20/4 το 1997, στις 22/4 και 25/5 το 1998 και στις 11/3 και 16/5 το 1999.

2.4.2.2 Αντοχή στη διάτμηση

Για την σύγκριση των πέντε μεθόδων καταργασίας του πειράματος μετρήθηκε η αντοχή του εδάφους στην διάτμηση με την χρήση διατμητικού πτερυγίου (σχήμα 2.3). Το μεταλλικό πτερύγιο που χρησιμοποιήθηκε είχε δυο κάθετα ελάσματα ύψους $h = 5 \text{ cm}$ και πλάτους $d = 2,5 \text{ cm}$. Η ροπή στρέψης του πτερυγίου μέσα στο έδαφος μετρούταν σε $\text{N}\cdot\text{m}$ μέσω ενός ηλεκτρονικού ροπόκλειδου. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον αγρό. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο λαμβάνονταν τρεις σειρές μετρήσεων σε τρία τυχαία σημεία. Οι μετρήσεις γίνονταν σε διαστήματα των 5 cm μέχρι το μεγαλύτερο δυνατό βάθος. Από τις τρεις μετρήσεις αυτές και για κάθε βάθος, προέκυπτε ένας μέσος όρος για κάθε πειραματικό τεμάχιο. Χρησιμοποιώντας τις τιμές στις εξισώσεις 2.4 και 2.5 (Das, 1979) υπολογίστηκε η αντοχή του εδάφους στην διάτμηση για τα διάφορα βάθη.



Σχήμα 2.3. Το διατμητικό πτερύγιο (Das, 1979).

$$\tau = \frac{M}{(\pi d_{\Pi}^2 h_{\Pi} / 2) + (\pi d_{\Pi}^3 / 12)} \quad (2.4)$$

για την περίπτωση όπου ολόκληρο το πτερύγιο βρίσκεται μέσα στο έδαφος και

$$\tau = \frac{M}{(\pi d_{\Pi}^2 h_{\Pi} / 2) + (\pi d_{\Pi}^3 / 24)} \quad (2.5)$$

για την περίπτωση όπου η επάνω πλευρά του πτερυγίου βρίσκεται έξω από το έδαφος

Όπου: τ = η διατμητική τάση (kPa)

M = η ροπή στρέψης (N m)

d_{Π} = η διάμετρος του κυλίνδρου ίση με το πλάτος των ελασμάτων του πτερυγίου (m)

h_{Π} = το ύψος του κυλίνδρου ίσο με το ύψος των ελασμάτων του πτερυγίου (m)

Το 1997 πραγματοποιήθηκαν δύο σειρές μετρήσεων της αντοχής του εδάφους στην διάτμηση, στις 23/5 και 20/6 σε βάθος μέχρι 15 cm , ενώ το 1998 μία σειρά στις 20/5 και σε βάθος μέχρι 25 cm και το 1999 μια σειρά στις 21/6 και σε βάθος μέχρι 25 cm .

2.4.2.3 Αντίσταση στη διείσδυση

Η αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση μετρήθηκε με τη χρήση ενός κωνικού διεισδυσιόμετρου. Ο κώνος είχε εμβαδόν βάσης 130 mm (διάμετρος 12,83 mm) και γωνία κορυφής 30^ο. Το 1997 για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε ένα ηλεκτρονικό όργανο που κατέγραφε αυτόματα την αντίσταση σε διαστήματα του 1 cm και σε συνολικό βάθος μέχρι 45 cm, ενώ για το 1998 χρησιμοποιήθηκε ένα μηχανικό όργανο με το οποίο λαμβάνονταν μετρήσεις σε διαστήματα των 5 cm και σε συνολικό βάθος μέχρι 35 cm. Ο κώνος πιεζόταν στο έδαφος με ένα ρυθμό περίπου 30 mm/s (ASAE S313.2, 2002). Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο λαμβάνονταν πέντε σειρές μετρήσεων σε πέντε τυχαία σημεία από τις οποίες για κάθε βάθος προέκυπτε ένας μέσος όρος.

Το 1997 πραγματοποιήθηκε μια σειρά μετρήσεων στις 20/7, το 1998 μία σειρά στις 10/6 και το 1999 δύο σειρές στις 21/5 και 15/11. Η τελευταία είχε σκοπό να ανιχνεύσει τις διαφορές στο τέλος της περιόδου.

2.4.3. Εδαφική υγρασία

Οι μετρήσεις της υγρασίας του εδάφους επικεντρώθηκαν στην περιοχή της σποροκλίνης κυρίως κατά την περίοδο του φυτρώματος των καλλιεργειών. Η υγρασία μετρήθηκε με δύο τρόπους:

- 1) Με την μέθοδο του πυραντηρίου. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν και για τα τρία έτη.
- 2) Με την χρήση υγρασιόμετρων. Η μέθοδος εφαρμόστηκε μόνο κατά το τελευταίο έτος

α. Μέθοδος του πυραντηρίου

Από κάθε πειραματικό τεμάχιο συλλέχθηκαν τρία δείγματα εδάφους από δύο βάθη, 0.5-3 cm και 7.5-10 cm. Τα δείγματα ζυγίστηκαν, ξηράθηκαν σε κλίβανο στους 104^ο C για 48 ώρες και στη συνέχεια από την εξίσωση 2.6 (Burke et al., 1986) υπολογίστηκε η μέση % υγρασία του εδάφους επί υγρού βάρους. Για κάθε πειραματικό τεμάχιο προέκυψε ένας μέσος όρος.

$$\theta_{wet} = \frac{m_{wet}}{m_{wet} + m_{dry}} \times 100 \quad (2.6)$$

Όπου: θ_{wet} = η % υγρασία επί υγρού βάρους του εδάφους

m_{wet} = η μάζα του νερού (g)

m_{dry} = η μάζα του ξηρού εδάφους (g)

Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από τις μετρήσεις της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας έγινε αναγωγή του ποσοστού της υγρασίας από % υγρού βάρους σε % κατ' όγκο σύμφωνα εξίσωση (Burke et al., 1986):

$$\theta_V = \theta_{wet} * p_b \quad (2.7)$$

όπου p_b = η ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους (g cm⁻³)

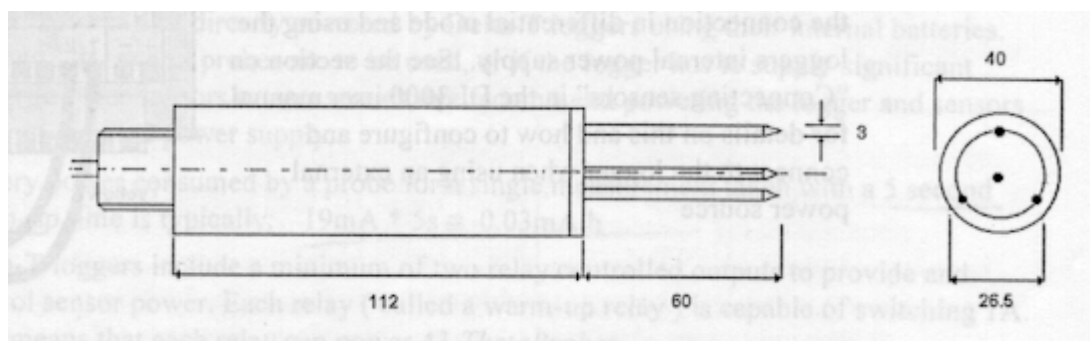
Κατά το πρώτο έτος του πειράματος πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις στις 26/3, 20/4 και 8/5/97, κατά το δεύτερο έτος έγιναν έξι συνολικά μετρήσεις, στις 22/4, 30/4, 8/5, 12/5, 15/5, και 25/5/98 ενώ κατά το τρίτο έτος πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις στις 11/3, 17/4 και 16/5/99.

β. Μετρήσεις με την χρήση υγρασιόμετρων

Κατά το τρίτο έτος του πειράματος, σε δέκα διαφορετικά σημεία στον πειραματικό αγρό 1, έγινε συστηματική καταγραφή της εδαφικής υγρασίας σε καθημερινή βάση και για το διάστημα από 6/3/99 μέχρι 14/6/99. Οι μετρήσεις αφορούσαν την ανώτερη επιφάνεια του εδάφους, (βάθος 0-6 cm) και πραγματοποιήθηκαν με την χρήση ηλεκτρονικών υγρασιόμετρων. Τα υγρασιόμετρα (*Time Domain Reflectometers, TDR*) είναι όργανα που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της κατ' όγκο εδαφικής υγρασίας μέσω της μέτρησης της διηλεκτρικής σταθεράς του εδάφους. Οι μεταβολές στη διηλεκτρική σταθερά μετρούνται ως μεταβολές τάσης.

Χρησιμοποιήθηκε ο τύπος *Theta Probe ML2* της *DELTA-T DEVICES*. Τα υγρασιόμετρα αυτά αποτελούνται από τέσσερις κυλινδρικές ράβδους από ανοξείδωτο ατσάλι, μήκους 60 mm και πάχους 3 mm. Τρεις ράβδοι είναι τοποθετημένες περιμετρικά και μια στο κέντρο (σχήμα 2.4). Η διάμετρος του νοητού κύκλου που περιβάλλει τις τρεις εξωτερικές ράβδους είναι 26,5 mm. Οι ράβδοι εδράζονται σε έναν αεροστεγή θάλαμο όπου υπάρχει ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα το οποίο περιλαμβάνει έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή που παράγει μια ηλεκτρική τάση συχνότητας 100 MHz. Ο αρνητικός πόλος της τάσης συνδέεται με τις τρεις περιμετρικές ράβδους ενώ ο θετικός με τη κεντρική ράβδο. Για την τροφοδοσία του οργάνου χρησιμοποιήθηκε μια εξωτερική πηγή τροφοδοσίας η οποία παρείχε μια συνεχόμενη τάση 12V.

Όταν οι ράβδοι εισέλθουν σε κάποιο μέσο το οποίο έχει κάποια ηλεκτρική αγωγιμότητα και παράλληλα μια εσωτερική αντίσταση, όπως π.χ. είναι το υγρό έδαφος, τότε ένα ρεύμα διέρχεται μέσα από το μέσο αυτό και δημιουργείται ένα κλειστό κύκλωμα. Στο κύκλωμα αυτό, μεταξύ των τριών περιμετρικών ράβδων και της κεντρικής αναπτύσσεται ένα στατικό ηλεκτρικό σήμα κυματοειδούς μορφής το οποίο ανορθώνει ή μειώνει την τάση που παράγει ο ταλαντωτής. Η διαφορά της τάσης που παράγει ο ταλαντωτής με αυτή που μετράται μεταξύ της κεντρικής και των τριών περιμετρικών ράβδων αποτελεί το σήμα εξόδου του οργάνου.



Σχήμα 2.4. Πλευρική και κατακόρυφη άποψη ενός υγρασιόμετρου Theta Probe ML2

Η τάση που δίνει στην έξοδο το υγρασιόμετρο είναι ανάλογη της εσωτερικής αντίστασης του εδάφους. Η εσωτερική ηλεκτρική αντίσταση του εδάφους έχει δυο συστατικά. Την διηλεκτρική σταθερά και την ιοντική αγωγιμότητα. Η πρώτη εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους ενώ η δεύτερη από την ιοντική σύσταση του εδαφικού διαλύματος. Η συχνότητα του σήματος (100MHz) έχει επιλεγεί ώστε να ελαχιστοποιεί την επίδραση της ιοντικής αγωγιμότητας με συνέπεια η εσωτερική αντίσταση που μετράται στο έδαφος να εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από την διηλεκτρική του σταθερά (Theta Probe soil moisture sensor, User manual).

Για ένα εύρος εδαφικής κατ' όγκο υγρασίας 0 ~ 55 % η διηλεκτρική σταθερά σχετίζεται με τις μετρήσεις της τάσης των υγρασιόμετρων σύμφωνα με τη σχέση (Theta Probe soil moisture sensor, User manual):

$$\sqrt{\varepsilon} = 1,1 + 4,44V_o \quad (R^2 = 0.99) \quad (2.8)$$

όπου V_o = η τάση που μετράται με τα υγρασιόμετρα.

Για κάθε έδαφος υπάρχει μια γραμμική συσχέτιση μεταξύ της διηλεκτρικής σταθεράς ($\sqrt{\varepsilon}$) και της κατ' όγκο υγρασίας (θ_v) η οποία περιγράφεται από τη σχέση (Whalley, 1993, White et al., 1994):

$$\sqrt{\varepsilon} = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \theta_v \quad (2.9)$$

όπου α_0 και α_1 σταθερές που προκύπτουν από την βαθμονόμηση του οργάνου και που η διαδικασία υπολογισμού τους περιγράφεται παρακάτω.

Συνδυάζοντας τις εξισώσεις 2.8 και 2.9 προκύπτει η σχέση:

$$\theta_v = \frac{[1,1 + 4,44V_o] - \alpha_0}{\alpha_1} \quad (2.10)$$

Στην εξίσωση 2.10, για την απόδοση τιμών κατ' όγκο υγρασίας στην τάση εξόδου των υγρασιόμετρων, χρειάζεται ο προσδιορισμός των συντελεστών (α_0) και (α_1). Ο προσδιορισμός των συντελεστών έγινε με βάση την διαδικασία που προτείνει ο κατασκευαστής των υγρασιόμετρων και η οποία περιλαμβάνει πέντε βήματα. Στην διαδικασία αυτή ωστόσο έγιναν ορισμένες τροποποιήσεις για να ξεπεραστούν ορισμένες τεχνικές δυσκολίες που περιγράφονται παρακάτω:

Βήμα 1.

Στον πειραματικό αγρό 1, από δύο τυχαία γειτονικά σημεία που δεν απείχαν μεταξύ τους περισσότερο από 10 cm συλλέχθηκαν δυο δείγματα υγρού αδιατάρακτου εδάφους. Η συλλογή των δειγμάτων έγινε με την βοήθεια δύο κυλινδρικών μεταλλικών σωλήνων ύψους $h_\delta = 10$ cm και διαμέτρου βάσης $d_\delta = 5$ cm. Ο όγκος των δειγμάτων ήταν $V = \pi (d_\delta/2)^2 h_\delta = 785,4$ cm³. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο. Στην διαδικασία που περιγράφεται από τον κατασκευαστή προτείνεται η συλλογή ενός δείγματος εδάφους. Η τροποποίηση αυτή κρίθηκε απαραίτητη διότι κατά την προσπάθεια να αφαιρεθεί το υγρασιόμετρο από το έδαφος (στο βήμα 2) καταστρεφόταν το δείγμα και δεν ήταν δυνατό να προχωρήσει η διαδικασία.

Βήμα 2

1. Η είσοδος ενός υγρασιόμετρου συνδέθηκε με μια πηγή τάσης 12V και η έξοδος σε ένα μετρητή τάσης (πολύμετρο)

2. Οι ράβδοι του υγρασιόμετρου εισήχθησαν μέσα στο ένα από τα δείγματα του εδάφους. Με το πολύμετρο μετρήθηκε η τάση εξόδου (V_{wet}).

3. Από την εξίσωση (2.8) υπολογίστηκε η διηλεκτρική σταθερά του υγρού εδάφους $\sqrt{\epsilon_{wet}}$.

Βήμα 3

4. Μετρήθηκε το υγρό βάρος (m_{wet}) του δεύτερου δείγματος του εδάφους και στην συνέχεια τοποθετήθηκε σε κλίβανο για 48 ώρες στους 104°C. Ο κατασκευαστής προτείνει η διαδικασία να συνεχιστεί με το ένα δείγμα του εδάφους.

5. Οι ράβδοι του υγρασιόμετρου εισήχθησαν στο ξηρό έδαφος και με το πολύμετρο μετρήθηκε και πάλι η τάση εξόδου (V_{dry}).

6. Από την εξίσωση (2.8) υπολογίστηκε η διηλεκτρική σταθερά $\sqrt{\epsilon_{dry}}$ για το ξηρό έδαφος. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, η τιμή αυτή αντιστοιχεί στο (α_0) και θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1,0 και 2,0.

7. Μετρήθηκε το ξηρό βάρος (m_{dry}) του δεύτερου δείγματος εδάφους.

8. Υπολογίστηκε η αρχική κατ' όγκο υγρασία του δεύτερου δείγματος από τη σχέση:

$$\theta_{wet} = \frac{m_{wet} - m_{dry}}{V} \quad (2.11)$$

Βήμα 4

9. Υπολογίστηκε ο συντελεστής (α_1) από τη σχέση:

$$\alpha_1 = \frac{\sqrt{\epsilon_{wet}} - \sqrt{\epsilon_{dry}}}{\theta_{wet}} \quad (2.12)$$

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή ο συντελεστής (α_1) παίρνει τιμές μεταξύ 7,6 και 8,4.

Η παραπάνω διαδικασία επαναλήφθηκε συνολικά τρεις φορές χρησιμοποιώντας τρία διαφορετικά ζεύγη δειγμάτων από τρεις διαφορετικές περιοχές στον αγρό 1. Στον πίνακα 2.6 παρουσιάζονται οι τιμές των α_0 και α_1 που υπολογίστηκαν με κάθε δειγματοληψία.

Οι συντελεστές α_0 και α_1 της εξίσωσης 2.10 αντικαταστήθηκαν με τους μέσους όρους από τον πίνακα 2.6 και η εξίσωση πήρε την μορφή.

$$\theta_V = 0,52V - 0,05 \quad (2.13)$$

Πίνακας 2.6 Υπολογισμός των συντελεστών α_0 και α_1 για τρία δείγματα εδάφους από τον αγρό 1.

	α_0	α_1
δείγμα 1	1,59	8,18
δείγμα 2	1,55	8,61
δείγμα 3	1,56	8,72
μέσος όρος	1,57	8,50

Η εξίσωση 2.13 περιγράφει μια γραμμική συσχέτιση μεταξύ της τάσης εξόδου των υγρασιομέτρων και της % κατ' όγκο υγρασίας του εδάφους. Η τάση της εξόδου των υγρασιομέτρων κυμαίνεται μεταξύ 0 - 1 V και αντιστοιχεί σε ένα εύρος διηλεκτρικής σταθεράς μεταξύ 1 και 32 το οποίο αντιπροσωπεύει μια κατ' όγκο υγρασία μεταξύ 5 - 60 % για μια θερμοκρασία εδάφους μεταξύ 0 και 40°C. Στο εύρος αυτό, η ακρίβεια των μετρήσεων κυμαίνεται στο $\pm 0,02 \text{ m}^3/\text{m}^3$ για την περίπτωση που στο όργανο έχει γίνει βαθμονόμηση για κάποιο συγκεκριμένο έδαφος.

Για τις μετρήσεις του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν συνολικά δέκα υγρασιόμετρα τα οποία εγκαταστάθηκαν στις πέντε μεθόδους κατεργασίας δύο αμειψισπορών. Οι αμειψισπορές αυτές ήταν: “καλαμπόκι – τεύτλα” και “βαμβάκι – καλαμπόκι”. Η εισαγωγή των υγρασιομέτρων στο έδαφος έγινε υπό γωνία 20^ο περίπου. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η κάλυψη του εδάφους από το ίδιο το όργανο πάνω από το σημείο μετρήσεων.

Το σήμα εξόδου μεταφέρονταν με καλώδιο σε έναν αυτόματο καταχωρητή δεδομένων ο οποίος ήταν εγκατεστημένος στον αγρό. Στο λογισμικό του καταχωρητή έγινε εισαγωγή των σταθερών συντελεστών της εξίσωσης 2.13 με την βοήθεια των οποίων η συσκευή έκανε αυτόματα αναγωγή της εισερχόμενης τάσης σε κατ' όγκο εδαφική υγρασία την οποία και καταχωρούσε στην μνήμη. Ο καταχωρητής προγραμματίστηκε να λαμβάνει μέτρηση της εδαφικής υγρασίας τέσσερις φορές την ημέρα (στις 6:00, 12:00, 18:00 και 24:00) και στην συνέχεια να υπολογίζει για κάθε ημέρα ένα μέσο όρο.

2.4.4. Θερμοκρασία του εδάφους

Η μέτρηση της θερμοκρασίας του εδάφους επικεντρώθηκε στο στρώμα της σποροκλίνης και πραγματοποιήθηκε κατά την περίοδο του φυτρώματος των καλλιεργειών με την χρήση θερμοστοιχείων. Τα θερμοστοιχεία (*thermistor*) είναι αισθητήρες θερμοκρασίας η λειτουργία των οποίων στηρίζεται στις ιδιότητες ενός ημι-αγωγού που η ωμική του αντίσταση είναι αρνητικά συσχετισμένη με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Bas 1971, Doebelin, 1983). Αυτό σημαίνει ότι όταν αυξάνει η θερμοκρασία η αντίσταση του ημι-αγωγού μειώνεται. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι η υψηλή απόκριση σε μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας. Τα θερμοστοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ο τύπος ST1 της *DELTA-T DEVICES* με τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά:

Τύπος θερμοστοιχείου:	Υδατοστεγής κυλινδρική κάψουλα από ανοξείδωτο ατσάλι
Διαστάσεις:	125 x 4,8 mm
Τύπος ημι-αγωγού:	2000 Ohms στους 25 °C.
Ακρίβεια:	$\pm 0,2$ °C σε ένα εύρος 0-70 °C
Εύρος:	-20 εως +80 °C
Χρόνος απόκρισης:	6 s
Απόκλιση:	± 0.02 °C στους 25 °C σε 8 έτη

Τα θερμοστοιχεία συνδέθηκαν σε έναν αυτόματο καταχωρητή δεδομένων (*data logger*). Στο λογισμικό του καταχωρητή εισήχθησαν οι πίνακες μετατροπής της ωμικής αντίστασης σε τιμές πραγματικής θερμοκρασίας που προτείνει ο κατασκευαστής των θερμοστοιχείων. Ο καταχωρητής προγραμματίστηκε να παίρνει μέτρηση κάθε 30 s και να καταχωρεί στη μνήμη του τον μέσο όρο αυτών των μετρήσεων κάθε μισή ώρα.

Όλα τα θερμοστοιχεία τοποθετήθηκαν σε μία επανάληψη του αγρού 1. Η μέτρηση της θερμοκρασίας περιελάμβανε τις πέντε μεθόδους κατεργασίας δύο εκ των αμειψισπορών και πραγματοποιήθηκε σε δύο βάθη.

Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 20 θερμοστοιχεία τα οποία τοποθετήθηκαν οριζόντια στο έδαφος. Τα μισά σε βάθος 4 cm και τα υπόλοιπα σε βάθος 8 cm. Κατά την τοποθέτηση των θερμοστοιχείων καταβλήθηκε προσπάθεια ώστε να μην διαταραχθεί η σποροκλίνη που είχε διαμορφωθεί κατά την διάρκεια των κατεργασιών. Για το σκοπό αυτό, η είσοδος των θερμοστοιχείων πραγματοποιήθηκε από τα πλάγια, σκάβοντας ένα προφίλ εδάφους.

Δύο ακόμη θερμοστοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας. Το ένα ήταν εκτεθειμένο στον ήλιο και το δεύτερο τοποθετήθηκε υπό σκιά.

Τα δεδομένα για το 1997, περιλαμβάνουν την χρονική περίοδο από τις 13/2 μέχρι τις 28/3 με μια διακοπή κατά το διάστημα 6/3 έως 22/3, για την προετοιμασία της σποροκλίνης, την εφαρμογή της βασικής λίπανσης και την σπορά των τεύτλων. Ένα λάθος με την συλλογή των δεδομένων από τον καταχωρητή προκάλεσε την απώλεια των δεδομένων μετά τις 28/3/97. Έτσι δεν καλύφθηκε ολόκληρη η περίοδος σποράς και φυτρώματος. Κατά το 1998 οι μετρήσεις της θερμοκρασίας ξεκίνησαν αμέσως μετά την σπορά και των τριών καλλιεργειών περιλαμβάνοντας το διάστημα από 9/4 μέχρι 14/5. Τέλος κατά το 1999, οι μετρήσεις έγιναν παράλληλα με τις μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας περιλαμβάνοντας το διάστημα από 6/3 μέχρι 31/5/99. Τα θερμοστοιχεία τοποθετήθηκαν λίγα εκατοστά δίπλα από τα υγρασιόμετρα.

Από τα στοιχεία των μετρήσεων της θερμοκρασίας του εδάφους, υπολογίστηκε η θερμοχωρητικότητα του εδάφους και εκτιμήθηκε η σειρά κατάταξης των μεθόδων κατεργασίας από άποψη θερμικής αγωγιμότητας και συντελεστή θερμικής διάχυσης.

Η κατ' όγκο θερμοχωρητικότητα (HC) υπολογίστηκε από την σχέση (Hillel, 1980):

$$HC = 0,48 f_s + 0,60 f_o + f_w \quad (2.14)$$

Όπου: f_s η κατ' όγκο αναλογία των ανόργανων συστατικών του εδάφους

f_o η κατ' όγκο αναλογία των οργανικών συστατικών του εδάφους

f_w η κατ' όγκο αναλογία της υγρής φάσης του εδάφους

Ο συντελεστής f_w δεν παραμένει σταθερός αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με τις μεταβολές της υγρασίας του εδάφους. Ο συντελεστής αυτός υπολογίστηκε από τις μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας και αφορούσε τις αντίστοιχες ημερομηνίες. Αντίθετα οι συντελεστές f_s , f_o δεν μεταβάλλονται το ίδιο συχνά μέσα σε μια καλλιεργητική περίοδο. Ο υπολογισμός τους έγινε με βάση τα στοιχεία των μετρήσεων της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας και της οργανικής ουσίας από τις σχέσεις:

$$f_o = \frac{OM \cdot p_b}{100 \cdot p_o} \quad (2.15)$$

και

$$f_s = \frac{(100 - OM) \cdot p_b}{100 \cdot p_s} \quad (2.16)$$

Όπου: p_b = η ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους με βάση τα στοιχεία των μετρήσεων
 OM = η % κατά βάρος αναλογία της οργανικής ουσίας όπως αυτή μετρήθηκε κατά την έναρξη του πειράματος. Δεδομένου ότι από την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας αναμένεται να προκύψουν βελτιώσεις στην περιεχόμενη οργανική ουσία του εδάφους μετά την παρέλευση πέντε ετών τουλάχιστον (Campbell *et al.*, 1996a & 1996b, Grant, 1997, Lopez-Bellido *et al.*, 1997) γίνεται παραδοχή ότι η οργανική ουσία δεν μεταβλήθηκε σημαντικά κατά την διάρκεια του πειράματος.

p_o , p_s = οι πυκνότητες των οργανικών και των ανόργανων συστατικών του εδάφους οι οποίες σύμφωνα με τον Hillel (1980) ισούνται με 1,30 g/cm³ και 2,65 g/cm³ αντίστοιχα.

Η θερμική αγωγιμότητα (k) δεν ήταν δυνατό να υπολογιστεί από τα υπάρχοντα στοιχεία των μετρήσεων. Εκτιμήθηκε όμως έμμεσα από την σχέση (Hillel, 1980):

$$D = \frac{k}{C} \quad (2.17)$$

Όπου (D) ο συντελεστής θερμικής διάχυσης του εδάφους ο οποίος επίσης δεν ήταν δυνατό να υπολογιστεί, ήταν όμως δυνατό να εκτιμηθεί από τα χαρακτηριστικά της μεταβολής της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους στα δύο βάθη σύμφωνα με την σχέση (Hillel, 1980).

$$d = (2D/\omega_\theta)^{1/2} \quad (2.18)$$

Όπου d = το **βάθος απόσβεσης** της θερμοκρασίας, το βάθος δηλαδή όπου το εύρος της διακύμανσης της θερμοκρασίας μειώνεται κατά $1/e$ ($1/2,718 = 0,37$) φορές σε σχέση με το εύρος της διακύμανσης σε μια ανώτερη επιφάνεια του εδάφους (Hillel, 1980).

ω_θ = η γωνιακή ταχύτητα του περιοδικού φαινομένου της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας και η οποία ισούται με $7,27 \times 10^{-5} \text{ rad sec}^{-1}$ (Hillel, 1980)..

Όπως αναφέρθηκε τα θερμοστοιχεία σε κάθε μεταχείριση τοποθετήθηκαν σε δύο βάθη (4 και 8 cm). Διαιρώντας για κάθε μεταχείριση το εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας σε βάθος 8 cm προς το εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας σε βάθος 4 cm προέκυψε ένας λόγος (λ). Συγκρίνοντας τους λόγους (λ) των μεταχειρίσεων ήταν δυνατό να γίνει μια κατάταξη των μεταχειρίσεων από την άποψη του βάθους απόσβεσης. Εφόσον από την σχέση 2.18 προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμικής διάχυσης είναι ανάλογος του βάθους απόσβεσης μπορεί να προκύψει το συμπέρασμα ότι όπου το βάθος απόσβεσης ήταν μεγαλύτερο το έδαφος παρουσίαζε και μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής διάχυσης. Κατ' επέκταση, από την σχέση 2.17 και γνωρίζοντας την κατ' όγκο θερμοχωρητικότητα καθώς και την σειρά κατάταξης του συντελεστή θερμικής διάχυσης έγινε μια εκτίμηση της σειράς κατάταξης των μεταχειρίσεων από άποψη θερμικής αγωγιμότητας.

2.4.5. Χαρακτηριστικά ανάπτυξης καλλιεργειών

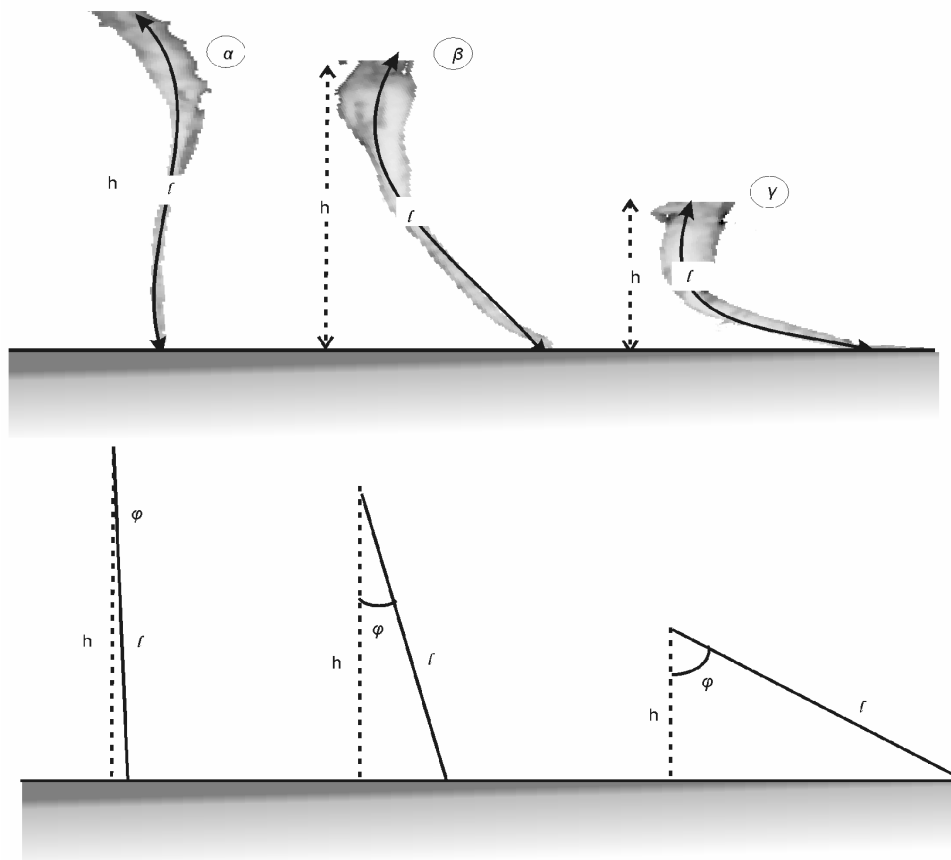
2.4.5.1 Ζαχαρότευτλα

Το **φύτρωμα των τεύτλων**. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο ορίστηκαν επί των γραμμών της καλλιέργειας δύο τμήματα παρατηρήσεων μήκους 2 m. Στα τμήματα αυτά καταγραφόταν σε τακτά διαστήματα δύο με τριών ημερών, από την στιγμή που έκαναν την εμφάνισή τους τα πρώτα φυτά μέχρι και την ολοκλήρωση του φυτρώματος, ο αριθμός των φυτών που είχαν φυτρώσει. Παράλληλα με κάθε μέτρηση, λαμβάνονταν τρία δείγματα εδάφους από κάθε πειραματικό αγρό για εκτίμηση της εδαφικής υγρασίας.

Η **φυλλική επιφάνεια**. Οι μετρήσεις βασίστηκαν στη συλλογή φύλλων τεύτλων και την ταύτιση του σχήματος και μέγεθός τους με μήτρες γνωστού εμβαδού. Οι μήτρες αυτές προέρχονταν από την E.B.Z. Τα φύλλα συλλέγονταν από μια τυχαία γραμμή μήκους 1 m με πέντε φυτά, από κάθε πειραματικό τεμάχιο. Κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο έγιναν τρεις μετρήσεις κατά τη δεύτερη πέντε μετρήσεις και κατά την τρίτη έξι μετρήσεις.

Το **μήκος και η μέγιστη διάμετρος της ρίζας**. Οι μετρήσεις ξεκίνησαν το δεύτερο έτος του πειράματος. Στα πέντε φυτά από κάθε πειραματικό τεμάχιο που συλλέγονταν για την μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας, μετρήθηκε παράλληλα το μήκος και η μέγιστη διάμετρος της ρίζας. Ένα πρόβλημα που διαπιστώθηκε κατά τη διάρκεια αυτών των μετρήσεων ήταν ότι κατά την εκρίζωση των τεύτλων, τμήμα της κύριας ρίζας, αγνώστου μήκους, στο κατώτερο σημείο έσπαζε και έμενε μέσα στο έδαφος. Το πρόβλημα αυτό γινόταν αναπόφευκτο όταν τα τεύτλα αναπτύχθηκαν σε βάθος μεγαλύτερο των 10 cm και ιδίως όταν κατά την εκρίζωση το έδαφος ήταν ξηρό. Για να υπάρξει κάποιο κοινό σημείο αναφοράς ορίστηκε σε κάθε μέτρηση ένα κρίσιμο πάχος σπασίματος της ρίζας. Το πάχος αυτό ορίστηκε αυθαίρετα στο 1/10 της μέγιστης διαμέτρου της ρίζας και χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση του μήκους των ριζών.

Το **βάθος και η κλίση της ρίζας**. Κατά την διάρκεια των προηγούμενων μετρήσεων διαπιστώθηκε ότι παρότι μεταξύ ορισμένων μεταχειρίσεων δεν υπήρχαν διαφορές στο μήκος της ρίζας των τεύτλων, εν' τούτοις υπήρχαν διαφορές στο βάθος που αυτές διείσδυναν στο έδαφος διότι σε ορισμένες μεταχειρίσεις αναπτυσσόταν με κλίση ως προς την κατακόρυφο. Θεωρήθηκε σκόπιμο να ληφθεί μια επιπλέον μέτρηση που να εκφράζει το βάθος που αναπτύσσεται η ρίζα μέσα στο έδαφος. Τα πέντε πιο πάνω φυτά τοποθετήθηκαν κατακόρυφα σε ένα οριζόντιο επίπεδο και μετρήθηκε τα ύψος (h_r) της ρίζας το οποίο αντιπροσώπευε το βάθος της ανάπτυξης. Η μέτρηση συνδυάστηκε με την μέτρηση του μήκους (l_r) των ριζών για να υπολογιστεί η γωνία (φ_r) της κλίσης της ανάπτυξης των ριζών (σχήμα 2.5). Για τον υπολογισμό της γωνίας θεωρήθηκε το συνολικό μήκος (l_r) της ρίζας ως η υποτείνουσα και το βάθος (h_r) της ανάπτυξης της ρίζας, ως η προσκείμενη πλευρά ενός ορθογωνίου τριγώνου.



Σχήμα 2.5. Υπολογισμός της γωνίας ανάπτυξης των ριζών των τεύτλων. Τρία παραδείγματα.

Κατά τη συγκομιδή συλλέχθηκαν με το χέρι όλα τα φυτά σε δυο τυχαίες γραμμές μήκους 7,5 m από κάθε πειραματικό τεμάχιο και μετρήθηκαν:

Ο αριθμός των συγκομιζόμενων ριζών.

Το βάρος του υπόγειου τμήματος.

Το βάρος των κορυφών.

Με βάση τις παραπάνω μετρήσεις υπολογίστηκε το μέσο βάρος του υπόγειου και του υπέργειου τμήματος των φυτών, η στρεμματική απόδοση και η σχετική αναλογία ριζών και κορυφών.

Τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά των ριζών. Οι αναλύσεις έγιναν από τη Ε.Β.Ζ. και περιλάμβαναν τον υπολογισμό του ζαχαρικού τίτλου και την εκτίμηση της περιεκτικότητας σε κάλιο, νάτριο και επιβλαβές άζωτο.

2.4.5.2 Καλαμπόκι

Το φύτευμα του καλαμποκιού. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο ορίστηκε μια γραμμή παρατηρήσεων μήκους 6 m⁽¹⁾ στην οποία περιοδικά και μέχρι την ολοκλήρωση του φυτρώματος καταγραφόταν τα φυτά που είχαν φυτρώσει. Τα δεδομένα εκφράστηκαν σε φυτρωτική ικανότητα δηλαδή ως ποσοστό του σπόρου που φύτευσε. Καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου οι μετρήσεις γινότανε στα φυτά αυτής της γραμμής. Παράλληλα με κάθε μέτρηση, λαμβάνονταν τρία δείγματα εδάφους από κάθε πειραματικό αγρό για εκτίμηση της εδαφικής υγρασίας.

Το μέσο ύψος των φυτών. Στα πέντε προηγούμενα σημαδεμένα φυτά καταγραφόταν επιπλέον, μέχρι την τελική τους ανάπτυξη, το ύψος των φυτών. Ως υψηλότερο σημείο αναφοράς ορίστηκε η βάση του κολεού του τελευταίου εκπτυγμένου φύλλου. Από τις μετρήσεις προέκυπε ένας μέσος όρος για κάθε πειραματικό τεμάχιο.

Στη συγκομιδή, συλλέχθηκαν με το χέρι οι σπάδικες επί των γραμμών παρατηρήσεων, εκκοκκίστηκαν και υπολογίστηκε:

Ο αριθμός των συγκομιζόμενων σπαδικών ανά μονάδα επιφάνειας.

Το βάρος των συγκομιζόμενων σπαδικών.

Το βάρος του συγκομιζόμενου σπόρου μετά την εκκόκκιση των σπαδικών

Η υγρασία του σπόρου. Από κάθε τεμάχιο λήφθηκαν δείγματα των 100 g τα οποία ζυγίστηκαν και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν στο φούρνο για 72 ώρες στους 103^ο C. (ASAE S352.2, 2002) Τα δείγματα ξαναζυγίστηκαν ξερά και υπολογίστηκε η υγρασία του σπόρου κατά τη συγκομιδή.

Η απόδοση σε σπόρο. Για τον προσδιορισμό της απόδοσης, έγινε αναγωγή του βάρους του συγκομιζόμενου σπόρου για κάθε μεταχείριση σε ένα κοινό επίπεδο υγρασίας 15,5 %.

¹ Το μήκος των γραμμών παρατηρήσεων σε κάθε καλλιέργεια ήταν ανάλογο με την πυκνότητα της φυτείας. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο και για κάθε καλλιέργεια επιδιώχθηκε να συμπεριληφθούν περίπου 50 σπόροι.

2.4.5.2 Βαμβάκι

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τα διάφορα στάδια ανάπτυξης του βαμβακιού περιλάμβαναν τα εξής χαρακτηριστικά:

Το φύτρωμα της καλλιέργειας. Κατά την περίοδο του φυτρώματος, σε κάθε πειραματικό τεμάχιο, σημαδεύτηκαν επί των μεσαίων γραμμών της καλλιέργειας τμήματα παρατηρήσεων μήκους 2 m. Στα τμήματα αυτά καταγραφόταν σε τακτικά χρονικά διαστήματα ο αριθμός των φυτών που είχαν φυτρώσει. Ο αριθμός αυτός εκφράστηκε σε φυτρωτική ικανότητα του σπόρου, δηλαδή ως ποσοστό % της ποσότητας σπόρου που τοποθετήθηκε ανά μέτρο κατά τη σπορά. Παράλληλα με κάθε μέτρηση, λαμβάνονταν τρία δείγματα εδάφους από κάθε πειραματικό αγρό για εκτίμηση της εδαφικής υγρασίας.

Το μέσο ύψος των φυτών. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο σημαδεύτηκαν τρία τυχαία φυτά. Στα φυτά αυτά μετρήθηκε περιοδικά και μέχρι να ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους, το ύψος και για κάθε πειραματικό τεμάχιο υπολογιζόταν ένας μέσος όρος. Σε κάθε καλλιεργητική περίοδο πραγματοποιήθηκαν τέσσερις μετρήσεις.

Ο μέσος αριθμός των κόμβων. Στα τρία προηγούμενα φυτά, παράλληλα με την μέτρηση του ύψους, μετρήθηκε και ο αριθμός των κόμβων. Για κάθε πειραματικό τεμάχιο προέκυπτε και πάλι ένας μέσος όρος.

Τέλος, κατά τη συγκομιδή της καλλιέργειας, σε κάθε χέρι, μετρήθηκαν:

Ο αριθμός των συγκομιζομένων καρυδιών ανά μέτρο γραμμής. Κατά τις ημερομηνίες που αναφέρονται στους πίνακες 2.3, 2.4 & 2.5, συγκομίστηκαν όλα τα καρύδια από δύο τυχαίες γραμμές μήκους 1 m από κάθε μεταχείριση. Τα καρύδια που δεν είχαν ακόμη ανοίξει αφέθηκαν σε κλειστό και ξηρό χώρο μέχρις ότου ανοίξουν και αυτά και το βάρος του σύσπορου βαμβακιού ενσωματώθηκε στο Β' χέρι. Επιπλέον, στις ίδιες γραμμές που έγινε η συγκομιδή μετρήθηκε ο αριθμός των φυτών. Με βάση τα στοιχεία αυτά υπολογίστηκε ο μέσος αριθμός καρυδιών ανά φυτό.

Η απόδοση σε σύσπορο και ίνα. Υπολογίστηκε με ζύγιση του σύσπορου βαμβακιού και έπειτα από εκκόκκιση, της ίνας της πιο πάνω ποσότητας των συγκομισθέντων καρυδιών.

Από τα παραπάνω στοιχεία υπολογίστηκε η **αναλογία σπόρου και ίνας** καθώς και **το μέσο βάρος των καρυδιών**. Επιπλέον υπολογίστηκε η **σχετική απόδοση** στο πρώτο και δεύτερο χέρι συγκομιδής.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ και ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Ζιζάνια

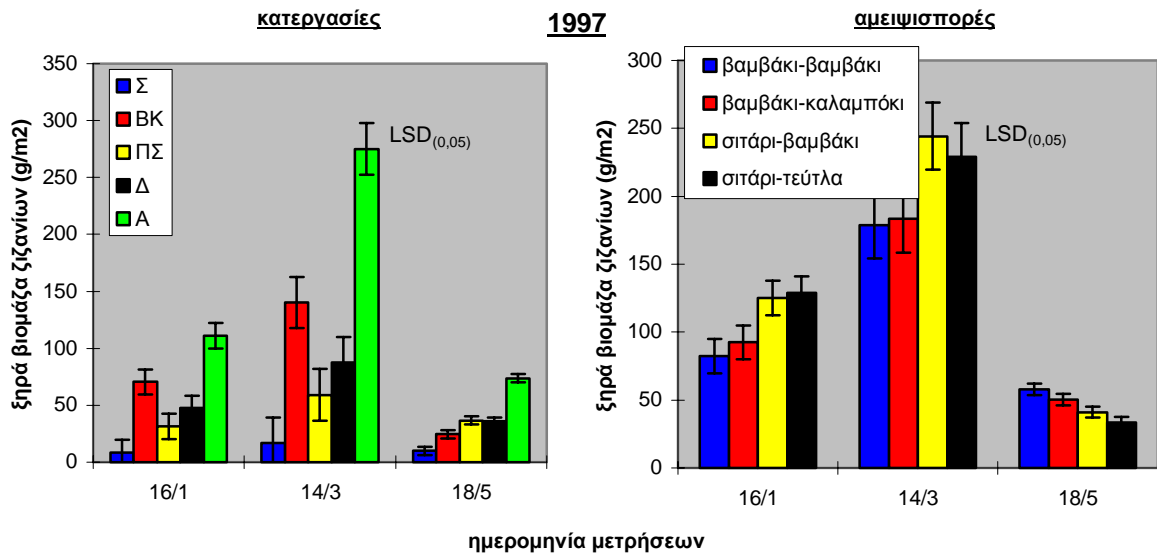
1997

Από τις μετρήσεις της ξηράς βιομάζας των ζιζανίων κατά το 1997, διαπιστώνεται ότι ο ιλυο-αργιλώδης αγρός 1 εμφάνιζε έναν πολύ υψηλότερο πληθυσμό ζιζανίων σε σχέση με τον αργιλώδη αγρό 2 (παράρτημα, πίνακας 10.1.2). Το γεγονός αυτό σχετίζεται με την διαφορετική προέλευση των δυο χωραφιών όσον αφορά την καταπολέμηση των ζιζανίων. Ο πειραματικός αγρός 1 ανήκε εξ αρχής στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου και χρησιμοποιούνταν είτε για την παραγωγή σιταριού είτε έμενε ακαλλιέργητος δεχόμενος μια χαλαρή ζιζανιοκτονία. Αντίθετα, ο πειραματικός αγρός 2 αποκτήθηκε από το Πανεπιστήμιο για πρώτη φορά το 1997. Κατά τα προηγούμενα έτη ανήκε σε ιδιώτη παραγωγό ο οποίος καλλιεργούσε βαμβάκι και εκτελούσε μια ιδιαίτερα συστηματική ζιζανιοκτονία κάθε χρονιά. Κατά συνέπεια ο το απόθεμα των σπόρων των ζιζανίων ήταν περιορισμένο.

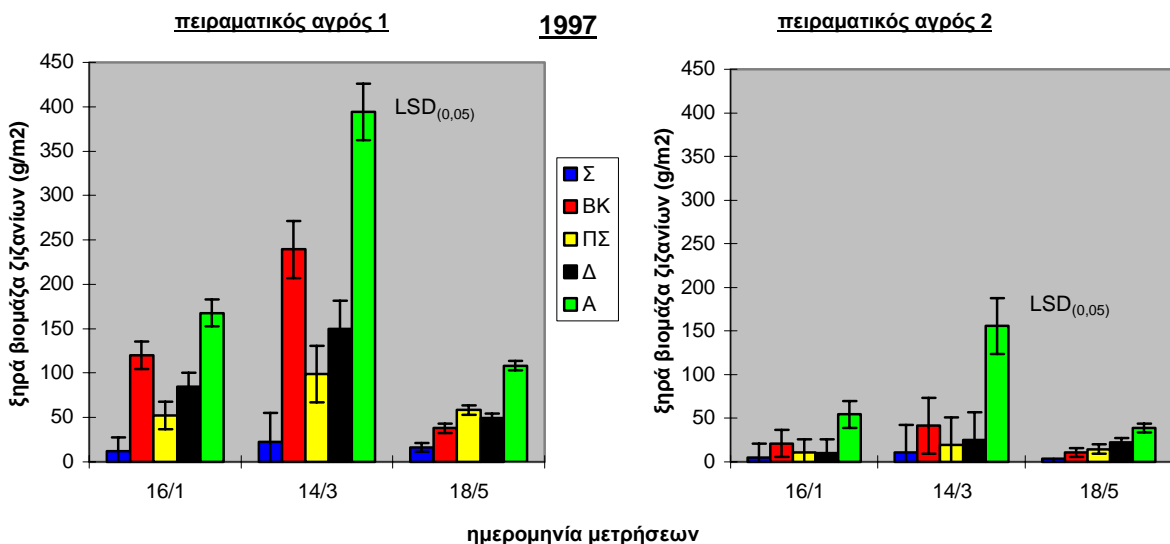
Συγκρίνοντας τις πέντε μεθόδους κατεργασίας, διαπιστώνεται ότι με τη μετάβαση σε λιγότερο εντατικές μορφές, παρατηρείται μια σημαντική αύξηση των ζιζανίων (σχήμα 3.1.1). Στις 16/1/97, δύο μήνες μετά τις πρωτογενείς κατεργασίες και στις 14/3 λίγο πριν την προετοιμασία της σποροκλίνης η επιφάνεια στα τεμάχια της ακαλλιέργειας, ήταν σχεδόν πλήρως καλυμμένη από ζιζάνια. Την ίδια περίοδο, αυξημένος ήταν ο πληθυσμός των ζιζανίων στα τεμάχια του βαρύ καλλιεργητή, ο οποίος, όπως είχε φανεί κατά τη διάρκεια της πρωτογενούς κατεργασίας, δεν κατέστρεφε αποτελεσματικά τα ζιζάνια. Αναμενόμενη ήταν η σημαντικά μειωμένη ποσότητα ζιζανίων στα τεμάχια της συμβατικής κατεργασίας αποδεικνύοντας ότι αποτελεί τον αποτελεσματικότερο τρόπο διαχείρισης του εδάφους για τον έλεγχο αυτών. Στις 18/5/97, μετά την δευτερογενή κατεργασία και τον ψεκασμό των τεμαχίων της ακαλλιέργειας, οι διαφορές μεταξύ των κατεργασιών αμβλύθηκαν. Ωστόσο, ήταν σαφές και πάλι ένα αυξημένο ποσοστό ζιζανίων στην ακαλλιέργεια.

Κατά το 1997, σημαντικές διαφορές όσον αφορά τον πληθυσμό των ζιζανίων παρουσιάστηκαν και μεταξύ των αμειψισπορών (πίνακας 3.1.1). Πιο συγκεκριμένα, οι αμειψισπορές που ακολούθησαν καλλιέργεια σιταριού, παρουσίασαν αυξημένη ποσότητα ζιζανίων, κυρίως αγρωστωδών (οπτική παρατήρηση), κατά την διάρκεια των δύο πρώτων μετρήσεων, νωρίς την άνοιξη. Κατά την τρίτη μέτρηση ωστόσο, η οποία πραγματοποιήθηκε μετά την δευτερογενή κατεργασία και την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων, ήταν τα συστήματα που παρουσίαζαν τους μικρότερους πληθυσμούς ζιζανίων (σχήμα 3.1.1). Στις αμειψισπορές μετά από σιτάρι επικρατούσαν κυρίως τα χειμερινά είδη ζιζανίων τα οποία με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας δεν καταπολεμήθηκαν αποτελεσματικά. Κατά συνέπεια, κατά την διάρκεια του χειμώνα και νωρίς της άνοιξη, οι πληθυσμοί τους ήταν αυξημένοι. Με τις επεμβάσεις της δευτερογενούς κατεργασίας όμως τα ζιζάνια αυτά καταστράφηκαν. Παράλληλα στις αμειψισπορές αυτές οι σπόροι και τα ριζώματα από εαρινά ζιζάνια ήταν λιγότερα. (σε σχέση με τις αμειψισπορές που ακολουθούσαν βαμβάκι). Η τελευταία μέτρηση πραγματοποιήθηκε μετά τη δευτερογενή κατεργασία και σε περίοδο όπου είχαν ξεκινήσει να φυτρώνουν τα εαρινά ζιζάνια. Κατά συνέπεια την περίοδο αυτή οι αμειψισπορές που παρουσίαζαν υψηλότερους πληθυσμούς ήταν αυτές που ακολουθούσαν βαμβάκι.

Από τον πίνακα 10.1.2 του παραρτήματος διαπιστώνεται ακόμη ότι υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων περιοχής – κατεργασίας. Στο σχήμα 3.1.2 φαίνεται ότι οι διαφορές μεταξύ των κατεργασιών παρουσιάστηκαν μόνο στον ιλυο-αργιλώδη αγρό 1 όπου υπήρχε γενικό πρόβλημα με τα ζιζάνια. Αντίθετα, στον αργιλώδη αγρό 2, σημαντικά αυξημένοι πληθυσμοί ζιζανίων διαπιστώθηκαν μόνο στην μέθοδο της ακαλλιέργειας τη στιγμή που όλες οι άλλες μεταχειρίσεις εμφάνιζαν πολύ μικρές προσβολές. Το γεγονός αυτό σχετίζεται με την εντατική ζιζανιοκτονία που εφαρμοζόταν κατά τα προηγούμενα έτη στον αγρό 2 γεγονός το οποίο επέτρεψε, τουλάχιστον για ένα έτος, την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας χωρίς την αντιμετώπιση ιδιαίτερων προβλημάτων με τα ζιζάνια.



Σχήμα 3.1.1: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους και τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς κατά το 1997. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.



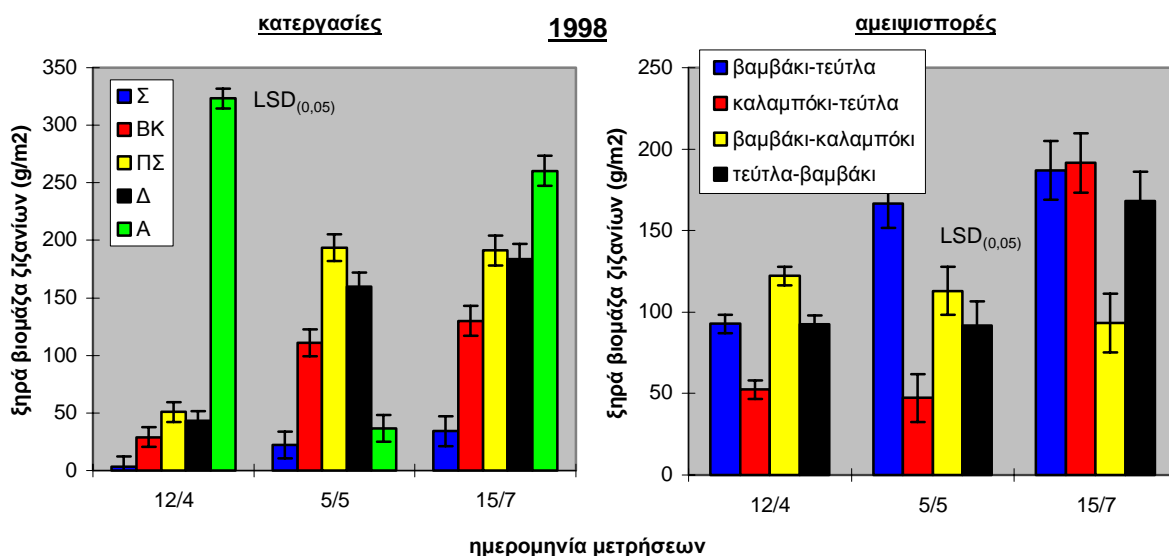
Σχήμα 3.1.2: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στους δυο πειραματικούς αγρούς κατά το 1997. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.

1998

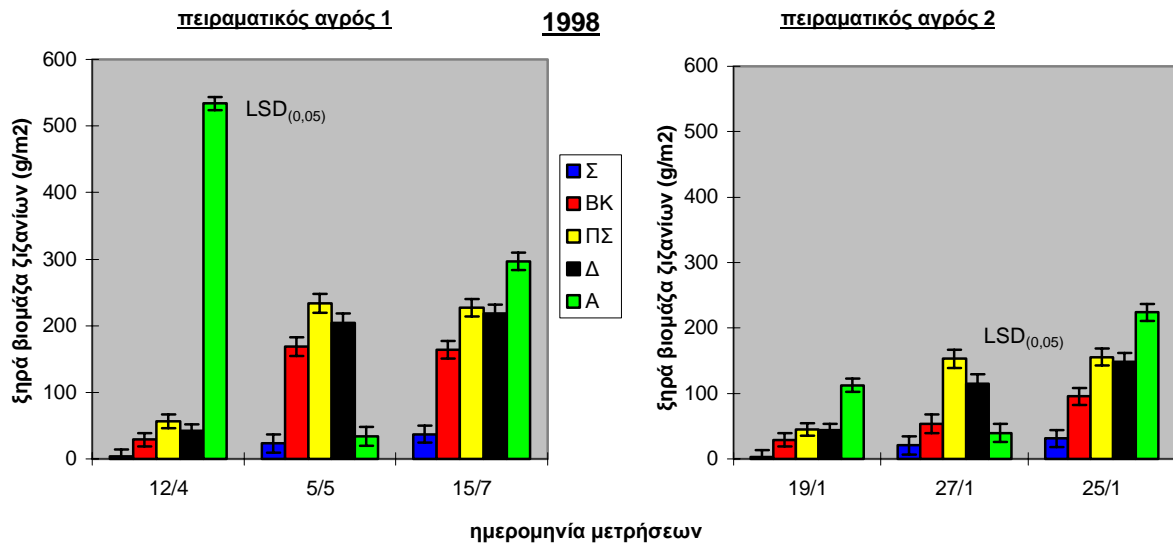
Για το 1998 τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια. Μεταξύ των δυο πειραματικών αγρών, υπήρξαν και πάλι σημαντικές διαφορές στην ξηρά βιομάζα των ζιζανίων με τον αγρό 1 να εμφανίζει τους υψηλότερους πληθυσμούς (παράρτημα, πίνακας 10.1.2).

Συγκρίνοντας τις διάφορες μεθόδους κατεργασίας διαπιστώνεται και πάλι ένας αυξημένος πληθυσμός ζιζανίων στις περιπτώσεις όπου η κατεργασία ήταν μειωμένη. Στις 12/4, δέκα ημέρες μετά την προετοιμασία της σποροκλίνης, τα τεμάχια της ακαλλιέργειας εμφάνιζαν ένα σημαντικό αυξημένο ποσοστό ζώσας φυτικής μάζας από ζιζάνια (σχήμα 3.1.3). Στις 5/5, τρεις εβδομάδες αργότερα, το ποσοστό είχε σχεδόν μηδενιστεί εξαιτίας της δράσης του *glyphosate*. Ωστόσο στις 15/7, μετά από δύο μήνες, παρατηρήθηκε και πάλι μια σημαντική αύξηση των ζιζανίων στην ακαλλιέργεια. Αποτελεσματικότερη όλων των μεθόδων αποδείχτηκε και πάλι η συμβατική κατεργασία του εδάφους.

Κατά το 1998, οι αμειψισπορές στο χωράφι ήταν διαφορετικές. Ωστόσο υπήρξε και πάλι σημαντική επίδραση του παράγοντα αυτού πάνω στην ποσότητα των ζιζανίων (παράρτημα, πίνακας 10.1.2). Συγκεκριμένα, κατά τις δυο πρώτες μετρήσεις, οι αμειψισπορές “βαμβάκι – ζαχαρότευτλα” και “βαμβάκι – καλαμπόκι” εμφάνιζαν σημαντικά υψηλότερο πληθυσμό ζιζανίων, έναντι της αμειψισποράς “καλαμπόκι – ζαχαρότευτλα” (σχήμα 3.1.3). Στην τελευταία περίπτωση, φαίνεται ότι τα στελέχη του καλαμποκιού, όταν σκίαζαν την επιφάνεια του εδάφους, ανέστειλαν το φύτρωμα των ζιζανίων με αποτέλεσμα κατά τις πρώτες μετρήσεις, να παρατηρείται μειωμένος πληθυσμός στην αμειψισπορά αυτή. Μια ενδιάμεση κατάσταση εμφανίστηκε στην αμειψισπορά “ζαχαρότευτλα – βαμβάκι”. Στην τελευταία μέτρηση ωστόσο, η οποία πραγματοποιήθηκε όταν οι καλλιέργειες είχαν αναπτυχθεί, στην αμειψισπορά “βαμβάκι – καλαμπόκι”, τα ζιζάνια ήταν σημαντικά λιγότερα σε σχέση με αυτά που αναπτύχθηκαν σε όλες τις υπόλοιπες καλλιέργειες. Κατά το διάστημα αυτό, η καλλιέργεια του καλαμποκιού είχε την ιδιότητα να παρουσιάζεται ιδιαίτερα ανταγωνιστική εξαιτίας της ταχείας και έντονης ανάπτυξης και γι’ αυτό κατάφερε ακόμη και στις μεθόδους περιορισμένης κατεργασίας όπου το πρόβλημα με τα ζιζάνια ήταν μεγαλύτερο, να αναπτυχθεί σχετικά ικανοποιητικά ξεπερνώντας το κρίσιμο στάδιο του ανταγωνισμού.



Σχήμα 3.1.3: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους και τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς κατά το 1998. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.

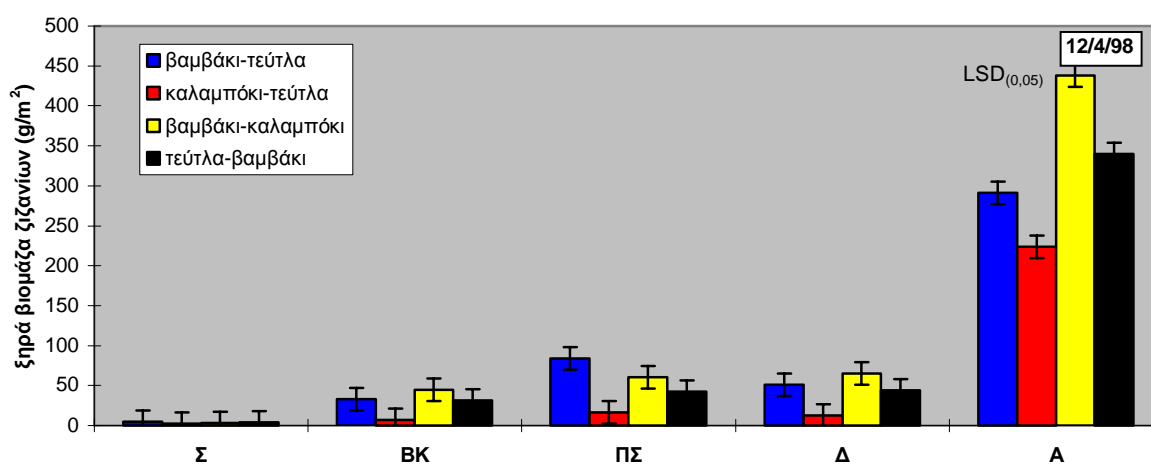


Σχήμα 3.1.4: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στους δυο πειραματικούς αγρούς κατά το 1998. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και A = ακαλλιέργεια.

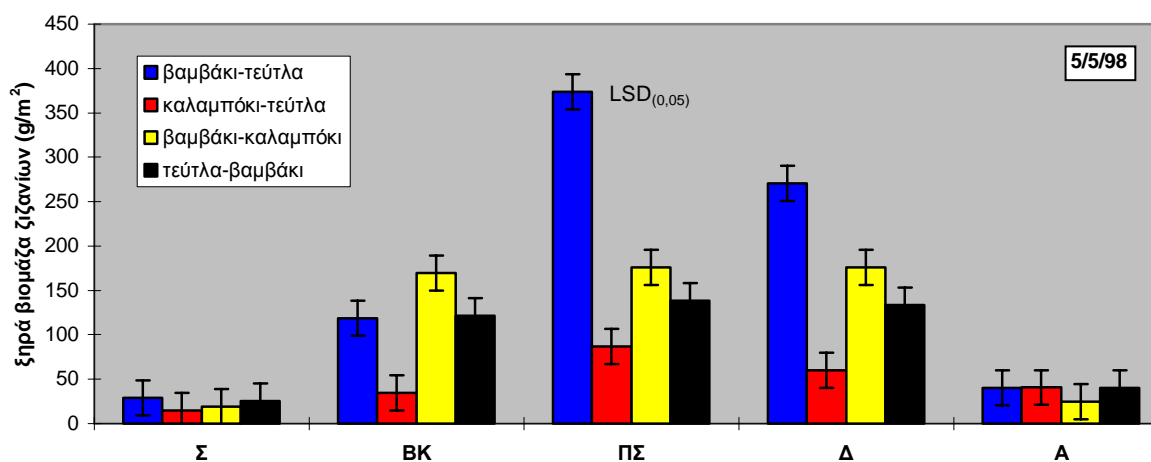
Όπως και την πρώτη χρονιά, έτσι και το δεύτερο έτος διαπιστώθηκαν σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων περιοχής – κατεργασίας (παράρτημα, πίνακας 10.1.2). Από την μέτρηση στις 12/4/98 διαπιστώνεται ότι η μέθοδος της ακαλλιέργειας στον πειραματικό αγρό 1, εμφάνιζε έναν αξιοσημείωτα υψηλό πληθυσμό ζιζανίων σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους κατεργασίας (σχήμα 3.1.4). Το πρόβλημα με τα ζιζάνια που ήδη είχε παρουσιαστεί στην μέθοδο αυτή κατά το προηγούμενο έτος επιδεινώθηκε σημαντικά κατά την δεύτερη συνεχή χρονιά εφαρμογής του συστήματος εξαιτίας της αναποτελεσματικής αντιμετώπισής τους. Στον αγρό 2 αντίθετα, το πρόβλημα ήταν περιορισμένο κατά το πρώτο έτος και συνέχισε να είναι μικρότερο κατά το δεύτερο. Στις 5/5/98, τα ζιζάνια στην μέθοδο της ακαλλιέργειας, είχαν και στους δυο αγρούς, καταστραφεί από την δράση του *glyphosate*. Την περίοδο αυτή, στον πειραματικό αγρό 1, στις μεθόδους του βαρύ καλλιεργητή, του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, υπήρχε υψηλότερος πληθυσμός ζιζανίων σε σχέση με αυτόν που υπήρχε στις αντίστοιχες μεθόδους στον αγρό 2. Στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας όμως, τα ζιζάνια ήταν το ίδιο περιορισμένα και στους δυο αγρούς υποδεικνύοντας με τον τρόπο αυτό ότι το όργωμα αποτελεί μια πρακτική η οποία είναι ικανή να περιορίσει σε ικανοποιητικό βαθμό τον πληθυσμό των ζιζανίων, ακόμη και όταν αυτός είναι υψηλός.

Τέλος, κατά το δεύτερο έτος διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις και μεταξύ των παραγόντων αμειψισποράς - κατεργασίας (παράρτημα, πίνακας 10.1.2). Κατά τις δύο πρώτες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις 12/4 και 5/5/98, (σχήματα 3.1.5 & 3.1.6) παρατηρήθηκε ένας μειωμένος πληθυσμός ζιζανίων στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα”. Αυτή η διαφοροποίηση ήταν εμφανής σε όλες τις μεθόδους περιορισμένης κατεργασίας οι οποίες άφηναν μεγάλο ποσοστό από τα φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια του εδάφους, δεν διαπιστώθηκε όμως στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας όπου τα φυτικά υπολείμματα είχαν ενσωματωθεί με το όργωμα στο έδαφος αφήνοντας την επιφάνεια γυμνή. Στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας, τα φυτικά υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας του καλαμποκιού που υπήρχαν στην επιφάνεια του εδάφους, κατά την διάρκεια της σποράς παραμερίστηκαν και τοποθετήθηκαν μεταξύ των γραμμών της καλλιέργειας. Όπως

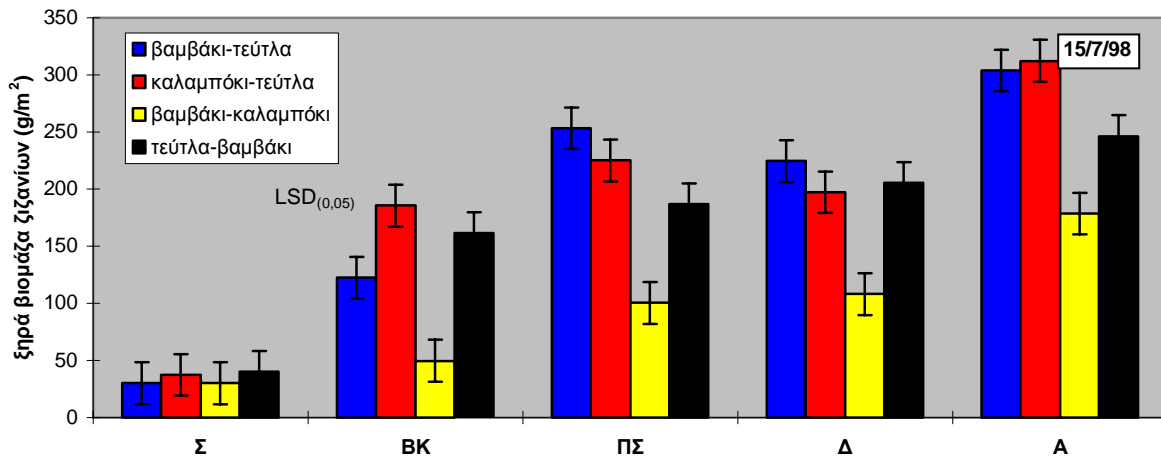
αναφέρθηκε και πιο πάνω τα υπολείμματα αυτά σκίαζαν το έδαφος και ανέστειλαν την βλάστηση των σπόρων των ζιζανίων με αποτέλεσμα το σύστημα της αμειψισποράς ‘καλαμπόκι – τεύτλα’ να πλεονεκτεί έναντι των άλλων συστημάτων όταν εφαρμόζονται μέθοδοι μειωμένης κατεργασίας του εδάφους. Στις 5/5/98 οι πιο πάνω διαφορές ήταν εμφανείς μόνο στις μεθόδους του βαρύ καλλιεργητή, του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας ενώ στην ακαλλιέργεια, εξ αιτίας της δράσης του *glyphosate*, εξαφανίστηκαν (σχήμα 3.1.6). Η πιο πάνω κατάσταση μεταβλήθηκε αργότερα την περίοδο του καλοκαιριού όταν οι καλλιέργειες βρίσκονταν στο στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης. Από την μέτρηση στις 15/7/98 διαπιστώνεται ότι η αμειψισπορά που παρουσιάζει τον μικρότερο πληθυσμό ζιζανίων στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας, είναι ο συνδυασμός ‘βαμβάκι – καλαμπόκι’ (σχήμα 3.1.7). Την περίοδο αυτή επικρατεί έντονος ανταγωνισμός μεταξύ των φυτών των καλλιεργειών και των ζιζανίων. Η καλλιέργεια του καλαμποκιού, παρουσιάζοντας μια έντονη βλαστική ανάπτυξη, αποδεικνύεται ιδιαίτερα αποτελεσματική στον ανταγωνισμό με τα ζιζάνια ακόμη και στις μεθόδους περιορισμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας.



Σχήμα 3.1.5: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 12/4/98. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.



Σχήμα 3.1.6: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 5/5/98. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.

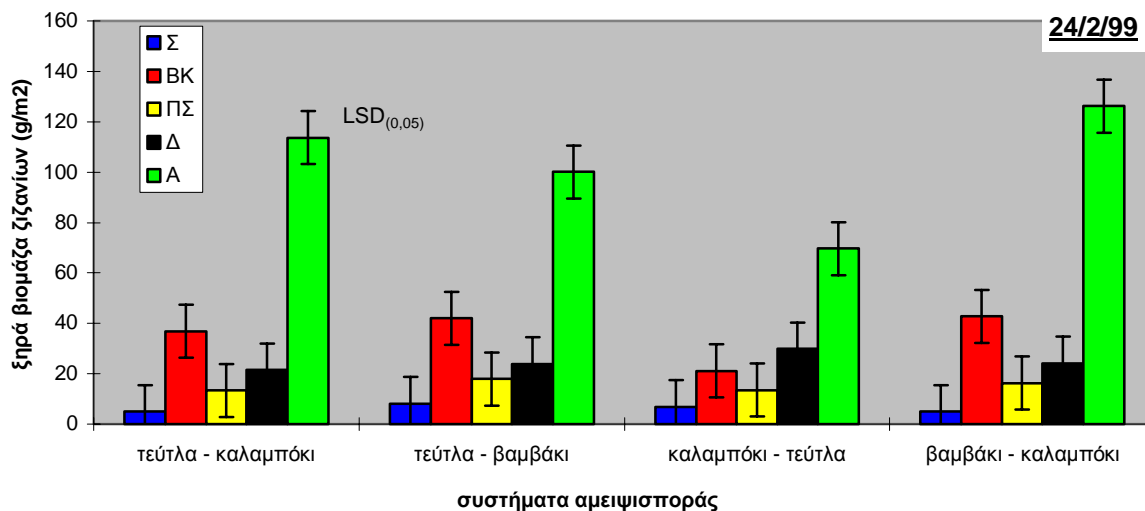


Σχήμα 3.1.7: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 15/7/98. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.

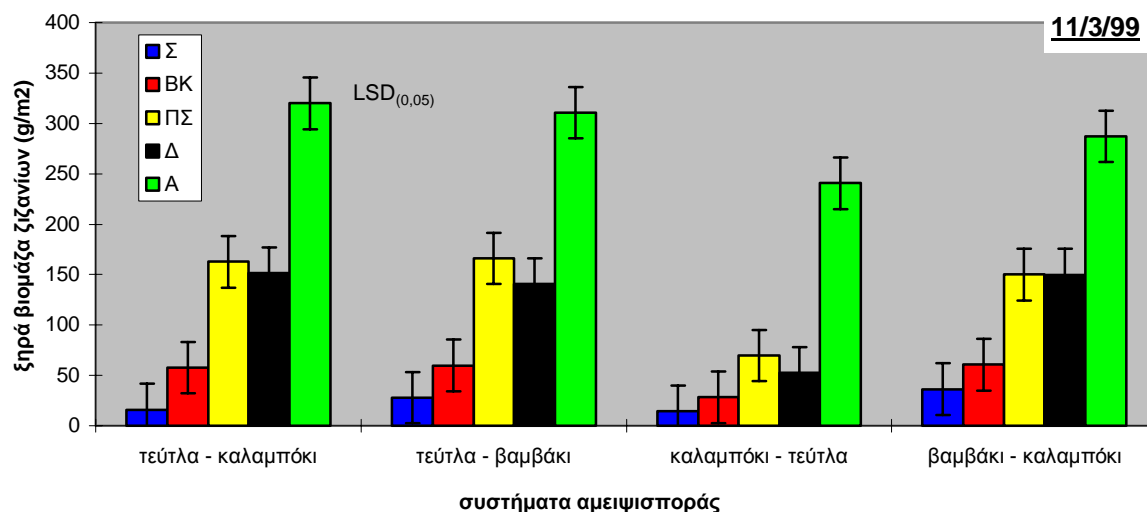
1999

Κατά το τρίτο έτος επανάληψης του πειράματος, η σπορά των καλλιεργειών έγινε σε ημερομηνίες οι οποίες παρουσίαζαν μεταξύ τους μεγάλη χρονική διαφορά. Τα τεύτλα σπάρθηκαν στις 4/3/99, ενώ το καλαμπόκι στις 15/4/99 και το βαμβάκι στις 24/4/99. Για το λόγο αυτό οι επεμβάσεις δευτερογενούς κατεργασίας πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Για την αμειψισπορά που περιελάμβανε την σπορά τεύτλων, η προετοιμασία της σποροκλίνης ολοκληρώθηκε στις 25/2/99, για τις αμειψισπορές που περιελάμβαναν την σπορά καλαμποκιού στις 14/4/99 ενώ για την αμειψισπορά που περιελάμβανε την σπορά βαμβακιού στις 23/4/99. Επίσης η εφαρμογή του *glyphosate* έγινε είτε λίγο πριν ή αμέσως μετά την σπορά της κάθε καλλιέργειας.

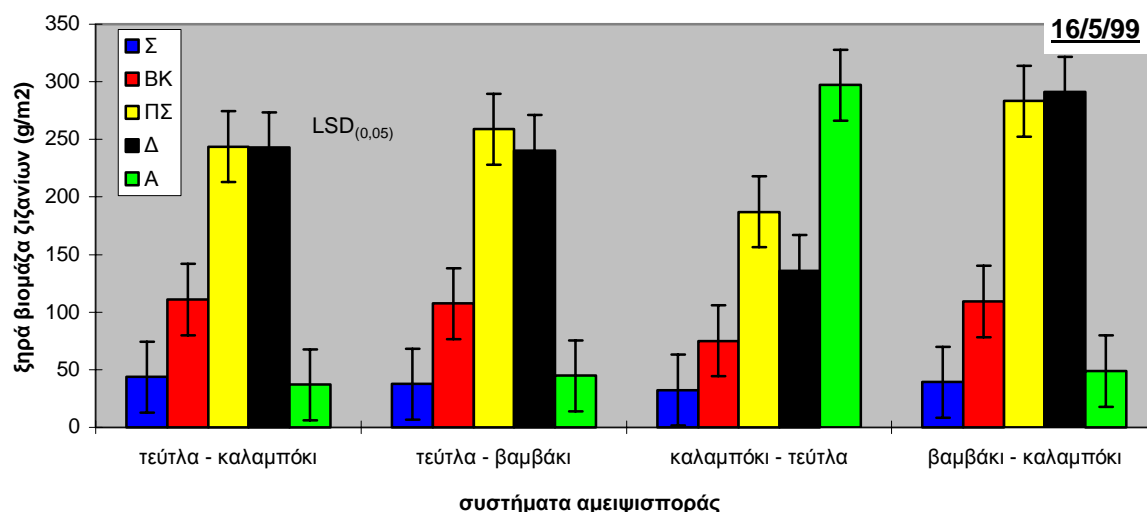
Ως συνέπεια των διαφορετικών χρόνων των επεμβάσεων, η ανάπτυξη των ζιζανίων στα διάφορα συστήματα αμειψισποράς ήταν διαφορετική.



Σχήμα 3.1.8: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 24/2/99.



Σχήμα 3.1.9: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 11/3/99.



Σχήμα 3.1.10: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 16/5/99.

Στις 24/2/99, μια ημέρα πριν από την πραγματοποίηση των πρώτων επεμβάσεων δευτερογενούς κατεργασίας, τα τεμάχια της ακαλλιέργειας παρουσίαζαν σε όλες τις αμειψισπορές μια στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερη βιομάζα ζιζανίων (σχήμα 3.1.8). Πολλά ζιζάνια υπήρχαν επίσης στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή. Μικρότερη ήταν η ανάπτυξη των ζιζανίων στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας ενώ σημαντικά μειωμένη ποσότητα ζιζανίων υπήρχε στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας.

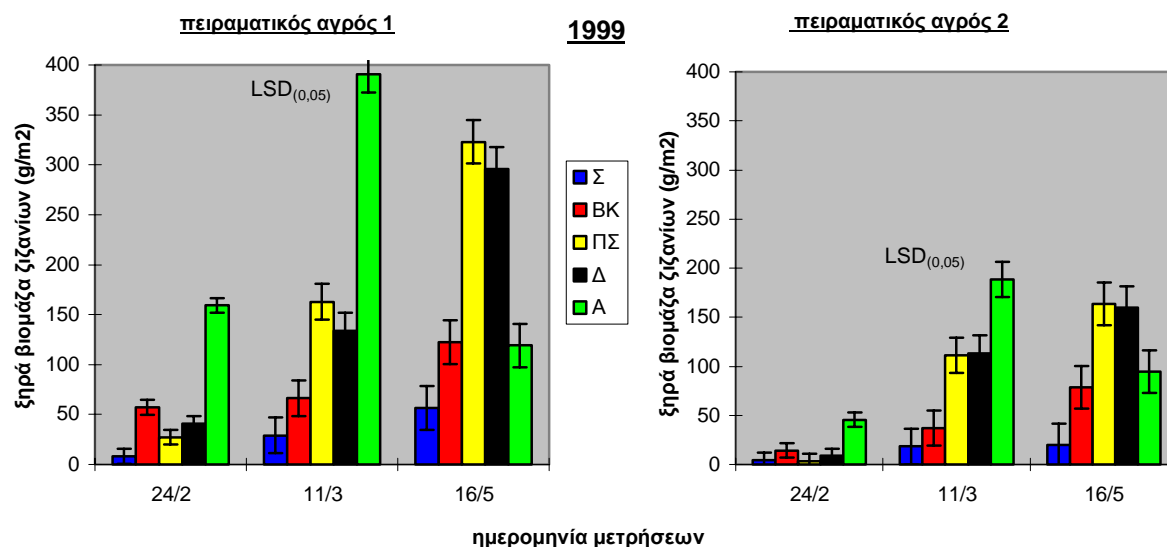
Από τον πίνακα 10.1.2 του παραρτήματος, διαπιστώνεται ότι μεταξύ των συστημάτων αμειψισποράς και των μεθόδων κατεργασίας σημειώθηκε στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.1.8, η μέθοδος της ακαλλιέργειας στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” εμφάνιζε την χαμηλότερη βιομάζα ζιζανίων ενώ στην αμειψισπορά “βαμβάκι – καλαμπόκι” την υψηλότερη. Στην πρώτη περίπτωση, τα πλούσια φυτικά υπολείμματα από την καλλιέργεια του καλαμποκιού που παρέμεναν στην επιφάνεια του εδάφους, ανέστειλλαν το φύτρωμα των ζιζανίων. Στην δεύτερη περίπτωση αντίθετα, τα φυτικά υπολείμματα από την καλλιέργεια του βαμβακιού ήταν ελάχιστα

Στη μέτρηση της 11/3/99 φαίνεται μια στατιστικώς σημαντική επίδραση του συστήματος αμειψισποράς στην ξηρά βιομάζα των ζιζανίων (παράρτημα, πίνακας 10.1.2).

Στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” υπήρχε μια σημαντικά μικρότερη βιομάζα ζιζανίων. Στο σύστημα αυτό έχει ήδη γίνει η σπορά των τεύτλων καθώς και η εφαρμογή του *glyphosate*. Την περίοδο αυτή, η υψηλότερη βιομάζα ζιζανίων συνεχίζει να εμφανίζεται στην ακαλλιέργεια καθότι η δράση του *glyphosate* δεν έχει ακόμη εκδηλωθεί (σχήμα 3.1.9). Η βιομάζα όμως είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή που παρατηρήθηκε στην αντίστοιχη μέθοδο κατεργασίας των υπολοίπων συστημάτων αμειψισποράς. Όπως και στη μέτρηση της 24/2 τα πλούσια φυτικά υπολείμματα του καλαμποκιού που παρέμεναν στην επιφάνεια του εδάφους, ευθύνονταν για το μειωμένο φύτρωμα των ζιζανίων. Οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας παρουσιάζουν επίσης σημαντικά μικρότερη βιομάζα ζιζανίων σε σχέση με αυτή που εμφανίζεται στις αντίστοιχες μεθόδους κατεργασίας των υπολοίπων τριών συστημάτων αμειψισποράς (σχήμα 3.1.9). Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι στις 25/2, στις δύο προαναφερόμενες μεταχειρίσεις, έχει πραγματοποιηθεί δευτερογενής κατεργασία με ένα πέρασμα με ελαφρύ καλλιεργητή. Αντίθετα για τα υπόλοιπα τρία συστήματα αμειψισποράς, στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, δεν έχει ακόμη πραγματοποιηθεί δευτερογενής κατεργασία. Η μικρότερη βιομάζα ζιζανίων παρουσιάζεται και πάλι στην συμβατική κατεργασία καθώς και στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή. Στις μεταχειρίσεις αυτές, με σκοπό τον θρυμματισμό των μεγαλύτερων βόλων που δημιουργήθηκαν με την πρωτογενή κατεργασία, πραγματοποιήθηκαν δύο περάσματα με τον ελαφρύ καλλιεργητή για την προετοιμασία της σποροκλίνης. Αυτό είχε ως συνέπεια και την αποτελεσματικότερη καταστροφή των ζιζανίων. Επιπλέον, στην συμβατική κατεργασία, με την αναστροφή του εδάφους κατά το όργωμα, παραχώθηκαν οι σπόροι των ετήσιων ζιζανίων.

Στα υπόλοιπα τρία συστήματα αμειψισποράς, στις 11/3/99, την υψηλότερη βιομάζα ζιζανίων παρουσιάζει και πάλι η μέθοδος της ακαλλιέργειας. Το έδαφος στη μεταχείριση αυτή είναι σχεδόν πλήρως καλυμμένο με ζιζάνια. Οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας παρουσιάζουν επίσης σημαντική ανάπτυξη των ζιζανίων καθότι από την επέμβαση της πρωτογενούς κατεργασίας έχουν παρέλθει δύο μήνες περίπου. Αντίθετα στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή τα ζιζάνια είναι λιγότερα διότι πραγματοποιήθηκε μια επιπλέον επέμβαση με τον ελαφρύ καλλιεργητή στις 25/2/99.

Η τρίτη σειρά μετρήσεων πραγματοποιήθηκε στις 16/5/99 δέκα περίπου ημέρες πριν γίνει το πρώτο σκάλισμα. Την περίοδο αυτή οι καλλιέργειες του καλαμποκιού και του βαμβακιού έχουν μόλις ολοκληρώσει το φύτρωμα ενώ η καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων βρίσκεται στο στάδιο της ταχείας βλαστικής ανάπτυξης με μέση φυλλική επιφάνεια 1,4. Όπως διαπιστώνεται και από το σχήμα 3.1.10, σε όλα τα συστήματα αμειψισποράς, τα λιγότερο ανεπτυγμένα ζιζάνια παρατηρούνται στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας. Δύο φορές περίπου μεγαλύτερη είναι η ανάπτυξη των ζιζανίων στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή, ενώ στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας τα ζιζάνια ήταν έξι με επτά φορές περισσότερα. Τέλος, στην μέθοδο της ακαλλιέργειας η κατάσταση παρουσιάζεται διαφοροποιημένη μεταξύ των αμειψισπορών. Στα συστήματα που προβλεπόταν η σπορά βαμβακιού και καλαμποκιού, η ανάπτυξη των ζιζανίων είναι περιορισμένη και κυμαίνεται στα επίπεδα της συμβατικής κατεργασίας. Στις μεταχειρίσεις αυτές έχει παρέλθει ένα διάστημα 20 με 30 ημερών από την εφαρμογή του *glyphosate*. Τα περισσότερα από τα ζιζάνια έχουν ξεραθεί και κείτονται στην επιφάνεια του εδάφους αποτρέποντας για ένα μικρό διάστημα το φύτρωμα νέων ζιζανίων. Στο σύστημα “καλαμπόκι – τεύτλα” ωστόσο έχει παρέλθει ένα διάστημα δύομισι μηνών από την εφαρμογή του *glyphosate* και στην μέθοδο της ακαλλιέργειας έχουν φυτρώσει νέα ζιζάνια. Σε συνδυασμό με το μειωμένο φύτρωμα της καλλιέργειας των τεύτλων στην μέθοδο αυτή, τα ζιζάνια αυτά αναπτύχθηκαν ταχύτατα και η μεταχείριση εμφανίζει την υψηλότερη προσβολή.



Σχήμα 3.1.11: Σύγκριση της ποσότητας (ξηράς βιομάζας) των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στους δυο πειραματικούς αγρούς κατά το 1999. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και A = ακαλλιέργεια.

Συγκρίνοντας μεταξύ τους τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς και εξαιρώντας την μέθοδο της ακαλλιέργειας διαπιστώνεται ότι στο σύστημα “καλαμπόκι – τεύτλα” τα ζιζάνια είναι ελαφρώς λιγότερα (σχήμα 3.1.10). Το γεγονός αυτό δεν οφείλεται στο σύστημα της αμειψισποράς αλλά στον ανταγωνισμό που ασκούν τα φυτά της καλλιέργειας των ζαχαροτεύτλων καθότι βρίσκονται σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης.

Τέλος, όπως και στα προηγούμενα δύο έτη, στατιστικές σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν και μεταξύ των δύο αγρών (πίνακας 3.1.3). Σε όλες τις μετρήσεις, ο πειραματικός αγρός 1 παρουσίαζε μια σημαντικά υψηλότερη βιομάζα ζιζανίων (σχήμα 3.1.11).

Κατά την περίοδο των παρατηρήσεων τα επικρατέστερα είδη των ζιζανίων ήταν: *Sonchus sp*, *Amaranthus retroflexus*, *Cirsium arvensis*, *Xanthium strumarium*, *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-gali*, *Cyperus rotundus*, *Convolvulus arvensis*, *Silipum marianna*, *Euphorbia helioscopia*, *Veronica hederifolia*.

Συζήτηση

Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει από τα τρία έτη του πειράματος, είναι ότι η μετάβαση σε μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους, δημιουργεί ένα σοβαρό πρόβλημα με την καταπολέμησή των ζιζανίων. Λίγο πριν την προετοιμασία της σποροκλίνης, και στα τρία έτη, ήταν εμφανής ένας σημαντικά μειωμένος πληθυσμός ζιζανίων στην επιφάνεια του εδάφους της συμβατικής κατεργασίας σε σχέση με τις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας που δοκιμάστηκαν. Φαίνεται ότι η βαθιά κατεργασία και αναστροφή του εδάφους δίνει την δυνατότητα αποτελεσματικού ελέγχου των ζιζανίων καταστρέφοντας τις ρίζες των πολυετών και παραχώνοντας στο έδαφος του σπόρους των μονοετών ειδών.

Κατά την περίοδο μετά την πρωτογενή κατεργασία του εδάφους και πριν την προετοιμασία της σποροκλίνης, τα περισσότερα ζιζάνια υπήρχαν στη μέθοδο της ακαλλιέργειας. Το γεγονός αυτό ήταν αναμενόμενο καθότι τα χειμερινά ζιζάνια δεν καταστρέφονται με κάποια επέμβαση και μέχρι και την εφαρμογή του *glyphostae* αναπτύσσονται διαρκώς. Παράλληλα όμως αποτελεί και ένα από τα βασικά οφέλη που παρέχει η εφαρμογή της ακαλλιέργειας σε συνδυασμό με την διατήρηση των φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους, διότι τα ζιζάνια και τα υπολείμματα προστατεύουν το έδαφος από την διάβρωση κατά την κρίσιμη χειμερινή περίοδο όπου δεν υπάρχει κάποια καλλιέργεια. Σύμφωνα με τους James and Russell (1996) η προστασία από την διάβρωση είναι ανάλογη με το ποσοστό κάλυψης του εδάφους. Από αυτή την άποψη η μέθοδος της ακαλλιέργειας παρέχει την υψηλότερη αντιδιαβρωτική προστασία.

Την ίδια περίοδο (το διάστημα μεταξύ πρωτογενούς και δευτερογενούς κατεργασίας του εδάφους) την δεύτερη υψηλότερη ξηρά βιομάζα ζιζανίων παρουσίαζε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή. Στους βαρείς καλλιεργητές οι αποστάσεις μεταξύ των υνιών είναι συνήθως μεγάλες Αυτό έχει ως συνέπεια να μην προκαλείται αναμόχλευση του επιφανειακού στρώματος του εδάφους και πολλά από τα ζιζάνια να παραμένουν ανέπαφα, οδηγώντας στην μη αποτελεσματική καταπολέμηση των ζιζανίων στα σημεία μεταξύ των υνιών. Πολλά από τα ζιζάνια υφίστανται απλώς μια μηχανική καταπόνηση την οποία συνήθως έχουν την δυνατότητα να ξεπεράσουν και να συνεχίσουν την ανάπτυξή τους. Το γεγονός αυτό από τη μια δημιουργεί κατάλληλες συνθήκες για την προστασία του εδάφους από την διάβρωση ενώ από την άλλη προϋποθέτει την διεξαγωγή επιμελέστερων επεμβάσεων κατά την προετοιμασία της σποροκλίνης.

Το περιστροφικό σκαπτικό και η δισκοσβάρνα ήταν αρκετά αποτελεσματικότερα στην καταστροφή των ζιζανίων που υπήρχαν φυτρωμένα στο έδαφος. Ωστόσο το πρόβλημα δεν φάνηκε να αντιμετωπίζεται ολοκληρωτικά διότι λίγο αργότερα νέοι σπόροι ζιζανίων φύτρωναν και ζιζάνια κάλυπταν ξανά το έδαφος. Προφανώς η μη αναστροφή του εδάφους επιτρέπει τους σπόρους που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια να βρουν ευνοϊκές συνθήκες και να φυτρώσουν. Για να ξεπεραστεί το παραπάνω πρόβλημα η Bostrom (1999) προτείνει κατά την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας την συστηματική εφαρμογή σε μειωμένες δόσεις των κατάλληλων ζιζανιοκτόνων σε τακτικότερα χρονικά διαστήματα.

Αποτελεσματικότερο όλων των εργαλείων ήταν το άροτρο. Με την αναστροφή του εδάφους, όλα τα ζιζάνια παραχώνονταν στο έδαφος. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Colbach, *et al.* (2000), Reuss, *et al.* (2001), οι σπόροι των ζιζανίων που θάβονται βαθιά μέσα στο έδαφος αδρανοποιούνται καθώς εγκλωβίζονται μέσα σε συσσωματώματα του εδάφους. Η επιφάνεια του εδάφους διατηρούνταν ελεύθερη από ζιζάνια μέχρι και τις επεμβάσεις της δευτερογενούς κατεργασίας. Παρότι κατά την δευτερογενή κατεργασία δεν απαιτούνται επιμελείς επεμβάσεις για την καταστροφή των ζιζανίων εντούτοις οι επεμβάσεις που απαιτούνται για τον

θρυμματισμό των μεγάλων βόλων μπορεί να είναι πολύ περισσότερες. Επιπλέον, το έδαφος παραμένοντας γυμνό καθ' όλη την διάρκεια του χειμώνα κινδυνεύει πολύ περισσότερο από την διάβρωση.

Μετά την πραγματοποίηση της δευτερογενούς κατεργασίας, τα περισσότερα ζιζάνια υπήρχαν και πάλι στις μεθόδους της μειωμένης κατεργασίας. Παρόλο, που με πολλαπλά περάσματα της δισκοσβάρνας ή του ελαφρύ καλλιεργητή κατά την προετοιμασία της σποροκλίνης τα ζιζάνια στις μεθόδους του βαρύ καλλιεργητή, του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας καταστρέφονταν, εν' τούτοις λίγες εβδομάδες αργότερα γινόταν αισθητή η επανεμφάνιση νέων ζιζανίων. Τα ζιζάνια αυτά προκαλούσαν προβλήματα στα πρώτα στάδια ανάπτυξης όπου η καλλιέργεια είναι πιο ευαίσθητη (Paramichail, 1998) της καλλιέργειας με αποτέλεσμα η επιτυχία της φυτείας να εξαρτάται ακόμα περισσότερο από την αποτελεσματική χρήση ζιζανιοκτόνων και μηχανικών σκαλισμάτων.

Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας ακολουθήθηκε ένας εναλλακτικός τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος ο οποίος ωστόσο επίσης δεν αποδείχτηκε επαρκής. Τα ζιζάνια καταστρέφονταν με κάποιο καθολικό ζιζανιοκτόνο, είτε λίγες μέρες πριν τη σπορά είτε αμέσως μετά και πριν φυτρώσουν τα φυτά της καλλιέργειας. Η προσέγγιση αυτή έδινε ένα αρχικό προβάδισμα στα φυτά της καλλιέργειας διότι μέχρι να καταστραφούν τα ψεκασμένα ζιζάνια δεν δημιουργούνταν ευνοϊκές προϋποθέσεις για να φυτρώσουν οι σπόροι των ζιζανίων που κείτονταν στην επιφάνεια του εδάφους. Η διαδικασία έναρξης του φυτρώματος για τους σπόρους πολλών ζιζανίων ελέγχεται από την παρουσία και την ποιότητα του φωτός (Pekrun, 2003). Η ερυθρή ακτινοβολία ενεργοποιεί την βλάστηση ενώ η υπέρυθη την απενεργοποιεί. Οι πράσινοι ιστοί των φυτών απορροφούν την ερυθρή ακτινοβολία και αντανακλούν το μεγαλύτερο μέρος από την υπέρυθη. Όσο οι σπόροι των ζιζανίων βρίσκονταν υπό την σκίαση των ζωντανών ζιζανίων αναστέλλονταν το φύτεμα. Έτσι λίγες ημέρες μετά την έναρξη του φυτρώματος της καλλιέργειας ήταν εμφανής ένας σημαντικά μειωμένος πληθυσμός ζιζανίων στην μέθοδο της ακαλλιέργειας. Μετά την ξήρανσή τους από το *glyphosate*, τα ζιζάνια έχασαν τον πρασινωπό χρωματισμό τους και μαζί την ικανότητα να απορροφούν την ερυθρή ακτινοβολία. Επιπλέον, με την συρρίκνωση των φυτικών ιστών μειώθηκε η σκίαση του εδάφους. Έτσι δόθηκε η ευκαιρία σε νέους σπόρους ζιζανίων που κείτονταν στην επιφάνεια του εδάφους να φυτρώσουν. Ομοίως, οι Streit *et al.* (2001) αναφέρουν μειωμένους πληθυσμούς ζιζανίων για την περίπτωση της ακαλλιέργειας διότι τα φυτικά υπολείμματα ανέστελλαν το φύτεμα των σπόρων. Η κατάσταση αυτή όμως δεν διαρκούσε για πολύ και όταν συνδυάζονταν με ένα μειωμένο φύτεμα της καλλιέργειας, που συνήθως υπήρχε στη μέθοδο αυτή, πιθανώς λόγω της ακαταλληλότητας της σπαρτικής μηχανής, δίνονταν η ευκαιρία σε σπόρους ζιζανίων που κείτονταν κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, καθώς και σε πολυετή ζιζάνια που πολλαπλασιάζονται με υπόγειους βλαστούς να φυτρώσουν και να προκαλέσουν σοβαρό πρόβλημα στην ανάπτυξη της καλλιέργειας.

Η μη κατεργασία όμως του εδάφους αποκλείει την ενσωμάτωση των ζιζανιοκτόνων εδάφους. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει μετά την εφαρμογή του σκευάσματος να εφαρμοστεί πότισμα. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Brown *et al.* (1994), Novak, *et al.* (1996) εξαιτίας της αποικοδόμησης της οργανικής ουσίας συμβαίνει μια μείωση του εδαφικού pH με αρνητικές επιπτώσεις στην δραστηριότητα των ζιζανιοκτόνων. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνεται εντατικότερη εφαρμογή με αυξημένες δόσεις των προσπαρτικών και προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων και όταν αυτά δεν επαρκούν ο έλεγχος των ζιζανίων να εναπόκειται στην εντατικότερη εφαρμογή σκευασμάτων φυλλώματος. Ο Paramichail (1998) αναφέρει ότι η υπολειμματική δράση των *alachlor*, *prometryne* και *fluometuron* στην καλλιέργεια του βαμβακιού δεν επαρκεί για τον αποτελεσματικό έλεγχο των ζιζανίων στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας για μια περίοδο 9 εβδομάδων μετά τη σπορά η οποία διαπιστώθηκε ότι ήταν ιδιαίτερα κρίσιμη. Οι Griffith *et al.* (1977) στην περίπτωση της εφαρμογής ακαλλιέργειας

προτείνουν συστηματικές επεμβάσεις με μεταφωσφορικά επιλεκτικά σκευάσματα και όταν αυτό δεν είναι δυνατό, τη χρήση μη επιλεκτικών σκευασμάτων με επιλεκτικό ψεκασμό. Επίσης, οι Brown *et al.* (1987) αναφέρουν ότι οι δόσεις των ζιζανιοκτόνων θα πρέπει να αυξηθούν εξαιτίας της μείωσης που συμβαίνει στο εδαφικό pH και η οποία έχει δυσμενή επίπτωση στην δραστική ικανότητα των ζιζανιοκτόνων. Η μείωση του εδαφικού pH προκύπτει ως συνέπεια της αύξησης της οργανικής ουσίας του εδάφους.

Η εισαγωγή διαφορετικών αμειψισπορών φαίνεται να αμβλύνει το πρόβλημα δεν επαρκεί όμως για την αντιμετώπιση του. Όπως φάνηκε κατά το πρώτο έτος του πειράματος, οι καλλιέργειες που ακολουθούσαν την καλλιέργεια σιταριού είχαν αυξημένη ποσότητα ζιζανίων κατά τους χειμερινούς μήνες σε σχέση με αυτές που ακολουθούσαν καλλιέργεια βαμβακιού. Μετά όμως από την προετοιμασία της σποροκλίνης και κατά τους πρώτους κρίσιμους μήνες της ανάπτυξης της φυτείας, παρατηρήθηκε μια ελαφρά μείωση των ζιζανίων η οποία όμως σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

Μια παρόμοια κατάσταση παρουσιάστηκε κατά το δεύτερο και τρίτο έτος στην αμειψισπορά "καλαμποκι - τεύτλα". Στο σύστημα αυτό παρατηρήθηκαν μειωμένοι πληθυσμοί ζιζανίων σε σχέση με τα υπόλοιπα τρία συστήματα αμειψισποράς. Στην περίπτωση αυτή, τα στελέχη του καλαμποκιού που κάλυπταν την επιφάνεια του εδάφους εμπόδιζαν το φύτεμα και την αρχική ανάπτυξη των ζιζανίων. Οι τρόποι που μπορούν να δράσουν τα φυτικά υπολείμματα για να εμποδίσουν το φύτεμα των ζιζανίων είναι αποτελώντας μηχανικό εμπόδιο για την βλάστηση του σπόρου, και παράγοντας κατά την αποσύνθεσή τους ουσίες που προκαλούν φαινόμενα αλληλοπάθειας στους σπόρους των ζιζανίων (Pekgun, 2003). Ωστόσο, και πάλι η μείωση του προβλήματος δεν αποδείχτηκε επαρκής με αποτέλεσμα η ανάπτυξη των φυτών της επόμενης καλλιέργειας των τεύτλων, στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους, να δυσχεραίνεται από την ύπαρξη σημαντικά υψηλότερου αριθμού ζιζανίων. Οι Streit *et al.* (2001) αναφέρουν ότι όταν δεν γίνονταν εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, οι πληθυσμοί των ζιζανίων στην ακαλλιέργεια ήταν μικρότεροι σε σχέση με τους πληθυσμούς στις μεταχειρίσεις της συμβατικής και της μειωμένης κατεργασίας του εδάφους. Το γεγονός αυτό οφείλονταν στην παρουσία φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους στις μεταχειρίσεις της ακαλλιέργειας τα οποία ανέστελλαν το φύτεμα των σπόρων. Αντίθετα, στην συμβατική και την μειωμένη κατεργασία, η αναμόχλευση του εδάφους συνέβαλε στην διακοπή του λήθαργου των σπόρων των ζιζανίων.

Η καλλιέργεια του καλαμποκιού έδειξε μια μεγαλύτερη ικανότητα να ανταγωνίζεται τα ζιζάνια σε σχέση με τις καλλιέργειες του βαμβακιού και των τεύτλων. Ενώ στις υπόλοιπες καλλιέργειες, για τον έλεγχο των ζιζανίων, απαιτούνταν δυο σκαλίσματα, στην καλλιέργεια του καλαμποκιού ένα σκάλισμα ήταν αρκετό. Όπως φαίνεται, ο ταχύς ρυθμός ανάπτυξης των φυτών του καλαμποκιού σε συνδυασμό με την δημιουργία υψηλόσωμων φυτών δίνουν ένα συγκριτικό πλεονέκτημα στην φυτεία έναντι των αναπτυσσόμενων ζιζανίων. Ο ανταγωνισμός μπορεί να είναι έντονος και να χρειαστεί κάποιο σκάλισμα, μηχανικό ή χειρονακτικό, μέχρι το στάδιο της επιτάχυνσης της βλαστικής ανάπτυξης του καλαμποκιού (περίπου μέχρι τα φυτά να γίνουν 50-60 cm). Από εκεί και έπειτα όμως, εάν ο πληθυσμός που επιτεύχθηκε κατά το φύτεμα της φυτείας είναι ικανοποιητικός, όπως συνέβη στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή, τα ζιζάνια που θα φυτρώσουν δεν μπορούν να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους σε φως, νερό και θρεπτικά στοιχεία με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν καχεκτική ανάπτυξη και εν' τέλει να μην αποτελούν σημαντικό πρόβλημα για την φυτεία. Αντίθετα, αν κατά το φύτεμα ο πληθυσμός που επιτεύχθηκε ήταν χαμηλός, όπως συνέβη στη μέθοδο της ακαλλιέργειας, τότε τα φυτά του καλαμποκιού δεν επαρκούν για να ανταγωνιστούν αποτελεσματικά τα ζιζάνια με αποτέλεσμα αυτά να αναπτύσσονται ταχύτατα και να αποτελούν σοβαρό πρόβλημα για τη φυτεία, ακόμα και όταν τα φυτά του καλαμποκιού έχουν ξεπεράσει σε ύψος το ένα μέτρο.

Κατά το τρίτο έτος, με σκοπό τον αποτελεσματικότερο έλεγχο των ζιζανίων στην καλλιέργεια των τεύτλων πραγματοποιήθηκαν επιπλέον επεμβάσεις με ζιζανιοκτόνα. Τη χρονιά αυτή, πριν από την σπορά, σε όλες τις μεταχειρίσεις, έγινε ενσωμάτωση του σκευάσματος *GOLTIX*. Με την επέμβαση αυτή περιορίστηκε σημαντικά το φύτρωμα νέων ζιζανίων κατά τις πρώτες ημέρες μετά τη σπορά δίνοντας με τον τρόπο αυτό ένα προβάδισμα στην καλλιέργεια των τεύτλων. Επιπλέον, κατά το μήνα Ιούνιο πραγματοποιήθηκε μια επιπλέον επέμβαση με το μείγμα των μικροδόσεων για τα πλατύφυλλα καθώς και με *GALLAND'S* για τα αγρωστώδη. Με τις επιπλέον επεμβάσεις κατά τη χρονιά αυτή κατέστη δυνατός ο περιορισμός των απαιτούμενων σκαλισμάτων από δύο σε ένα. Τα φυτά των τεύτλων χρειάζονται την βοήθεια είτε μηχανικών σκαλισμάτων είτε χημικών επεμβάσεων με μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα τουλάχιστον μέχρι να αναπτύξουν πλήρως την φυλλική τους επιφάνεια. Σημαντικό πλεονέκτημα όμως για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων αποτελεί η ύπαρξη ενός μεγάλου αριθμού επιλεκτικών μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν από το στάδιο των δύο μόνιμων φύλλων και έπειτα με αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου του πληθυσμού των ζιζανίων σε όλη την καλλιεργητική περίοδο. Αντίθετα στην καλλιέργεια του βαμβακιού δεν υπάρχουν εκλεκτικά μεταφυτρωτικά σκευάσματα για την καταπολέμηση των πλατύφυλλων ζιζανίων και οι μόνες μεταφυτρωτικές επεμβάσεις που μπορούν να γίνουν είναι είτε με επιλεκτικό ψεκασμό είτε με μηχανικά σκαλίσματα. Επιπλέον, η καλλιέργεια του βαμβακιού είναι βραδυαυξής και δεν μπορεί να ανταγωνιστεί αποτελεσματικά τα ζιζάνια κατά τα πρώτα στάδια. Έτσι και για τα τρία έτη στην καλλιέργεια του βαμβακιού χρειάστηκαν τουλάχιστον δυο σκαλίσματα κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

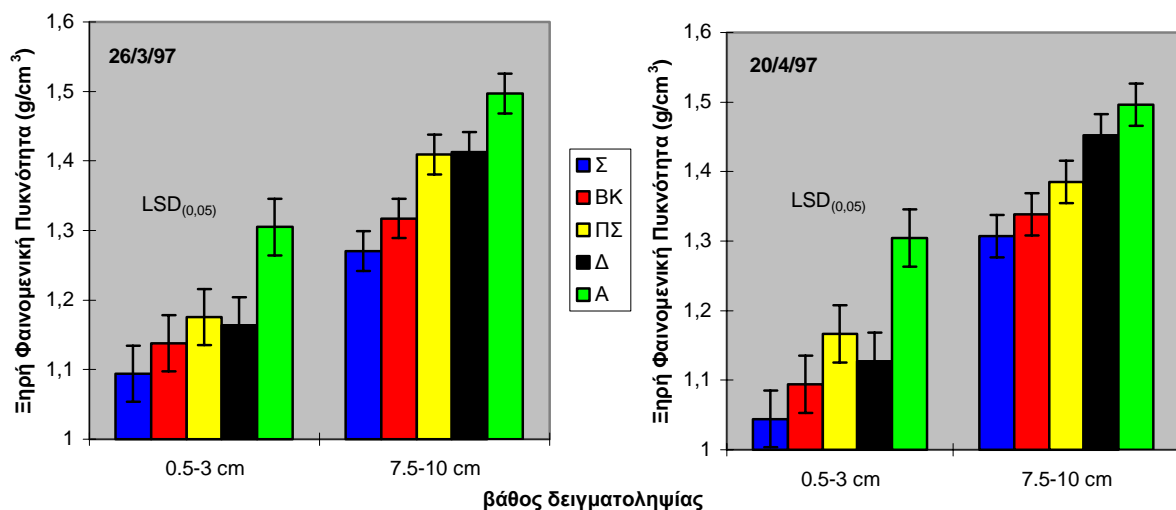
Σημαντική ώθηση στην αποτελεσματικότητα της εφαρμογής μεθόδων μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας φαίνεται ότι μπορεί να δώσει η εισαγωγή στην παραγωγή γενετικά τροποποιημένων ποικιλιών (π.χ. βαμβάκι με ανθεκτικότητα στο *glyphosate*). Στην περίπτωση αυτή ο έλεγχος των ζιζανίων με χαμηλό κόστος και υψηλή αποτελεσματικότητα θα ήταν δυνατός σε μικρό χρονικό διάστημα και σε οποιαδήποτε στιγμή το επέβαλαν οι συνθήκες. Ωστόσο θα πρέπει να τονισθούν οι σοβαροί κίνδυνοι που εγκυμονεί η εισαγωγή της νέας τεχνολογίας (ανάπτυξη ανθεκτικότητας από τα ζιζάνια, ανεξέλεγκτες γενετικές τροποποιήσεις από την μεταφορά γύρης σε άλλα καλλιεργούμενα φυτά κ.α.) και γι' αυτό η πρόοδος προς μια τέτοια κατεύθυνση θα πρέπει να γίνει με ιδιαίτερη προσοχή και έπειτα από λεπτομερή εξέταση και αξιολόγηση όλων των πιθανών επιπτώσεων για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

3.2. Μηχανικές ιδιότητες του εδάφους

3.2.1. Ξηρή φαινομενική πυκνότητα

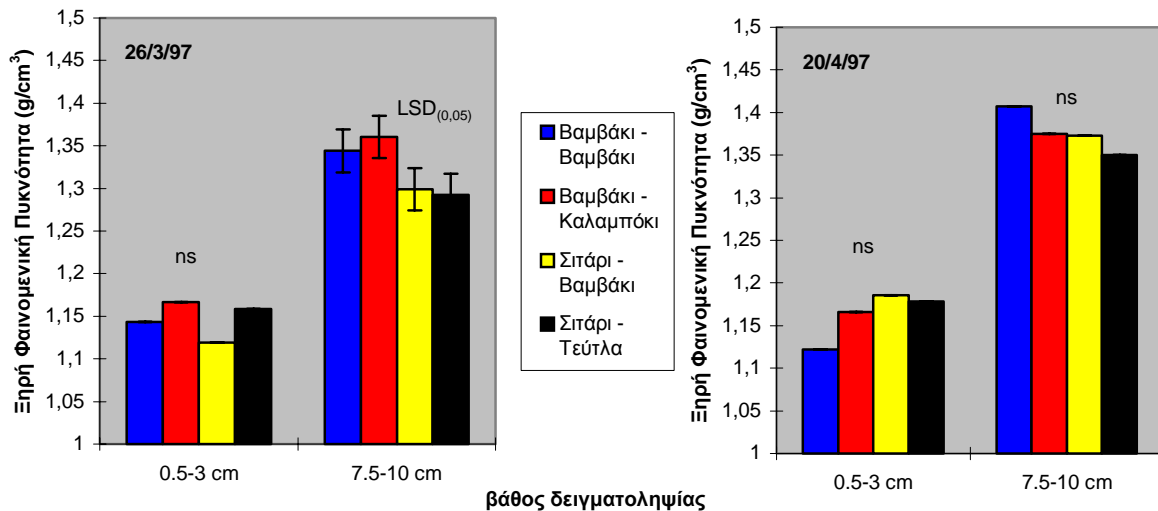
1997

Και στις δυο ημερομηνίες των μετρήσεων, κατά το πρώτο έτος, οι μέθοδοι μειωμένης κατεργασίας και ιδίως η ακαλλιέργεια εμφάνιζαν ένα πιο συμπαγές έδαφος με υψηλότερες τιμές ξηρής φαινομενικής πυκνότητας (σχήμα 3.2.1 & παράρτημα, πίνακας 10.1.3). Το φαινόμενο αυτό ήταν χαρακτηριστικότερο στην ανώτερη επιφάνεια του εδάφους (βάθος 0,5-3 cm).



Σχήμα 3.2.1: Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους σε δύο βάθη και σε δυο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1997. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.

Στα 0,5-3 cm τις υψηλότερες τιμές εμφάνιζε η ακαλλιέργεια. Ως αποτέλεσμα, το ολικό πορώδες του εδάφους ήταν περιορισμένο. Σε μεγαλύτερο βάθος (7,5-10 cm), το ολικό πορώδες στην ακαλλιέργεια κυμαίνονταν στο 43%. Οι μέθοδοι της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού σκαπτικού παρουσίαζαν επίσης αυξημένη φαινομενική πυκνότητα ιδίως σε βάθος 7,5-10 cm. Η χαλαρότερη επιφάνεια παρατηρήθηκε στην συμβατική κατεργασία όπου η ξηρή φαινομενική πυκνότητα κυμαινόταν στο 1,05 με 1,15 g/cm³ συμβάλλοντας στην δημιουργία ενός υψηλού πορώδους της τάξης του 60%.



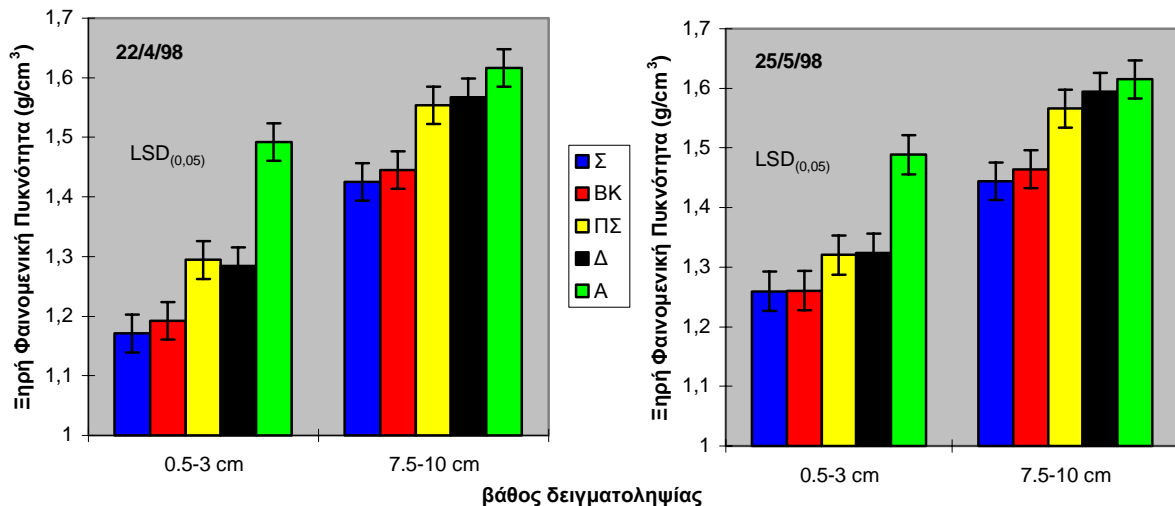
Σχήμα 3.2.2: Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους για τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς σε δύο βάθη και σε δυο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1997.

Συγκρίνοντας τα τέσσερα διαφορετικά συστήματα αμειψισποράς, διαπιστώνονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μόνο στις 26/3/97 και σε βάθος 7,5 – 10 cm, όπου διαφαίνεται μια τάση οι καλλιέργειες που ακολουθούν καλλιέργεια σιτηρών, να εμφανίζουν ένα λιγότερο συμπαγές έδαφος (σχήμα 3.2.2). Το φαινόμενο αυτό πιθανόν να σχετίζεται με το γεγονός ότι η καλλιέργεια του σιταριού είναι μια σχετικά μη εντατική καλλιέργεια, με την έννοια ότι απαιτεί περιορισμένες καλλιεργητικές επεμβάσεις και συνεπώς αποφεύγεται η συμπίεση του εδάφους από την συχνή μετακίνηση γεωργικών μηχανημάτων. Επιπλέον, το πλούσιο θυссανώδες ριζικό σύστημα των φυτών του σιταριού πιθανόν να βοήθησε στη βελτίωση της δομής της ανώτερης επιφάνειας του εδάφους (Hamblin, 1987).

1998

Κατά το δεύτερο έτος, τις υψηλότερες τιμές ξηρής φαινομενικής πυκνότητας, ιδίως στα 0,5-3 cm εδάφους εμφάνιζε και πάλι η μέθοδος της ακαλλιέργειας (παράρτημα, πίνακας 10.1.3 & σχήμα 3.2.3). Σε σχέση με το πρώτο έτος μάλιστα η συμπύκνωση του εδάφους έχει αυξηθεί σημαντικά. Η μετακίνηση των γεωργικών μηχανημάτων για τις καλλιεργητικές εργασίες και την συγκομιδή σε συνδυασμό με την έλλειψη κατεργασίας η οποία θα προκαλούσε κάποια χαλάρωση φαίνεται να προκάλεσε την περαιτέρω συμπίεση. Ως αποτέλεσμα, το πορώδες του εδάφους ήταν σημαντικά μειωμένο και στα 7,5–10 cm ήταν μικρότερο του 40% κ.ο.

Τη χρονιά αυτή ωστόσο, η ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους ήταν αυξημένη ακόμη και στις μεθόδους που προκαλούσαν έντονη χαλάρωση του εδάφους όπως το όργωμα. Έτσι, στην συμβατική κατεργασία, παρότι και πάλι παρατηρήθηκε η μικρότερη ξηρή φαινομενική πυκνότητα, οι τιμές παρουσιάζονται αυξημένες κατά 0,1 – 0,2 g/cm³ σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά. Το γεγονός αυτό σχετίζεται με το ότι η πρωτογενής κατεργασία του εδάφους την δεύτερη χρονιά πραγματοποιήθηκε αργά και σε επίπεδο εδαφικής υγρασίας υψηλότερο από το κατώτερο όριο πλαστικότητας. Ο θρυμματισμός επομένως δεν ήταν αποτελεσματικός και επιπλέον, δεν υπήρχε ο χρόνος για να δράσουν οι φυσικοί παράγοντες που προκαλούν την χαλάρωση των βόλων από την κατεργασία του εδάφους.

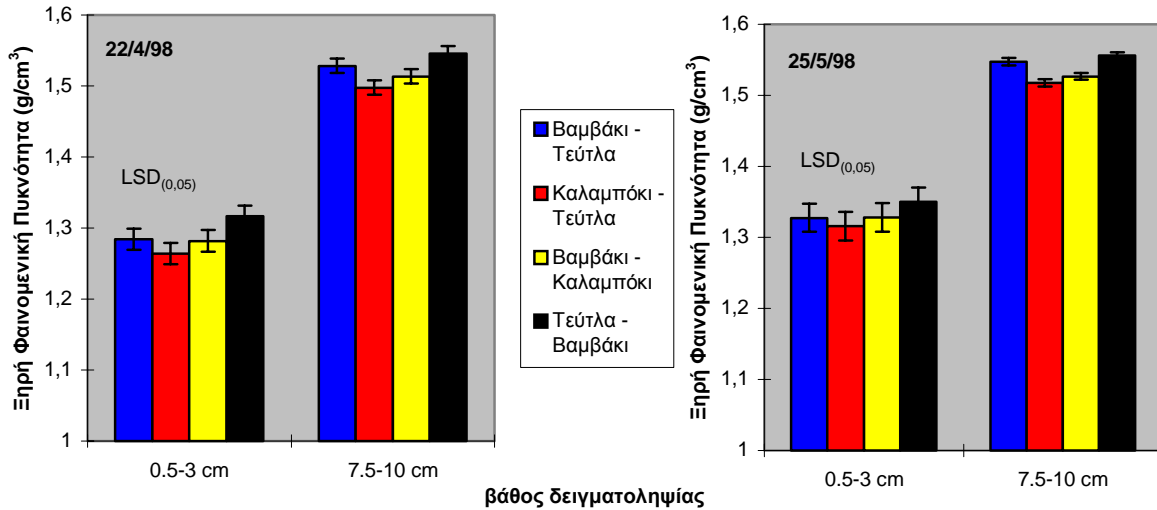


Σχήμα 3.2.3: Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους σε δύο βάθη και σε δυο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1998

Ελαφρώς υψηλότερη φαινομενική πυκνότητα από την συμβατική κατεργασία παρουσίαζε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή ενώ οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας εμφάνιζαν φαινομενική πυκνότητα η οποία στα 0,5 – 3 cm κυμαινόταν στο μέσο μεταξύ συμβατικής κατεργασίας και ακαλλιέργειας αλλά σε μεγαλύτερο βάθος (7,5 – 10 cm) προσέγγιζε αυτή της ακαλλιέργειας.

Χαρακτηριστική ήταν επίσης κατά την χρονιά αυτή μια γενική αύξηση στην φαινομενική πυκνότητα του εδάφους στο διάστημα μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης (ένας μήνας περίπου). Η αύξηση αυτή οφείλονταν κυρίως στην επίδραση των φυσικών παραγόντων όπως η βαρύτητα, η διαβροχή και ξήρανση και η επίδραση των σταγόνων της βροχής φαινόμενα τα οποία προκαλούν την σταδιακή επαναφορά του εδάφους στην αρχική του κατάσταση. Η πρώτη μέτρηση, πραγματοποιήθηκε ενάμιση μήνα μετά τις επεμβάσεις της κατεργασίας του εδάφους, όταν η επίδραση από την χαλάρωση ήταν ακόμη έντονη, ενώ η δεύτερη μέτρηση πραγματοποιήθηκε μετά από ένα μήνα, διάστημα κατά το οποίο επιδρούσαν οι φυσικοί παράγοντες επαναφοράς.

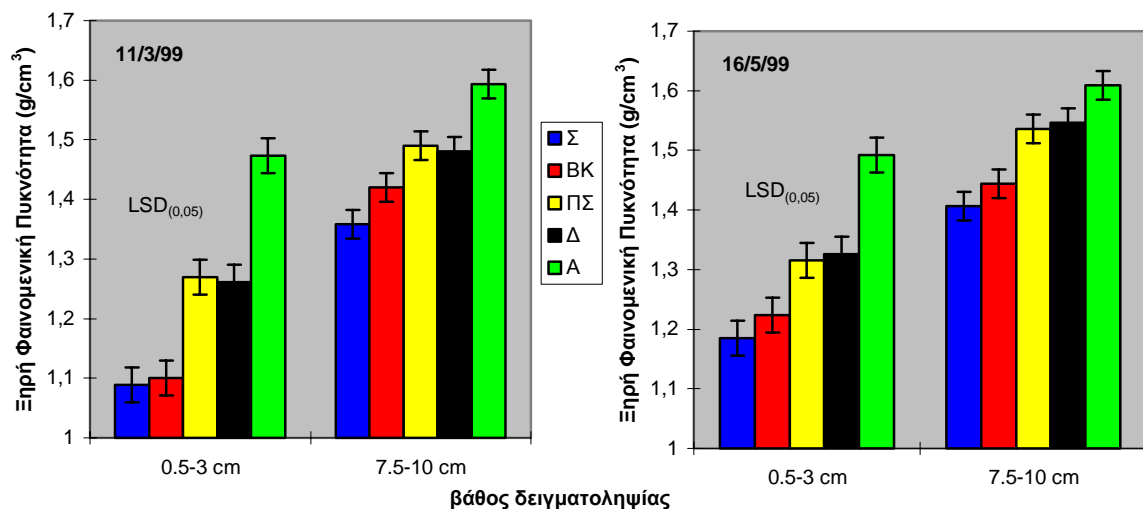
Η σημασία της προηγούμενης καλλιέργειας για την δομή του εδάφους επιβεβαιώνεται κατά το δεύτερο έτος όπου διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές όσον αναφορά τη ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους μεταξύ των τεσσάρων συστημάτων αμειψισποράς (σχήμα 3.2.4). Πιο συγκεκριμένα, η αμειψισπορά "τεύτλα - βαμβάκι" εμφάνιζε υψηλότερες τιμές και στα δύο βάθη ενώ η αμειψισπορά "καλαμπόκι - τεύτλα" τις χαμηλότερες. Στην πρώτη περίπτωση, η συγκομιδή της προηγούμενης καλλιέργειας των τεύτλων είχε πραγματοποιηθεί σε περίοδο όπου στο έδαφος επικρατούσαν σχετικά υγρές συνθήκες. Η μετακίνηση στον αγρό της μηχανής συγκομιδής υπό αυτές τις συνθήκες, φαίνεται ότι προκάλεσε σημαντική συμπίεση του εδάφους η οποία ανιχνεύτηκε με τις μετρήσεις των μηχανικών ιδιοτήτων. Αντίθετα, ολόκληρα τα πειραματικά τεμάχια που περιελάμβαναν καλαμπόκι συγκομίστηκαν με το χέρι και συνεπώς δεν υπήρξε συμπίεση κατά την συγκομιδή. Επιπλέον, η μορφή της ανάπτυξης των ριζών πιθανόν να επηρεάζει την συμπύκνωση του εδάφους. Τα τεύτλα αναπτύσσουν μια ρίζα η οποία καθώς διογκώνεται μέσα στο έδαφος πιθανόν να το συμπιέζει. Αντίθετα, το θυσσανώδες επιφανειακό ριζικό σύστημα των φυτών του καλαμποκιού πιθανόν να βοηθά στην διατήρηση της δομής του εδάφους δημιουργώντας ένα πλούσιο σύμπλεγμα το οποίο σταθεροποιεί το έδαφος.



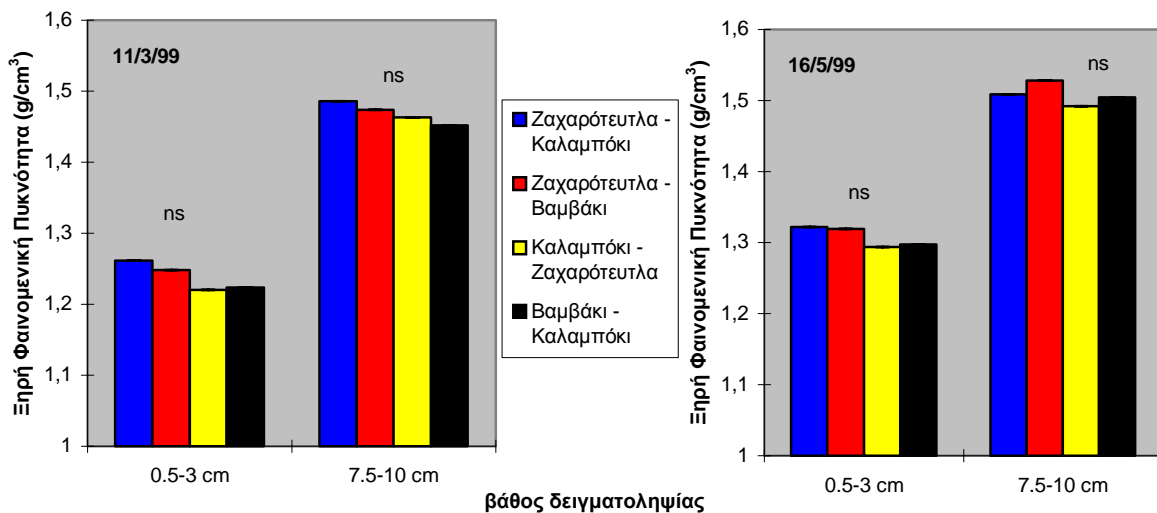
Σχήμα 3.2.4: Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους για τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς σε δύο βάθη και σε δυο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1998.

1999

Κατά το τρίτο και τελευταίο έτος του πειράματος διαπιστώθηκαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων οι οποίες ήταν παρόμοιες με αυτές που διαπιστώθηκαν και κατά τα δύο πρώτα έτη (σχήμα 3.2.5 & παράρτημα, πίνακας 10.1.3). Την υψηλότερη ξηρή φαινομενική πυκνότητα τόσο σε βάθος 0,5 – 3 cm όσο και σε βάθος 7,5 - 10 cm παρουσίαζε η ακαλλιέργεια. Μάλιστα ενώ μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου έτους είχε σημειωθεί αύξηση στην φαινομενική πυκνότητα του εδάφους, κατά το τρίτο έτος εφαρμογής του συστήματος δεν σημειώθηκε μεταβολή. Προφανώς η συμπύκνωση που μπορεί να υποστεί το έδαφος από τα φορτία που εφαρμόζονταν σε αυτό (γεωργικός ελκυστήρας, γεωργικά μηχανήματα) έχει μεγιστοποιηθεί. Έτσι η ξηρή φαινομενική πυκνότητα στα 0,5 – 3 cm σταθεροποιήθηκε περίπου στα 1,5 g/cm³ ενώ στα 7,5 –10 cm περίπου στα 1,6 g/cm³.



Σχήμα 3.2.5: Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους σε δύο βάθη και σε δυο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1999.



Σχήμα 3.2.6: Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους για τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς σε δύο βάθη και σε δυο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1999.

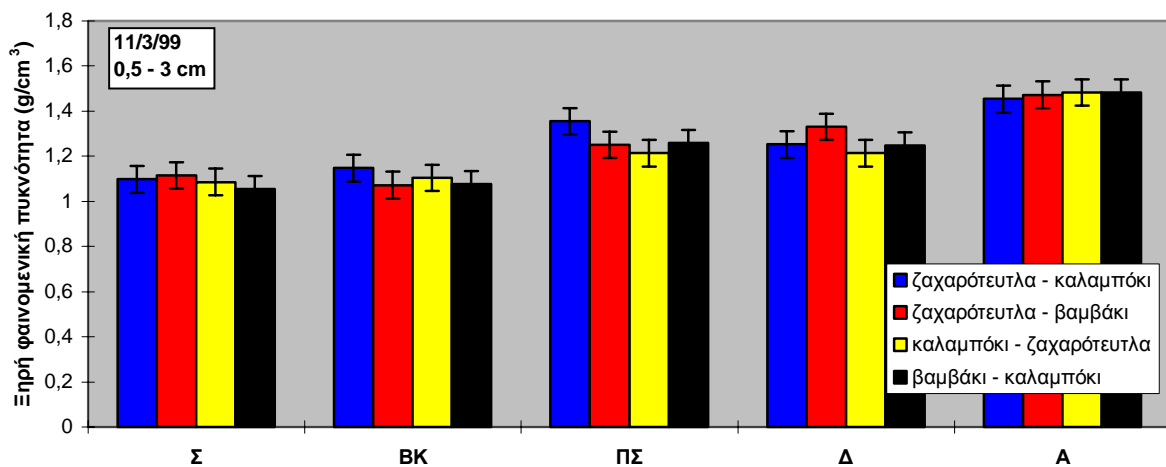
Οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας τόσο κατά την πρώτη μέτρηση στις 11/3/99 όσο και κατά τη δεύτερη στις 16/5/99 σε βάθος 0,5-3 cm παρουσιάζουν μια ξηρή φαινομενική πυκνότητα η οποία κυμαίνεται γύρω στα 1,3 g/cm³ (σχήμα 3.2.5). Σε μεγαλύτερο βάθος, 7,5 – 10 cm παρατηρήθηκε μια αύξηση στη φαινομενική πυκνότητα η οποία κυμαίνονταν στα 1,5 g/cm³. Και για τα δύο βάθη στη δεύτερη ημερομηνία των μετρήσεων υπήρξε και πάλι μια μικρή αύξηση στην φαινομενική πυκνότητα σε σχέση με την πρώτη γεγονός που αποδίδεται στην επίδραση των φυσικών παραγόντων επαναφοράς του εδάφους..

Την μικρότερη φαινομενική πυκνότητα και για τα δύο βάθη δειγματοληψίας παρουσίαζαν οι μέθοδοι της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή. Στην πρώτη ημερομηνία μετρήσεων, και σε βάθος 0,5-3 cm η μέση φαινομενική πυκνότητα ήταν 1,1 g/cm³ ενώ στην δεύτερη 1,2 g/cm³. Οι τιμές αυτές ήταν μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές που σημειώθηκαν κατά το δεύτερο έτος. Το τρίτο έτος, όπως και στο πρώτο, η πρωτογενής κατεργασία του εδάφους έγινε έγκαιρα και μάλιστα σε επίπεδα υγρασία κοντά στον ρώγο. Το γεγονός αυτό είχε ως συνέπεια τον καλύτερο θρυμματισμό του εδάφους και την δημιουργία μιας πιο χαλαρής επιφάνειας. Ωστόσο το χαλαρό έδαφος ήταν πιο επιρρεπές στη συμπίεση με συνέπεια στο διάστημα μεταξύ 11/3 και 16/5 και στις δυο μεθόδους, να σημειωθεί μια αύξηση στην ξηρή φαινομενική πυκνότητα της τάξης των 0,1 g/cm³. Σε μεγαλύτερο βάθος, (7,5 – 10 cm) υπήρχε μια απότομη αύξηση της φαινομενικής πυκνότητας. Η μέθοδος της συμβατικής κατεργασίας παρουσίαζε ξηρή φαινομενική πυκνότητα της τάξης των 1,35-1,40 g/cm³ ενώ η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή της τάξης των 1,40 – 1,45 g/cm³.

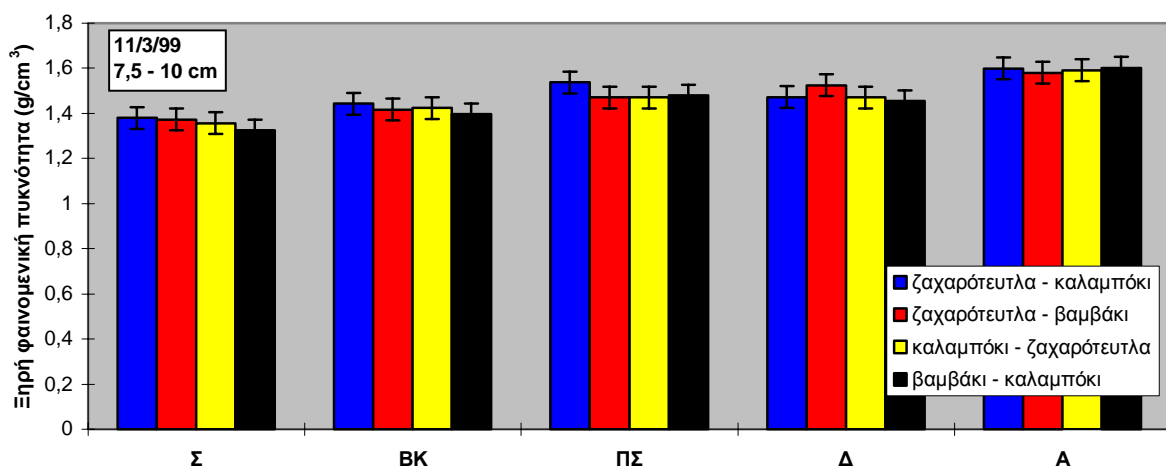
Αντίθετα με το δεύτερο έτος, την τελευταία χρονιά δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές από την σύγκριση των τεσσάρων συστημάτων αμειψισποράς (σχήμα 3.2.6) Μπορεί ωστόσο να διαφανεί και πάλι μια τάση για τα συστήματα αμειψισποράς που ακολουθούν την καλλιέργεια τεύτλων να παρουσιάζουν μια ελαφρώς υψηλότερη φαινομενική πυκνότητα του εδάφους. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται είτε σε συμπίεση που προκαλούν οι ρίζες των τεύτλων καθώς αναπτύσσονται και διογκώνονται είτε σε συμπίεση που προκλήθηκε από την μηχανή συγκομιδής.

Επίσης στην μέτρηση στις 11/3/99 υπάρχει η ιδιαιτερότητα ότι στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” έχουν πραγματοποιηθεί δύο περάσματα με τον ελαφρύ καλλιεργητή

στη μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή και από ένα στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας. Στα υπόλοιπα τρία συστήματα αμειψισποράς ωστόσο, έχει πραγματοποιηθεί μόνο ένα πέρασμα με τον ελαφρύ καλλιεργητή στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή και κανένα στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί και από τα σχήματα 3.2.7 & 3.2.8, η μία επιπλέον επέμβαση με τον ελαφρύ καλλιεργητή στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή δεν προκάλεσε σημαντική μεταβολή στην φαινομενική πυκνότητα του εδάφους. Επίσης η επέμβαση στα τεμάχια του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας δεν είχε σημαντική επίδραση στην φαινομενική πυκνότητα του εδάφους σε σχέση με τα τεμάχια που δεν εφαρμόστηκε ελαφρύς καλλιεργητής.



Σχήμα 3.2.7: Σύγκριση της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους σε βάθος 0,5 - 3 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 11/3/99.



Σχήμα 3.2.8: Σύγκριση της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους σε βάθος 7,5 - 10 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς στις 11/3/99. Σ = συμβατική κατεργασία, ΒΚ = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.

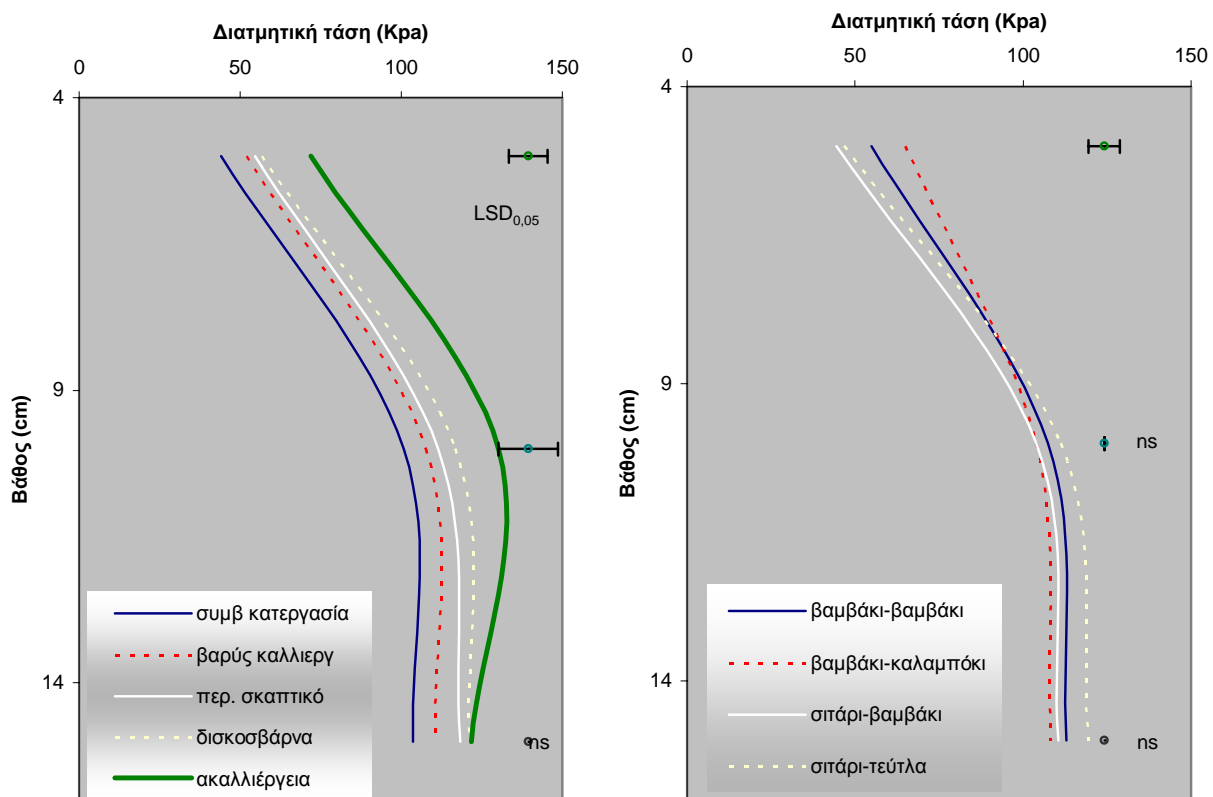
3.2.2. Αντοχή στη διάτμηση

1997

Κατά το πρώτο έτος πραγματοποιήθηκαν δυο σειρές μετρήσεων, η πρώτη στις 23/5/97 με μέσο επίπεδο εδαφικής υγρασίας 15,7% υγρού βάρους και η δεύτερη στις 20/6/97 με μέσο επίπεδο υγρασίας 16,3% υγρού βάρους (παράρτημα, πίνακας 10.1.4). Τα βάθη των μετρήσεων ήταν 0-5, 6-10 και 11-15 cm. Στην πρώτη μέτρηση, διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές για τα δύο πρώτα βάθη ενώ στην δεύτερη, οι διαφορές μεταξύ των κατεργασιών ήταν στατιστικώς σημαντικές και για τα τρία βάθη. Την πιο συνεκτική επιφάνεια εδάφους παρουσίαζε η ακαλλιέργεια. Στην συνέχεια ήταν το περιστροφικό σκαπτικό με την δισκοσβάρνα ενώ το λιγότερο συνεκτικό έδαφος διαπιστώθηκε στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή. Στο σχήμα 3.2.9 παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα από την μέτρηση στις 23/5/97.

Σχετικά με τα συστήματα αμεινισποράς γενικά δεν διαπιστώθηκαν διαφορές όσον αναφορά την αντοχή του εδάφους στην διάτμηση εκτός από την μέτρηση στις 23/5/97 όπου σε βάθος 0-5 cm η αμεινισπορά βαμβάκι – καλαμπόκι παρουσίασε αυξημένες τιμές (σχήμα 3.2.9).

Τέλος, κατά το πρώτο έτος δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων: “περιοχή”, “αμεινισπορά” και “κατεργασία”.



Σχήμα 3.2.9. Αντοχή του εδάφους στη διάτμηση στις 23/5/97.

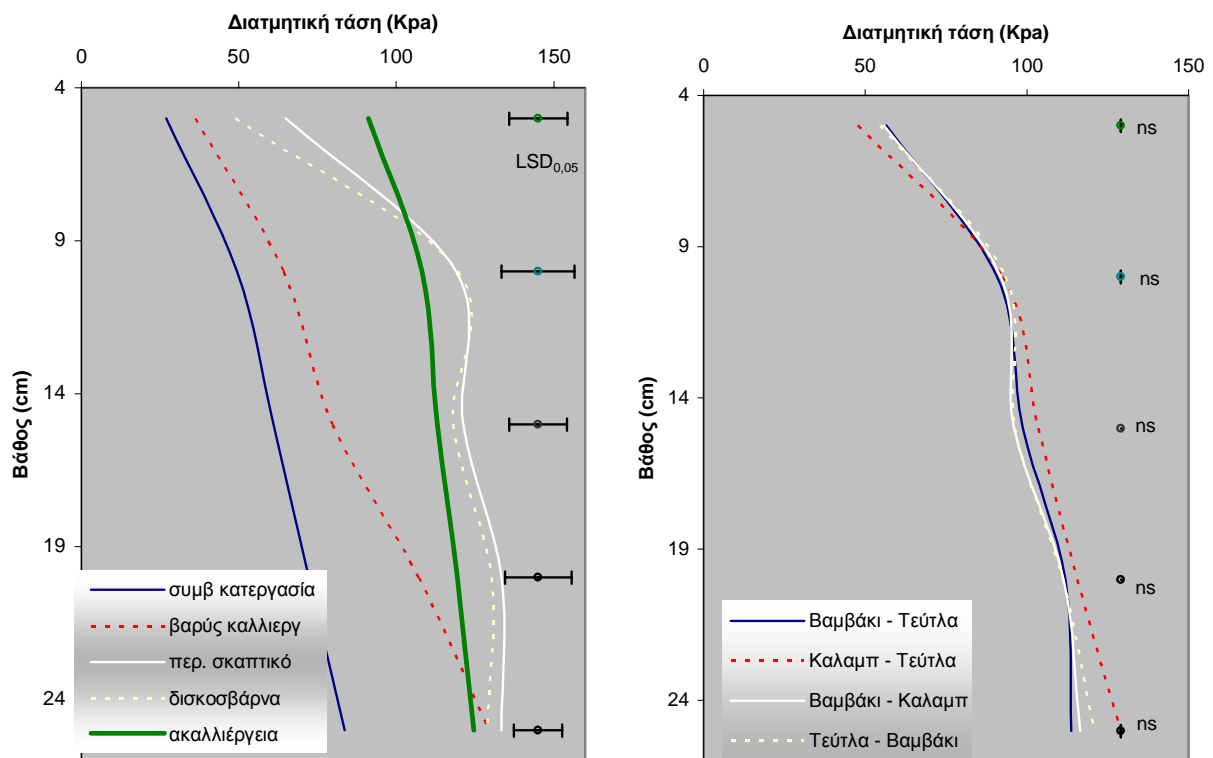
1998

Κατά το 1998 πραγματοποιήθηκε μια σειρά μετρήσεων στις 20/5 και σε βάθη 0-5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25 cm (παράρτημα, πίνακας 10.1.4). Το μέσο επίπεδο εδαφικής υγρασίας κατά την περίοδο της μέτρησης ήταν 17,3% υγρού βάρους. Η ανάλυση των δεδομένων ανέδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας Συγκεκριμένα οι μέθοδοι της ακαλλιέργειας, του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας παρουσίαζαν σε ένα βάθος μεταξύ 10 και 25 cm σχεδόν διπλάσια διατμητική τάση από την μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας (σχήμα 3.2.10). Η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή παρουσίαζε επιφανειακά τιμές διατμητικής τάσης παρόμοιες με την συμβατική κατεργασία. Η συνεκτικότητα του εδάφους σε μεγαλύτερα βάθη αυξάνονταν και στα 25 cm προσέγγιζε αυτή των υπόλοιπων τριών μεθόδων περιορισμένης κατεργασίας.

Η αυξημένη συνοχή που παρατηρήθηκε στο ακαλλιέργητο έδαφος οφείλεται στην συμπίεση που υπέστη το έδαφος από την μετακίνηση των γεωργικών μηχανημάτων και η οποία δεν διορθώθηκε με αναμόχλευση. Μια δεύτερη πιθανή αιτία ήταν η παρουσία των ριζών στο έδαφος οι οποίες, ακόμη και αν ήταν νεκρές, σχημάτιζαν ένα εκτεταμένο πλέγμα μέσα στον εδαφικό όγκο. Πολλές φορές, για να περιστραφεί το περύγιο έπρεπε να αποκόψει αυτές τις ρίζες με συνέπεια να απαιτείται εφαρμογή μεγαλύτερης διατμητικής τάσης. Σύμφωνα με τους Waldron and Dakessian (1981) η αντοχή του εδάφους στην διάτμηση αυξάνει καθώς αυξάνει η πυκνότητα των ριζών. Οι ίδιες αιτίες πιθανώς ευθύνονται για την αυξημένη διάτμηση που διαπιστώθηκε στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, κάτω από το βάθος κατεργασίας.

Και πάλι, κατά το δεύτερο έτος πειραματισμού μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων αμειψισποράς δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές (σχήμα 3.2.10).

Τέλος, ούτε και πάλι διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων: “περιοχή”, “αμειψισπορά” και “κατεργασία”.



Σχήμα 3.2.10. Αντοχή του εδάφους στη διάτμηση στις 20/5/98

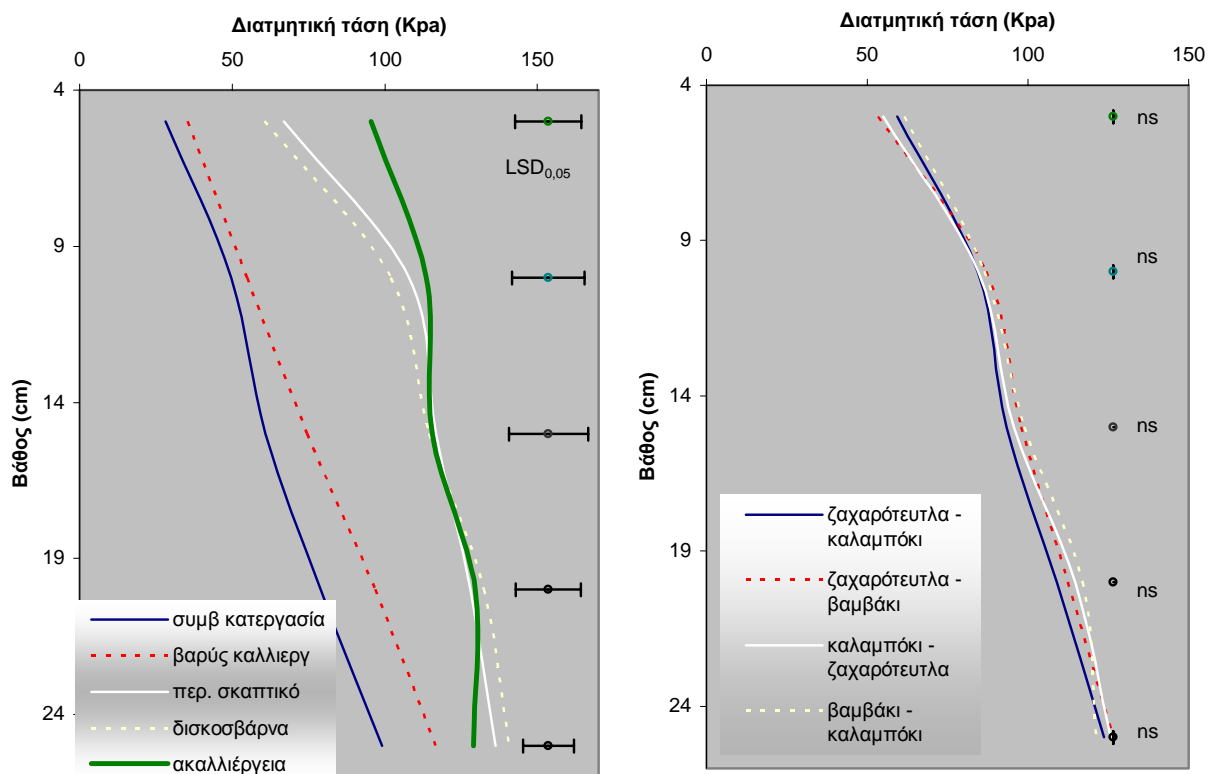
1999

Κατά το τρίτο έτος του πειράματος πραγματοποιήθηκε μια σειρά μετρήσεων στις 21/6/99 και σε μέγιστο βάθος μέχρι 25 cm (παράρτημα, πίνακας 10.1.4). Το μέσο επίπεδο της εδαφικής υγρασίας ήταν 17,6% υγρού βάρους.

Όπως και στα δύο πρώτα έτη, στην επιφάνεια του εδάφους την υψηλότερη αντοχή στην διάτμηση παρουσίαζε η ακαλλιέργεια (σχήμα 3.2.11). Οι τιμές που μετρήθηκαν κυμαίνονταν στα 95 kPa. Στο ίδιο βάθος, η αντοχή του εδάφους στη διάτμηση στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας κυμαίνονταν στα 60-65 kPa ενώ στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή στα 30-35 kPa.

Σε βάθος 10 και 15 cm οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας παρουσίαζαν διπλάσια διατμητική τάση από την μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας. Στην τελευταία η αντοχή στην διάτμηση κυμαίνονταν στα 50 – 60 kPa. Το έδαφος στη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή παρουσίαζε ελαφρώς υψηλότερη αντοχή με τιμές που κυμαίνονταν στα 55 και 75 kPa. Κάτω από τα 15 cm οι διαφορές μεταξύ των μεθόδων μειωμένης κατεργασίας αμβλύνονταν ενώ στην μέθοδο του οργώματος το έδαφος συνέχιζε να είναι σημαντικά πιο χαλαρό μέχρι και τα 25 cm.

Τέλος, ούτε κατά το τρίτο έτος διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων συστημάτων αμειψισποράς (σχήμα 3.2.11).



Σχήμα 3.2.11. Αντοχή του εδάφους στη διάτμηση στις 21/6/99

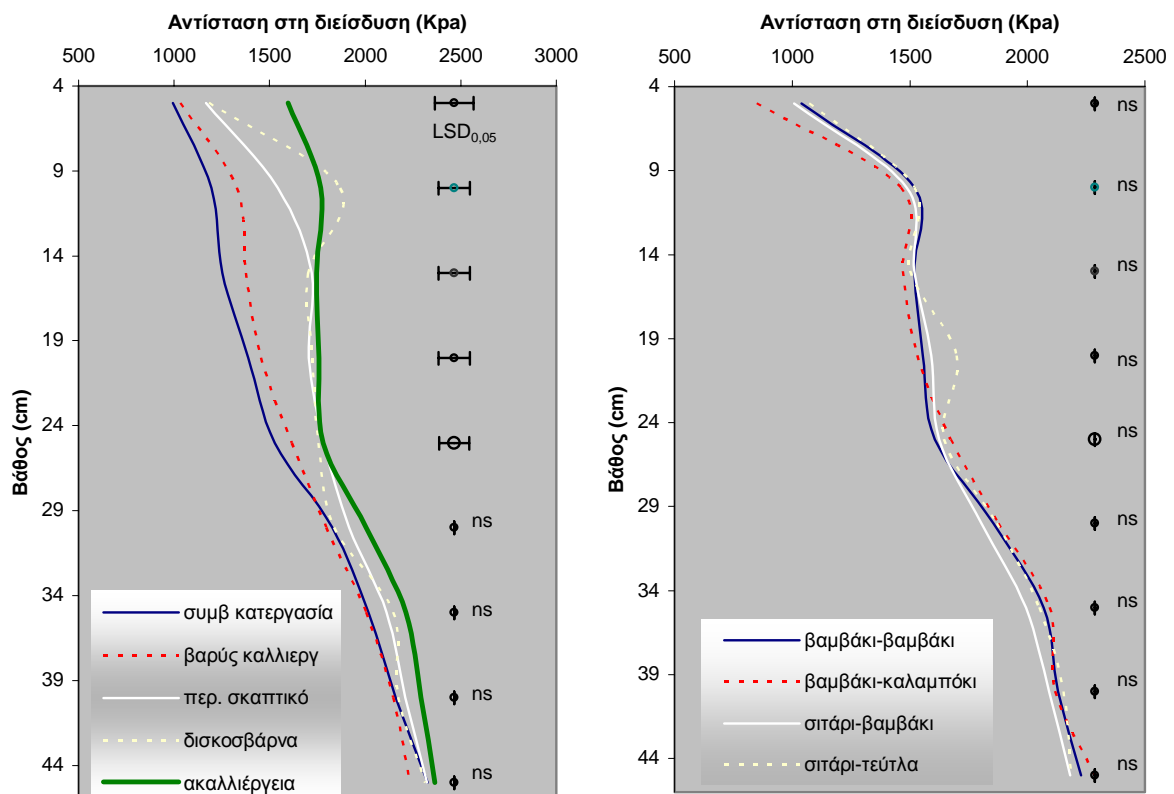
3.2.3. Αντίσταση στη διείσδυση

1997

Κατά το 1997 πραγματοποιήθηκαν δύο σειρές μετρήσεων, η πρώτη στις 17/6 σε ένα μέσο επίπεδο υγρασίας στην επιφάνεια του εδάφους 12,5% υγρού βάρους και η δεύτερη στις 20/7 σε ένα μέσο επίπεδο υγρασίας 16,4% υγρού βάρους (παράρτημα, πίνακας 10.1.5). Στο σχήμα 3.2.12 παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα από την μέτρηση στις 20/7/97.

Όπως διαπιστώνεται, μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας υπήρξε μια εμφανής διαφοροποίηση όσον αφορά την αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση. Στην ανώτερη επιφάνεια (0-10 cm) η ακαλλιέργεια εμφάνιζε την υψηλότερη αντίσταση σε σχέση με τις υπόλοιπες κατεργασίες. Το φαινόμενο αυτό συνδέεται με το γεγονός ότι ήταν η μόνη μέθοδος που δεν υπέστη κατεργασία στο βάθος αυτό. Σε βάθος 10 cm όμως, η δισκοσβάρνα και το περιστροφικό σκαπτικό εμφάνιζαν επίσης υψηλές τιμές. Στην περίπτωση της δισκοσβάρνας μάλιστα παρατηρείται μια κορύφωση της αντίστασης στην διείσδυση στα 10 περίπου εκατοστά. Το γεγονός αυτό φανερώνει ότι το εν λόγω εργαλείο κατεργασίας πιθανόν να προκαλεί κάποια συμπίεση του εδάφους κάτω από το βάθος κατεργασίας. Την μικρότερη αντίσταση στην διείσδυση παρουσίαζε το οργωμένο έδαφος και ελαφρώς υψηλότερες τιμές το έδαφος στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή. Σε μεγαλύτερα όμως βάθη οι διαφορές μεταξύ των κατεργασιών αμβλύνονταν και κάτω από τα 25 cm σχεδόν εξαφανίστηκαν.

Μεταξύ των τεσσάρων διαφορετικών αμεινισπορών, το σύστημα "βαμβάκι – καλαμπόκι" παρουσίασε μειωμένη αντίσταση στην διείσδυση σε βάθος 0-5 cm. Σε μεγαλύτερο όμως βάθος, γενικά δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των αμεινισπορών.



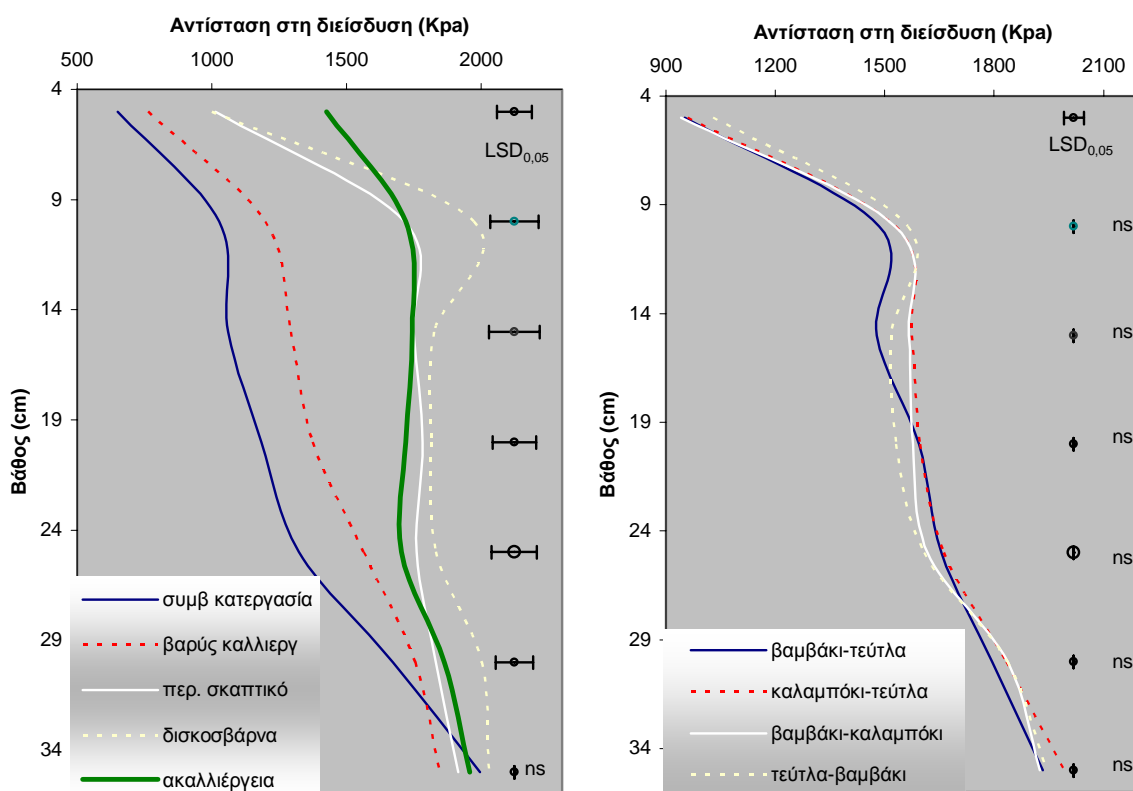
Σχήμα 3.2.12. Αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση στις 20/7/97

1998

Κατά το 1998, πραγματοποιήθηκαν και πάλι δύο σειρές μετρήσεων, η πρώτη στις 10/6 και σε ένα μέσο επίπεδο εδαφικής υγρασίας 14,7% υγρού βάρους και η δεύτερη στις 18/7 και σε ένα μέσο επίπεδο υγρασίας 15,2% (παράρτημα, πίνακας 10.1.6). Στο σχήμα 3.2.13 παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα από τη μέτρηση στις 10/6/98. Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα από την μέτρηση στις 18/7/98.

Την συνεκτικότερη επιφάνεια του εδάφους σε βάθος περίπου μέχρι 10 cm, εμφάνιζε και πάλι η ακαλλιέργεια. Αξιοσημείωτη ωστόσο ήταν, η αυξημένη αντίσταση στην διείσδυση που παρατηρήθηκε σε βάθος 10 cm στην μέθοδο της δισκοσβάρνας γεγονός που ενισχύει την υπόθεση ότι το εν λόγω εργαλείο προκαλεί συμπίεση κάτω από το βάθος εργασίας. Από τα 15 μέχρι τα 35 cm οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας, εμφάνιζαν την μεγαλύτερη αντίσταση στην διείσδυση. Η χαλαρότερη επιφάνεια και πάλι παρατηρήθηκε στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και στην συνέχεια στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή.

Μεταξύ των τεσσάρων συστημάτων αμειψισποράς που υπήρχαν κατά το 1998, διαφορές διαπιστώθηκαν μόνο σε βάθος 0-5 cm (σχήμα 3.2.13). Στο βάθος αυτό, η αμειψισπορά “τεύτλα-βαμβάκι” εμφάνισε αυξημένη αντίσταση στην διείσδυση σε σχέση με τα υπόλοιπα τρία συστήματα. Οι αυξημένες αυτές τιμές, πιθανόν να συνδέονται με την συμπίεση που προκάλεσε η μηχανή συγκομιδής των τεύτλων. Επιπλέον, συμπίεση είναι δυνατόν να προκαλείται και κατά την ανάπτυξη και διόγκωση των ριζών των τεύτλων (Galanoroulou-Sendouka *et al.* 1998).



Σχήμα 3.2.13. Αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση στις 10/6/98

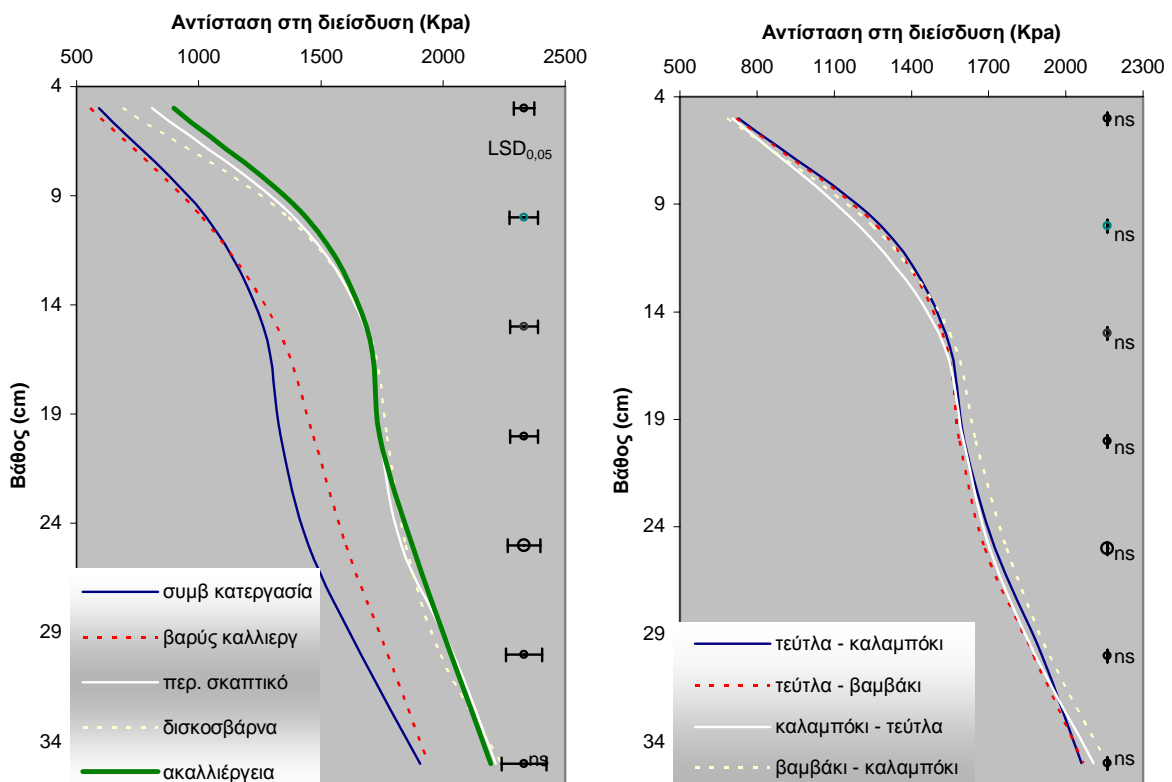
1999

Κατά την τρίτη χρονιά του πειράματος πραγματοποιήθηκαν και πάλι δύο σειρές μετρήσεων, η πρώτη στην αρχή της περιόδου και η δεύτερη στο τέλος, λίγο πριν από την συγκομιδή των ζαχαροτεύτλων (παράρτημα, πίνακας 10.1.7).

Το μέσο επίπεδο της εδαφικής υγρασίας σε βάθος 0 – 10 cm στις 21/5/99 ήταν 14,87% υγρού βάρους. Την χαμηλότερη αντίσταση στην διείσδυση σε όλα τα βάθη δειγματοληψίας παρουσίαζε η συμβατική κατεργασία. Η μέση αντίσταση στην διείσδυση ξεκινούσε από τα 600 kPa στην επιφάνεια του εδάφους, κυμαίνονταν στα 1300 kPa σε ένα βάθος 20 cm και κατέληγε στα 1900 kPa στο βάθος των 35 cm (σχήμα 3.2.14). Στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή η αντίσταση στην διείσδυση ξεκινούσε από τα 550 kPa στην επιφάνεια του εδάφους, κυμαίνονταν στα 1450 kPa σε ένα βάθος 20 cm και κατέληγε λίγο πάνω από τα 1900 kPa στο βάθος των 35 cm. Στη μέθοδο της δισκοσβάρνας η αντίσταση στη διείσδυση στην επιφάνεια του εδάφους ξεκινούσε από τα 700 kPa στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού από τα 800 kPa και στην μέθοδο της ακαλλιέργειας από τα 900 kPa. Σε βάθος 20 cm και για τις τρεις μεθόδους η μέση αντίσταση στην διείσδυση κυμαίνονταν στα 1750 kPa ενώ στο βάθος των 35 cm κατέληγε στα 2200 kPa.

Κατά τη χρονιά αυτή δεν παρατηρήθηκε η αυξημένη αντίσταση στην διείσδυση που σημειώθηκε κατά τα δύο προηγούμενα έτη για την μέθοδο της δισκοσβάρνας κάτω από το βάθος της κατεργασίας. Πιθανώς με τη χρήση του ελαφρύ καλλιεργητή για την προετοιμασία της σποροκλίνης να διασπάστηκε ο λεπτός συμπιεσμένος ορίζοντας που δημιουργήθηκε με το πέρασμα της δισκοσβάρνας.

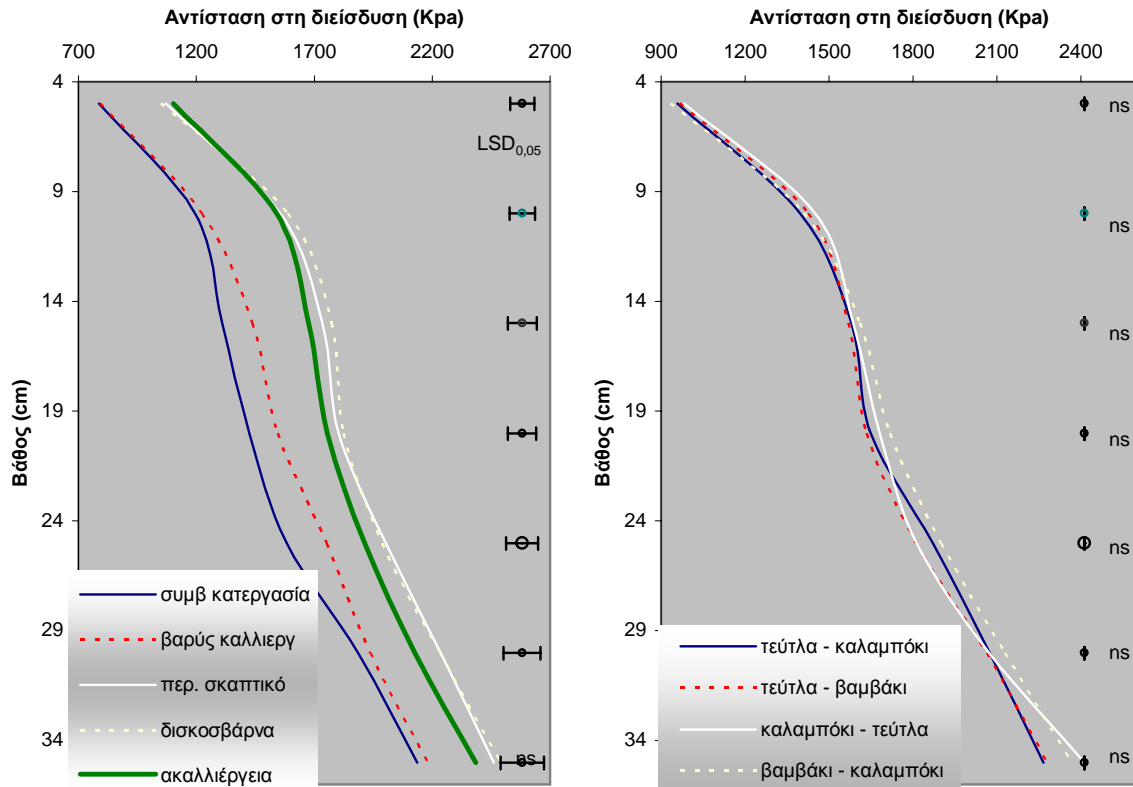
Τέλος, κατά την μέτρηση αυτή δεν σημειώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ούτε μεταξύ των περιοχών, ούτε μεταξύ των αμειψισπορών (παράρτημα, πίνακας 10.1.7 & σχήμα 3.2.14).



Σχήμα 3.2.14. Αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση στις 21/5/99

Από τη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 15/11/99 (σχήμα 3.2.15) διαπιστώνεται ότι παρά την συμπίεση που μπορεί να συμβαίνει κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, οι διαφορές μεταξύ των μεθόδων κατεργασίας υφίστανται μέχρι και την συγκομιδή των καλλιεργειών. Συγκρίνοντας μάλιστα τα σχήματα 3.2.14 και 3.2.15 διαπιστώνεται ότι οι διαφορές που σημειώθηκαν στην αρχή της περιόδου ίσχυαν μέχρι και το τέλος. Η μέση εδαφική υγρασία σε ένα βάθος 0 - 10 cm κατά την τελευταία μέτρηση ήταν 16,81%.

Επίσης από την σύγκριση των τεσσάρων συστημάτων αμειψισποράς και πάλι δεν διαπιστώνονται διαφορές στην αντίσταση στη διείσδυση του εδάφους (σχήμα 3.2.15).



Σχήμα 3.2.15. Αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση στις 15/11/99

Συζήτηση

Πέρα από την καταπολέμηση των ζιζανίων και την βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους με σκοπό την δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την ανάπτυξη της ρίζας ο κυριότερος σκοπός για τον οποίο γίνεται η κατεργασία του εδάφους είναι η προετοιμασία της σποροκλίνης για την εγκατάσταση της καλλιέργειας. Αυτό σημαίνει την δημιουργία των κατάλληλων συνθηκών από άποψη υγρασίας, θερμοκρασίας και αερισμού που θα εξασφαλίσουν ένα ικανοποιητικό φύτρωμα των σπόρων. Η δημιουργία των παραπάνω προϋποθέσεων προσεγγίζεται μέσω του θρυμματισμού και της αναμόχλευσης που επιτυγχάνεται όταν το έδαφος υπόκειται μηχανική κατεργασία.

Οι μετρήσεις της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας απέδειξαν ότι η σποροκλίνη στις μεταχειρίσεις της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή, ήταν σημαντικά πιο αφράτη, εμφανίζοντας τιμές που κυμαίνονταν μεταξύ 1,05 και 1,26 g/cm³. Σε ελαφρώς μεγαλύτερο βάθος (7,5-10 cm) η ξηρή φαινομενική πυκνότητα ήταν μεγαλύτερη με τιμές όμως που κυμαίνονταν μεταξύ 1,27 και 1,46 g/cm³. Στις μεταχειρίσεις του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας αντίθετα, η σποροκλίνη ήταν πιο συμπυκνωμένη εμφανίζοντας φαινομενική πυκνότητα που κυμαίνονταν μεταξύ 1,13 και 1,33 g/cm³. Σε βάθος 7,5-10 cm μάλιστα η πυκνότητα του εδάφους ήταν ακόμα μεγαλύτερη και κυμαίνονταν μεταξύ 1,39 και 1,59 g/cm³. Στην ακαλλιέργεια τέλος, το έδαφος εμφάνιζε την μέγιστη πυκνότητα τόσο στην περιοχή της σποροκλίνης όσο και σε βάθος 7,5-10 cm. Κατά το πρώτο έτος οι τιμές της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας που μετρήθηκαν κυμαίνονταν μεταξύ 1,3 και 1,5 g/cm³ ενώ κατά το δεύτερο και τρίτο συνεχόμενο έτος εφαρμογής ακαλλιέργειας η συμπύκνωση του εδάφους αυξήθηκε ακόμη περισσότερο φθάνοντας στα 1,47 με 1,62 g/cm³.

Με βάση την μέση φαινομενική πυκνότητα στην ακαλλιέργεια κατά τα δυο τελευταία έτη, (1,55 g/cm³), με το όργωμα προέκυπτε μια μείωση της φαινομενικής πυκνότητας στα επιφανειακά 0-10 εκατοστά της τάξης του 16,5%. Με τον βαρύ καλλιεργητή η μείωση της φαινομενικής πυκνότητας ήταν της τάξης του 14,7%, με το περιστροφικό σκαπτικό της τάξης του 8,3% και με την δισκοσβάρνα της τάξης 8%. Οι μεταβολές αυτές είχαν ως συνέπεια την αύξηση του πορώδους στην συμβατική κατεργασία κατά 23,1% στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή κατά 20,7% στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού κατά 11,7% και στην μέθοδο της δισκοσβάρνας κατά 11,3% σε σχέση με την ακαλλιέργεια. Οι Salinas-Garcia *et al.* (1997), αναφέρουν για ένα αμμο-αργιλώδες, φτωχό σε οργανική ουσία, έδαφος μια μείωση της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας σε βάθος 0-10 cm όταν εφαρμοζόταν όργωμα κατά 30% σε σχέση με την ακαλλιέργεια. Σε ένα άλλο πείραμα οι Moreno *et al.* (1997), διαπίστωσαν μια 10% έως 24% αύξηση στην ξηρή φαινομενική πυκνότητα σε ένα αμμο-αργιλώδες έδαφος όταν εφαρμόζονταν μειωμένη κατεργασία με δισκοσβάρνα. Στο ίδιο πείραμα η ξηρή φαινομενική πυκνότητα σταθεροποιήθηκε έπειτα από τρία συνεχή έτη εφαρμογής της μειωμένης κατεργασίας φθάνοντας σε ένα μέγιστο ίσο με 1,43 g/cm³ στα επιφανειακά 0-10 cm και 1,65 g/cm³ σε ένα βάθος 10-20 cm.

Η μείωση της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας και η αύξηση του πορώδους οφείλονταν αφ' ενός στον θρυμματισμό του εδάφους με την κατεργασία και αφ' ετέρου, στην ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος. Σύμφωνα με τους Duiker and Lal (1999) και Guerif *et al.* (2001), η ανάμιξη των φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος έχει ως συνέπεια την δημιουργία κενών και κατά συνέπεια την μείωση της φαινομενικής πυκνότητας.

Ένας άλλος βασικός σκοπός για τον οποίο γίνεται η κατεργασία του εδάφους, είναι η χαλάρωση της ριζόσφαιρας με σκοπό να διευκολυνθεί η ανάπτυξη των ριζών.

Οι μετρήσεις της αντοχής του εδάφους στην διάτμηση έδειξαν ότι το έδαφος στη συμβατική κατεργασία παρουσίαζε σημαντικά μικρότερη συνοχή. Λίγο πιο συνεκτικό ήταν το έδαφος στη μεταχείριση του βαρύ καλλιεργητή ενώ σημαντικά πιο συνεκτικό σε βάθος κάτω από τα 10 cm, παρουσιάζόταν το έδαφος στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας. Η ακαλλιέργεια επιπλέον παρουσίαζε συνεκτικότερο έδαφος και πάνω από τα 10 cm.

Παρόμοια αποτελέσματα έδωσαν και οι μετρήσεις της αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση. Σε βάθος μέχρι και 25 cm το έδαφος στην συμβατική κατεργασία εμφάνιζε σημαντικά μικρότερη αντίσταση στην διείσδυση με τιμές που κυμαίνονταν μέχρι 1500 kPa. Ελαφρώς μεγαλύτερη αντίσταση εμφάνιζε το έδαφος στη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή με τιμές μέχρι 2000 kPa. Οι Lopez *et al.* (1996) αναφέρουν ότι η αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση για ένα βάθος 40 cm στην συμβατική κατεργασία και σε μια μέθοδο με βαρύ καλλιεργητή έφτανε μέχρι τα 2000 kPa.

Οι τιμές της αντίστασης στην διείσδυση στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή αυξάνονταν σταδιακά με το βάθος μέτρησης και από τα 25 cm και κάτω δεν παρουσίαζαν σημαντικές διαφορές με τις υπόλοιπες τρεις μεθόδους. Οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας μέχρι τα 10 περίπου εκατοστά εμφάνιζαν μεγαλύτερη αντίσταση στην διείσδυση σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή και μικρότερη σε σχέση με την ακαλλιέργεια. Ενώ στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή η αντίσταση στην διείσδυση μέχρι τα 10 cm κυμαίνονταν μεταξύ 1000 και 1200 kPa στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού έφταναν τα 1500 kPa και στην μέθοδο της δισκοσβάρνας τα 1700 kPa, Περίπου στα 10 cm ωστόσο οι μετρήσεις της αντίστασης στην διείσδυση στην μέθοδο της δισκοσβάρνας εμφάνιζαν μια κορύφωση με τιμές κοντά στα 1900-2000 kPa. Σημαντικά αυξημένη αντίσταση στην διείσδυση σε μια μέθοδο μειωμένης κατεργασίας με δισκοσβάρνα διαπίστωσαν και οι Moreno *et al.* (1997). Το βάθος της κατεργασίας ήταν περίπου 5-7 cm και οι καμπύλες παρουσίαζαν επίσης μια κορύφωση σε ένα βάθος 10 cm. Σύμφωνα με τον Chancellor (1977) η αντίσταση στην διείσδυση, όταν αναφέρεται σε ίδια επίπεδα εδαφικής υγρασίας, συνδέεται ευθέως με την προϋπάρχουσα συμπίεση σε ένα έδαφος. Το γεγονός ότι οι τιμές της αντίστασης στην διείσδυση στα 10 cm στην μέθοδο της δισκοσβάρνας ήταν αυξημένες αποτελεί μια ένδειξη ότι η δισκοσβάρνα, όπως άλλωστε και τα περισσότερα από τα εργαλεία κατεργασίας που περιλαμβάνουν δίσκους, δημιουργεί μια συμπίεση του εδάφους αμέσως κάτω από το βάθος εργασίας.

Τέλος, η μέθοδος της ακαλλιέργειας εμφάνιζε σημαντικά μεγαλύτερες τιμές αντίστασης στην διείσδυση. Μέχρι τα 10 cm, η αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση κυμαίνονταν στα 1700 με 1900 kPa. Σε μεγαλύτερα βάθη όμως, η αντίσταση ξεπερνούσε τα 2000 kPa. Οι Lopez *et al.* (1996) αναφέρουν για την περίπτωση της ακαλλιέργειας, σε ένα βάθος μέχρι 40 cm, αντίσταση στην διείσδυση που ξεπερνούσε τα 4000 kPa.

Αυτό που συμβαίνει κατά την μηχανική κατεργασία του εδάφους είναι ότι ασκούνται σε αυτό τάσεις οι οποίες προκαλούν διάτμηση, αναμόρφωση ή απλώς αναμόχλευση του εδάφους. Από τις δράσεις αυτές, εκείνες που ενδιαφέρουν είναι οι τάσεις συμπίεσης που καταλήγουν σε διάσπαση του εδάφους και οι διατμητικές τάσεις οι οποίες προκαλούν την αποκοπή και την ολίσθηση ενός τμήματος εδάφους πάνω σε ένα άλλο.

Κατά την κατεργασία του εδάφους με άροτρο το έδαφος υφίσταται κύρια και δευτερεύουσα φάση θρυμματισμού (Τσατσαρέλης, 2000) καθώς κινείται κατά μήκος του αναστρεπτήρα. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια την ανάπτυξη εκτεταμένων επιφανειών διάτμησης με αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση του πορώδους. Με τον βαρύ καλλιεργητή

παρατηρείται μόνο η φάση του κύριου θρυμματισμού του εδάφους. Ωστόσο η χαλάρωση επεκτείνεται σε σημαντική απόσταση δεξιά και αριστερά από τα ελάσματα. (Koolen and Kuipers, 1983). Σύμφωνα με τον Godwin (1974), (αναφορά από Mckyes, 1989) όταν η κατεργασία του εδάφους γίνεται σε φυσιολογικά επίπεδα υγρασίας, η θέση του κριτικού βάθους, του βάθους δηλαδή κάτω από το οποίο αλλάζει η μορφή της διάτμησης του εδάφους από κατακόρυφη σε οριζόντια, βρίσκεται σε ένα βάθος 10 – 16 φορές μεγαλύτερο από το πλάτος του ελάσματος του εργαλείου κατεργασίας. Το πλάτος των ελασμάτων του βαρύ καλλιεργητή ήταν 5 cm και συνεπώς το κριτικό βάθος βρισκόταν τουλάχιστον στα 50 cm ενώ η κατεργασία γινόταν περίπου στα 25 cm. Η ενέργεια επομένως που καταναλώνονταν κατά την κατεργασία χρησίμευε για την χαλάρωση και την ανύψωση της εδαφικής επιφάνειας.

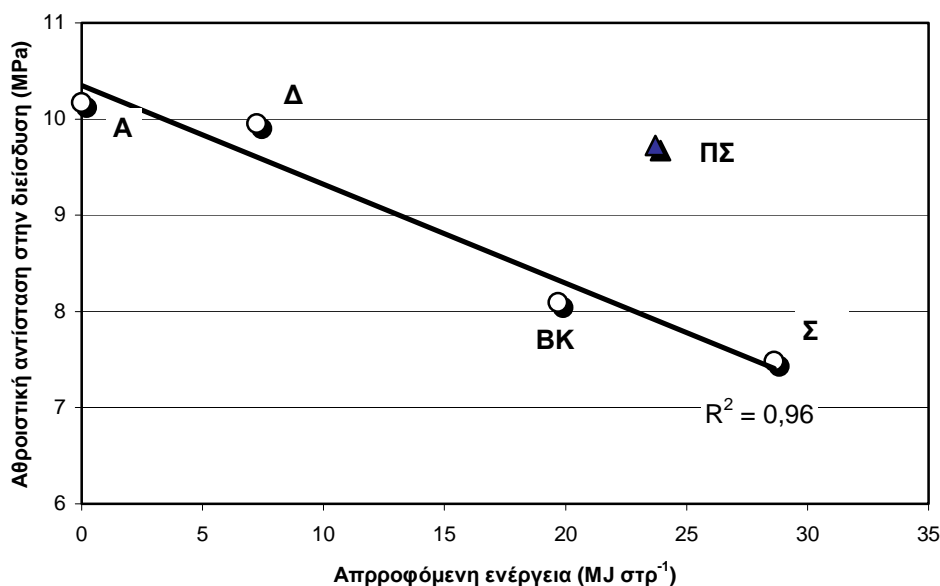
Το άροτρο και ο βαρύς καλλιεργητής είναι εργαλεία που όταν κινούνται μέσα στο έδαφος προκαλούν την ανάπτυξη ισχυρών διατμητικών τάσεων οι οποίες προκαλούν επιφάνειες διάτμησης που οδηγούν σε μείωση της συνοχής του εδάφους και αύξηση του πορώδους με αποτέλεσμα το έδαφος μετά την κατεργασία να εμφανίζεται πιο αφράτο (Koolen and Kuipers, 1983). Για να συμβεί η πιο πάνω ευεργετική λειτουργία θα πρέπει η κατεργασία να γίνεται σε κατάλληλο επίπεδο εδαφικής υγρασίας που πρέπει να είναι μικρότερο από το κατώτερο όριο πλαστικότητας του εδάφους ειδάλλως υπάρχει ο κίνδυνος της υποβάθμισης της δομής προκαλώντας συμπίεση του εδάφους (Payne, 1988, Hamblin, 1987, Larney *et al.*, 1988). Οι σχετικά αυξημένες τιμές ξηρής φαινομενικής πυκνότητας που παρατηρήθηκαν στις μεταχειρίσεις της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή κατά το δεύτερο έτος του πειράματος πιθανόν να σχετίζονται με την πιο πάνω παρατήρηση διότι η πίεση του χρόνου κατά το έτος αυτό ανάγκασε ώστε η κατεργασία του εδάφους να γίνει σε επίπεδα υγρασίας ελαφρώς υψηλότερα από το κατώτερο όριο πλαστικότητας αυτού. Οι Boizard *et al.* (2002) αναφέρουν ότι η ποιότητα της σποροκλίνης εξαρτάται άμεσα από την επιτυχία του οργώματος. Όταν το όργωμα γίνεται σε υγρό έδαφος προκαλείται συμπίεση του εδάφους με συνέπεια κατά την προετοιμασία της σποροκλίνης να παραμένουν στον αγρό μεγάλοι και συμπιεσμένοι βώλοι εδάφους, ακόμη και αν για τις δευτερογενείς κατεργασίες χρησιμοποιούνται ισχυροδοτούμενα εργαλεία όπως περιστροφικοί καλλιεργητές.

Αν και η κατανομή των δυνάμεων που ασκούν στο έδαφος τα υνιά του περιστροφικού σκαπτικού και οι δίσκοι της δισκοσβάρνας είναι εντελώς διαφορετική (Koolen and Kuipers, 1983), κοινό χαρακτηριστικό των δυο εργαλείων είναι ότι κατεργάζονται το έδαφος σε ένα μικρό σχετικά βάθος. Κατά συνέπεια, η χαλάρωση που προκαλούν στο έδαφος είναι περιορισμένη και αυτό γινόταν εμφανές τόσο κατά τις μετρήσεις των μηχανικών ιδιοτήτων του εδάφους όσο και από την ίδια την ανάπτυξη των φυτών. Από τις παρατηρήσεις του τρόπου ανάπτυξης των ριζών των τεύλων διαπιστώθηκε ότι οι ρίζες στις μεθόδους της δισκοσβάρνας αλλά και του περιστροφικού σκαπτικού, μόλις έφταναν στο κατώτερο όριο κατεργασίας του εδάφους ακολουθούσαν μια οριζόντια διεύθυνση ανάπτυξης δείχνοντας μια σαφή προτίμηση στη χαλαρή ζώνη του κατεργασμένου εδάφους. Αντίθετα στην συμβατική κατεργασία, τον βαρύ καλλιεργητή και την ακαλλιέργεια οι ρίζες αναπτύσσονταν σχεδόν κατακόρυφα

Μια ουσιαστική διαφορά μεταξύ του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας είναι η εντατικότητα της κατεργασίας του εδάφους. Το περιστροφικό σκαπτικό διαθέτοντας κατακόρυφα ελάσματα τα οποία περιστρέφονται με υψηλή ταχύτητα μέσα στο έδαφος, έχει την δυνατότητα μεγαλύτερης συχνότητας διελεύσεων ανά μονάδα επιφάνειας. Σύμφωνα με τον Τσατσαρέλη (2000), ο βαθμός θρυμματισμού εξαρτάται από τις συνθήκες του εδάφους (υγρασία, μηχανική σύσταση κ.τ.λ.) και από το λόγο (λ) της ταχύτητας περιστροφής των ελασμάτων προς την γραμμική ταχύτητα μετακίνησης του μηχανήματος. Το συγκεκριμένο εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε, δουλεύοντας με μια μέση γραμμική ταχύτητα 2,5 km/h και έχοντας μια σχέση μετάδοσης της κίνησης από τον δυναμοδότη στα στροφέα 540/181, με 2 ελάσματα ανά στροφέο, είχε ένα λόγο (λ) ίσο με 2,38. Η τιμή αυτή είναι ελαφρώς μικρότερη

από την τιμή $\lambda=2,75$ την οποία οι Chan *et al.* (1993) (αναφορά από Τσατσαρέλη, 2000) θεωρούν ιδανική για να δημιουργεί το περιστροφικό σκαπτικό το μέγιστο αεροπορώδες.

Στο σχήμα 3.2.16 παριστάνεται η σχέση μεταξύ της ενέργειας που απορροφάται από τα μηχανήματα για την κατεργασία του εδάφους με την κάθε μέθοδο (όπως αυτή υπολογίζεται στο δεύτερο μέρος της παρούσας εργασίας) και της αθροιστικής αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση για ένα βάθος μέχρι 30 cm (μέσος όρος από τις μετρήσεις των τριών ετών). Όπως διαπιστώνεται και από το σχήμα, υπάρχει ένας υψηλός βαθμός συσχέτισης μεταξύ των δύο παραπάνω παραμέτρων ($r^2 = 0.96$) όταν από τα στοιχεία εξαιρείται η μέθοδος του περιστροφικού σκαπτικού.



Σχήμα 3.2.16. Συσχέτιση μεταξύ της ενέργειας που απορροφάται από τα μηχανήματα για την κατεργασία του εδάφους με την κάθε μέθοδο και της αθροιστικής αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση για ένα βάθος μέχρι 30 cm (μέσος όρος από τις μετρήσεις των τριών ετών).

Μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων αμειψισποράς, κατά το πρώτο έτος, φάνηκε μια τάση η ανώτερη επιφάνεια του εδάφους (0-5 cm) στα συστήματα που περιελάμβαναν σιτάρι ως προηγούμενη καλλιέργεια, να παρουσιάζει μικρότερη φαινομενική πυκνότητα και μικρότερη αντοχή στη διάτμηση. Σε μεγαλύτερο βάθος ωστόσο, η προηγούμενη καλλιέργεια δεν έδειξε να έχει επίδραση στις μηχανικές και φυσικές ιδιότητες του εδάφους. Προφανώς η ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους είχε ως συνέπεια την δημιουργία κενών διαστημάτων και κατά συνέπεια την μείωση της φαινομενικής πυκνότητας (Guerif *et al.*, 2001). Επιπλέον, η καλλιέργεια του σιταριού η οποία είναι μια λιγότερο εντατική καλλιέργεια, υπό την έννοια των απαιτούμενων καλλιεργητικών επεμβάσεων, βοήθησε στον περιορισμό της συμπίεσης του εδάφους.

Μεταξύ των αμειψισπορών του δεύτερου έτους, υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές όσον αναφορά την ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους, με την αμειψισπορά "τεύτλα - βαμβάκι" να εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές και στα δύο βάθη δειγματοληψίας και την αμειψισπορά "καλαμπόκι - τεύτλα" μικρότερες. Η μειωμένη φαινομενική πυκνότητα μπορεί να αποδοθεί στα αυξημένα φυτικά υπολείμματα που ενσωματώνονται στο έδαφος. Επιπλέον, τα φυτικά υπολείμματα με την αποσύνθεσή τους πιθανόν να προκάλεσαν αύξηση της οργανικής ουσίας. Από τις τρεις καλλιέργειες, το καλαμπόκι επέστρεψε στο έδαφος τον

μεγαλύτερο όγκο φυτικών υπολειμμάτων μετά την συγκομιδή (Γέμτος, 1992). Με την αποσύνθεσή τους τα φυτικά υπολείμματα προκαλούν αύξηση της οργανικής ουσίας. Σε ένα πείραμα με αμειψισπορές καλαμποκιού οι Yang and Kay (2001) διαπίστωσαν μια μείωση της φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους που την απέδωσαν στην αύξηση της οργανικής ουσίας κατά την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας.

Αν και οι μετρήσεις της αντοχής του εδάφους στην διάτμηση δεν έδειξαν διαφορές, οι μετρήσεις της αντίστασης στην διείσδυση έδειξαν και πάλι ότι η ανώτερη επιφάνεια του εδάφους στην αμειψισπορά "τεύτλα - βαμβάκι" ήταν πιο συνεκτική. Οι Galanoroulou – Sendouka, *et al.* (1998) αναφέρουν ότι η ανάπτυξη μιας καλλιέργειας βαμβακιού έπειτα από καλλιέργεια ζαχαρότευτλων ήταν περιορισμένη γεγονός που πιθανόν οφείλονταν στην συμπίεση που δημιουργούν στο έδαφος οι ρίζες των τεύτλων καθώς διογκώνονται.

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα των μετρήσεων, τα φυτά που αναπτύσσουν ένα θυσσανώδες επιφανειακό ριζικό σύστημα, όπως ήταν το σιτάρι και το καλαμπόκι, βοηθούν στην βελτίωση της δομής περιορίζοντας την συμπίεση του εδάφους. Το πλούσιο ριζικό σύστημα αυτών των φυτών σχηματίζει ένα πλέγμα στην ανώτερη επιφάνεια του εδάφους το οποίο συγκρατεί και ισχυροποιεί τα εδαφικά συσσωματώματα με αποτέλεσμα αυτά να γίνονται πιο ανθεκτικά σε τυχόν τάσεις συμπίεσης. Σύμφωνα με τον Hamblin (1987), τα μονοκοτυλήδονα φυτά με το πλούσιο θυσσανώδες ριζικό τους σύστημα, προωθούν την δομική σταθερότητα της ανώτερης επιφάνειας του εδάφους. Αντίθετα τα φυτά που αναπτύσσουν ένα ριζικό σύστημα που διογκώνεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους αποθηκεύοντας αποθησαυριστικές ουσίες, όπως είναι τα ζαχαρότευτλα, προκαλούν συμπίεση του εδάφους διότι καταλαμβάνουν όγκο, περιορίζοντας τον διαθέσιμο όγκο του εδάφους. Επιπλέον, σημαντική συμπίεση του εδάφους συνέβη κατά την συγκομιδή της καλλιέργειας των τεύτλων όταν η βαρέως τύπου μηχανή συγκομιδής έπρεπε να μπει στον αγρό και να δουλέψει υπό υγρές συνθήκες διότι η συγκομιδή γινόταν αργά το φθινόπωρο. Σύμφωνα με τον Gysi (2001) η μηχανή συγκομιδής των τεύτλων μπορεί να προκαλέσει σημαντική αύξηση της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους και μείωση του πορώδους σε ένα βάθος 0-15 cm. Οι αρνητικές επιπτώσεις της συμπίεσης διαπιστώνονται μέχρι σε ένα βάθος 25 cm.

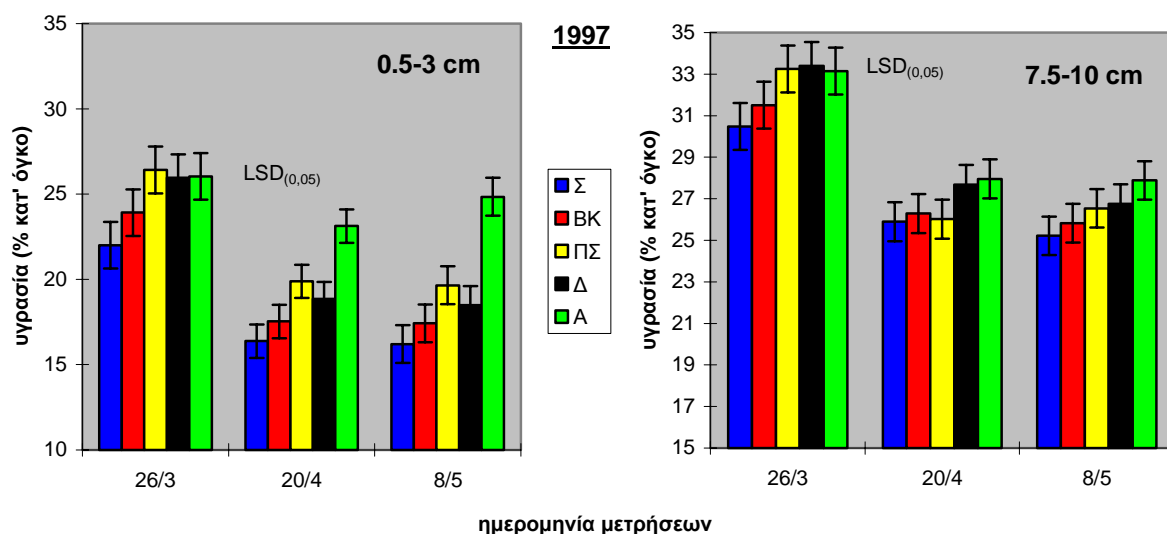
3.3. Εδαφική υγρασία

1997

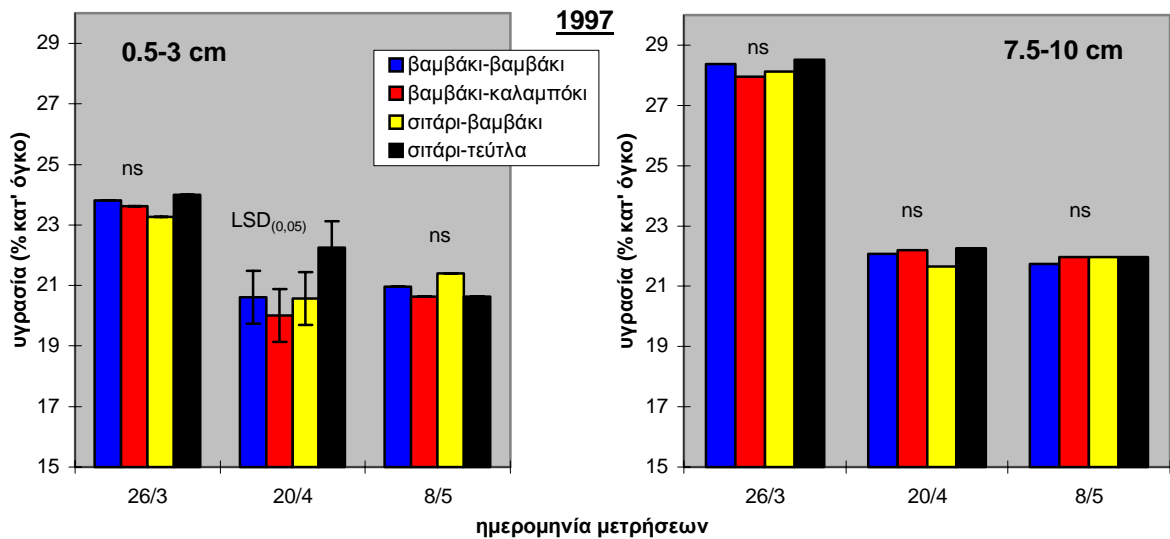
Κατά το πρώτο έτος πραγματοποιήθηκαν τρεις σειρές μετρήσεων. Στις 20/4 και 8/5 το έδαφος στις μεταχειρίσεις της ακαλλιέργειας παρουσιάζεται σημαντικά πιο υγρό (σχήμα 3.3.1 & παράρτημα, πίνακας 10.1.8). Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν μετά την δράση του *glyphosate* και την καταστροφή των ζιζανίων. Κατά την περίοδο αυτή, τα νεκρά φυτικά υπολείμματα των ζιζανίων είχαν σχηματίσει μια στρωμή στην επιφάνεια του εδάφους η οποία προφανώς περιόριζε τις απώλειες από εξάτμιση.

Από τη μέτρηση στις 26/3 ωστόσο, διαπιστώνεται ότι το έδαφος στην ακαλλιέργεια διατηρεί ένα σχετικά χαμηλότερο επίπεδο υγρασίας το οποίο δεν παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά με τα επίπεδα της υγρασίας στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και του βαρύ καλλιεργητή (σχήμα 3.3.1). Η μέτρηση αυτή πραγματοποιήθηκε πριν από την εφαρμογή του *glyphosate*, σε περίοδο κατά την οποία τα ζιζάνια ήταν ζωντανά και με τη λειτουργία της διαπνοής αντλούσαν νερό από το έδαφος.

Οι μεταχειρίσεις του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας έδειξαν επίσης να διατηρούν μια σχετικά υγρή σποροκλίνη σε όλη την περίοδο του φυτρώματος (σχήμα 3.3.1). Το περιορισμένο πορώδες του εδάφους στις μεθόδους αυτές φαίνεται ότι είχε ως συνέπεια την μείωση των απωλειών του νερού από εξάτμιση και διήθηση. Αντίθετα, η συμβατική κατεργασία και ο βαρύς καλλιεργητής ήταν οι μεταχειρίσεις που έχαναν ευκολότερα τα εδαφικά αποθέματα νερού. Το γεγονός αυτό φαίνεται ότι οφείλονταν σε αυξημένη στράγγιση και εξάτμιση, διότι το πορώδες ήταν μεγαλύτερο και επιπλέον, αποτελούταν κυρίως από μεγάλους πόρους μέσα από τους οποίους στράγγιζε το νερό και διακινούνταν ο αέρας ο οποίος απομάκρυνε τους υδρατμούς.



Σχήμα 3.3.1: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας κατά το 1997. Σ = συμβ κατεργασία, BK = βαρ καλλιεργητής, ΠΣ = περ σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και A = ακαλλιέργεια.



Σχήμα 3.3.2. Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας για τα 4 συστήματα αμειψισποράς κατά το έτος 1997.

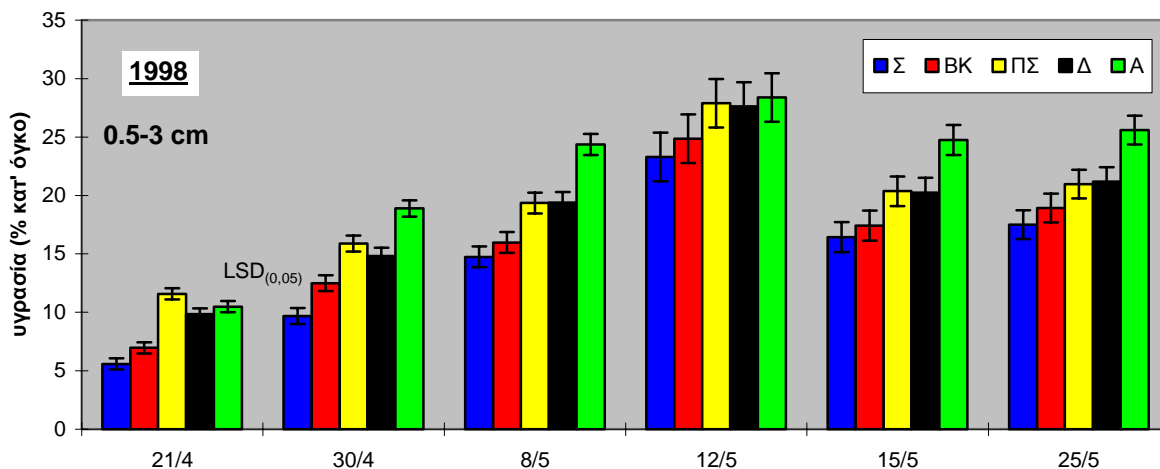
Σε μεγαλύτερο βάθος (7,5-10 cm) το μέσο επίπεδο υγρασίας ήταν γενικά υψηλότερο ενώ οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων μικρότερες. Και πάλι, το υψηλότερο ποσοστό υγρασίας, στο βάθος αυτό, έδειξαν να διατηρούν οι μέθοδοι της ακαλλιέργειας, του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας (σχήμα 3.3.1).

Μεταξύ των συστημάτων αμειψισποράς που υπήρχαν στον αγρό 1 το 1997, δεν φάνηκαν να υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στα επίπεδα της εδαφικής υγρασίας (σχήμα 3.3.2), εκτός από την μέτρηση στις 20/4 η οποία έδειξε ότι η επιφάνεια του εδάφους στην αμειψισπορά “σιτάρι-τεύτλα” ήταν πιο υγρή.

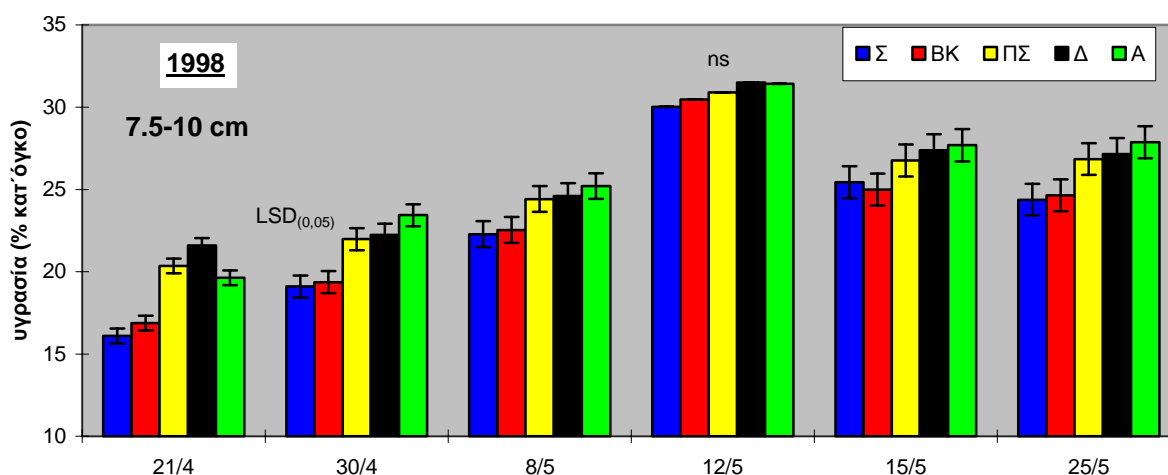
1998

Το 1998, με σκοπό την εκτενέστερη διερεύνηση της επίδρασης του παράγοντα της υγρασίας της σποροκλίνης στο φύτευμα των καλλιεργειών, λήφθηκε μεγαλύτερος αριθμός παρατηρήσεων οι οποίες όμως έδωσαν αποτελέσματα παρόμοια με αυτά του πρώτου έτους (παράρτημα, πίνακας 10.1.8).

Κατά την πρώτη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 21/4, δώδεκα ημέρες μετά την εφαρμογή του *glyphosate* και ενώ η δράση του δεν είχε ολοκληρωθεί, το έδαφος στις μεταχειρίσεις της ακαλλιέργειας παρουσίαζε χαμηλότερο επίπεδο υγρασίας σε σχέση με αυτά των μεθόδων του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας (σχήματα 3.3.3 & σχήματα 3.3.4). Ακολούθησε πότισμα και από την επόμενη μέτρηση, στις 30/4, η μέθοδος της ακαλλιέργειας διατηρεί ένα σημαντικά υψηλότερο ποσοστό υγρασίας στην επιφάνειά της. Κατά την περίοδο αυτή, τα ζιζάνια είχαν νεκρωθεί από το *glyphosate* και σχημάτισαν μια στρωμή στην επιφάνεια του εδάφους. Σε όλη την περίοδο των μετρήσεων, τα χαμηλότερα ποσοστά υγρασίας εμφάνιζαν η συμβατική κατεργασία και κατόπιν ο βαρύς καλλιεργητής.



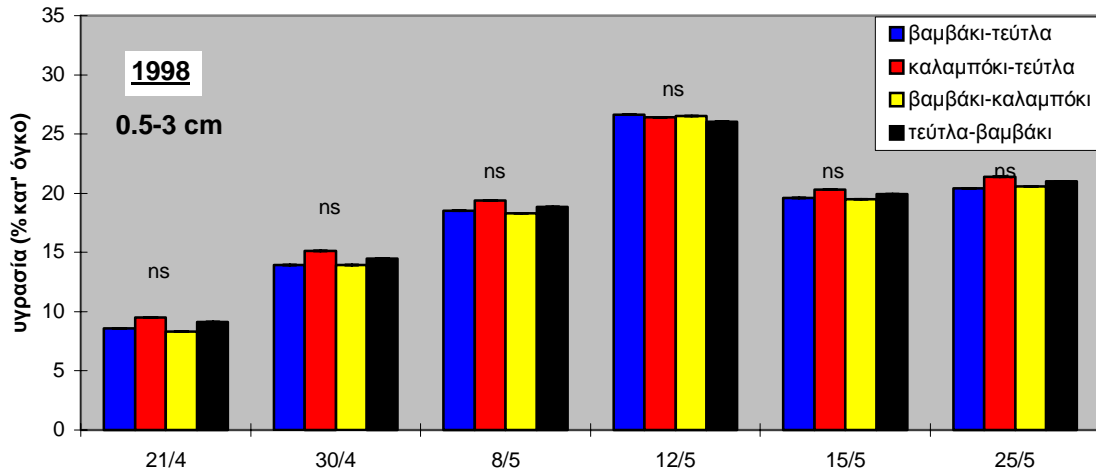
Σχήμα 3.3.3: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας σε βάθος 0,5-3 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας κατά το έτος 1998. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.



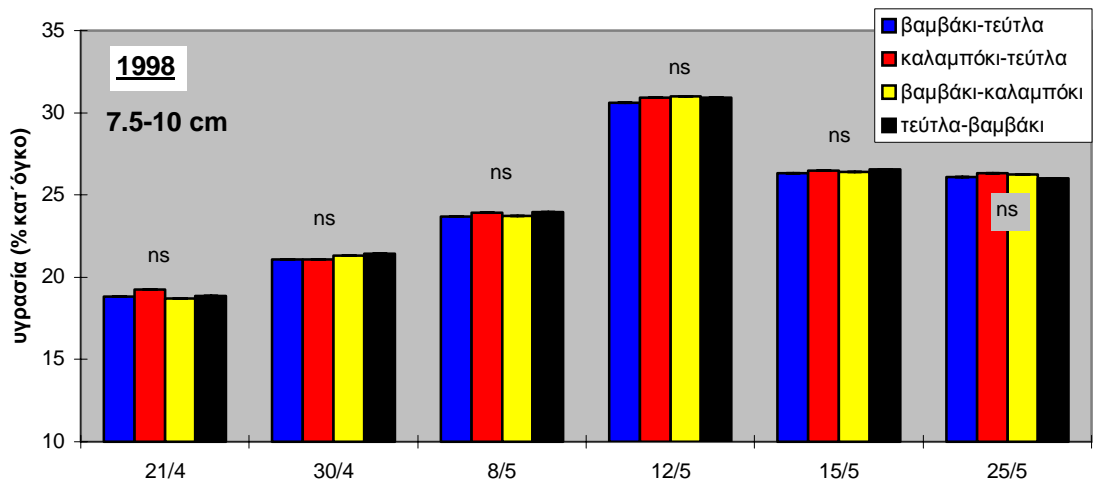
Σχήμα 3.3.4: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας σε βάθος 7,5-10 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας κατά το έτος 1998. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.

Συγκρίνοντας το ποσοστό της εδαφικής υγρασίας στα τέσσερα διαφορετικά συστήματα αμειψισποράς του 1998, διακρίνεται ένα ελαφρώς αυξημένο ποσοστό για την ακολουθία “καλαμπόκι-τεύτλα”, ιδίως στην ανώτερη επιφάνεια (0,5-3 cm) του εδάφους (σχήμα 3.3.5). Η διαφορά αυτή ωστόσο δεν ήταν για καμία ημερομηνία στατιστικώς σημαντική. Το γεγονός αυτό πιθανόν οφείλεται στην στρωμνή που έχουν σχηματίσει στην επιφάνεια του εδάφους τα ξηρά στελέχη της καλλιέργειας του καλαμποκιού εμποδίζοντας την εξάτμιση του νερού.

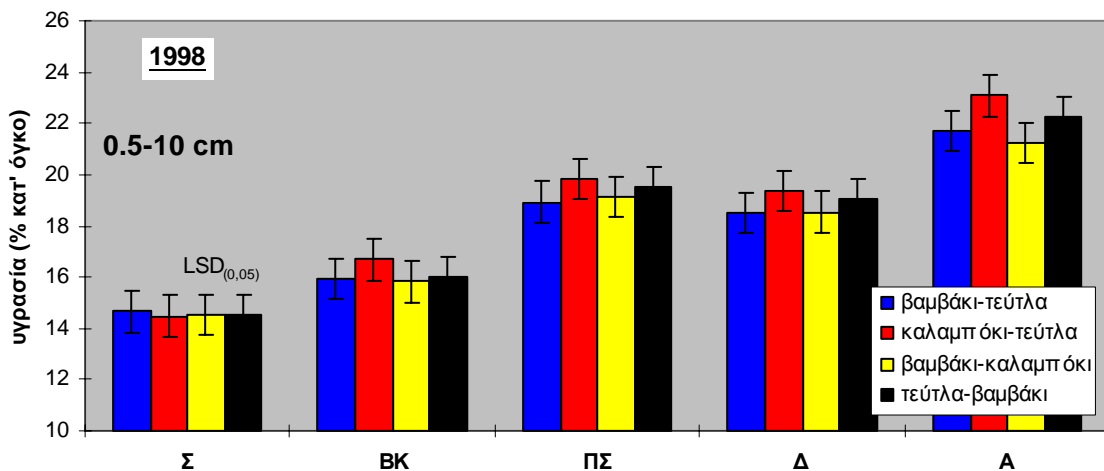
Η παραπάνω υπόθεση ενισχύεται και από την παρατήρηση ότι οι διαφορές μεταξύ των αμειψισπορών ίσχυαν μόνο όταν συγκρίνονταν οι μέσοι όροι των τεσσάρων μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους, ενώ δεν παρατηρήθηκαν όταν συγκρινόταν οι μέσοι όροι της συμβατικής κατεργασίας (σχήμα 3.3.7), διότι η μέθοδος αυτή ενσωματώνει τα φυτικά υπολείμματα στο έδαφος αφήνοντας την επιφάνειά του γυμνή.



Σχήμα 3.3.5: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας σε βάθος 0,5- 3 cm για τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς κατά το έτος 1998.



Σχήμα 3.3.6: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας σε βάθος 7,5- 10 cm για τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς κατά το έτος 1998.

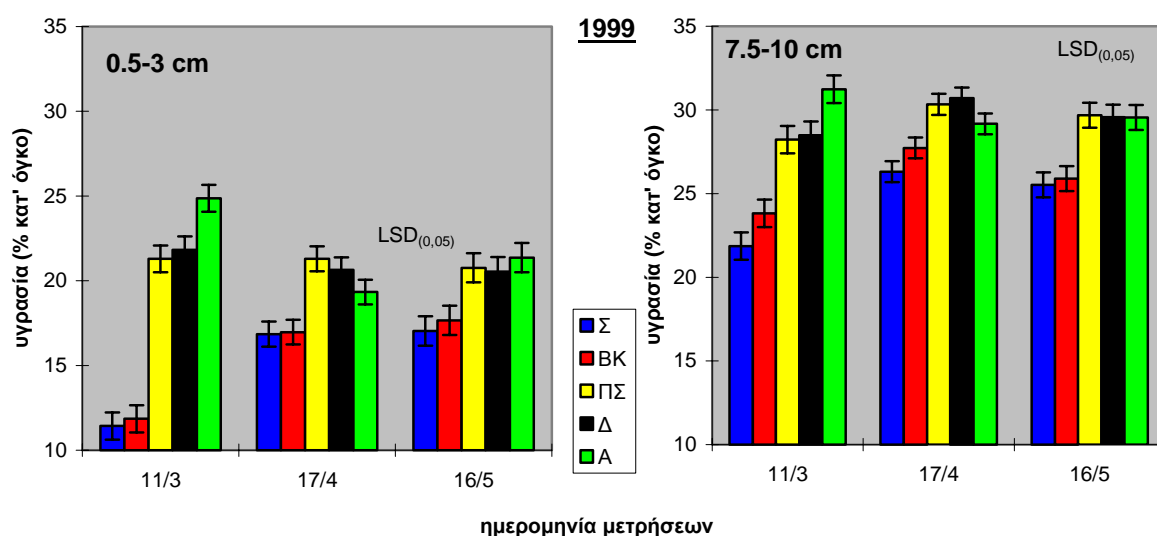


Σχήμα 3.3.7: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους κατά το έτος 1998. Για τη σύγκριση, χρησιμοποιήθηκε η μέση υγρασία από το σύνολο των μετρήσεων για κάθε μεταχείριση.

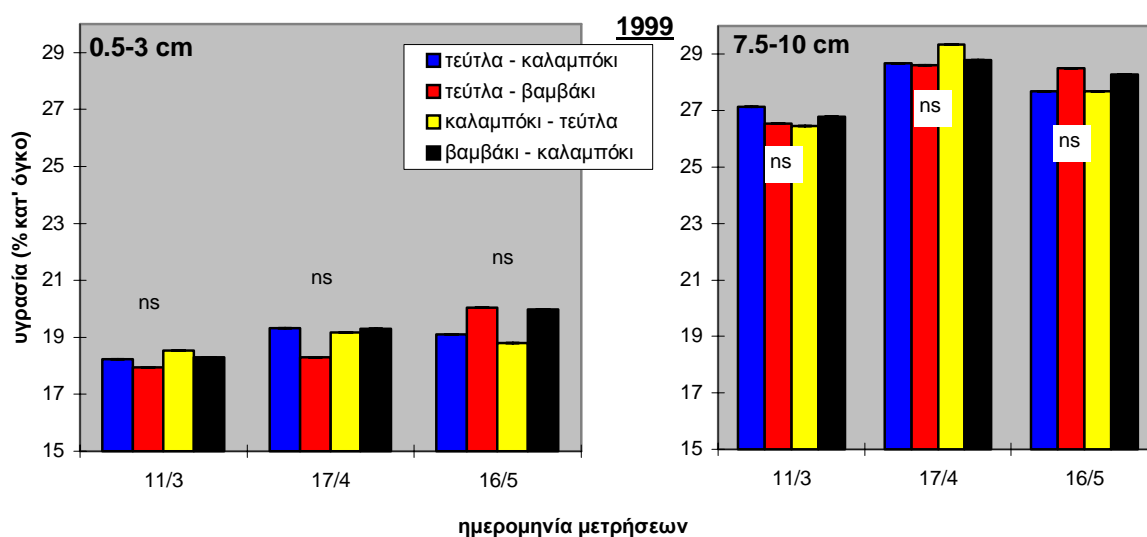
1999

Κατά το τρίτο έτος του πειράματος, η υγρασία του εδάφους με τη μέθοδο του πηραντηρίου μετρήθηκε στις 11/3, 19/4 και 16/5/99 (παράρτημα, πίνακας 10.1.8).

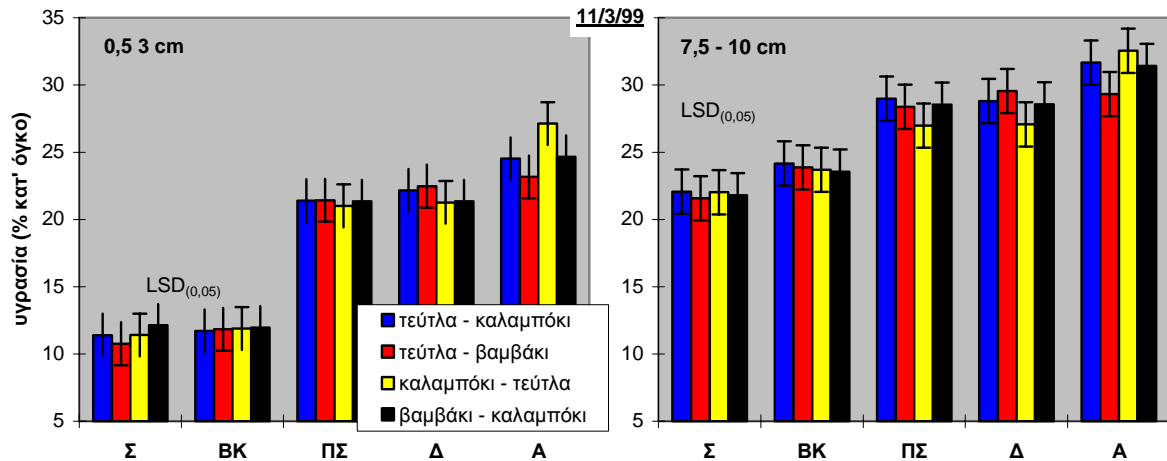
Κατά την πρώτη ημερομηνία δειγματοληψίας, έχει παρέλθει ένα μεγάλο χρονικό διάστημα (πάνω από 20 ημέρες) στο οποίο δεν έχει σημειωθεί βροχόπτωση. Οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας, οι οποίες έχουν μειωμένες απώλειες νερού, εμφανίζουν ένα σημαντικά υψηλότερο ποσοστό υγρασίας σε σχέση με τις μεθόδους του βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής κατεργασίας (σχήμα 3.3.8). Σε βάθος 0,5-3 cm, η υγρασία είναι υψηλότερη κατά 10,5 – 13,5% κατ' όγκο σε σχέση με την συμβατική κατεργασία με τα υψηλότερα ποσοστά να εμφανίζονται στην μέθοδο της ακαλλιέργειας.



Σχήμα 3.3.8: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας κατά το έτος 1999. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.



Σχήμα 3.3.9: Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας για τα 4 συστήματα αμειψισποράς κατά το έτος 1999.

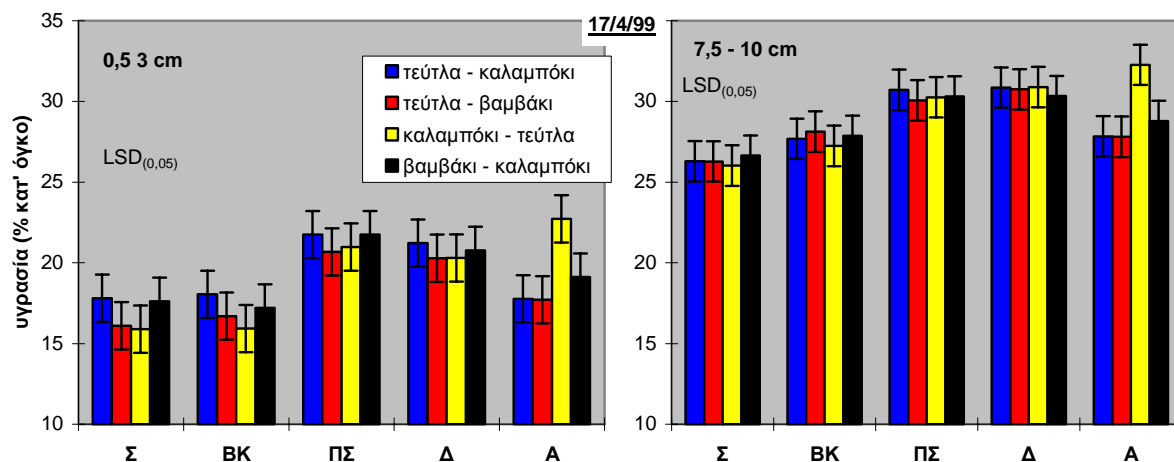


Σχήμα 3.3.10 Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για τις 11/3/99. Σ = συμβατική κατεργασία, ΒΚ = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.

Συγκρίνοντας τα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς για τις 11/3 δεν διαπιστώνονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές (σχήμα 3.3.9). Τόσο σε βάθος 0,5-3 cm όσο και σε βάθος 7,5-10 cm ωστόσο υπήρξε μια στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση του παράγοντα “αμειψισπορά” με τον παράγοντα “κατεργασία”. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.3.10, για την μέθοδο της ακαλλιέργειας, το έδαφος στην αμειψισπορά “καλαμπόκι-τεύτλα” διατηρούσε ένα σημαντικά υψηλότερο ποσοστό υγρασίας. Το γεγονός αυτό φαίνεται ότι σχετίζεται με την αυξημένη ποσότητα των φυτικών υπολειμμάτων από την προηγούμενη καλλιέργεια του καλαμποκιού, τα οποία καλύπτουν το έδαφος και περιορίζουν την απώλεια νερού από την εξάτμιση. Επιπλέον, στην μεταχείριση αυτή τα ζιζάνια ήταν λιγότερα γεγονός που συνεπάγεται μειωμένες απώλειες εδαφικού νερού από διαπνοή. Παρόλο που οι μέθοδοι της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού σκαπτικού παρουσιάζουν επίσης ένα σημαντικό ποσοστό φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους, δεν δείχνουν να διατηρούν μια υψηλότερη εδαφική υγρασία σε σχέση με τις αντίστοιχες μεθόδους στα υπόλοιπα τρία συστήματα αμειψισποράς. Σε βάθος 7,5 –10 cm μάλιστα το επίπεδο της υγρασίας είναι χαμηλότερο. Στις δυο προαναφερθείσες μεθόδους στο σύστημα “καλαμπόκι – τεύτλα”, πραγματοποιήθηκε στις 25/2/99 ένα πέρασμα με ελαφρύ καλλιεργητή για την προετοιμασία της σποροκλίνης. Με την επέμβαση αυτή έγινε αναμόχλευση του εδάφους και υγροί βώλοι ανασύρθηκαν στην επιφάνεια όπου και στέγνωσαν. Αντίθετα, στα τεμάχια της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού σκαπτικού των υπολοίπων τριών συστημάτων αμειψισποράς δεν έχει πραγματοποιηθεί ακόμη καμία δευτερογενής επέμβαση και γι’ αυτό το έδαφος διατηρεί την υγρασία του.

Η μέτρηση της 17/4/99 πραγματοποιήθηκε δυο ημέρες μετά την σπορά του καλαμποκιού. Στα συστήματα αμειψισποράς “τεύτλα – καλαμπόκι” και “βαμβάκι – καλαμπόκι” προηγήθηκε προετοιμασία της σποροκλίνης στις 14/4 με ένα πέρασμα με τον ελαφρύ καλλιεργητή σε όλα τα τεμάχια πλην της ακαλλιέργειας.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3.8, την περίοδο αυτή, τα υψηλότερα επίπεδα εδαφικής υγρασίας σημειώθηκαν στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας. Το μέσο επίπεδο της υγρασίας σε βάθος 0,5 – 3 cm κυμαίνονταν για την μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού στο 21,3% κατ’ όγκο ενώ για την μέθοδο της δισκοσβάρνας στο 20,7% κατ’ όγκο. Η μέθοδος της ακαλλιέργειας, κατά μέσο όρο, εμφανίζει 1,3 - 2% κατ’ όγκο μικρότερη υγρασία ενώ οι μέθοδοι του βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής κατεργασίας μειωμένη κατά 3,7 - 4,4% κατ’ όγκο.

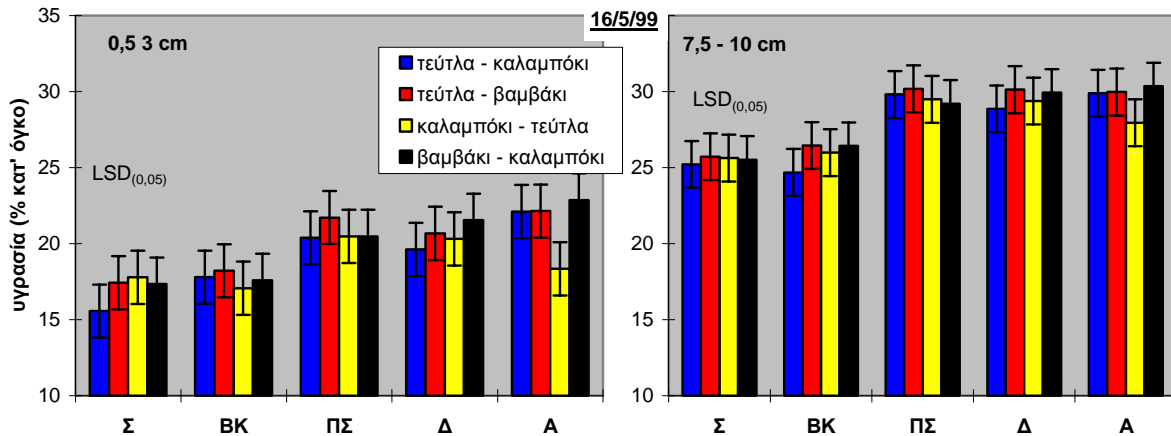


Σχήμα 3.3.11. Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας στα τέσσερα συστήματα αμειψισποράς για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για τις 17/4/99. Σ = συμβατική κατεργασία, ΒΚ = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.

Κατά την περίοδο αυτή ωστόσο υπήρχε και πάλι στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων “αμειψισπορά” και “κατεργασία”. Στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας, του βαρύ καλλιεργητή, του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας τα συστήματα αμειψισποράς “τεύτλα – καλαμπόκι” και “βαμβάκι – καλαμπόκι” παρουσίαζαν ένα υψηλότερο επίπεδο εδαφικής υγρασίας σε σχέση με τις αντίστοιχες μεθόδους κατεργασίας στα άλλα δυο συστήματα αμειψισποράς (σχήμα 3.3.11) με τις διαφορές αυτές ωστόσο να μην είναι στατιστικώς σημαντικές. Στα τεμάχια των εν λόγω μεταχειρίσεων έχει προηγηθεί πριν από τρεις ημέρες κατεργασία με ελαφρύ καλλιεργητή με αποτέλεσμα υγροί βόλοι να μετακινηθούν στην επιφάνεια του εδάφους. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας ωστόσο, στατιστικώς σημαντικά υψηλότερα επίπεδα υγρασίας εμφανίζει το σύστημα “καλαμπόκι – τεύτλα”. Στη μεταχείριση αυτή έχει ολοκληρωθεί η δράση του *glyphosate* και τα περισσότερα από τα ζιζάνια έχουν ξεραθεί. Τα νεκρά υπολείμματα των ζιζανίων προστέθηκαν στα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας του καλαμποκιού συμβάλλοντας προφανώς σε ακόμη μεγαλύτερο περιορισμό των απωλειών νερού από την εξάτμιση. Στα τεμάχια της ακαλλιέργειας των αμειψισπορών “τεύτλα – καλαμπόκι” και “βαμβάκι – καλαμπόκι” η εφαρμογή του *glyphosate* έχει γίνει πριν από τρεις ημέρες ενώ στα τεμάχια της ακαλλιέργειας της αμειψισποράς “τεύτλα - βαμβάκι” δεν έχει πραγματοποιηθεί ακόμη καμία επέμβαση. Επομένως στις μεταχειρίσεις αυτές, υπάρχει αυξημένη μάζα ζιζανίων τα οποία με τη διαπνοή αφαιρούν εδαφική υγρασία.

Κατά τη διάρκεια της τρίτης δειγματοληψίας, στις 16/5/99, το φυτόρωμα στις καλλιέργειες του καλαμποκιού και του βαμβακιού έχει μόλις ολοκληρωθεί ενώ η καλλιέργεια των τεύτλων βρίσκεται στο στάδιο της ταχείας βλαστικής ανάπτυξης παρουσιάζοντας μια μέση φυλλική επιφάνεια 1,4 m²/m². Την περίοδο αυτή, τα περισσότερα ζιζάνια στα τεμάχια της ακαλλιέργειας των συστημάτων αμειψισποράς “τεύτλα – καλαμπόκι”, “βαμβάκι – καλαμπόκι” και “τεύτλα - βαμβάκι” έχουν ξεραθεί από την δράση του *glyphosate*. Στο σύστημα “καλαμπόκι – τεύτλα” ωστόσο έχει παρέλθει ένα διάστημα δύομισι μηνών από την εφαρμογή του *glyphosate*, και νέα ζιζάνια έχουν φυτρώσει.

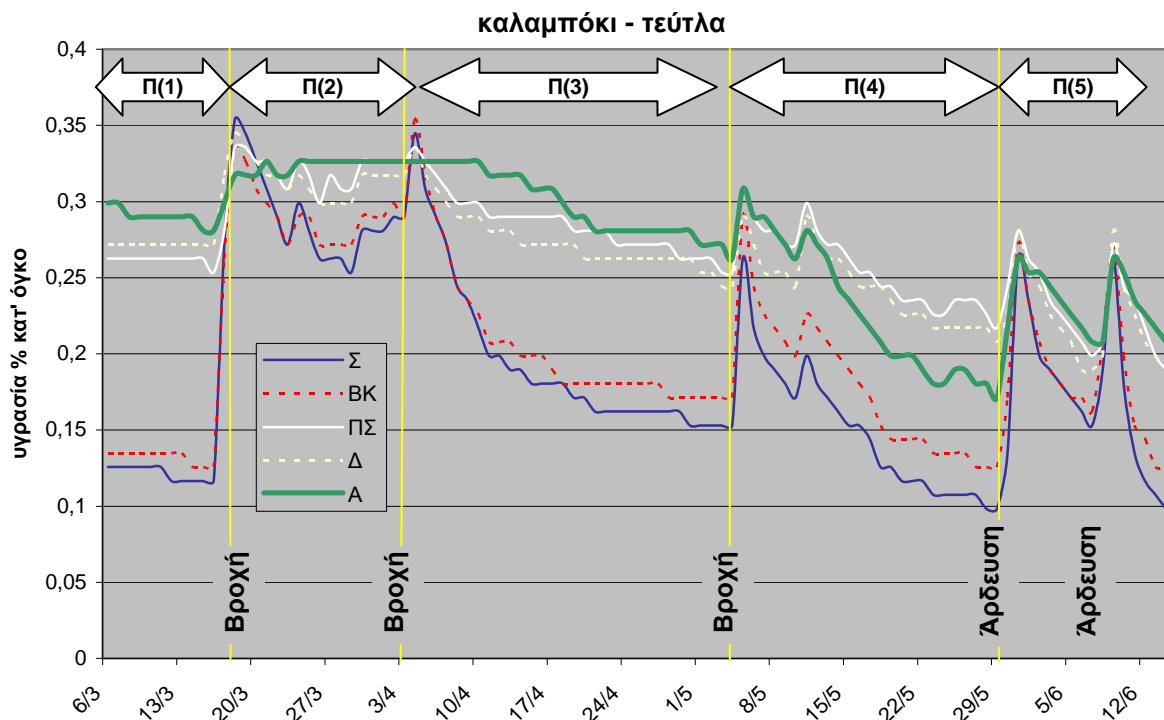
Όπως μπορεί να διαπιστωθεί από το σχήμα 3.3.8, τα υψηλότερα επίπεδα εδαφικής υγρασίας σημειώθηκαν και πάλι στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας. Από τον πίνακα 10.1.8 του παραρτήματος όμως, φαίνεται ότι υπήρξε και πάλι στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων “αμειψισπορά” και “κατεργασία” αυτή τη φορά, μόνο στην ανώτερη στοιβάδα του εδάφους



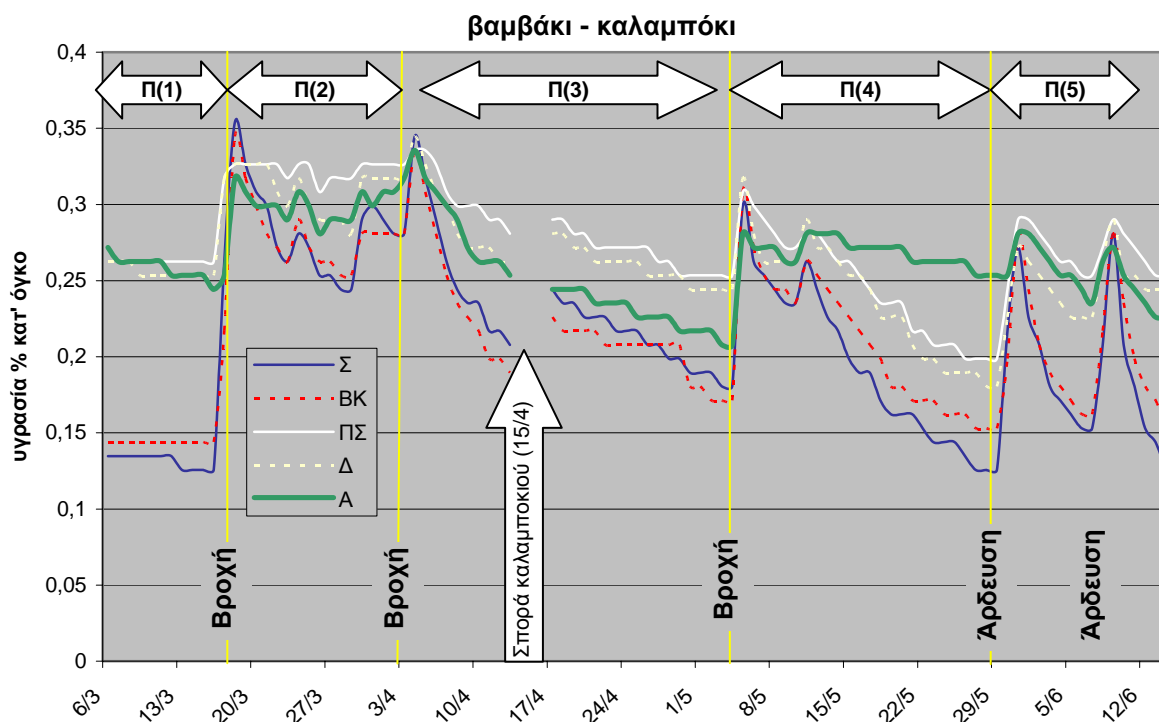
Σχήμα 3.3.12. Σύγκριση της εδαφικής υγρασίας στα τέσσερα συστήματα αμεινισποράς για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για τις 16/5/99.

Στο σχήμα 3.3.12 μπορεί να διαπιστωθεί ότι η διαφοροποίηση στη συμπεριφορά σημειώθηκε για την μέθοδο της ακαλλιέργειας. Στο σύστημα της αμεινισποράς “καλαμπόκι – τεύτλα” το έδαφος στην μέθοδο της ακαλλιέργειας παρουσίαζε ένα σημαντικά χαμηλότερο επίπεδο υγρασίας σε σχέση με αυτό που παρουσίαζε η αντίστοιχη μέθοδος κατεργασίας στα υπόλοιπα τρία συστήματα της αμεινισποράς. Το γεγονός αυτό ενισχύει την υπόθεση ότι τα ζιζάνια αντλούν εδαφική υγρασία καθότι στη μεταχείριση αυτή υπάρχει μια αυξημένη βιομάζα.

Στα σχήματα 3.3.13 & 3.3.14 φαίνεται η γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων από τις μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας με την χρήση των υγρασιομέτρων για την περίοδο από τις 6/3/99 έως τις 14/6/99. Για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων η περίοδος αυτή διαιρέθηκε σε πέντε υποπεριόδους:



Σχήμα 3.3.13. Γραφική αναπαράσταση της εξέλιξης της % κατ' όγκο υγρασίας του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους σε μια επανάληψη της αμεινισποράς “καλαμπόκι – τεύτλα” κατά το 1999.



Σχήμα 3.3.14. Γραφική αναπαράσταση της εξέλιξης της % κατ' όγκο υγρασίας του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους σε μια επανάληψη της αμειψισποράς “βαμβάκι - καλαμπόκι” κατά το 1999. Σ = συμβατική κατεργασία, ΒΚ = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.

Π.1: Από 6/3/99 μέχρι 16/3/99.

Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από χαμηλά επίπεδα υγρασίας του εδάφους. Στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” αφορά ένα διάστημα δώδεκα ημερών μετά την σπορά των τεύτλων. Στο σύστημα αυτό της αμειψισποράς στις 5/3/99 έχει γίνει εφαρμογή του *glyphosate* στην μέθοδο της ακαλλιέργειας, η δράση του όμως δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί και τα ζιζάνια είναι ακόμη ζωντανά. Στο σύστημα της αμειψισποράς “βαμβάκι – καλαμπόκι” οι τελευταίες επεμβάσεις έχουν πραγματοποιηθεί στις 25/2/99 και περιελάμβαναν ένα πέρασμα με ελαφρύ καλλιεργητή στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή ενώ στην μέθοδο της ακαλλιέργειας δεν έχει γίνει εφαρμογή του *glyphosate*.

Και για τα δύο συστήματα αμειψισποράς, τα υψηλότερα επίπεδα εδαφικής υγρασίας παρατηρούνται στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας. Στο σύστημα “καλαμπόκι – τεύτλα” μάλιστα η μέθοδος της ακαλλιέργειας εμφανίζει ακόμη υψηλότερη υγρασία. Στην περίπτωση αυτή, εκτός από τα ζιζάνια, στο έδαφος υπάρχει μια σημαντική ποσότητα φυτικών υπολειμμάτων από την προηγούμενη καλλιέργεια του καλαμποκιού τα οποία φαίνεται ότι περιορίζουν την απώλεια εδαφικής υγρασίας από εξάτμιση. Στην αμειψισπορά “βαμβάκι – καλαμπόκι” αντίθετα τα φυτικά υπολείμματα από την προηγούμενη καλλιέργεια του βαμβακιού είναι λιγοστά και το φαινόμενο αυτό δεν παρατηρήθηκε. Τα ζιζάνια όμως τα οποία είναι ζωντανά και στα δύο συστήματα, αντλούν εδαφική υγρασία μέσω της διαπνοής. Οι μέθοδοι της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή παρουσιάζουν μέχρι και 15% μικρότερη υγρασία.

Π.2: Από 17/3/99 μέχρι 4/4/99.

Η περίοδος αυτή περιλαμβάνει συχνές βροχοπτώσεις και χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα εδαφικής υγρασίας. Στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” τα ζιζάνια έχουν ξεραθεί στην μέθοδο της ακαλλιέργειας ενώ στην αμειψισπορά “βαμβάκι – καλαμπόκι” είναι ακόμη ζωντανά.

Στις 18/3, μια ημέρα με υψηλή βροχόπτωση, τα υψηλότερα επίπεδα υγρασίας εμφανίζονται στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή. Στη συμβατική κατεργασία η κατ’ όγκο υγρασία του εδάφους υπερβαίνει το 35%. Έπειτα από δυο ημέρες όμως, στις εν λόγω μεθόδους κατεργασίας υπάρχει μια απότομη μείωση της υγρασίας. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η στράγγιση και η εξάτμιση του νερού είναι μεγαλύτερη. Όπως άλλωστε αποδείχτηκε και από τις μετρήσεις της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας, το ολικό πορώδες του εδάφους στις εν λόγω μεθόδους ήταν μεγαλύτερο βοηθώντας στην ταχύτερη μετακίνηση του νερού.

Αντιπαραβάλλοντας τα δύο συστήματα αμειψισποράς, διαπιστώνεται μια διαφοροποίηση στην συμπεριφορά της ακαλλιέργειας. Στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” η μέθοδος διατηρεί σε όλη την περίοδο ένα σταθερό επίπεδο υγρασίας το οποίο κυμαίνεται στο 33% κατ’ όγκο. Το ποσοστό αυτό ήταν και το υψηλότερο. Στην μεταχείριση αυτή τα ζιζάνια έχουν καταστραφεί από το *glyphosate* και μαζί με τα φυτικά υπολείμματα του καλαμποκιού κείτονται την επιφάνεια του εδάφους περιορίζοντας τις απώλειες από την εξάτμιση. Στην αμειψισπορά “βαμβάκι – καλαμπόκι” αντίθετα, τα υψηλότερα επίπεδα υγρασίας παρατηρούνται στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας τα ζιζάνια είναι ζωντανά και με την λειτουργία της διαπνοής φαίνεται ότι αφαιρούν εδαφικό νερό ενώ τα φυτικά υπολείμματα από το βαμβάκι είναι λιγοστά. Η μέθοδος αυτή μαζί με τη μέθοδο της δισκοσβάρνας παρουσίαζαν ελαφρώς χαμηλότερη υγρασία από την μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού.

Κατά μέσο όρο, την περίοδο αυτή, τα χαμηλότερα επίπεδα εδαφικής υγρασίας σημειώθηκαν στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή. Λόγω των συχνών βροχοπτώσεων όμως η υγρασία διατηρήθηκε σε σχετικά υψηλά επίπεδα και κυμαίνονταν στο 29% κατ’ όγκο.

Π.3: Από 5/4/99 έως 4/5/99

Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από μια βαθμιαία πώση της εδαφικής υγρασίας καθώς οι βροχές σταμάτησαν. Επίσης συνοδεύεται από μια σταδιακή άνοδο της θερμοκρασίας. Στις 14/4/99 αφαιρέθηκαν τα υγρασιόμετρα από την αμειψισπορά “βαμβάκι – καλαμπόκι” για να πραγματοποιηθεί προετοιμασία της σποροκλίνης με ένα πέρασμα με ελαφρύ καλλιεργητή. Την ίδια ημέρα έγινε εφαρμογή του *glyphosate* στην μεταχείριση της ακαλλιέργειας. Στις 15/5 έγινε η σπορά του καλαμποκιού και στις 17/5 επανατοποθετήθηκαν τα υγρασιόμετρα.

Στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” το υψηλότερο επίπεδο εδαφικής υγρασίας σημειώνεται στην μέθοδο της ακαλλιέργειας. Κατά το πρώτο μισό διάστημα αυτής της περιόδου, η μέθοδος της ακαλλιέργειας χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ξερών φυτικών υπολειμμάτων ζιζανίων από την επίδραση του *glyphosate* καθώς και από την ύπαρξη φυτικών υπολειμμάτων καλαμποκιού. Μετά τις 15/4 ωστόσο, νέα ζιζάνια αρχίζουν να φυτρώνουν ευνοούμενα και από τις βροχές που σημειώθηκαν κατά το προηγούμενο διάστημα. Οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας διατηρούν στην αρχή της περιόδου ένα χαμηλότερο επίπεδο υγρασίας κατά 3-4% ενώ προς το τέλος της περιόδου κυμαίνονται στα επίπεδα της ακαλλιέργειας. Στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή σημειώθηκε μέσα στο διάστημα μιας εβδομάδας μια απότομη μείωση της υγρασίας από το 31-32% κ.ο. στο 20-21% κ.ο. και μέχρι το τέλος περιόδου η υγρασία στην συμβατική κατεργασία ελαττώθηκε στο 15%.

Στην αμειψισπορά “βαμβάκι – καλαμπόκι”, κατά την πρώτη εβδομάδα, σε όλες τις μεθόδους κατεργασίας σημειώθηκε μια απότομη μείωση της υγρασίας του εδάφους. Η μείωση ήταν μεγαλύτερη στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή και έφτανε το 12% κ.ο. Στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας η μείωση ήταν της τάξης του 6-7% κ.ο. Η απότομη μείωση της υγρασίας στις τρεις τελευταίες κατεργασίες σε σχέση με αυτή που σημειώθηκε στις αντίστοιχες μεθόδους στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” φαίνεται να οφείλεται στην ύπαρξη ενός σημαντικά υψηλού ποσοστού ζιζανίων καθότι η τελευταία κατεργασία στις μεθόδους αυτές έχει πραγματοποιηθεί πριν από ενάμιση μήνα περίπου. Τα ζιζάνια αυτά επιδρούν και πάλι αντλώντας με την διαπνοή νερό από το έδαφος.

Τα ζιζάνια στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας καταστράφηκαν με τις επεμβάσεις κατεργασίας που πραγματοποιήθηκαν στις 14/4/99. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας αντίθετα παρέμειναν ζωντανά καθότι για να εκδηλωθεί η δράση του *glyphosate* θα έπρεπε να περάσουν δύο με τρεις εβδομάδες. Επιπλέον, με την κατεργασία του εδάφους με το ελαφρύ καλλιεργητή προκλήθηκε αναμόχλευση και υγροί βώλοι ανασύρθηκαν στην επιφάνεια του εδάφους. Για το λόγο αυτό, κατά την επανατοποθέτηση των υγρασιόμετρων μετρήθηκαν υψηλότερα επίπεδα υγρασίας. Μετά τη σπορά του καλαμποκιού, οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας παρουσιάζουν τα υψηλότερα επίπεδα εδαφικής υγρασίας. Ακολουθεί η μέθοδος της ακαλλιέργειας, όπου τα ζιζάνια συνεχίζουν να αντλούν υγρασία, ενώ η χαμηλότερη υγρασία παρατηρείται και πάλι στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή.

Π.4: Από 5/5/99 έως 30/5/99

Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες και βαθμιαία μείωση της εδαφικής υγρασίας. Στις 5/5/99 πραγματοποιήθηκε ελαφρύ πότισμα για το φύτεμα των καλλιεργειών του καλαμποκιού και του βαμβακιού ενώ στις 6/5 και 10/5 σημειώθηκε βροχόπτωση. Η καλλιέργεια του καλαμποκιού ολοκληρώνει το στάδιο του φυτώματος περίπου στις 7/5/99 ενώ η καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων μέχρι το τέλος της περιόδου εμφανίζει μια φυλλική επιφάνεια η οποία κυμαίνεται στα 2 m²/m².

Στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” τα υψηλότερα ποσοστά εδαφικής υγρασίας σημειώθηκαν στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας. Η υγρασία του εδάφους στην μέθοδο της ακαλλιέργειας είναι κατά 3-5% κ.ο. χαμηλότερη. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί και από το σχήμα 3.1.10, στην ακαλλιέργεια κατά την περίοδο αυτή υπάρχει μια σημαντική βιομάζα ζιζανίων τα οποία φύτεψαν μετά τον ψεκασμό του *glyphosate*. Παρά τους αλληπάλληλους ψεκασμούς με το μείγμα των μικροδόσεων, τα ζιζάνια στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας και ιδίως στην ακαλλιέργεια δεν ήταν δυνατόν να ελεγχθούν αποτελεσματικά. Η ύπαρξη μιας σημαντικά αυξημένης μάζας ζιζανίων είχε ως συνέπεια και πάλι την απώλεια εδαφικής υγρασίας μέσω της διαπνοής. Τα χαμηλότερα επίπεδα υγρασίας του εδάφους σημειώθηκαν στη μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας. Για το δεύτερο μισό διάστημα αυτής της περιόδου η υγρασία στην συμβατική κατεργασία κυμαίνονταν κάτω από το 15% κ.ο.

Αντίθετα με την αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” η αμειψισπορά “βαμβάκι – καλαμπόκι” κατά την περίοδο αυτή χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ξηρών φυτικών υπολειμμάτων ζιζανίων στην μέθοδο της ακαλλιέργειας λόγω της πιο πρόσφατης εφαρμογής του *glyphosate*. Το γεγονός αυτό είχε ως συνέπεια να μην σημειώνονται απώλειες εδαφικής υγρασίας μέσω της διαπνοής, και επιπλέον, τον περιορισμό των απωλειών από την εξάτμιση διότι τα φυτικά υπολείμματα κάλυπταν το έδαφος. Τα υψηλότερα επίπεδα εδαφικής υγρασίας επομένως σημειώθηκαν στη μέθοδο της ακαλλιέργειας. Μέχρι και το τέλος αυτής της περιόδου η

υγρασία διατηρήθηκε πάνω από το 25% κ.ο. Οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας αντίθετα, παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα υγρασίας, ιδίως προς το τέλος της περιόδου. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί και από το σχήμα 3.1.10, στις μεταχειρίσεις αυτές υπήρχε μια σημαντικά αυξημένη βιομάζα ζιζανίων η οποία ήταν αντίστοιχη με αυτή που σημειώθηκε στην μέθοδο της ακαλλιέργειας στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα”. Τα ζιζάνια αυτά αντλούν το εδαφικό νερό μέσω της διαπνοής υποβιβάζοντας το επίπεδο της υγρασίας. Το χαμηλότερο επίπεδο υγρασίας του εδάφους σημειώθηκε και πάλι στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας. Μειωμένη επίσης ήταν η υγρασία και στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή. Στις δύο τελευταίες μεθόδους, αν και τα ζιζάνια ήταν πολύ λιγότερα, το πορώδες του εδάφους ήταν σημαντικά υψηλότερο διευκολύνοντας με αυτό τον τρόπο την μετακίνηση του αέρα και την απομάκρυνση των υδρατμών.

Π.5: Από 31/5/99 έως 14/6/99

Και οι δύο καλλιέργειες βρίσκονται στο στάδιο της ταχείας βλαστικής ανάπτυξης. Στις 28/5/99 πραγματοποιήθηκε σκάλισμα με το χέρι σε όλα τα πειραματικά τεμάχια. Η περίοδος αυτή επομένως χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη φυτικών υπολειμμάτων ζιζανίων στην επιφάνεια του εδάφους τα οποία στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ήταν πολύ περισσότερα. Παράλληλα η θερμοκρασία του περιβάλλοντος κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα συμβάλλοντας σε αυξημένες απώλειες νερού μέσω της εξάτμισης. Στις 31/5/99 και στις 9/6/99 πραγματοποιήθηκαν το πρώτο και το δεύτερο πότισμα με καταιονισμό για την ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Και για τα δύο συστήματα αμειψισποράς τα υψηλότερα επίπεδα εδαφικής υγρασίας σημειώνονται στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας. Στις μεθόδους αυτές τα φυτικά υπολείμματα από το σκάλισμα των ζιζανίων, περιορίζουν τις απώλειες νερού μέσω της εξάτμισης. Αντίθετα, στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή, όπου τα φυτικά υπολείμματα ήταν πολύ λιγότερα και επιπλέον, το αεροπορώδες μεγαλύτερο, οι απώλειες εδαφικού νερού ήταν υψηλότερες οδηγώντας σε μια απότομη ελάττωση της υγρασίας στην επιφάνεια του εδάφους. Αξιοσημείωτο επίσης είναι το γεγονός ότι κατά την περίοδο αυτή, στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” συμβαίνει μια πιο απότομη ελάττωση της εδαφικής υγρασίας σε σχέση με αυτή που συμβαίνει στην αμειψισπορά “βαμβάκι – καλαμπόκι”. Στην πρώτη περίπτωση, αν και τα ζιζάνια είναι νεκρά, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα φυτά των τεύτλων τα οποία βρίσκονται σε σημαντικά πιο προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης σε σχέση με την καλλιέργεια του καλαμποκιού και ευθύνονται για την άντληση της εδαφικής υγρασίας μέσω της διαπνοής.

Μετά τις 14/6/99 τα υγρασιόμετρα αφαιρέθηκαν διότι στο χωράφι απλώθηκαν λάστιχα και η άρδευση γινόταν πλέον με σταγόνες. Κατά συνέπεια υπήρχε μεγάλη ανομοιομορφία της υγρασίας στην επιφάνεια του εδάφους και δεν είχε νόημα η συνέχιση των μετρήσεων.

Συσχέτιση ξηράς βιομάζας βιομάζας ζιζανίων – υγρασίας εδάφους

Με σκοπό την επιβεβαίωση της υπόθεσης ότι το νερό που αντλούν τα ζιζάνια με την διαδικασία της διαπνοής επηρεάζει σημαντικά την υγρασία του εδάφους και επομένως και την θερμοκρασία, πραγματοποιήθηκε ανάλυση απλής συσχέτισης μεταξύ των δύο παραμέτρων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα του δεκαδικού λογαρίθμου της ξηράς βιομάζας των ζιζανίων και της κατ’ όγκο εδαφικής υγρασίας σε βάθος 0,5-3 cm και 7,5-10 cm για δυο ημερομηνίες δειγματοληψίας από το 1998 και δύο ημερομηνίες από το 1999. Από το 1997 δεν χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα διότι δεν υπήρχαν παραπλήσιες ημερομηνίες μέτρησης

της βιομάζας των ζιζανίων και της εδαφικής υγρασίας. Για τα ζιζάνια χρησιμοποιήθηκε ο δεκαδικός λογάριθμος της ξηράς βιομάζας διότι τα αρχικά δεδομένα παρουσίαζαν μεγάλη παραλλακτικότητα περιλαμβάνοντας ένα εκτεταμένο εύρος τιμών. Τα δεδομένα χωρίστηκαν σε 32 συνολικά ομάδες με βάση την ημερομηνία δειγματοληψίας, τον πειραματικό αγρό και την μεταχείριση της κατεργασίας. Για την τελευταία ημερομηνία, (11/5/99) δημιουργήθηκαν δύο επιπλέον ομάδες από τα δεδομένα για την ακαλλιέργεια, η πρώτη περιελάμβανε τις αμειψισπορές «1», «2» & «4» (“τεύτλα – καλαμπόκι”, “τεύτλα – βαμβάκι” & “βαμβάκι – καλαμπόκι”) και η δεύτερη τα δεδομένα από την αμειψισπορά «3» (“καλαμπόκι – τεύτλα”). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον πίνακα 3.3.1.

Η ανάλυση της συσχέτισης για το σύνολο των δεδομένων δεν απέδειξε σημαντική συσχέτιση της εδαφικής υγρασίας τόσο σε βάθος 0,5 – 3 cm όσο και σε βάθος 7,5-10 cm με την ξηρά βιομάζα των ζιζανίων. Για ορισμένες επιμέρους ομάδες δεδομένων ωστόσο, οι οποίες ως επί το πλείστον αφορούσαν την περίπτωση της ακαλλιέργειας, διαπιστώθηκε μια σχετικά υψηλή συσχέτιση μεταξύ των δύο παραμέτρων.

Στις 21/4/98, στην περίπτωση της ακαλλιέργειας ο συντελεστής συσχέτισης ήταν μεγαλύτερος από -0,5 για τον πειραματικό αγρό 2 και μεγαλύτερος από -0,7 για τον πειραματικό αγρό 1 και για τα δύο βάθη δειγματοληψίας (πίνακας 3.3.1). Την περίοδο αυτή τα ζιζάνια ήταν ακόμη ζωντανά και όπως φαίνεται και από το σχήμα 3.1.4, στον πειραματικό αγρό 1, ήταν πολύ περισσότερα με αποτέλεσμα να αντλούν την υγρασία από το έδαφος. Αντίθετα, στις 8/5/98, όταν τα ζιζάνια είχαν νεκρωθεί από την δράση του *glyphosate*, με αποτέλεσμα οι μεταχειρίσεις της ακαλλιέργειας να παρουσιάζουν ένα πολύ μικρότερο πληθυσμό ζιζανίων (σχήμα 3.1.4) δεν υπήρχε συσχέτιση της βιομάζας των ζωντανών ζιζανίων με την υγρασία του εδάφους (πίνακας 3.3.1).

Στις 11/3/99 διαπιστώνεται ότι υπήρχε μια αξιοσημείωτη συσχέτιση μεταξύ των δύο παραμέτρων μόνο για την περίπτωση της ακαλλιέργειας στον πειραματικό αγρό 1 και σε βάθος 7,5 – 10 cm. Ο συντελεστής συσχέτισεως ήταν και πάλι αρνητικός. Κατά την περίοδο αυτή, στην μέθοδο της ακαλλιέργειας έχει γίνει ψεκασμός του *glyphosate* μόνο στο σύστημα της αμειψισποράς “καλαμπόκι – τεύτλα”. Η δράση του φυτοφαρμάκου ωστόσο δεν έχει ακόμη εκδηλωθεί. Στα υπόλοιπα τρία συστήματα αμειψισποράς, στην μέθοδο της ακαλλιέργειας δεν έχει πραγματοποιηθεί ακόμη καμία επέμβαση. Σε όλα τα τεμάχια της ακαλλιέργειας επομένως, υπήρχε ένα σημαντικά υψηλό ποσοστό ζιζανίων (σχήμα 3.1.9). Με την διαπνοή, τα ζιζάνια αντλούσαν το εδαφικό νερό και γι’ αυτό η συσχέτιση μεταξύ των δύο παραμέτρων είναι αρνητική. Το φαινόμενο αυτό δεν διαπιστώθηκε για τον δεύτερο πειραματικό αγρό 2 όπου τα ζιζάνια ήταν πολύ λιγότερα (σχήμα 3.1.11). Σε βάθος 0,5 – 3 cm ο συντελεστής συσχέτισεως ήταν μικρότερος. Προφανώς σε μεγαλύτερο βάθος, η διαπνοή των φυτών αποκτά ακόμη μεγαλύτερη σημασία αποτελώντας βασικό παράγοντα ρύθμισης της εδαφικής υγρασίας. Στην επιφάνεια του εδάφους αντίθετα, μεγάλη σημασία έχει και ο παράγοντας της εξάτμισης.

Στις 16/5/99 διαπιστώθηκαν σημαντικές συσχέτισεις στην περίπτωση της ακαλλιέργειας και στους δύο πειραματικούς αγρούς και βάθη δειγματοληψίας αλλά μόνο για τα δεδομένα από την αμειψισπορά 3 (“καλαμπόκι – τεύτλα”). Η συσχέτιση αυτή ήταν και πάλι αρνητική και για τον πειραματικό αγρό 1 σε βάθος 7,5 – 10 cm ήταν ίση με -0,97. Αντίθετα, για τα υπόλοιπα τρία συστήματα αμειψισποράς στην περίπτωση της ακαλλιέργειας, δεν διαπιστώθηκε σημαντική επίδραση των ζιζανίων στην εδαφική υγρασία καθότι τα περισσότερα από αυτά έχουν ξεραθεί από το *glyphosate* και γι’ αυτό δεν συλλέχθηκαν κατά την μέτρηση της βιομάζας των χλωρών ζιζανίων.

Πίνακας 3.3.1 Αποτελέσματα της ανάλυσης απλής συσχέτισης μεταξύ της υγρασίας του εδάφους και του δεκαδικού λογαρίθμου της ξηράς βιομάζας των ζιζανίων για δύο βάθη δειγματοληψίας.

			ΒΑΘΟΣ 0,5 -3 cm				ΒΑΘΟΣ 7,5 -10 cm			
ΒΕ			r	a	b	P%	r	a	b	P%
21/4/98										
αγρ 1	Σ	14	0,37	4,93	1,44	0,158	0,412	14,93	3,64	0,243
αγρ 2	Σ	14	0,417	3,62	3,85	ns	0,172	14,37	1,87	ns
αγρ 1	BK	14	-0,167	7,92	-0,43	ns	-0,414	18,64	-1,32	0,142
αγρ 2	BK	14	-0,112	6,82	-0,17	ns	-0,301	18,47	-1,14	0,257
αγρ 1	ΠΚ	14	0,219	11,03	0,76	ns	-0,009	21,56	-0,02	ns
αγρ 2	ΠΚ	14	-0,438	13,51	-1,65	0,089	-0,14	20,36	-0,75	ns
αγρ 1	Δ	14	-0,344	13,01	-1,72	0,192	-0,212	23,9	-0,72	ns
αγρ 2	Δ	14	-0,125	9,97	-0,44	ns	-0,287	21,75	-0,92	0,281
αγρ 1	A	14	-0,725	43,14	-11,64	0,001	-0,764	55,62	-13,05	0,001
αγρ 2	A	14	-0,556	14,44	-2,57	0,025	-0,553	26,78	-4,17	0,026
8/5/98										
αγρ 1	Σ	14	-0,456	18,75	-2,76	0,076	-0,432	24,64	-1,61	0,095
αγρ 2	Σ	14	0,128	13,46	0,5	ns	-0,489	27,69	-4,7	0,16
αγρ 1	BK	14	-0,371	19,6	-1,31	0,157	-0,216	24,35	-0,59	ns
αγρ 2	BK	14	0,308	12,81	1,48	0,246	0,335	19,46	1,61	0,205
αγρ 1	ΠΚ	14	0,139	18,35	0,51	ns	-0,267	28,78	-1,83	0,317
αγρ 2	ΠΚ	14	0,159	17,68	0,76	ns	-0,465	26,55	-1,13	0,07
αγρ 1	Δ	14	-0,16	21,19	-0,63	ns	-0,058	25,71	-0,25	ns
αγρ 2	Δ	14	-0,149	19,52	-0,3	ns	-0,376	25,83	-0,96	ns
αγρ 1	A	14	-0,252	29,32	-3,21	ns	0,403	23,79	1,27	0,122
αγρ 2	A	14	0,172	22,24	1,21	ns	-0,156	25,86	-0,71	ns
11/3/99										
αγρ 1	Σ	14	0,057	11,84	0,29	ns	-0,206	23,67	-0,94	ns
αγρ 2	Σ	14	-0,096	11,23	-0,5	ns	0,092	20,64	0,58	ns
αγρ 1	BK	14	0,393	5,7	3,64	0,132	0,332	19,12	2,75	0,209
αγρ 2	BK	14	0,294	9,98	1	0,269	-0,085	24,06	-0,32	ns
αγρ 1	ΠΚ	14	0,399	14,32	3,44	0,126	0,277	23,08	2,33	0,299
αγρ 2	ΠΚ	14	0,125	19,94	0,44	ns	0,131	27,13	0,59	ns
αγρ 1	Δ	14	0,218	19,75	1,2	ns	0,425	23,93	2,11	0,101
αγρ 2	Δ	14	0,337	18,8	1,34	0,202	0,413	24,23	2,3	0,142
αγρ 1	A	14	-0,463	58,47	-10,72	0,071	-0,522	54,86	-11,64	0,038
αγρ 2	A	14	-0,311	32,32	-3,53	0,24	-0,228	35,89	-2,13	ns
16/5/99										
αγρ 1	Σ	14	-0,107	18,58	-0,55	ns	-0,212	27,52	-0,98	ns
αγρ 2	Σ	14	0,475	12,47	3,24	0,063	0,229	23,8	1,09	ns
αγρ 1	BK	14	0,18	13,67	2,14	ns	-0,309	34,02	-3,88	0,244
αγρ 2	BK	14	-0,085	19,47	-1,2	ns	-0,209	30,22	-2,36	ns
αγρ 1	ΠΚ	14	-0,289	43,88	-5,8	0,278	-0,71	57,83	-14,74	0,002
αγρ 2	ΠΚ	14	0,302	16,79	1,75	0,256	0,046	29,56	0,19	ns
αγρ 1	Δ	14	-0,311	36,62	-2,97	0,241	-0,671	24,28	-1,44	0,043
αγρ 2	Δ	14	0,382	11,48	3,99	0,145	0,259	26,38	1,51	0,333
αγρ 1	A ⁽¹⁾	10	-0,144	24,86	-1,03	ns	-0,318	34,28	-2,21	0,313
αγρ 2	A ⁽¹⁾	10	0,225	20	1,1	ns	0,243	27,31	1,53	ns
αγρ 1	A ⁽²⁾	2	-0,749	47,97	-12,05	0,025	-0,974	41,66	-5,68	0,026
αγρ 2	A ⁽²⁾	2	-0,602	49,05	-8,49	0,098	-0,88	53,05	-14,12	0,012
Ολική		638	0,494	7,47	5,04	0	0,498	17,49	3,9	0
Εντός των ομάδων		597	-0,032		-0,18	ns	-0,112		-0,59	0,006
Μεταξύ των ομάδων		40	0,602		6,82	0	0,637		5,43	0

A⁽¹⁾ = Ακαλλιέργεια, αμειψισπορές 1, 2, 4

A⁽²⁾ = Ακαλλιέργεια, αμειψισπορά 3

Κατά την πιο πάνω ημερομηνία ωστόσο, διαπιστώθηκε σημαντική αρνητική συσχέτιση της βιομάζας των ζιζανίων με την υγρασία του εδάφους και για τις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας στον πειραματικό αγρό 1 και σε βάθος 7,5 – 10 cm. (πίνακας 3.3.1). Κατά την ημερομηνία αυτή, στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, ιδίως στον πειραματικό αγρό 1, υπήρχε ένα σημαντικά αυξημένο ποσοστό ζιζανίων των οποίων η μέση ξηρά βιομάζα ήταν ίση με 300 g/m² (σχήμα 7.1.11). Η ποσότητα αυτή ήταν ανάλογη με την ποσότητα των ζιζανίων που υπήρχε στην μέθοδο της ακαλλιέργειας κατά την μέτρηση της 11/3/99 όπου επίσης διαπιστώθηκε ότι τα ζιζάνια ευθύνονται για την απώλεια εδαφικής υγρασίας.

Συζήτηση

Οι μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας έδειξαν ότι οι μέθοδοι μειωμένης κατεργασίας έχουν εξαιτίας του περιορισμού της εξάτμισης, μειωμένες απώλειες νερού από την επιφάνεια του εδάφους διατηρώντας με αυτό το τρόπο μια πιο υγρή σποροκλίνη. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Singh *et al.* (1998), Hussain *et al.* (1999), Sharma and Acharya (2000). Σύμφωνα με τους Helms *et al.* (1997) και Orok *et al.* (1997) η ύπαρξη ενός σημαντικά μικρότερου πορώδους στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας περιορίζει την κίνηση του αέρα μέσα στο έδαφος και κατά συνέπεια περιορίζει την απώλεια εδαφικής υγρασίας από εξάτμιση. Επιπλέον, η εναπόθεση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας και των κατεστραμμένων ζιζανίων στην επιφάνεια και η μη ενσωμάτωση αυτών μέσα στο έδαφος, οδηγεί στην δημιουργία μιας στρωμνής η οποία περιορίζει ακόμη περισσότερο την διακίνηση του αέρα μεταξύ εδάφους και περιβάλλοντος και κατά συνέπεια την εξάτμιση του νερού. Τα φυτικά υπολείμματα περιορίζουν παράλληλα την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία διατηρώντας το έδαφος ψυχρότερο και προκαλώντας περαιτέρω μείωση της εξάτμισης του νερού. Η αυξημένη υγρασία στην περιοχή της σποροκλίνης είναι ιδιαίτερα σημαντική κατά τη περίοδο της σποράς διότι έτσι διευκολύνεται το φύτεμα των σπόρων (Giles *et al.*, 1995, Gemtos and Lellis, 1997)

Στη συμβατική κατεργασία αντίθετα υπήρχε μια χαλαρή στοιβάδα εδάφους με αυξημένο πορώδες και με την επιφάνεια γυμνή από φυτικά υπολείμματα. Η στοιβάδα αυτή παρουσίαζε αυξημένες απώλειες νερού μέσω της εξάτμισης και της στράγγισης (Medeiros *et al.*, 1996) και έχανε ταχύτατα τα αποθέματα νερού που αποκτούσε με βροχή ή πότισμα με αποτέλεσμα, την επόμενη κιόλας ημέρα να παρουσιάζεται λιγότερο υγρή σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους κατεργασίας. Οι Moreno *et al.* (1997) αναφέρουν ότι ο ρυθμός της διήθησης του νερού ήταν κατά 35% μεγαλύτερος όταν εφαρμόζοταν συμβατική κατεργασία με όργωμα σε σχέση με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας με δισκοσβάρνα. Κατά συνέπεια, στην μέθοδο αυτή υπήρχε ο κίνδυνος να μην υπάρχουν επαρκή αποθέματα νερού για όλο το διάστημα που διαρκεί το φύτεμα.

Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας, τα ζιζάνια έδειξαν να ασκούν διπλή λειτουργία Από τη μία όσο αυτά ήταν ζωντανά, κάλυπταν την επιφάνεια του εδάφους περιορίζοντας με τον τρόπο αυτό την εξάτμιση του εδαφικού νερού και από την άλλη, με την λειτουργία της διαπνοής αντλούσαν την εδαφική υγρασία. Κατά συνέπεια, αντί το έδαφος στην ακαλλιέργεια να παρουσιάζει τα υψηλότερα ποσοστά υγρασίας (όπως για παράδειγμα αναφέρουν και οι Mohammadreza *et al.*, 1997), οι τιμές κυμαίνονται στα επίπεδα του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας. Οι Cambell *et al.* (1982) σε μια ανασκόπηση της επίδρασης των φυτικών υπολειμμάτων σε συστήματα μειωμένης κατεργασίας του εδάφους αναφέρουν ότι η σίκαλη όταν σπέρνεται ως καλλιέργεια εδαφοκάλυψης αντλεί μέσω της διαπνοής και μέχρι την

περίοδο της καταστροφής της για την σπορά της επόμενης καλλιέργειας, το 56% της εδαφικής υγρασίας. Μετρώντας την υγρασία του εδάφους σε βάθος 0-15 cm σε μια μη αρδευόμενη καλλιέργεια ηλίανθου στην Νότιο Ισπανία, οι Moreno *et al* (1997) διαπίστωσαν για την περίπτωση της μειωμένης κατεργασίας, ότι η εδαφική υγρασία μεταξύ των γραμμών σποράς ήταν σημαντικά υψηλότερη από την υγρασία του εδάφους στην περιοχή των γραμμών, 50 ημέρες μετά τη σπορά της καλλιέργειας. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε αφενός στην αναμόχλευση που υπέστη το έδαφος με τη σπορά και αφετέρου στην άντληση εδαφικού νερού από τα φυτά της καλλιέργειας. Ωστόσο σε ένα πείραμα στην Βόρειο Γαλλία οι Richard *et al.* (1995) δεν διαπίστωσαν μείωση της εδαφικής υγρασίας σε ένα βάθος 5-30 cm όταν καλλιέργειες σιταριού και σίκαλης χρησιμοποιούνταν ως καλλιέργειες εδαφοκάλυψης. Στην περίπτωση αυτή, η μικρή υπέργειος φυτομάζα των καλλιεργειών φυτοκάλυψης σε συνδυασμό με τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες κατά την περίοδο του χειμώνα συνέβαλαν στην ελαχιστοποίηση του ρυθμού της διαπνοής. Η διαφορετική σημασία της διαπνοής των φυτών φαίνεται ότι αποτελεί μια βασική διαφορά μεταξύ των βόρειων και νότιων χωρών όσο αναφορά την επίδραση τους στην υγρασία του εδάφους.

Μετά την καταστροφή των ζιζανίων στην μέθοδο της ακαλλιέργειας, αυτά σταμάτησαν να αντλούν νερό και σχημάτισαν μια στρωμή πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Από την περίοδο αυτή και έπειτα οι απώλειες νερού στην μέθοδο της ακαλλιέργειας ήταν περιορισμένες με αποτέλεσμα μετά την αναπλήρωση του εδαφικού νερού από την πρώτη βροχόπτωση η μεταχείριση να εμφανίζει υψηλότερα επίπεδα υγρασίας.

Διαφορές στα επίπεδα υγρασίας του εδάφους διαπιστώθηκαν και μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων αμειψισποράς. Κατά το πρώτο έτος του πειράματος, το έδαφος στις αμειψισπορές που περιελάμβαναν σιτάρι ως προηγούμενη καλλιέργεια ήταν περισσότερο υγρό από τις αμειψισπορές που ακολουθούσαν βαμβάκι. Η παρατήρηση αυτή ισχύει για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν μετά την προετοιμασία της σποροκλίνης. Την περίοδο αυτή, τα πολύ περισσότερα ζιζάνια που φύτρωσαν κατά την διάρκεια του χειμώνα είχαν καταστραφεί με τις επεμβάσεις της δευτερογενούς κατεργασίας και παρέμεναν στην επιφάνεια αυτού επιδρώντας στην εδαφική υγρασία με τον τρόπο που αναφέρθηκε πιο πάνω.

Ένα παρόμοιο και μάλιστα πιο εμφανές φαινόμενο παρατηρήθηκε κατά το δεύτερο και τρίτο έτος του πειράματος στην αμειψισπορά "*καλαμπόκι - τεύτλα*". Και εδώ, το έδαφος έδειξε να διατηρεί ένα ελαφρώς υψηλότερο επίπεδο υγρασίας. Η παρατήρηση αυτή μάλιστα ίσχυε για τις τέσσερις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους ενώ δεν ίσχυε για την συμβατική κατεργασία. Στην αμειψισπορά αυτή, στην επίδραση που ασκούσαν τα φυτικά υπολείμματα των ζιζανίων προστέθηκε και η επίδραση της αυξημένης ποσότητας των φυτικών υπολειμμάτων από την προηγούμενη καλλιέργεια του καλαμποκιού με αποτέλεσμα ο περιορισμός της εξάτμισης του εδαφικού νερού να είναι ακόμη μεγαλύτερος. Στη συμβατική κατεργασία ωστόσο, η αναστροφή του εδάφους και η ενσωμάτωση των στελεχών του καλαμποκιού στο έδαφος δεν επέτρεψε να συμβεί η πιο πάνω δράση.

Κατά το τρίτο έτος του πειράματος, σημειώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις των παραγόντων "*αμειψισπορά*" και "*κατεργασία*", για όλες τις ημερομηνίες δειγματοληψίας. Το γεγονός αυτό συνδέεται κυρίως με τους διαφορετικούς χρόνους των επεμβάσεων στα διάφορα συστήματα αμειψισποράς κατά τη χρονιά αυτή.

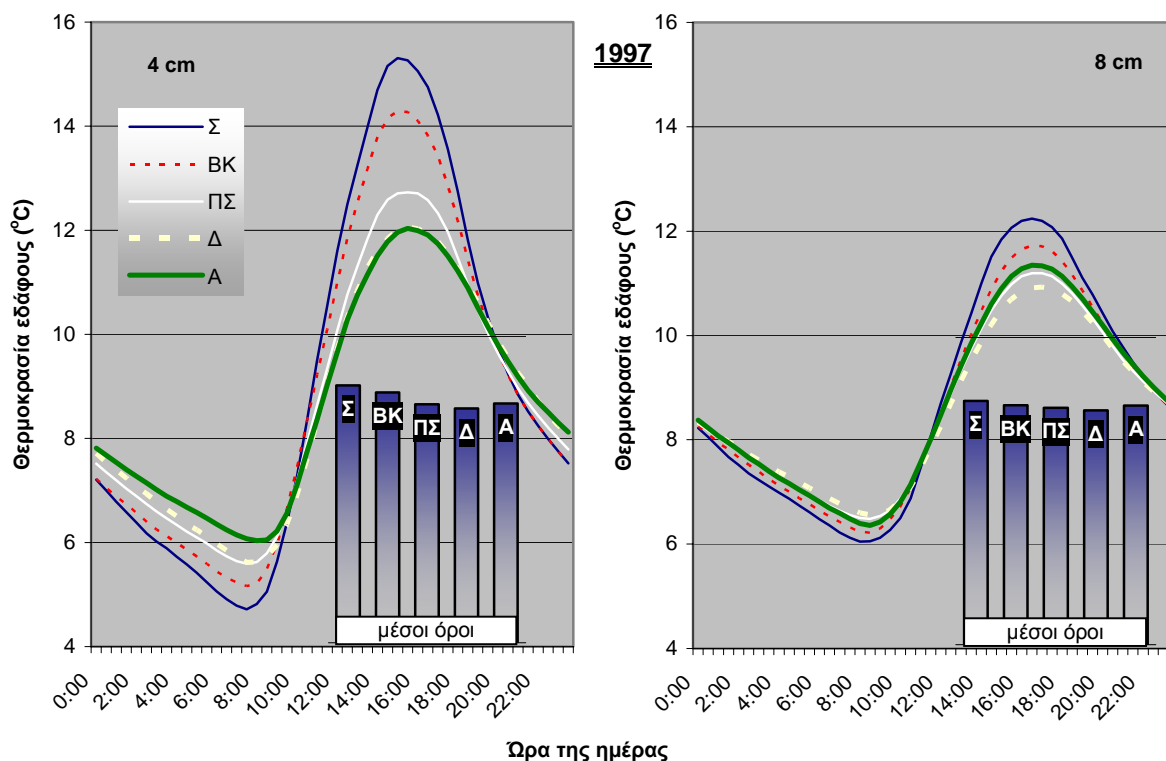
3.4 Θερμοκρασία

1997

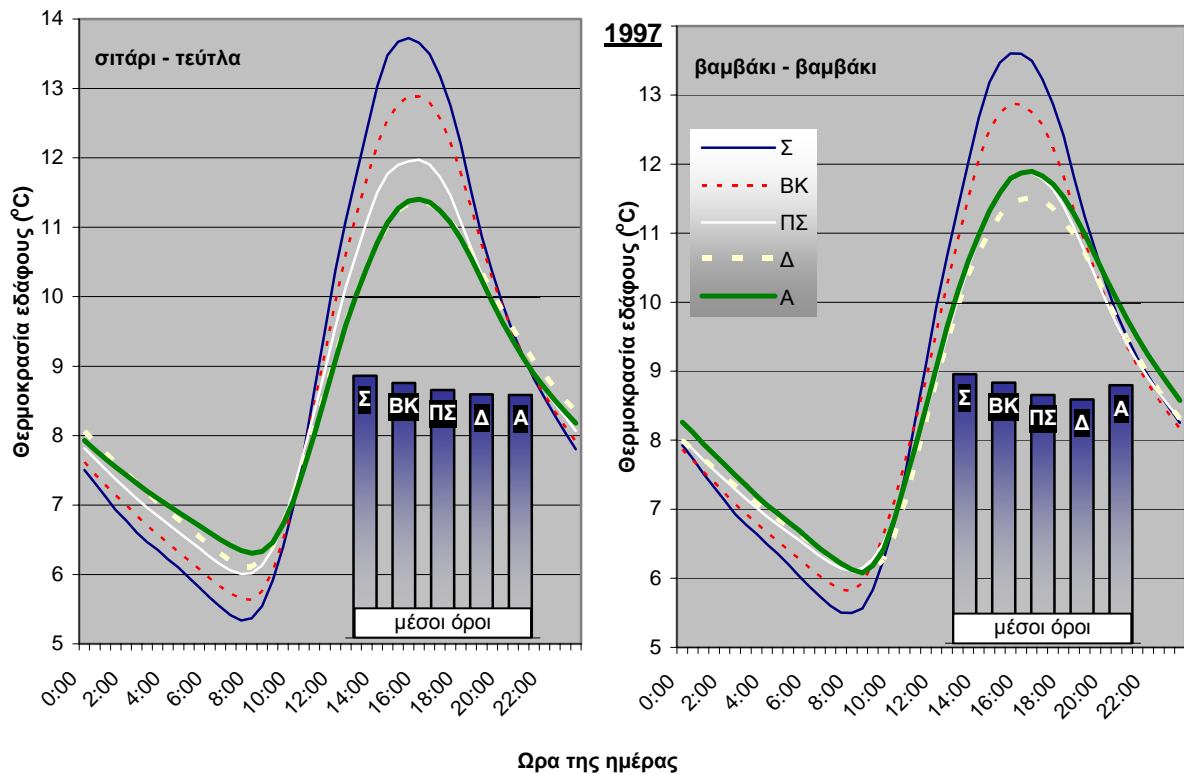
Το 1997, τα θερμοστοιχεία τοποθετήθηκαν στο έδαφος αμέσως μετά την πραγματοποίηση της δευτερογενούς κατεργασίας. Η τοποθέτηση έγινε σε δυο βάθη στις πέντε μεθόδους κατεργασίας και στις αμειψισπορές: "σιτάρι-τεύτλα" και "βαμβάκι-βαμβάκι".

Στο σχήμα 3.4.1 απεικονίζεται η μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας καθώς και η μέση θερμοκρασία για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας στα δύο βάθη για την περίοδο των μετρήσεων. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, η υψηλότερη διακύμανση παρουσιάστηκε στη συμβατική κατεργασία. Την δεύτερη υψηλότερη διακύμανση της θερμοκρασίας παρουσίαζε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή, ενώ στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας η διακύμανση ήταν μικρότερη. Οι διαφορές αυτές ήταν πολύ πιο έντονες στην ανώτερη επιφάνεια του εδάφους.

Σε σχέση με το ακαλλιέργητο έδαφος, το έδαφος στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή σε βάθος 4 cm, παρουσίαζε 3,3 και 2,3 °C αντίστοιχα υψηλότερη θερμοκρασία κατά την διάρκεια της ημέρας και 1,3 °C και 0,5 °C χαμηλότερη θερμοκρασία κατά την διάρκεια της νύκτας. Σε βάθος 8 cm η μέση θερμοκρασία του εδάφους ήταν κατά 0,12 °C χαμηλότερη και οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων μικρότερες. Αναλυτικά στοιχεία παρατίθενται στον πίνακα 10.1.9 του παραρτήματος.



Σχήμα 3.4.1. Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους σε βάθος 4 cm και 8 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους και για την περίοδο 13/2 – 28/3/97.



Σχήμα 3.4.2. Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους στα δύο συστήματα αμειψισποράς για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους και για την περίοδο 13/2 – 28/3/97.

Αντιπαραβάλλοντας τις ημερήσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας στα δύο συστήματα αμειψισποράς (σχήμα 3.4.2) διαπιστώνεται ότι η μέθοδος της ακαλλιέργειας στην αμειψισπορά “βαμβάκι – βαμβάκι” παρουσιάζει υψηλότερη μέγιστη και χαμηλότερη ελάχιστη τιμή σε σχέση με την αντίστοιχη κατεργασία στην αμειψισπορά “σιτάρι – τεύτλα”. Οι υπόλοιπες μέθοδοι κατεργασίας δεν παρουσίασαν σημαντική διαφοροποίηση. Και στα δυο συστήματα, την υψηλότερη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας παρουσίαζε και πάλι το έδαφος στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και στην συνέχεια το έδαφος στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στα ακόλουθα:

1. Το έδαφος απορροφά και ακτινοβολεί μεγαλύτερη ποσότητα ακτινοβολίας
2. Το έδαφος παρουσιάζει μειωμένη κατ’ όγκο θερμοχωρητικότητα
3. Το έδαφος έχει μειωμένη θερμική αγωγιμότητα και δεν επιτρέπει την διάδοση της θερμότητας στα βαθύτερα στρώματα.

Η συμβατική κατεργασία διατηρούσε μια εδαφική επιφάνεια γυμνή και ακάλυπτη από φυτικά υπολείμματα και ζιζάνια και δεχόταν μεγαλύτερες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα να θερμαίνεται ταχύτερα και περισσότερο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η έλλειψη εδαφοκάλυψης ωστόσο είχε προφανώς μια αντίστροφη επίδραση κατά την διάρκεια της νύκτας. Το γυμνό έδαφος στην συμβατική κατεργασία ακτινοβόλουσε μεγαλύτερα ποσά θερμότητας με την μορφή θερμικής ακτινοβολίας και γι’ αυτό τη νύχτα ψύχονταν περισσότερο. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας αντίθετα, το έδαφος ήταν καλυμμένο με ζιζάνια και φυτικά υπολείμματα. Στην αμειψισπορά “σιτάρι – τεύτλα” μάλιστα, ο όγκος των φυτικών υπολειμμάτων από την καλαμιά του σιταριού ήταν πολύ μεγαλύτερος. Οι φυτικοί αυτοί ιστοί,

σκίαζαν το έδαφος προφανώς περιορίζοντας την ποσότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Κατά την διάρκεια της νύκτας όμως, φαίνεται ότι περιόριζαν τις απώλειες θερμότητας εμποδίζοντας την έκλυση θερμικής ακτινοβολίας από το έδαφος προς την ατμόσφαιρα. Με τον τρόπο αυτό προκαλούσαν μια σημαντική μείωση της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους η οποία ήταν πιο έντονη στην αμειψισπορά “σιτάρι – τεύτλα” όπου η ο όγκος των φυτικών υπολειμμάτων ήταν πολύ μεγαλύτερος.

Η επιβεβαίωση της δεύτερης υπόθεσης προϋποθέτει την εκτίμηση της κατ’ όγκο θερμοχωρητικότητας του εδάφους για κάθε μέθοδο κατεργασίας. Στον πίνακα 3.4.1, από τα στοιχεία της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους και της κατά βάρος περιεκτικότητας σε οργανική ουσία, υπολογίζεται με βάση τις σχέσεις 2.15 και 2.16 η μέση κατ’ όγκο αναλογία της ανόργανης και οργανικής στερεάς φάσης του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας σε βάθος 0,5 – 3 cm και 7,5 – 10 cm. Στην συνέχεια, με βάση τη μέτρηση της μέσης κατ’ όγκο υγρασίας που πραγματοποιήθηκε στις 26/3/97, υπολογίζεται από την σχέση:2.14 για την παραπάνω ημερομηνία, η κατ’ όγκο θερμοχωρητικότητα του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας. Από τον πίνακα 3.4.1 προκύπτει ότι το έδαφος στην συμβατική κατεργασία εμφάνιζε μια σημαντικά μικρότερη θερμοχωρητικότητα σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους κατεργασίας με συνέπεια να θερμαίνεται αλλά και να ψύχεται ταχύτερα και περισσότερο. Η μειωμένη θερμοχωρητικότητα ήταν συνέπεια της μειωμένης υγρασίας και της μικρότερης φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους.

Πίνακας 3.4.1. Υπολογισμός με βάση την ξηρή φαινομενική πυκνότητα, την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, και την περιεκτικότητα σε υγρασία, της κατ’ όγκο θερμοχωρητικότητας του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας σε δυο βάθη για τις 26/3/97.

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
1997	Ξηρή φαινομενική πυκνότητα (g/cm ³)	Ανόργανη μάζα (% ξηρού βάρους)	Οργανική μάζα	Ανόργανη μάζα ⁽¹⁾	Οργανική μάζα ⁽²⁾	υγρασία (26/3/97)	αέρας (26/3/97)	Κατ' όγκο θερμοχωρητικότητα (26/3/97) (J / cm ³ °C)
0,5-3 cm								
συμβ κατεργασία	1,09	98,74	1,26	0,41	0,01	0,21	0,37	1,72
βαρύς καλλιεργητής	1,13	98,74	1,26	0,42	0,01	0,23	0,34	1,83
περιστρ σκαπτικό	1,15	98,74	1,26	0,43	0,01	0,24	0,32	1,89
δισκοσβάρνα	1,12	98,74	1,26	0,42	0,01	0,24	0,34	1,85
ακαλλιέργεια	1,29	98,74	1,26	0,48	0,01	0,24	0,26	2,01
7,5-10 cm								
συμβ κατεργασία	1,27	98,74	1,26	0,47	0,01	0,29	0,22	2,21
βαρύς καλλιεργητής	1,31	98,74	1,26	0,49	0,01	0,31	0,19	2,31
περιστρ σκαπτικό	1,35	98,74	1,26	0,50	0,01	0,33	0,15	2,44
δισκοσβάρνα	1,39	98,74	1,26	0,52	0,01	0,33	0,14	2,47
ακαλλιέργεια	1,43	98,74	1,26	0,53	0,01	0,32	0,13	2,46
		= 100-(c)		= (a)*(b)/ /(100*2,65)	= (a)*(c)/ /(100*1,3)		=1-(d)-(e)- -(f)	= (0,48(d)+0,6(e)+ +(f))*4,186

⁽¹⁾ πυκνότητα των ανόργανων συστατικών του εδάφους: 2,65 g/cm³ (Hillel, 1980).

⁽²⁾ πυκνότητα της οργανικής ουσίας: 1,3 g/cm³ (Hillel, 1980).

Πίνακας 3.4.2. Σύγκριση του εύρους της διακύμανσης της θερμοκρασίας σε βάθος 4 και 8 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα δύο συστήματα αμειψισποράς κατά το 1997.

	σιτάρι - τεύτλα					1997	βαμβάκι- βαμβάκι				
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α		Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α
4 cm	11,53	10,02	8,30	6,96	6,16	11,11	9,87	7,80	7,54	7,37	
8 cm	6,93	6,02	5,57	4,76	5,15	6,47	5,96	4,94	4,86	5,64	
λ	0,60	0,60	0,67	0,68	0,84	0,58	0,60	0,63	0,64	0,77	

Μια τρίτη πιθανή αιτία για την οποία η διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους στην συμβατική κατεργασία είναι πολύ μεγαλύτερη, είναι ότι το έδαφος παρουσιάζει μειωμένη θερμική αγωγιμότητα εμποδίζοντας την ροή της θερμότητας στα βαθύτερα στρώματα. Η απορροφόμενη θερμότητα παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους ανεβάζοντας υψηλότερα την θερμοκρασία. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί από τον πίνακα 3.4.1, το έδαφος στην συμβατική κατεργασία παρουσίαζε μια σημαντικά αυξημένη κατ' όγκο αναλογία αέρα. Η κατ' όγκο περιεκτικότητα σε αέρα υπολογίστηκε αφαιρώντας από τον συνολικό όγκο του εδάφους, των όγκο της στερεάς και της υγρής φάσης. Επειδή η πυκνότητα του αέρα είναι πολύ μικρή ($0,00125 \text{ g/cm}^3$) η θερμική του αγωγιμότητα είναι ελάχιστη. Ο αέρας που υπήρχε μέσα στο έδαφος προφανώς λειτουργούσε ως μονωτικό υλικό εμποδίζοντας την αγωγή της θερμότητας.

Στον πίνακα 3.4.2 υπολογίζεται ο λόγος (λ) του εύρους της διακύμανσης της θερμοκρασίας στα 8 cm προς το εύρος της διακύμανσης στα 4 cm. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί ο λόγος αυτός και στα δύο συστήματα αμειψισποράς, ήταν πολύ μικρότερος στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους κατεργασίας. Το υψηλότερο πηλίκιο εμφανίζεται στην μέθοδο της ακαλλιέργειας. Αυτό σημαίνει ότι το βάθος απόσβεσης για την μέθοδο της ακαλλιέργειας βρίσκεται σε πολύ μεγαλύτερο βάθος σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους κατεργασίας. Από τη σχέση: 2.18 προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμικής διάχυσης (D) είναι ανάλογος του βάθους απόσβεσης (d). Συμπεραίνεται επομένως ότι το έδαφος στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας και ιδίως στην ακαλλιέργεια παρουσιάζει υψηλότερο συντελεστή θερμικής διάχυσης. Ο συντελεστής θερμικής διάχυσης εξ ορισμού ισούται με το πηλίκιο της θερμικής αγωγιμότητας (k) προς την κατ' όγκο θερμοχωρητικότητα (C) του εδάφους. Δεδομένου ότι η θερμοχωρητικότητα στην συμβατική κατεργασία είναι μειωμένη, για να είναι ο συντελεστής διάχυσης μικρότερος πρέπει η θερμική αγωγιμότητα να είναι ακόμη μικρότερη.

Την δεύτερη υψηλότερη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας παρουσίαζε το έδαφος στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή (σχήματα 3.4.1 & 3.4.2). Το έδαφος στη μέθοδο αυτή είχε υψηλότερη φαινομενική πυκνότητα, σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, γεγονός που σημαίνει μεγαλύτερη κατ' όγκο αναλογία στερεάς φάσης (πίνακας 3.4.1). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ελαφρώς υψηλότερη εδαφική υγρασία είχαν ως συνέπεια μια σχετική αύξηση της θερμοχωρητικότητας του εδάφους (πίνακας 3.4.1). Επιπλέον, η περιεκτικότητα σε αέρα ήταν αυξημένη ενώ ο συντελεστής (λ) (πίνακας 3.4.2) ήταν περίπου ίσος με αυτόν που υπολογίστηκε για τη συμβατική κατεργασία. Αυτό σημαίνει ότι το έδαφος εμφάνιζε επίσης μειωμένη θερμική αγωγιμότητα με αποτέλεσμα να θερμαίνεται μόνο το ανώτερο στρώμα του εδάφους αλλά σε μεγαλύτερο βαθμό (υψηλότερη μέση ημερήσια θερμοκρασία, σχήματα 3.4.1 & 3.4.2). Παράλληλα όμως, η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή εμφάνιζε ένα σημαντικά υψηλότερο πληθυσμό ζιζανίων (σχήμα 3.1.1) σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Τα ζιζάνια περιόριζαν το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα τον περιορισμό της θέρμανσης κατά την διάρκεια της ημέρας αλλά και τον περιορισμό της ψύξης κατά την νύκτα.

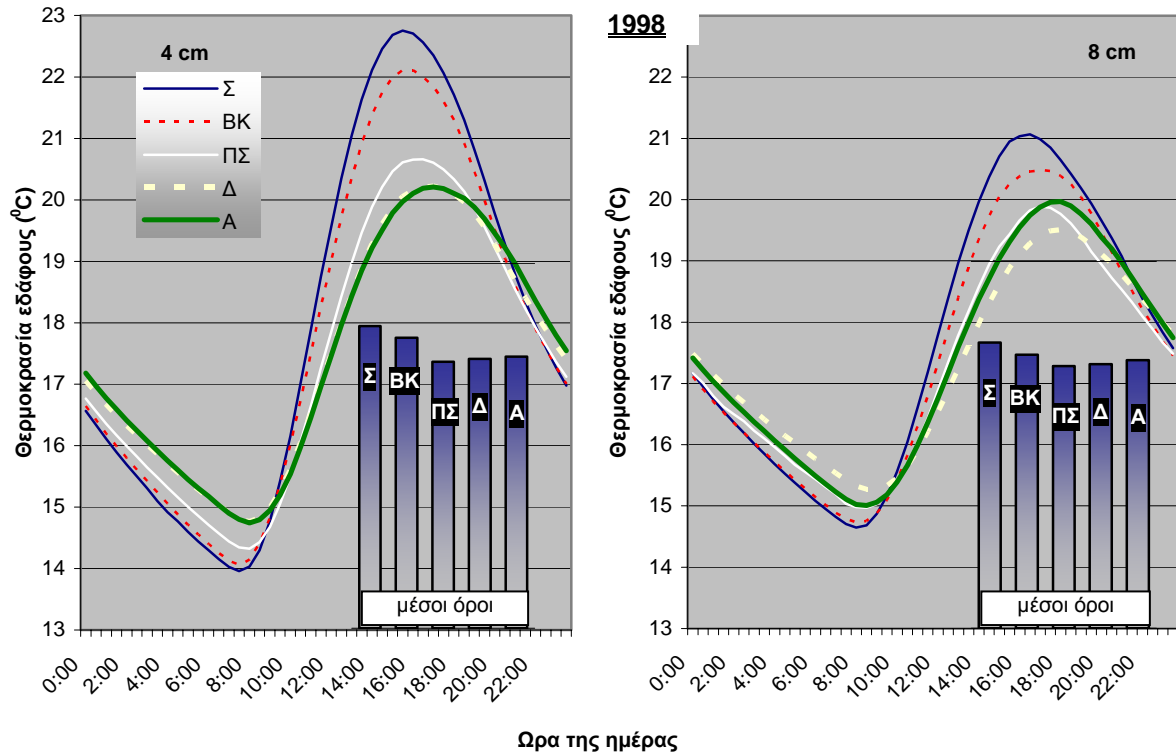
Οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας διατηρούσαν επίσης έναν αυξημένο αριθμό ζιζανίων και φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια (σχήμα 3.1.1), τα οποία προφανώς περιορίζαν την ηλιακή ακτινοβολία που έφτανε στο έδαφος με συνέπεια η μέση ημερήσια θερμοκρασία του εδάφους να είναι μικρότερη (σχήματα 3.4.1 & 3.4.2). Επιπλέον οι μέθοδοι αυτές, διατηρούσαν επίσης ένα υψηλό ποσοστό εδαφικής υγρασίας. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την μεγαλύτερη κατ' όγκο αναλογία της στερεάς φάσης (πίνακας 3.4.1) εξαιτίας της αυξημένης φαινομενικής πυκνότητας, ιδίως σε βάθος 8 cm, είχαν ως συνέπεια μια ακόμη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα του εδάφους σε σχέση με την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή. Η αυξημένη θερμοχωρητικότητα είχε ως αποτέλεσμα τον περιορισμό του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας. Το έδαφος θερμαινόταν βραδύτερα και λιγότερο κατά τη διάρκεια της ημέρας, ψύχονταν όμως βραδύτερα και λιγότερο κατά τη διάρκεια της νύχτας (σχήματα 3.4.1 & 3.4.2). Επίσης, από τον πίνακα 3.4.1 μπορεί να διαπιστωθεί ότι η κατ' όγκο αναλογία αέρα στις δυο αυτές μεταχειρίσεις ήταν περιορισμένη ενώ από το πίνακα 3.4.2 ότι και ο λόγος (λ) ήταν μεγαλύτερος σε σχέση με τις μεθόδους του βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής κατεργασίας. Ως συνέπεια, η θερμική αγωγιμότητα και ο συντελεστής θερμικής διάχυσης ήταν αυξημένοι με αποτέλεσμα η απορροφούμενη στην επιφάνεια θερμότητα να διαχέεται σε μεγαλύτερα βάθη.

Τέλος, η μέθοδος της ακαλλιέργειας, στο βάθος των 4 cm παρουσίαζε τη μικρότερη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας (σχήματα 3.4.1 & 3.4.2). Στα 8 cm ωστόσο η διακύμανση ήταν ίση ή και ελαφρώς υψηλότερη από αυτή στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας. Στη μέθοδο αυτή υπήρχε επίσης αυξημένο ποσοστό ζιζανίων και φυτικών υπολειμμάτων που κάλυπταν την επιφάνεια του εδάφους με αποτέλεσμα να περιορίζουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (σχήμα 3.1.1). Στις 26/3, το έδαφος στην ακαλλιέργεια διατηρούσε παρόμοια επίπεδα υγρασίας με τις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας. Είχε ωστόσο μια σημαντικά υψηλότερη φαινομενική πυκνότητα. Το γεγονός αυτό είχε ως συνέπεια την αυξημένη θερμοχωρητικότητα (πίνακας 3.4.1). Παράλληλα, εξαιτίας της σημαντικά περιορισμένης περιεκτικότητας σε αέρα το έδαφος είχε και αυξημένη θερμική αγωγιμότητα. Ο συντελεστής θερμικής διάχυσης μεταξύ 4 και 8 cm ήταν πολύ μεγαλύτερος καθότι ο λόγος (λ) ήταν ο υψηλότερος (πίνακας 3.4.2). Αυτό σημαίνει ότι ένα μεγαλύτερο ποσοστό από τη θερμότητα που απορροφούταν στην επιφάνεια του εδάφους διαχέονταν προς τα βαθύτερα στρώματα. Τα πιο πάνω χαρακτηριστικά, είχαν ως αποτέλεσμα η διακύμανση της θερμοκρασίας να είναι μικρότερη.

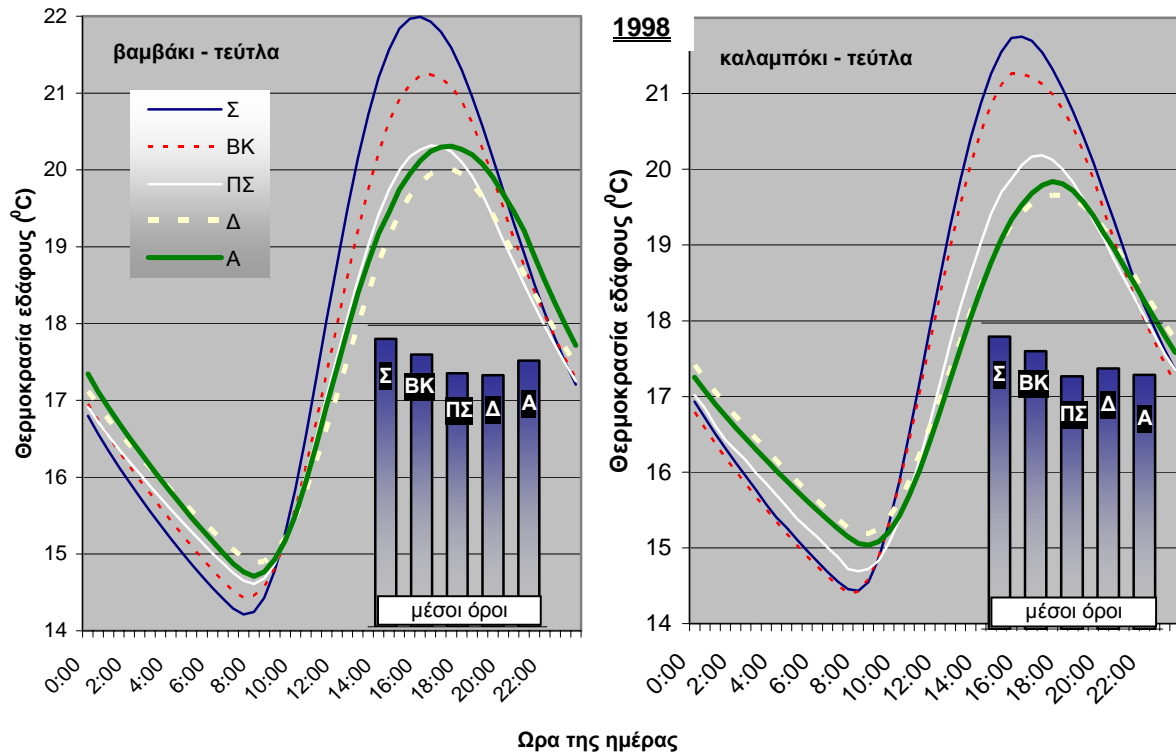
1998

Κατά το δεύτερο έτος, οι μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους ξεκίνησαν μετά την σπορά των τεύτλων και αφορούσαν το διάστημα από 9/4 - 13/5/98. Οι αμειψισπορές στις οποίες τοποθετήθηκαν τα θερμοστοιχεία ήταν: “βαμβάκι-τεύτλα” και “καλαμπόκι-τεύτλα”.

Στα σχήμα 3.4.3 παρουσιάζεται η μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας στα δυο βάθη δειγματοληψίας. Επίσης στο σχήμα 3.4.4 συγκρίνονται οι πέντε μέθοδοι κατεργασίας στα δύο συστήματα αμειψισποράς. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, την υψηλότερη διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους παρουσίαζε και πάλι η μέθοδος της συμβατικής κατεργασίας. Ακολουθούσε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή και στη συνέχεια οι μέθοδοι της ακαλλιέργειας, της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού σκαπτικού. Αξιοσημείωτο ακόμη είναι το γεγονός ότι το έδαφος στην ακαλλιέργεια, σε βάθος 8 cm παρουσίαζε υψηλότερο εύρος διακύμανσης της θερμοκρασίας σε σχέση με τις μεθόδους της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού σκαπτικού.



Σχήμα 3.4.3. Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους σε βάθος 4 cm και 8 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους και για την περίοδο 9/4 – 13/5/98..



Σχήμα 3.4.4. Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους για τα δύο συστήματα αμειψοπορίας και τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για την περίοδο 9/4 – 13/5/98.

Πίνακας 3.4.3. Υπολογισμός με βάση την ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους, την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, και την μέση % κατ' όγκο υγρασία (από τις μετρήσεις στις 21/4, 30/4, 8/5, 12/5, 15/5/98 και 25/5, της μέσης κατ' όγκο θερμοχωρητικότητας του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας σε δυο βάθη.

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
1998	Ξηρή φαινομενική πυκνότητα (g/cm ³)	Ανόργανη μάζα (% ξηρού βάρους)	Οργανική μάζα	Ανόργανη μάζα ⁽¹⁾	Οργανική μάζα ⁽²⁾	μέση υγρασία ⁽³⁾	αέρας ⁽³⁾	Κατ' όγκο θερμοχωρητικότητα ⁽³⁾ (J / cm ³ °C)
0,5-3 cm								
συμβ κατεργασία	1,22	98,74	1,26	0,46	0,01	0,21	0,32	1,82
βαρύς καλλιεργητής	1,22	98,74	1,26	0,46	0,01	0,23	0,31	1,90
περιστρ σκαπτικό	1,31	98,74	1,26	0,49	0,01	0,24	0,26	2,01
δισκοσβάρνα	1,30	98,74	1,26	0,48	0,01	0,24	0,27	1,99
ακαλλιέργεια	1,49	98,74	1,26	0,56	0,01	0,24	0,19	2,17
7,5-10 cm								
συμβ κατεργασία	1,43	98,74	1,26	0,53	0,01	0,29	0,16	2,33
βαρύς καλλιεργητής	1,43	98,74	1,26	0,53	0,01	0,31	0,14	2,40
περιστρ σκαπτικό	1,53	98,74	1,26	0,57	0,01	0,33	0,08	2,58
δισκοσβάρνα	1,55	98,74	1,26	0,58	0,02	0,33	0,07	2,59
ακαλλιέργεια	1,60	98,74	1,26	0,60	0,02	0,32	0,07	2,59
		= 100-(c)		= (a)*(b)/	= (a)*(c)/		=1-(d)-(e)-	= (0,48(d)+0,6(e)+
				/(100*2,65)	/(100*1,3)		-(f)	+(f))*4,186

⁽¹⁾ πυκνότητα των ανόργανων συστατικών του εδάφους: 2,65 g/cm³ (Hillel, 1980).

⁽²⁾ πυκνότητα της οργανικής ουσίας: 1,3 g/cm³ (Hillel, 1980).

⁽³⁾ Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στους πίνακες 7.1.11 και 7.1.12 του παραρτήματος

Σε σχέση με το ακαλλιέργητο έδαφος, το έδαφος στη συμβατική κατεργασία σε βάθος 4 cm, παρουσίαζε 2,5 °C υψηλότερη θερμοκρασία κατά την διάρκεια της ημέρας και 0,8 °C χαμηλότερη κατά την διάρκεια της νύκτας. Στη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία ήταν 1,9 °C υψηλότερη σε σχέση με την ακαλλιέργεια ενώ η ελάχιστη κατά 0,7 °C χαμηλότερη. Την υψηλότερη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της νύκτας διατηρούσε η μέθοδος της ακαλλιέργειας.

Η μέση ημερήσια θερμοκρασία του εδάφους ήταν υψηλότερη στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας (σχήμα 3.4.3). Σε σχέση με την ακαλλιέργεια και σε βάθος 4 cm ήταν κατά 0,5 °C υψηλότερη. Στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή, η μέση θερμοκρασία σε βάθος 4 cm ήταν κατά 0,3 °C υψηλότερη σε σχέση με την ακαλλιέργεια. Η χαμηλότερη μέση ημερήσια θερμοκρασία σημειώθηκε στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας και ήταν κατά 0,5-0,1 °C μικρότερη από την ακαλλιέργεια. Αναλυτικά στοιχεία παρατίθενται στον πίνακα 10.1.10 του παραρτήματος.

Η ύπαρξη μιας μεγαλύτερης διακύμανσης οφείλεται και πάλι 1) στη μεγιστοποίηση του ποσοστού της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο γυμνό έδαφος, 2) στην μειωμένη θερμοχωρητικότητα του εδάφους (πίνακας 3.4.3) και 3) στην μικρότερη θερμική αγωγιμότητα εξαιτίας του αυξημένου πορώδους (πίνακας 3.4.3). Επίσης από το πίνακα 3.4.4, προκύπτει ότι για την συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή ο λόγος (λ) του πλάτους της διακύμανσης της θερμοκρασίας σε βάθος 8 cm προς το πλάτος της διακύμανσης στα 4 cm ήταν πολύ μικρότερος γεγονός που σημαίνει ότι το βάθος απόσβεσης για τις μεθόδους αυτές βρίσκεται υψηλότερα και ο συντελεστής θερμικής διάχυσης (D) είναι μικρότερος. Καθότι όμως η θερμοχωρητικότητα του εδάφους για τον βαρύ καλλιεργητή ήταν μεγαλύτερη (πίνακας 3.4.3) και δεδομένου ότι ο συντελεστής θερμικής διάχυσης δεν διέφερε από τον συντελεστή στην συμβατική κατεργασία (ίδιος λόγος λ) συμπεραίνεται ότι και η θερμική αγωγιμότητα θα πρέπει να ήταν μεγαλύτερη. Συνεπώς από την απορροφώμενη ηλιακή ακτινοβολία, διαχέονταν προς τα βαθύτερα στρώματα ένα μεγαλύτερο ποσοστό

θερμότητας συμβάλλοντας σε μια μείωση του ημερήσιου εύρους διακύμανσης της θερμοκρασίας. Επιπλέον, στην μέθοδο αυτή τα ζιζάνια αλλά και τα φυτικά υπολείμματα ήταν περισσότερο με αποτέλεσμα να σκιάζουν το έδαφος. Η μέση θερμοκρασία του εδάφους συνεπώς και στα δύο συστήματα αμειψισποράς ήταν κατά 0,2 °C μικρότερη (σχήμα 3.4.4).

Στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας η μέση θερμοκρασία του εδάφους ήταν ακόμη μικρότερη. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, η μέση θερμοκρασία σε βάθος 4 cm ήταν μικρότερη κατά 0,5-0,6 °C περίπου. Σημαντικά μειωμένο ήταν επίσης και το πλάτος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας (σχήματα 3.4.3 & 3.4.4). Οι μέθοδοι αυτές παρουσίαζαν αυξημένη φαινομενική πυκνότητα και υγρασία με αποτέλεσμα το έδαφος να έχει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα. Επίσης, από τον πίνακα 3.4.3 διαπιστώνεται ότι η κατ' όγκο αεροπεριεκτικότητα του εδάφους ήταν μικρότερη από αυτή των μεθόδων της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή. Στον πίνακα 3.4.4 φαίνεται ότι ο λόγος (λ) για τις δυο αυτές μεθόδους ήταν μεγαλύτερος σε σχέση με την συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή. Από τα παραπάνω στοιχεία συμπεραίνεται ότι ο συντελεστής θερμικής διάχυσης και η θερμική αγωγιμότητα ήταν υψηλότερη και συνεπώς ο ρυθμός διάχυσης της θερμότητας προς τα βαθύτερα στρώματα υψηλότερος. Για το λόγο αυτό οι διαφορές στην θερμοκρασία μεταξύ 4 cm και 8 cm ήταν περιορισμένες.

Τέλος, εξετάζοντας τη μέθοδο της ακαλλιέργειας διαπιστώνεται ότι υπήρξε μια ουσιαστική διαφοροποίηση μεταξύ των δύο συστημάτων αμειψισποράς (σχήμα 3.4.4). Η μέση θερμοκρασία του εδάφους στην αμειψισπορά “βαμβάκι – τεύτλα” ήταν κατά 0,21 °C υψηλότερη σε σχέση με την αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” γεγονός που οφείλεται στην επίτευξη υψηλότερων μεγίστων κατά την διάρκεια της ημέρας. Στην αμειψισπορά “βαμβάκι – τεύτλα” το εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας ήταν πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με το εύρος που διαπιστώθηκε για την αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα”. Η διαφοροποίηση αυτή προφανώς ήταν αποτέλεσμα της ύπαρξης διαφορετικής ποσότητας φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους στις δύο μεταχειρίσεις. Στην αμειψισπορά “βαμβάκι – τεύτλα” τα φυτικά υπολείμματα από την προηγούμενη καλλιέργεια του βαμβακιού ήταν λιγοστά και η κάλυψη του εδάφους προέρχονταν αποκλειστικά από τα υπολείμματα των ζιζανίων μετά την επίδραση του *glyphosate*. Στην περίπτωση αυτή το ποσοστό της κάλυψης του εδάφους κυμαίνονταν στο 30-50% (εμπειρική παρατήρηση). Στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” όμως, τα φυτικά υπολείμματα από την προηγούμενη καλλιέργεια του καλαμποκιού ήταν άφθονα και στην περίπτωση της ακαλλιέργειας, μαζί με τα υπολείμματα των ζιζανίων κάλυπταν τουλάχιστον το 75% της επιφάνειας του εδάφους. Τα υπολείμματα αυτά επιδρούσαν ως μονωτές στην ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ εδάφους και ατμόσφαιρας. Κατά την διάρκεια της ημέρας παρεμπόδιζαν την ηλιακή ακτινοβολία να φθάσει στο έδαφος και εξαιτίας του ανοιχτόχρωμου χρωματισμού τους, αντανακλούσαν ένα μεγαλύτερο ποσοστό πίσω στην ατμόσφαιρα. Ως αποτέλεσμα, το έδαφος θερμαίνονταν λιγότερο και η θερμοκρασία του εδάφους σε βάθος 4 cm ήταν μέχρι και 0,6 °C μικρότερη σε σχέση με την θερμοκρασία στην αντίστοιχη κατεργασία της αμειψισποράς “βαμβάκι – τεύτλα”. Κατά την διάρκεια της νύκτας ωστόσο, τα φυτικά υπολείμματα φαίνεται ότι εμπόδιζαν την έκλυση της θερμικής ακτινοβολίας από το έδαφος προς την ατμόσφαιρα περιορίζοντας σημαντικά τις απώλειες θερμότητας. Επιπλέον, μεταξύ των φυτικών υπολειμμάτων και του εδάφους πιθανόν υπήρχε εγκλωβισμένη μια στήλη αέρα η οποία περιόριζε τις απώλειες θερμότητας με μεταγωγή. Ως αποτέλεσμα, η μέση θερμοκρασία του εδάφους σε βάθος 4 cm κατά την διάρκεια της νύκτας ήταν κατά 0,4 °C υψηλότερη σε σχέση με τη θερμοκρασία στην αντίστοιχη κατεργασία της αμειψισποράς “βαμβάκι – τεύτλα”.

Πίνακας 3.4.4. Σύγκριση του εύρους της διακύμανσης της θερμοκρασίας σε βάθος 4 και 8 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα δύο συστήματα αμειψισποράς κατά το 1998.

	βαμβάκι - τεύτλα					1998	καλαμπόκι - βαμβάκι				
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α		Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α
4 cm	9,58	8,46	6,98	6,08	6,63	8,71	8,23	6,42	5,36	5,16	
8 cm	6,80	5,85	5,11	4,69	5,56	6,51	6,28	5,24	4,27	4,79	
λ	0,71	0,69	0,73	0,77	0,84	0,75	0,76	0,82	0,80	0,93	

Μια δεύτερη, έμμεση επίδραση των φυτικών υπολειμμάτων στο θερμοκρασιακό καθεστώς του εδάφους είναι μέσω της επίδρασης τους στην εδαφική υγρασία. Και στα δύο συστήματα αμειψισποράς, η μέθοδος της ακαλλιέργειας διατηρούσε ένα υψηλότερο επίπεδο εδαφικής υγρασίας (πίνακας 3.4.3). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την σημαντικά υψηλότερη φαινομενική πυκνότητα του εδάφους είχε ως συνέπεια την σημαντική αύξηση της θερμοχωρητικότητας του εδάφους (πίνακας 3.4.3). Στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” μάλιστα τα φυτικά υπολείμματα συνέβαλαν στην διατήρηση ενός ακόμη υψηλότερου ποσοστού υγρασίας (σχήμα 3.3.7) με αποτέλεσμα την περαιτέρω αύξηση της θερμοχωρητικότητας και τον περιορισμό του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας.

Όπως φαίνεται και από το πίνακα 3.4.4, στην περίπτωση της ακαλλιέργειας, μεταξύ 4 και 8 cm βάθους, υπήρχε μια πολύ μικρότερη απόσβεση του πλάτους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι το βάθος απόσβεσης στην μέθοδο της ακαλλιέργειας ήταν μεγαλύτερο που σημαίνει ότι ο συντελεστής θερμικής διάχυσης (D) ήταν μεγαλύτερος. Δεδομένου ότι η θερμοχωρητικότητα ήταν αυξημένη συμπεραίνεται ότι η θερμική αγωγιμότητα θα πρέπει να ήταν ακόμη μεγαλύτερη. Στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” μάλιστα, εξαιτίας του υψηλότερου επιπέδου υγρασίας η θερμική αγωγιμότητα ήταν ακόμη μεγαλύτερη και ο λόγος (λ) ο υψηλότερος.

Η μέθοδος της ακαλλιέργειας στην αμειψισπορά “βαμβάκι – τεύτλα” διατηρούσε ένα μέσο επίπεδο θερμοκρασίας κατά $0,2^{\circ}\text{C}$ υψηλότερο σε σχέση με τις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας (σχήμα 3.4.4). Το γεγονός αυτό πιθανώς να σχετίζεται με την διαμόρφωση της επιφάνειας του εδάφους και τις ανταλλαγές θερμότητας με το περιβάλλον. Σε όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις η επιφάνεια του εδάφους ήταν ανώμαλη εξαιτίας της κατεργασίας που είχε υποστεί, στην περίπτωση όμως της ακαλλιέργειας ήταν σχετικά ομαλή και επίπεδη. Η ελεύθερη επιφάνεια στην περίπτωση του κατεργασμένου εδάφους η οποία ισούται με το εμβαδόν της επιφάνειας όταν συνυπολογίζεται το ανάγλυφο του εδάφους είναι πολύ μεγαλύτερη από την περίπτωση της ακαλλιέργειας. Το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας ωστόσο που φθάνει σε μια ορισμένη επιφάνεια είναι ανεξάρτητο από την υφή της επιφάνειας. Συνεπώς οι δυο τύποι εδαφών δέχονται και απορροφούν την ίδια ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας. Το τραχύ έδαφος ωστόσο εκπέμπει πίσω στην ατμόσφαιρα με την μορφή θερμικής ακτινοβολίας μεγαλύτερο ποσοστό από την θερμότητα που έχει απορροφήσει. Αυτό συμβαίνει διότι η ελεύθερη επιφάνεια που εκπέμπει την θερμική ακτινοβολία είναι μεγαλύτερη (Payne and Gregory, 1988). Αντίθετα, στην περίπτωση της ακαλλιέργειας υπήρχε μια μεγαλύτερη διάχυση της θερμότητας προς τα βαθύτερα στρώματα. Φαίνεται λοιπόν ότι για την ακαλλιέργεια το ισοζύγιο εισροών – εκροών θερμότητας ήταν μεγαλύτερο γεγονός που είχε ως συνέπεια μια ελαφρά αύξηση της μέσης εδαφικής θερμοκρασίας. Η διαπίστωση αυτή ωστόσο δεν ίσχυε για το σύστημα της αμειψισποράς “καλαμπόκι – τεύτλα” όπου τα φυτικά υπολείμματα περιόριζαν σημαντικά τις εισροές θερμότητας μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας και γι’ αυτό η μέση θερμοκρασία του εδάφους ήταν η χαμηλότερη.

1999

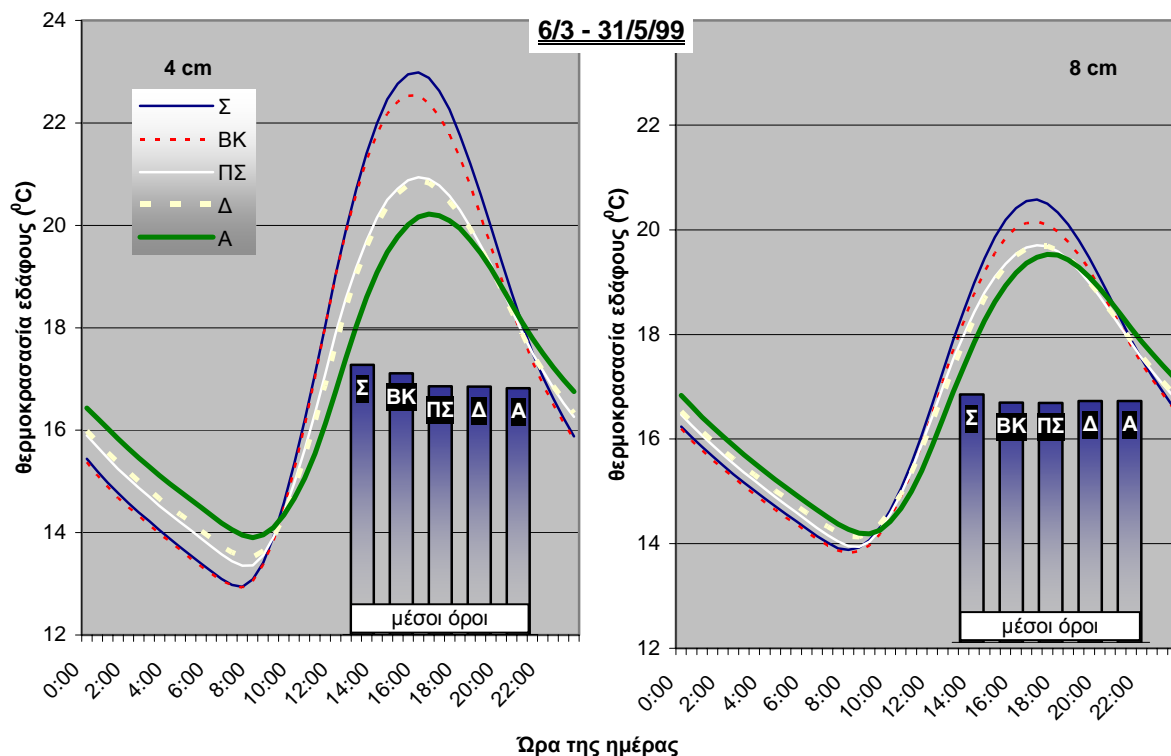
Η μέτρηση της θερμοκρασίας κατά το 1999 περιελάμβανε τα συστήματα της αμειψισποράς “καλαμπόκι – τεύτλα” και “βαμβάκι – καλαμπόκι” και πραγματοποιήθηκε για το χρονικό διάστημα από 6/3 μέχρι τις 31/5/99 παράλληλα με τις μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας με τα υγρασιόμετρα. Επειδή τα θερμοστοιχεία τοποθετήθηκαν πολύ κοντά στα υγρασιόμετρα, ήταν δυνατό κατά τη χρονιά αυτή να συσχετιστούν τα δεδομένα της θερμοκρασίας με αυτά της υγρασίας του εδάφους. Τα θερμοστοιχεία αφαιρέθηκαν από το έδαφος στις 31/5 διότι από την περίοδο αυτή και έπειτα τα φυτά των καλλιεργειών είχαν αναπτυχθεί σημαντικά και σκίαζαν την επιφάνεια του εδάφους αλλοιώνοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Τα υγρασιόμετρα αντίθετα, διατηρήθηκαν για δεκαπέντε ημέρες επιπλέον.

Στο σχήμα 3.4.5 συγκρίνεται η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα δύο βάθη δειγματοληψίας για όλη την περίοδο των μετρήσεων. Επίσης στο σχήμα 3.4.6 συγκρίνονται οι πέντε μέθοδοι κατεργασίας στα δύο συστήματα αμειψισποράς. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, οι μέθοδοι της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή παρουσίαζαν και πάλι ένα μεγαλύτερο πλάτος διακύμανσης. Το δεύτερο μεγαλύτερο πλάτος διακύμανσης της θερμοκρασίας παρουσίαζαν οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας. Σε βάθος 4 cm, κατά την διάρκεια της ημέρας εμφάνιζαν χαμηλότερα μέγιστα κατά 1,5 – 1,9 °C. Κατά την διάρκεια της νύχτας όμως η θερμοκρασία του εδάφους ήταν υψηλότερη. Στις 7:30 π.μ. όπου υπήρχε η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία, οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, σε βάθος 4 cm παρουσίαζαν ένα έδαφος θερμότερο κατά 0,5 – 0,6 °C σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Την μικρότερη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας παρουσίαζε η μέθοδος της ακαλλιέργειας. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία, σε βάθος 4 cm, ήταν κατά 2,8 °C χαμηλότερη ενώ η ελάχιστη κατά 1 °C υψηλότερη.

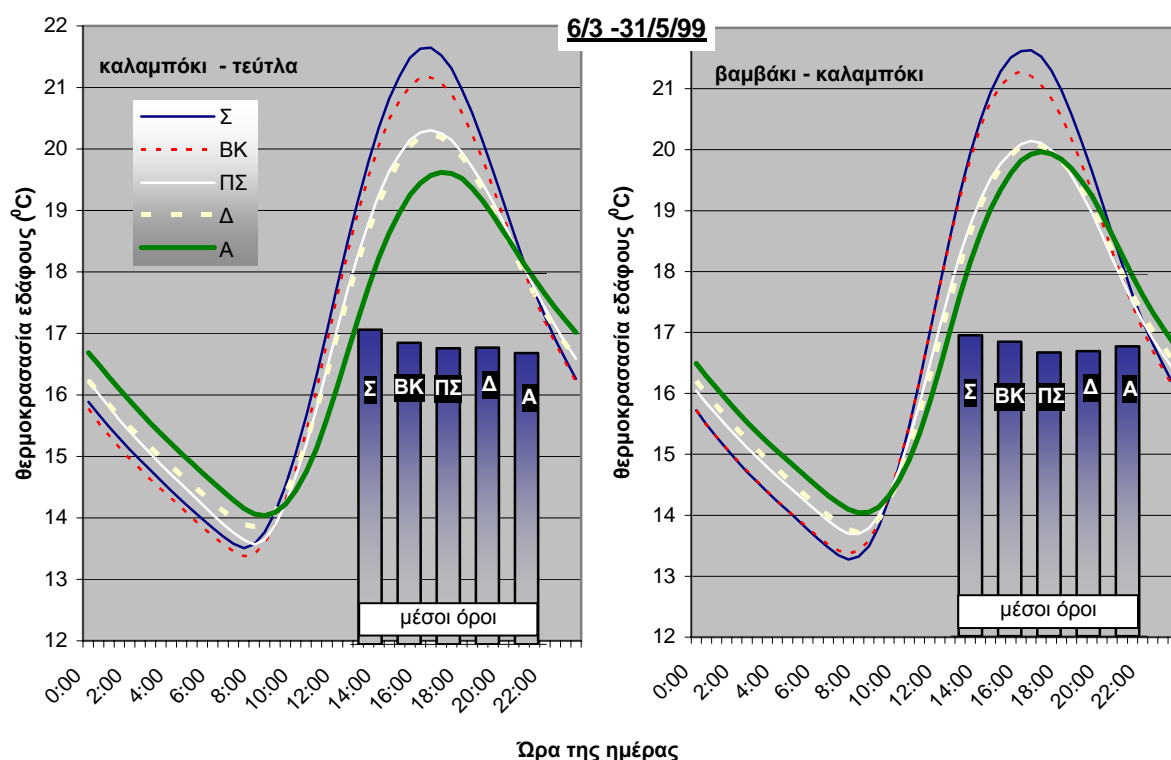
Στον πίνακα 3.4.5 υπολογίζεται ο λόγος (λ) του πλάτους διακύμανσης της θερμοκρασίας σε βάθος 4 cm προς τα πλάτος διακύμανσης σε βάθος 8 cm. Όπως διαπιστώνεται, ο λόγος ήταν πολύ μεγαλύτερος για την περίπτωση της ακαλλιέργειας, ιδίως στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” γεγονός που σημαίνει ότι το βάθος απόσβεσης ήταν μεγαλύτερο και κατά συνέπεια ο συντελεστής θερμικής διάχυσης (D) υψηλότερος. Αυτό σημαίνει ότι η απορροφόμενη θερμότητα διαχέεται βαθύτερα συμβάλλοντας στην μείωση του εύρους της διακύμανσης στην επιφάνεια. Στην συμβατική κατεργασία αντίθετα, αλλά και στη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή, ο λόγος (λ) ήταν σημαντικά μειωμένος. Στις περιπτώσεις αυτές ο συντελεστής θερμικής διάχυσης ήταν μειωμένος και η απορροφόμενη θερμότητα παρέμενε στην ανώτερη επιφάνεια του εδάφους προκαλώντας μεγαλύτερη ανύψωση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας. Για το λόγο αυτό η μέση ημερήσια θερμοκρασία του εδάφους στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή στο βάθος των 4 cm ήταν κατά 0,3 – 0,4 °C υψηλότερη σε σχέση με τις άλλες τρεις μεθόδους. Σε βάθος 8 cm ωστόσο δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους όσο αναφορά την μέση θερμοκρασία του εδάφους.

Πίνακας 3.4.5. Σύγκριση του εύρους της διακύμανσης της θερμοκρασίας σε βάθος 4 και 8 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα δύο συστήματα αμειψισποράς κατά το 1998.

	καλαμπόκι - τεύτλα					1999	βαμβάκι - καλαμπόκι				
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α		Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α
4 cm	10,30	10,10	8,30	7,64	6,48	9,87	9,45	7,35	7,20	6,32	
8 cm	6,77	6,60	6,18	5,86	5,55	6,40	6,12	5,22	5,11	4,93	
λ	0,66	0,65	0,74	0,77	0,86	0,65	0,65	0,71	0,71	0,78	



Σχήμα 3.4.5. Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους σε βάθος 4 cm και 8 cm για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους και για την περίοδο 6/3 – 31/5/99.



Σχήμα 3.4.6. Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους στα δύο συστήματα αμειψισποράς για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους και για την περίοδο 6/3 – 31/5/99.

Πίνακας 3.4.6. Υπολογισμός της κατ' όγκο θερμοχωρητικότητας του εδάφους με βάση την ξηρή φαινομενική πυκνότητα και την μέση % κατ' όγκο υγρασία για τις τέσσερις περιόδους. (Π1: 6/3 - 16/3/99, Π2: 17/3 - 4/4/99, Π3: 5/4 - 4/5/99, Π4: 5/5 - 30/5/99).

1999	Ξ.Φ.Π (g/cm ³)	μέση υγρασία (% κατ'όγκο)				αέρας (% κατ'όγκο)				Κατ' όγκο θερμο- χωρητικότητα (J / cm ³ °C)			
		Π.1	Π.2	Π.3	Π.4	Π.1	Π.2	Π.3	Π.4	Π.1	Π.2	Π.3	Π.4
		καλαμπόκι - τεύτλα											
συμβ κατεργασία	1,22	0,12	0,29	0,19	0,15	0,41	0,24	0,35	0,38	1,45	2,17	1,73	1,58
βαρύς καλλιεργητής	1,20	0,13	0,29	0,20	0,18	0,41	0,25	0,34	0,36	1,48	2,15	1,76	1,68
περιστρ σκαπτικό	1,28	0,26	0,32	0,28	0,26	0,25	0,19	0,23	0,25	2,08	2,33	2,17	2,06
δισκοσβάρνα	1,31	0,27	0,32	0,27	0,24	0,23	0,18	0,23	0,26	2,15	2,33	2,15	2,03
ακαλλιέργεια	1,51	0,29	0,32	0,30	0,23	0,13	0,10	0,13	0,19	2,38	2,52	2,41	2,13
βαμβάκι - καλαμπόκι													
συμβ κατεργασία	1,13	0,13	0,29	0,22	0,20	0,44	0,28	0,34	0,37	1,42	2,07	1,81	1,70
βαρύς καλλιεργητής	1,14	0,14	0,28	0,21	0,21	0,42	0,29	0,35	0,35	1,48	2,05	1,77	1,76
περιστρ σκαπτικό	1,34	0,26	0,32	0,28	0,25	0,23	0,17	0,21	0,24	2,13	2,39	2,20	2,07
δισκοσβάρνα	1,34	0,26	0,31	0,27	0,24	0,23	0,17	0,22	0,25	2,11	2,35	2,16	2,03
ακαλλιέργεια	1,51	0,26	0,30	0,25	0,27	0,16	0,12	0,18	0,15	2,25	2,42	2,20	2,29

Στον πίνακα 3.4.6 υπολογίζεται η κατ' όγκο θερμοχωρητικότητα του εδάφους σε βάθος 0 - 6 cm με βάση τη μέση εδαφική υγρασία από τις μετρήσεις με τα υγρασιόμετρα και τις μετρήσεις της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας στα δύο συστήματα αμειψισποράς. Η θερμοχωρητικότητα υπολογίζεται ξεχωριστά με βάση την μέση υγρασία σε κάθε μια από τις τέσσερις πρώτες περιόδους που ορίστηκαν στην παράγραφο 3.3. Η διαδικασία υπολογισμού είναι ανάλογη με αυτή που περιγράφεται στους πίνακες 3.4.1 & 3.4.3.

Κατά την πρώτη περίοδο (από 6/3/99 μέχρι 16/3/99), η μέση εδαφική υγρασία στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα (σχήματα 3.3.13 & 3.3.14). Αντίθετα οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας διατηρούσαν μια σημαντικά πιο υγρή σποροκλίση. Η θερμοχωρητικότητα στις μεθόδους αυτές και ιδίως στην περίπτωση της ακαλλιέργειας στην αμειψισπορά "καλαμπόκι - τεύτλα" όπου τα φυτικά υπολείμματα περιόριζαν την εξάτμιση του νερού, ήταν υψηλότερη (πίνακας 3.4.6). Η αυξημένη θερμοχωρητικότητα συνεπάγεται μειωμένη άνοδο της θερμοκρασίας κατά την απορρόφηση ενός ορισμένου ποσού θερμότητας. Την περίοδο αυτή, η μέθοδος της ακαλλιέργειας παρουσίαζε πολύ μικρότερη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας καθώς και ένα σημαντικά χαμηλότερο μέσο όρο (παράρτημα πίνακας 10.1.13). Σημαντικό ρόλο σε αυτό έπαιζαν επίσης τα φυτικά υπολείμματα του καλαμποκιού, τα οποία κάλυπταν την επιφάνεια του εδάφους περιορίζοντας την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.

Η δεύτερη περίοδος μετρήσεων (από 17/3 έως 4/4/99) χαρακτηρίζεται από συχνές βροχοπτώσεις, υψηλή εδαφική υγρασία (σχήματα 3.3.13 & 3.3.14) και μία απότομη πτώση της θερμοκρασίας του εδάφους. Όπως διαπιστώνεται από τον πίνακα 3.4.6 οι διαφορές στην κατ' όγκο θερμοχωρητικότητα του εδάφους κατά την περίοδο αυτή είναι περιορισμένες καθότι οι διαφορές στην εδαφική υγρασία είναι μικρές. Για το λόγο αυτό οι διαφορές στην ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας μεταξύ των μεθόδων κατεργασίας ήταν αμβλυμμένες (παράρτημα, πίνακας 10.1.14).

Η τρίτη περίοδος (από 5/4 έως 4/5/99) χαρακτηρίζεται από μια σταδιακή ελάττωση της εδαφικής υγρασίας (σχήματα 3.3.13 & 3.3.14) και μια βαθμιαία άνοδο της θερμοκρασίας του εδάφους. Κατά την περίοδο αυτή οι διαφορές στην διακύμανση της θερμοκρασίας μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας γίνονται και πάλι έντονες (παράρτημα, πίνακας 10.1.15). Και στα

δύο συστήματα αμειψισποράς, την υψηλότερη διακύμανση παρουσίαζε η συμβατική κατεργασία και στην συνέχεια η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή. Από τον πίνακα 3.4.6 διαπιστώνεται ότι η θερμοχωρητικότητα του εδάφους στις μεθόδους αυτές ήταν μειωμένη. Οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας παρουσίαζαν μεταξύ τους μια παρόμοια συμπεριφορά. Η μέθοδος της ακαλλιέργειας ωστόσο παρουσίασε μια σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των δύο αμειψισπορών. Το πλάτος της ημερήσιας διακύμανσης στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” ήταν πολύ μικρότερο από το πλάτος της διακύμανσης στην αμειψισπορά “βαμβάκι – καλαμπόκι”. Επίσης ενώ στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” η μέση θερμοκρασία του εδάφους ήταν χαμηλότερη, στην αμειψισπορά “βαμβάκι – καλαμπόκι” ήταν υψηλότερη από την μέση θερμοκρασία στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας. Η διαφοροποίηση αυτή πιθανώς σχετίζεται με την εδαφοκάλυψη στα δύο συστήματα αμειψισποράς καθώς και με την κατάσταση των ζιζανίων. Στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” εκτός από τα φυτικά υπολείμματα από την προηγούμενη καλλιέργεια του καλαμποκιού, καλύπτουν το έδαφος και τα φυτικά υπολείμματα των ζιζανίων τα οποία έχουν πλέον νεκρωθεί από την δράση του *glyphosate*. Ως αποτέλεσμα υπάρχει μια σημαντική μείωση της εξάτμισης του εδαφικού νερού και η υγρασία του εδάφους είναι υψηλότερη (σχήμα 3.3.13). Η αυξημένη υγρασία προκάλεσε αύξηση της κατ’ όγκο θερμοχωρητικότητας (πίνακας 3.4.6) καθώς και του συντελεστή θερμικής διάχυσης συμβάλλοντας στην ελάττωση του πλάτους της διακύμανσης της θερμοκρασίας. Επιπλέον τα φυτικά υπολείμματα σκιάζοντας το έδαφος περιόριζαν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία καθυστερώντας την θέρμανση του εδάφους. Στην αμειψισπορά “βαμβάκι – καλαμπόκι” ωστόσο τα φυτικά υπολείμματα από την προηγούμενη καλλιέργεια του βαμβακιού ήταν λιγιστά και η κάλυψη του εδάφους προέρχεται μόνο από τα ζιζάνια που είναι φυτρωμένα αυτή την περίοδο. Τα ζιζάνια αυτά, όντας ζωντανά, προκαλούν ελάττωση της εδαφικής υγρασίας αντλώντας εδαφικό νερό με την λειτουργία της διαπνοής (σχήμα 3.3.14). Κατά συνέπεια η κατ’ όγκο θερμοχωρητικότητα του εδάφους είναι σημαντικά μειωμένη σε σχέση με την θερμοχωρητικότητα στην μεταχείριση της ακαλλιέργειας στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” (πίνακας 3.4.6) συμβάλλοντας στην αύξηση της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας.

Η τέταρτη και τελευταία περίοδος των μετρήσεων (από 5/5 έως 31/5//99) χαρακτηρίζεται από μια μεταβολή της υφιστάμενης κατάστασης στην ακαλλιέργεια για τα δύο συστήματα αμειψισποράς. Κατά την περίοδο αυτή η υγρασία του εδάφους παρουσιάζει μια βαθμιαία ελάττωση (σχήματα 3.3.13 & 3.3.14) μετά από το πότισμα που πραγματοποιήθηκε στις 5/5 ενώ η μέση θερμοκρασία του εδάφους κυμαίνεται πάνω από τους 20 °C. Αντίθετα με την “περίοδο 3” ωστόσο, η μέθοδος της ακαλλιέργειας στην αμειψισπορά “βαμβάκι – καλαμπόκι” εμφανίζει μεγαλύτερα επίπεδα εδαφικής υγρασίας από την ακαλλιέργεια στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” (σχήματα 3.3.13 & 3.3.14). Στην πρώτη περίπτωση τα ζιζάνια έχουν ξεραθεί από την δράση του *glyphosate* το οποίο ψεκάστηκε στις 14/4/99 καλύπτοντας τη επιφάνεια του εδάφους και περιορίζοντας τις απώλειες από την εξάτμιση. Αντίθετα στην αμειψισπορά “καλαμπόκι – τεύτλα” έχει παρέλθει μια περίοδος μεγαλύτερη των δύο μηνών από την εφαρμογή του *glyphosate* (ημερομηνία ψεκασμού: 5/3/99) με αποτέλεσμα να φυτρώσουν νέα ζιζάνια (σχήμα 3.1.10). Τα ζιζάνια αυτά φαίνεται ότι με την λειτουργία της διαπνοής αντλούν εδαφική υγρασία προκαλώντας ελάττωση της θερμοχωρητικότητας του εδάφους (πίνακας 3.4.6) καθώς και μείωση (σε σχέση με την “περίοδο 3”) του συντελεστή θερμικής διάχυσης. Η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους για την ακαλλιέργεια στα δύο συστήματα αμειψισποράς κατά την περίοδο αυτή δεν παρουσιάζει διαφοροποίηση (παράρτημα, πίνακας 10.1.16). Το ίδιο συμβαίνει με την διακύμανση της θερμοκρασίας στις υπόλοιπες τέσσερις μεθόδους κατεργασίας για τα δύο συστήματα αμειψισποράς. Την μεγαλύτερη διακύμανση καθώς και την υψηλότερη μέση θερμοκρασία παρουσίαζαν και πάλι οι μέθοδοι της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή.

Σχέση θερμοκρασίας εδάφους και βιομάζας ζιζανίων

Για να διερευνηθεί η επίδραση των ζιζανίων στην θερμοκρασία του εδάφους πραγματοποιήθηκε ανάλυση απλής συσχέτισης μεταξύ των δύο παραμέτρων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις των ζιζανίων που αντιστοιχούσαν στις αμειψισπορές του πειραματικού αγρού 1 στις οποίες είχαν εγκατασταθεί θερμοστοιχεία. Συνολικά συγκροτήθηκαν πέντε ομάδες δεδομένων οι οποίες αναφέρονταν σε πέντε διαφορετικές ημερομηνίες παρατηρήσεων των ζιζανίων, μια κατά το 1997, (στις 12/3), δύο κατά το 1998 (στις 12/4 και 5/5) και δύο κατά το 1999 (στις 11/3 και 16/5). Εξαιτίας της μεγάλης παραλλακτικότητας που παρουσίαζαν τα στοιχεία της ξηρής βιομάζας των ζιζανίων χρησιμοποιήθηκε ο δεκαδικός λογάριθμος της παραμέτρου.

Για κάθε ημερομηνία μέτρησης των ζιζανίων χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία για τη θερμοκρασία του εδάφους σε βάθος 4 cm που αφορούσαν ένα χρονικό διάστημα ενός δεκαημέρου (πέντε ημέρες πριν και πέντε ημέρες μετά την μέτρηση των ζιζανίων). Από τα στοιχεία αυτά υπολογίστηκε για κάθε περίοδο, η μέση θερμοκρασία του εδάφους, η μέση ελάχιστη, η μέση μέγιστη καθώς και το μέσο εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους. Στη συνέχεια, για να υπάρχει ομοιογένεια στις τιμές μεταξύ των διαφορετικών ημερομηνιών έγιναν οι εξής μετατροπές: Αρχικά και για κάθε ημερομηνία εκφράστηκαν οι τιμές των μεθόδων κατεργασίας σε % των τιμών της συμβατικής κατεργασίας η οποία θεωρήθηκε ως μάρτυρας. Για όλους τους μάρτυρες στις διαφορετικές ημερομηνίες υπολογίστηκε ο μέσος όρος ο οποίος στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε ως κοινό επίπεδο αναφοράς για τη συμβατική κατεργασία σε όλες τις ημερομηνίες. Τα ποσοστά % των υπολοίπων μεθόδων κατεργασίας πολλαπλασιάστηκαν με αυτό το κοινό μέσο όρο ώστε να μετατραπούν σε τιμές πραγματικής θερμοκρασίας.

Στον πίνακα 3.4.7 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις συσχέτισης της μέσης, ελάχιστης, μέγιστης καθώς και του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους με τον δεκαδικό λογάριθμο της ξηράς βιομάζας των ζιζανίων, για το σύνολο των δεδομένων των πέντε ημερομηνιών δειγματοληψίας. Αναλυτικά τα αποτελέσματα για κάθε ημερομηνία χωριστά καθώς και τα αποτελέσματα από την ανάλυση της διακύμανσης των συντελεστών της συμμεταβολής παρουσιάζονται στους πίνακες 7.1.17 – 10.1.20 του παραρτήματος.

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, η μέση, η μέγιστη καθώς και το εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους ήταν σε αρνητική συσχέτιση με την ποσότητα των ζιζανίων. Αντίθετα η ελάχιστη θερμοκρασία του εδάφους ήταν θετικά συσχετισμένη με την βιομάζα των ζιζανίων. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει τις προηγούμενες υποθέσεις ότι η παρουσία των ζιζανίων στο έδαφος έχει ως συνέπεια κατά την διάρκεια της ημέρας την σκίαση του εδάφους και τον περιορισμό της απορροφόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και κατά τη διάρκεια της νύκτας τον περιορισμό των απωλειών θερμότητας εξαιτίας της μονωτικής τους δράσης.

Πίνακας 3.4.7 Ανάλυση συσχέτισης της βιομάζας των ζιζανίων με την θερμοκρασία του εδάφους.

	BE	μέσος X	μέσος Y	διακύμ X	διακύμ Y	συνδιακύμανση	r	a	b	P%
μέσος όρος	48	1,86	16,1	0,32	0,2	-0,18	-0,725	17,16	-0,57	0,000
ελάχιστη	48	1,86	13,4	0,32	1,71	0,35	0,465	11,41	1,07	0,001
μέγιστη	48	1,86	19,5	0,32	5	-0,84	-0,663	24,36	-2,61	0,000
εύρος	48	1,86	9,66	0,32	6,6	-0,97	-0,663	15,24	-3	0,000

X = δεκαδικός λογάριθμος της ξηράς βιομάζας των ζιζανίων
Y = θερμοκρασία του εδάφους (4 cm)

Σχέσεις θερμοκρασίας εδάφους και υγρασίας

Τα δεδομένα της θερμοκρασίας του εδάφους καθώς και της αντίστοιχης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας ομαδοποιήθηκαν με βάση τις τιμές από τις μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας με τα υγρασιόμετρα και για κάθε κατηγορία υπολογίστηκε ένας μέσος όρος. Η ομαδοποίηση αυτή κρίθηκε απαραίτητη διότι η συχνότητα της μεταβολής της θερμοκρασίας ήταν πολύ υψηλότερη από την συχνότητα της μεταβολής της εδαφικής υγρασίας.

Η απλή ανάλυση συσχέτισης μεταξύ της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και της υγρασίας του εδάφους απέδειξε μια σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ των δυο παραγόντων ($R = -0,87$). Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι οι υγρές καιρικές συνθήκες που προκαλούσαν αύξηση της εδαφικής υγρασίας συνοδεύονταν συνήθως από χαμηλές θερμοκρασίες. Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας όμως ήταν άμεσα συνδεδεμένη με την θερμοκρασία του εδάφους ($R = 0,91$). Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε ανάλυση πολλαπλής συμμεταβολής μεταξύ των τριών παραμέτρων, θεωρώντας ως εξαρτημένη μεταβλητή την θερμοκρασία του εδάφους και ως ανεξάρτητες την υγρασία του εδάφους και την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Οι συγκρίσεις περιελάμβαναν τους εξής συνδυασμούς:

Υγρασία εδάφους	Θερμοκρασία ατμόσφαιρας	Θερμοκρασία εδάφους
Μέση ημερήσια	Μέση ημερήσια	Μέση ημερήσια
Μέση ημερήσια	Ελάχιστη ημερήσια	Ελάχιστη ημερήσια
Μέση ημερήσια	Μέγιστη ημερήσια	Μέγιστη ημερήσια
Μέση ημερήσια	Ημερήσιο εύρος	Ημερήσιο εύρος

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων της πολλαπλής συμμεταβολής παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4.8. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, οι συντελεστές μερικής συμμεταβολής της θερμοκρασίας του εδάφους με την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας ήταν θετικοί ενώ οι συντελεστές μερικής συμμεταβολής της υγρασίας με την θερμοκρασία του εδάφους, αρνητικοί. Σε όλες τις περιπτώσεις η σημαντικότητα των συντελεστών ήταν μεγαλύτερη από 99%. Μελετώντας τους σταθερούς συντελεστές μερικής συμμεταβολής διαπιστώνεται ότι η μέση υγρασία του εδάφους επηρεάζει σε ποσοστό 10% την μέση, σε ποσοστό 15% την ελάχιστη, σε ποσοστό 29% την μέγιστη και σε ποσοστό 21% το εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους. Η μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας επηρεάζει σε ποσοστό 88% την μέση θερμοκρασία του εδάφους, η ελάχιστη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, σε ποσοστό 81% την ελάχιστη θερμοκρασία του εδάφους, η μέγιστη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, σε ποσοστό 69% την μέγιστη θερμοκρασία του εδάφους και το εύρος την ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, σε ποσοστό 57% το εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους. Και οι δύο παράγοντες μαζί (υγρασία εδάφους, θερμοκρασία ατμόσφαιρας) περιγράφουν σε ποσοστό μεγαλύτερο του 96% την παραλλακτικότητα που διαπιστώνεται στην μέση, ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία του εδάφους και σε ποσοστό 78% την παραλλακτικότητα που διαπιστώνεται στο εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους. Το υπόλοιπο της παραλλακτικότητας οφείλεται σε διαφορές στη δομή του εδάφους μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας καθώς και σε διαφορές στην φυτοκάλυψη.

Πίνακας 3.4.8. Συντελεστές πολλαπλής συμμεταβολής της θερμοκρασίας του εδάφους με την υγρασία του εδάφους και την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.

	Υγρασία						Θερμοκρασία ατμόσφαιρας				R ²
	α/π	a	b ₁	LSD _{0,05}	b ₁ '	sign _(b1)	b ₂	LSD _{0,05}	b ₂ '	sign _(b2)	
Μέση	150	3,78	-9,57	3,10	-0,11	0,01	0,88	0,03	0,94	0,01	0,979
Ελάχιστη	150	7,22	-13,34	5,44	-0,15	0,01	1,23	0,09	0,85	0,01	0,957
Μέγιστη	150	15,15	-35,12	4,62	-0,32	0,01	0,49	0,03	0,75	0,01	0,980
Εύρος	150	5,65	-10,74	5,55	-0,23	0,01	0,23	0,04	0,63	0,01	0,780

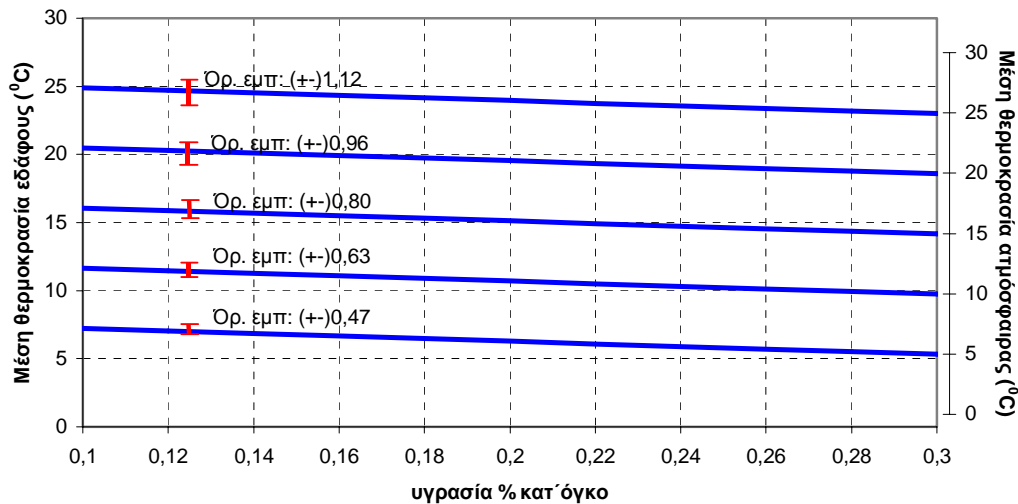
α/π = αριθμός παρατηρήσεων, a = σταθερός συντελεστής, R² = συντελεστής πολλαπλής συσχέτισης

b_i = συντελεστής μερικής συμμεταβολής, b_i' = σταθερός συντελεστής μερικής συμμεταβολής

LSD_{0,05} = 95% ελάχιστη σημαντική διαφορά συντελεστή μερικής συσχέτισης (i),

sign_(bi) = στατιστική σημαντικότητα (** = >99%, * = >95%, ns = στατιστικώς μη σημαντικό)

Στο σχήμα 3.4.7 με βάση την πρώτη εξίσωση συμμεταβολής του πίνακα 3.4.7, υπολογίζεται η μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του εδάφους με την μεταβολή της μέσης υγρασίας για διάφορα επίπεδα μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας. Από τα δεδομένα των σχημάτων 3.3.13 & 3.3.14 υπολογίζεται ότι η μέση % κατ' όγκο υγρασία του εδάφους για όλη την περίοδο στην μέθοδο της ακαλλιέργειας ήταν κατά 0,07 υψηλότερη σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Σύμφωνα με την εξίσωση συμμεταβολής του πίνακα 3.4.8 η αύξηση αυτή της υγρασίας οδηγεί σε μια ελάττωση της μέσης θερμοκρασίας του εδάφους κατά 0,67 °C. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τα δεδομένα από τις μετρήσεις στα σχήματα 3.4.5 & 3.4.6 όπου η μέση θερμοκρασία του εδάφους στην μέθοδο της ακαλλιέργειας είναι κατά 0,5 °C περίπου χαμηλότερη από αυτή στην συμβατική κατεργασία.

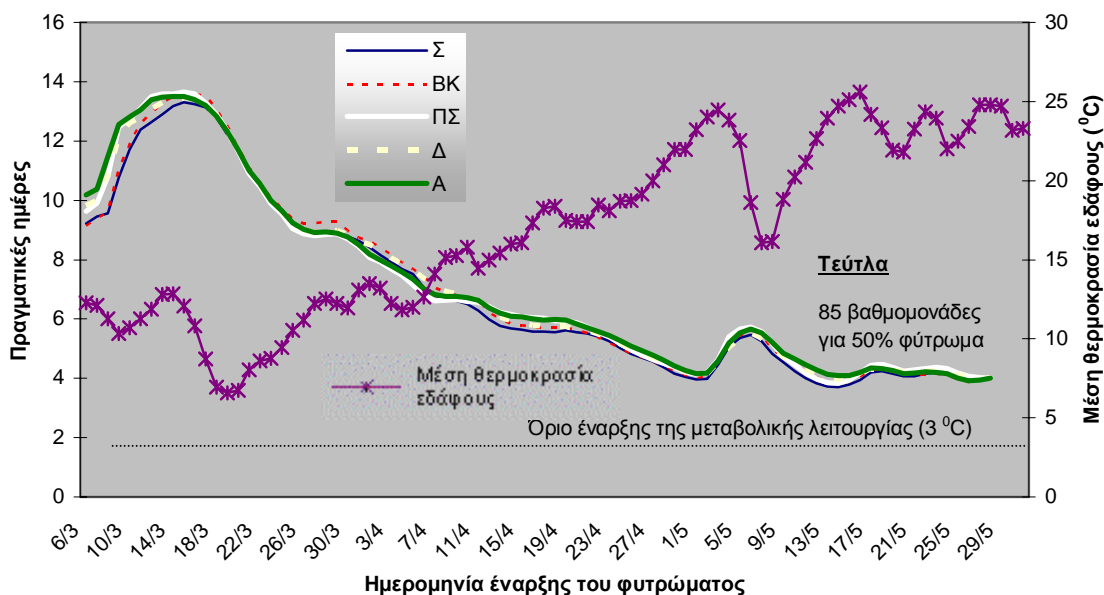


Σχήμα 3.4.7. Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του εδάφους την άνοιξη, με την μεταβολή της εδαφικής υγρασίας. Αρχικά, εντοπίζεται στον δεξιό κατακόρυφο άξονα η μέση ημερήσια θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και προχωρώντας αριστερά, παράλληλα με τις καμπύλες, βρίσκεται στον οριζόντιο άξονα η υγρασία του εδάφους. Στην συνέχεια, προχωρώντας οριζόντια αριστερά, εντοπίζεται στον αριστερό κατακόρυφο άξονα η αντίστοιχη μέση θερμοκρασία του εδάφους.

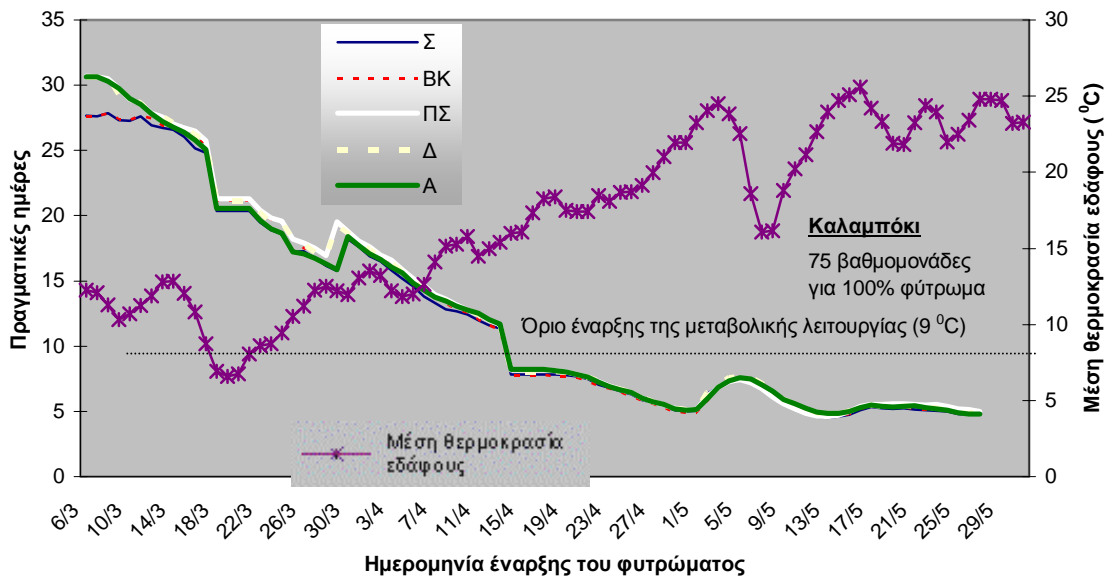
Η σχετικά μικρή ελάττωση της μέσης θερμοκρασίας του εδάφους με την αύξηση της υγρασίας έχει περιορισμένη επίπτωση στο άθροισμα των απαραίτητων θερμομονάδων για την ολοκλήρωση του φυτρώματος των καλλιεργειών, ιδίως για καλλιέργειες όπως τα ζαχαρότευτλα όπου το όριο έναρξης της μεταβολικής δραστηριότητας του φυτρώματος είναι συνήθως πολύ χαμηλότερο από την μέση θερμοκρασία του εδάφους η οποία και για τα τρία έτη κυμαίνονταν στους 10 °C. Σύμφωνα με τον Van Heemst (1988), οι Gummerson και Jaggard υπολόγισαν ότι για να ολοκληρωθεί το φυτόμα των τεύτλων κατά 50% απαιτείται η συμπλήρωση 85 θερμομονάδων με κατώτερο όριο έναρξης της μεταβολικής λειτουργίας τους 3°C. Επίσης ο Van Heemst (1988) αναφέρει ότι ο Cardwell το 1984 υπολόγισε ότι απαιτούνται 65 με 85 θερμομονάδες για το φυτόμα του καλαμποκιού με θερμοκρασία έναρξης τους 9°C. Τέλος σύμφωνα με τον Danalatos (1993), για το φυτόμα του βαμβακιού απαιτείται η συμπλήρωση 28 θερμομονάδων με κατώτερο όριο έναρξης της διαδικασίας του φυτρώματος του βαμβακιού τους 15 °C.

Στα σχήματα 3.4.8 – 3.4.10 με βάση τα δεδομένα των μετρήσεων της θερμοκρασίας για κάθε μέθοδο κατεργασίας χωριστά, υπολογίζονται οι πραγματικές ημέρες που απαιτούνται για την συμπλήρωση των απαραίτητων θερμομονάδων για διάφορες ημερομηνίες έναρξης του φυτρώματος και για κάθε καλλιέργεια.

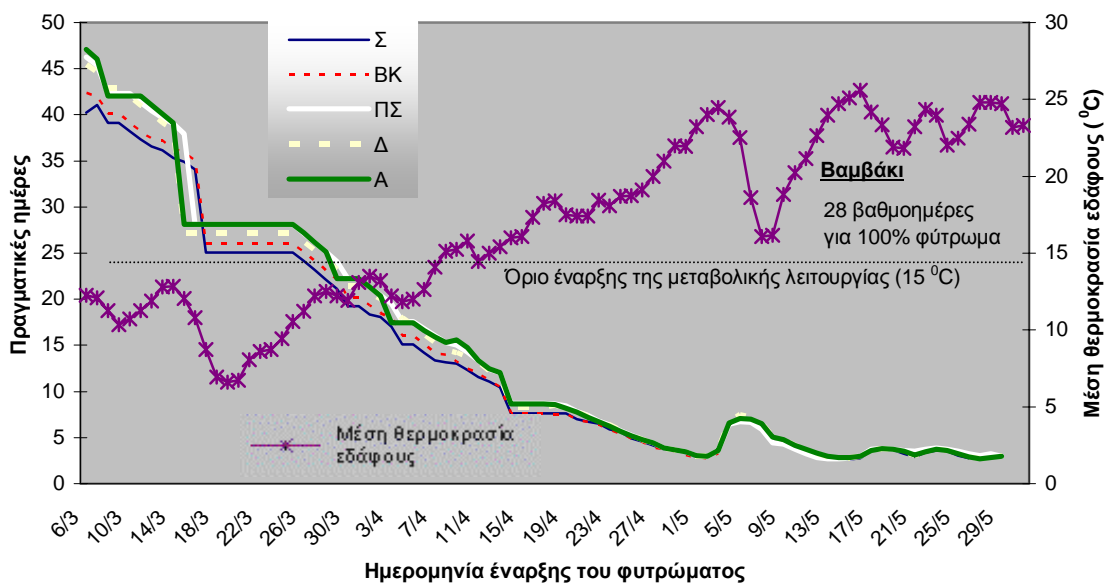
Για την περίπτωση των τεύτλων, διαπιστώνεται μια μικρή καθυστέρηση στο φυτόμα της τάξης της 0,5-1 ημέρας, αν η διαδικασία του φυτρώματος ξεκινούσε στην αρχή της περιόδου (5/3 – 14/3). Το γεγονός αυτό σχετίζεται με την ελάττωση που σημειώθηκε στη μέση θερμοκρασία του εδάφους στο διάστημα (16/3 – 26/3) με αποτέλεσμα να επιμηκυνθεί η περίοδος του φυτρώματος (>10 ημέρες) και κατά συνέπεια οι διαφορές μεταξύ των κατεργασιών να αποκτήσουν μεγαλύτερη σημασία. Μετά τις 7/4 ωστόσο, η μέση θερμοκρασία του εδάφους κυμάνθηκε πάνω από τους 10 °C με αποτέλεσμα να μειωθεί σημαντικά η περίοδος του φυτρώματος (<6 ημέρες) και κατά συνέπεια οι διαφορές μεταξύ των κατεργασιών να μην εμφανίζουν πρακτικό ενδιαφέρον.



Σχήμα 3.4.8. Υπολογισμός για διάφορες ημερομηνίες έναρξης του φυτρώματος, της απαραίτητης περιόδου για 50% φυτόμα των τεύτλων με βάση τα δεδομένα από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους στις πέντε μεθόδους κατεργασίας.



Σχήμα 3.4.9. Υπολογισμός για διάφορες ημερομηνίες έναρξης του φυτρώματος, της απαραίτητης περιόδου για 100% φύτευμα του καλαμποκιού με βάση τα δεδομένα από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους στις πέντε μεθόδους κατεργασίας.



Σχήμα 3.4.10. Υπολογισμός για διάφορες ημερομηνίες έναρξης του φυτρώματος, της απαραίτητης περιόδου για 100% φύτευμα του βαμβακιού με βάση τα δεδομένα από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους στις πέντε μεθόδους κατεργασίας.

Στο καλαμπόκι το σημείο έναρξης του φυτρώματος είναι 9 °C. Μέχρι και τις 19/3 η διάρκεια της φυτρωτικής περιόδου ήταν μεγαλύτερη από 20 ημέρες ενώ μετά τις 14/4 ο απαιτούμενος χρόνος ελαχιστοποιήθηκε σε λιγότερο από 8 ημέρες. Εκτός από τις τρεις πρώτες ημερομηνίες (6/3 – 9/3) όπου ο μέσος χρόνος για το φύτευμα ήταν πολύ μεγάλος (>28 ημέρες) και κατά συνέπεια και οι διαφορές μεταξύ των μεθόδων κατεργασίας σημαντικές, σε όλο το υπόλοιπο διάστημα δεν διαπιστώθηκε ουσιαστική διαφοροποίηση στο χρόνο για την συμπλήρωση των απαραίτητων θερμομονάδων μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους.

Το βαμβάκι τέλος έχει την υψηλότερη θερμοκρασία έναρξης του φυτρώματος (15 °C). Μέχρι και τις 14/4 το απαιτούμενο χρονικό διάστημα για την συμπλήρωση των 28 θερμομονάδων ήταν μεγαλύτερο από 10 ημέρες. Στο διάστημα αυτό, στη μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή υπάρχει μια προώιμηση όσον αναφορά τον απαιτούμενο χρόνο για την ολοκλήρωση του φυτρώματος η οποία στην αρχή της περιόδου φθάνει μέχρι και τις 4 ημέρες. Ωστόσο το χρονικό διάστημα που απαιτείται για το φύτευμα την περίοδο αυτή είναι πολύ μεγάλο και η σπορά σε μια τέτοια περίπτωση είναι παρακινδυνευμένη. Μετά τις 14/4 ωστόσο, όπου η μέση θερμοκρασία του εδάφους ανέβηκε πάνω από τους 15 °C και ο χρόνος φυτρώματος μειώθηκε κάτω από τις 10 ημέρες, δεν σημειώθηκαν και πάλι ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας.

Συζήτηση

Η θερμοκρασία του εδάφους είναι άμεσα εξαρτώμενη από την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Η ανάλυση της συσχέτισης απέδειξε ότι οι μεταβολές στη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας ελέγχουν το 78% με 96% των μεταβολών της θερμοκρασίας του εδάφους. Υπήρχαν ωστόσο ορισμένα χαρακτηριστικά του εδάφους όπως η εδαφική υγρασία, η φαινομενική πυκνότητα και η φυτοκάλυψη τα οποία μεταβάλλονταν ανάλογα με την μέθοδο της κατεργασίας και τα οποία επηρέαζαν καθοριστικά τα χαρακτηριστικά της εδαφικής θερμοκρασίας. Σύμφωνα με τους Usowicz *et al.* (1996), οι θερμικές ιδιότητες του εδάφους εξαρτώνται άμεσα από την εδαφική υγρασία και την φαινομενική πυκνότητα του εδάφους

Με ανάλυση πολλαπλής συμμεταβολής διαπιστώθηκε ότι η υγρασία του εδάφους επηρέαζε σε ποσοστό 10 – 29% την θερμοκρασία του εδάφους. Όταν το έδαφος ήταν υγρό, είχε μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα με αποτέλεσμα να θερμαίνεται και να ψύχεται βραδύτερα και κατά συνέπεια να εμφανίζει μικρότερη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας. Η υγρασία είχε την μικρότερη επίδραση στην μέση θερμοκρασία του εδάφους και την μεγαλύτερη στη μέγιστη.

Όπως και με την υγρασία του εδάφους, η αύξηση της φαινομενικής πυκνότητας είχε ως επακόλουθο, εκτός από την αύξηση της θερμοχωρητικότητας, την αύξηση και της θερμικής αγωγιμότητας καθώς η αγωγιμότητα των στερεών είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή του αέρα. Η αυξημένη φαινομενική πυκνότητα του εδάφους στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας είχε ως συνέπεια τον περιορισμό του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας.

Οι Hayboe *et al.* (1996) μέτρησαν την διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους σε διαστήματα μιας ώρας και διαπίστωσαν ότι στην περίπτωση της ακαλλιέργειας η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία σε βάθος 5 cm ήταν κατά 1,3 °C χαμηλότερη και η ελάχιστη ημερήσια κατά 0,6 °C υψηλότερη σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Στο πείραμα αυτό για την σπορά στην ακαλλιέργεια χρησιμοποιήθηκε μια σπαρτική η οποία απομάκρυνε τα φυτικά υπολείμματα από την περιοχή του σπόρου και επιπλέον, πραγματοποιούσε μια ελαφρά αναμόχλευση του εδάφους σε πλάτος 10 cm. Σε ένα πείραμα με τρεις μεθόδους κατεργασίας

του εδάφους οι Nidal and Abu Hamdeh (2000) μέτρησαν την θερμική αγωγιμότητα του εδάφους και διαπίστωσαν ότι αυτή ήταν ανάλογη της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας όπου το έδαφος παρουσίαζε την υψηλότερη φαινομενική πυκνότητα, μετρήθηκε και η μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα.

Η θερμοκρασία του εδάφους συσχετίζεται επίσης άμεσα με την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (Swan *et al.*, 1996). Η επίδραση των ζιζανίων και των φυτικών υπολειμμάτων οφείλεται στην σκίαση του εδάφους με συνέπεια τον περιορισμό της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας και των ημερήσιων μέγιστων τιμών. Επιπλέον, ανοιχτόχρωμα φυτικά υπολείμματα όπως του καλαμποκιού αντανακλούν μεγαλύτερη ποσότητα από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (Nagler *et al.*, 2000). Οι Hussain *et al.* (1999), μέτρησαν την ημερήσια θερμοκρασία του εδάφους σε συστήματα αμειψισποράς τα οποία περιλάμβαναν καλλιέργεια καλαμποκιού και διαπίστωσαν ότι στην περίπτωση της ακαλλιέργειας η θερμοκρασία σε βάθος 10 cm ήταν κατά 1,1 °C μικρότερη σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Κατά την διάρκεια της νύκτας όμως, τα φυτικά υπολείμματα δρουν ως μονωτές περιορίζοντας την εκπομπή της θερμικής ακτινοβολίας από την επιφάνεια του εδάφους και διατηρώντας με τον τρόπο αυτό το έδαφος πιο θερμό. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Sharma and Acharya (2000) οι οποίοι διαπίστωσαν μια αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους σε βάθος 5 cm στις 7:00 π.μ από 4,6 °C σε 6,0 °C εξαιτίας της παρουσίας φυτικών υπολειμμάτων καλαμποκιού στην επιφάνεια του εδάφους. Οι Azooz *et al.* (1997) αναφέρουν ότι η απομάκρυνση των φυτικών υπολειμμάτων του καλαμποκιού από την επιφάνεια του εδάφους στην μεταχείριση της ακαλλιέργειας είχε ως συνέπεια την σημαντική αύξηση της ροής της θερμότητας στο έδαφος και την άνοδο της μέσης θερμοκρασίας σε ένα βάθος μέχρι 10 cm. Σε ένα άλλο πείραμα οι Acharya *et al.* (1998) αναφέρουν ότι η ελάχιστη θερμοκρασία του εδάφους σε βάθος 5 cm, όταν αυτό καλύπτονταν με φυτικά υπολείμματα ήταν υψηλότερη κατά 0,2-2 °C σε σχέση με την αντίστοιχη θερμοκρασία στο χωρίς φυτικά υπολείμματα έδαφος ενώ η μέγιστη ήταν χαμηλότερη κατά 0,3 – 2 °C. Οι μετρήσεις αυτές αφορούσαν μια περίοδο μετά την εγκατάσταση καλλιέργειας σιταριού με συνέπεια, εκτός από τα φυτικά υπολείμματα, να σκιάζουν το έδαφος και τα φυτά. Στην παρούσα μελέτη όμως οι μετρήσεις αφορούσαν την πρώιμη περίοδο πριν από την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Για την περίοδο αυτή, και για τις ιδιαίτερες Ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες (έντονη ηλιοφάνεια) διαπιστώθηκε ότι η επίδραση των ζιζανίων και των φυτικών υπολειμμάτων στην θερμοκρασία του εδάφους ήταν πολύ πιο σημαντική κατά την διάρκεια της ημέρας με συνέπεια αυξημένη ποσότητα ζιζανίων να συνεπάγεται την μείωση της μέσης θερμοκρασίας. Στην ίδια διαπίστωση καταλήγουν και οι Swan *et al.* (1996).

Η επίδραση των ζιζανίων στην θερμοκρασία του εδάφους επαληθεύτηκε με ανάλυση απλής συμμεταβολής μεταξύ των δυο παραμέτρων.

Σε ένα πείραμα οι Karunatilake, *et al.* (2000) μέτρησαν ότι η θερμοκρασία του εδάφους σε βάθος 2 cm και 5 cm για την μέθοδο της ακαλλιέργειας ήταν ίση ή και υψηλότερη από την αντίστοιχη θερμοκρασία στην συμβατική κατεργασία. Στο πείραμα αυτό οι μετρήσεις της θερμοκρασίας λαμβανόταν κατά τις πρώτες πρωινές ώρες όπου υπήρχε η επίδραση της μονωτικής δράσης των φυτικών υπολειμμάτων κατά την διάρκεια της νύκτας. Ομοίως οι Franzluebbbers *et al.* (1995b) αναφέρουν ότι η θερμοκρασία του εδάφους σε ένα βάθος 5 cm κατά τις πρώτες πρωινές ώρες ήταν κατά 0,7-1,6 °C υψηλότερη στην μεταχείριση της ακαλλιέργειας σε σχέση με την συμβατική κατεργασία.

Στην συμβατική κατεργασία, στην οποία το έδαφος παρουσίαζε περιορισμένη υγρασία, μικρή φαινομενική πυκνότητα και την επιφάνεια του εδάφους χωρίς φυτικά υπολείμματα, παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας. Το έδαφος στην μέθοδο αυτή παρουσίαζε την μικρότερη θερμοχωρητικότητα. Οι παράμετροι της θερμικής αγωγιμότητας και του συντελεστή θερμικής διάχυσης ήταν επίσης μικρότερες. Οι Azooz *et al.*

(1997) αναφέρουν μειωμένη θερμική αγωγιμότητα για την συμβατική κατεργασία σε σχέση με την ακαλλιέργεια εξαιτίας της μειωμένης εδαφικής υγρασίας στην πρώτη περίπτωση.

Η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή διατηρούσε ένα ελαφρώς υψηλότερο επίπεδο εδαφικής υγρασίας. Μαζί με την ελαφρώς υψηλότερη φαινομενική πυκνότητα του εδάφους είχαν ως συνέπεια την αύξηση του συντελεστή θερμικής διάχυσης. Κατά συνέπεια η Θερμότητα που εισέρχονταν στην επιφάνεια του εδάφους μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας διαχέονταν σε μεγαλύτερα βάθη προκαλώντας έτσι μικρότερη αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του εδάφους. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ύπαρξη μιας ποσότητας φυτικής μάζας στην επιφάνεια που περιόριζε το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, είχαν ως συνέπεια τον περιορισμό της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Δεν διαπιστώθηκε ωστόσο στατιστικώς σημαντική επίδραση στην μέση θερμοκρασία του εδάφους.

Το έδαφος στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, εμφάνιζε αυξημένη φαινομενική πυκνότητα καθώς και ένα σημαντικά υψηλότερο ποσοστό υγρασίας. Στην περίπτωση αυτή η θερμοχωρητικότητα του εδάφους ήταν μεγαλύτερη ενώ η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους αποκτούσε μεγαλύτερη σημασία στον συντελεστή θερμικής διάχυσης και την θερμική αγωγιμότητα καθότι τα επίπεδα της υγρασίας ήταν υψηλά. Κατά συνέπεια η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους ήταν μικρότερη. Επίσης, οι δυο μέθοδοι κατεργασίας διατηρούσαν στην επιφάνεια του εδάφους ένα υψηλό ποσοστό φυτικών υπολειμμάτων. Τα φυτικά υπολείμματα κάλυπταν το έδαφος με αποτέλεσμα αυτό να θερμαίνεται βραδύτερα και λιγότερο κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά επίσης να ψύχεται βραδύτερα και τελικά λιγότερο κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η μέση θερμοκρασία του εδάφους σε βάθος 4 cm ήταν κατά 0,37 – 0,59 °C χαμηλότερη σε σχέση με την μέση θερμοκρασία στη συμβατική κατεργασία.

Τέλος, στην μέθοδο της ακαλλιέργειας, η κατάσταση ήταν πιο περίπλοκη. Στη μέθοδο αυτή η φαινομενική πυκνότητα στην επιφάνεια του εδάφους ήταν σημαντικά αυξημένη. Κατά συνέπεια, τόσο ο συντελεστής θερμικής διάχυσης όσο και η θερμική αγωγιμότητα ήταν μεγαλύτερες. Η απορροφώμενη θερμότητα στην επιφάνεια του εδάφους διαχέονταν σε βαθύτερα στρώματα και γι' αυτό το εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας ήταν σημαντικά μικρότερο. Στην μέθοδο αυτή ωστόσο υπήρχε και μια αυξημένη ποσότητα ζιζανίων. Τα ζιζάνια αυτά ήταν ζωντανά μέχρι και λίγες ημέρες μετά την σπορά ενώ κατόπιν θανατώθηκαν από την δράση του *glyphosate*. Όσο τα ζιζάνια ήταν ζωντανά, από τη μία σκίαζαν το έδαφος περιορίζοντας την θέρμανση κατά την διάρκεια της ημέρας και την ψύξη κατά την διάρκεια της νύχτας διότι επιδρούσαν ως μονωτές και από την άλλη, αντλούσαν με τη διαπνοή το νερό από το έδαφος, ελαττώνοντας την υγρασία. Πριν από την καταστροφή των ζιζανίων η υγρασία κυμαίνονταν στα επίπεδα του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας. Μετά όμως από την καταστροφή τους, τα φυτικά υπολείμματα των ζιζανίων σχημάτισαν μια στρωμή επάνω από την επιφάνεια του εδάφους η οποία μείωνε την εξάτμιση του νερού προκαλώντας μια περαιτέρω αύξηση της εδαφικής υγρασίας. Η αυξημένη υγρασία είχε ως συνέπεια την αύξηση της θερμοχωρητικότητας του εδάφους και κατά συνέπεια την μείωση του εύρους της διακύμανσης της θερμοκρασίας.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις του 1999, η αύξηση που επήλθε στην εδαφική υγρασία μετά την καταστροφή των ζιζανίων από το *glyphosate* ήταν της τάξης του 4% κατ' όγκο. Από τις εξισώσεις της συμμεταβολής του πίνακα 3.4.8 διαπιστώνεται ότι η μείωση της θερμοκρασίας που προκύπτει από την εν λόγω αύξηση της υγρασίας είναι της τάξης των 0,37 °C. Η μείωση που προκλήθηκε στην πραγματικότητα σύμφωνα με τα στοιχεία των μετρήσεων ήταν της τάξης των 0,27 °C. Πριν την καταστροφή των ζιζανίων, η μέση θερμοκρασία του εδάφους στην ακαλλιέργεια ήταν κατά 0,57 °C χαμηλότερη σε σχέση με την συμβατική κατεργασία ενώ μετά την καταστροφή τους χαμηλότερη κατά 0,84 °C.

Λόγω των μικρών σχετικά διαφορών, στη μέση θερμοκρασία του εδάφους, μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας, ($<0,6$ °C) δεν διαπιστώθηκαν ουσιαστικές διαφορές στον απαιτούμενο χρόνο για την συμπλήρωση των απαραίτητων θερμομονάδων για το φύτρωμα της κάθε καλλιέργειας. Η διαπίστωση αυτή έρχεται σε αντίθεση με τις διαπιστώσεις πολλών άλλων ερευνητών (Swan, *et al.*, 1987, Payne and Gregory, 1988, Grant *et al.*, 1995, Hayboe *et al.*, 1996, Swan *et al.*, 1996, Hussain *et al.*, 1999) οι οποίοι αναφέρουν μια ελάττωση μεγαλύτερη από 2 °C στην μέση θερμοκρασία του εδάφους στην περίπτωση της μειωμένης κατεργασίας, με αποτέλεσμα να προκύπτει μια σημαντική καθυστέρηση του φυτρώματος και της αρχικής ανάπτυξης της καλλιέργειας. Αυτό φαίνεται ότι δεν ισχύει για τις συνθήκες της Ελληνικής γεωργίας όπου το ήπιο μεσογειακό κλίμα σε συνδυασμό με την έντονη ηλιοφάνεια κατά την περίοδο της άνοιξης, συμβάλουν στην εύκολη και ταχεία θέρμανση του εδάφους ακόμη και στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας. Επιπλέον, τα ζιζάνια με την έντονη δραστηριότητα της διαπνοής, μπορεί να προκαλέσουν μείωση της υγρασίας του εδάφους βοηθώντας με τον τρόπο αυτό στην ταχύτερη θέρμανσή του.

3.5. Ανάπτυξη – παραγωγή καλλιεργειών

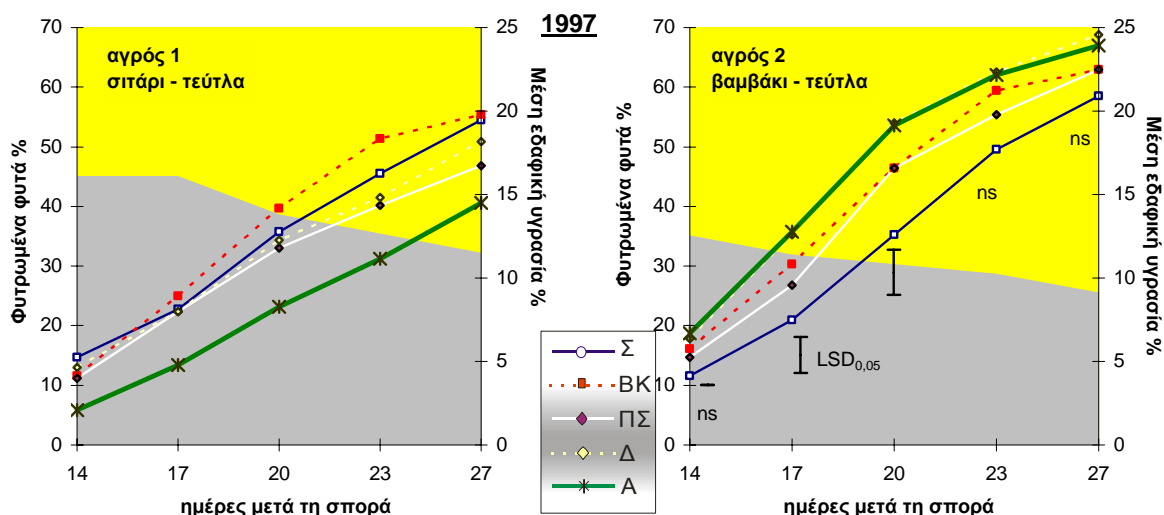
3.5.1. Ζαχαρότευτλα

3.5.1.1. Φύτρωμα

1997

Κατά το πρώτο έτος του πειράματος, παρατηρήθηκε μια σημαντική διαφοροποίηση των μεταχειρίσεων της κατεργασίας του εδάφους στους δυο αγρούς – (αμειψισπορές) όσον αναφορά το φύτρωμα των τεύτλων (σχήμα 3.5.1.1) και (παράρτημα, πίνακας 10.1.21). Στον αγρό 1, η συμβατική κατεργασία και η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή, ευνόησαν στην επίτευξη υψηλότερων πληθυσμών ενώ στον αγρό 2, η συμβατική μέθοδος υστέρησε σημαντικά έναντι όλων των υπολοίπων μεταχειρίσεων δίνοντας τελικά την αραιότερη φυτεία. Στον αγρό 1 υπήρχε οψίμηση κατά μια ημέρα της ακαλλιέργειας ενώ στον αγρό 2 οψίμηση κατά μια ημέρα της συμβατικής κατεργασίας. Η διαφοροποίηση αυτή πιθανών οφείλεται στο υψηλότερο ποσοστό υγρασίας που διατηρούσε το ιλυο-αργιλώδες έδαφος στον αγρό 1. Στον αγρό αυτό, η μέση κατ' όγκο υγρασία ήταν κατά περίπου 2% υψηλότερη σε σχέση με τον αγρό 2 (παράρτημα, πίνακας 10.1.8). Ειδικά για την συμβατική κατεργασία, η διαφορά αυτή ανέρχονταν στο 4-5%. Κατά συνέπεια, στον αγρό 1, οι αρνητικές επιπτώσεις από περιορισμένη υγρασία του εδάφους στο φύτρωμα των τεύτλων ήταν μικρότερες. Αντίθετα, στον αγρό 2 ευνοήθηκαν οι μέθοδοι μειωμένης κατεργασίας του εδάφους που διατηρούσαν ένα σημαντικό υψηλότερο επίπεδο υγρασίας.

Σημαντική διαφοροποίηση παρουσίασε και η μέθοδος της ακαλλιέργειας. Στον ιλυο-αργιλώδη πειραματικό αγρό 1 όπου υπήρχε η αμειψισπορά "σιτάρι - τεύτλα", η ακαλλιέργεια υστέρησε σημαντικά έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων, δίνοντας μικρότερο αριθμό φυτών ανά μέτρο γραμμής και εμφανίζοντας τελικά σε σύγκριση με την συμβατική μέθοδο, 25% λιγότερα φυτά. Αντιθέτως, στον αργιλώδη πειραματικό αγρό 2 όπου υπήρχε η αμειψισπορά "βαμβάκι - τεύτλα", η ακαλλιέργεια παρουσίαζε μία συνεχή υπεροχή εμφανίζοντας τελικά 19% περισσότερα φυτά σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία (σχήμα 3.5.1.1). Όπως διαπιστώθηκε από τις μετρήσεις των ιδιοτήτων του εδάφους (σχήμα 3.3.1) το έδαφος στη μέθοδο της ακαλλιέργειας διατηρούσε υψηλότερη υγρασία δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό ευνοϊκότερες προϋποθέσεις για το φύτρωμα. Ωστόσο, στον πειραματικό αγρό 1 όπου η σπορά έγινε απ' ευθείας μέσα σε καλαμιά, τα φυτικά υπολείμματα δυσχέραιναν την ομαλή λειτουργία των μηχανισμών επικάλυψης του σπόρου της συμβατικής σπαρτικής με αποτέλεσμα ένα μεγάλο ποσοστό του σπόρου να μην καταλήξει στο έδαφος παρά να συγκρατείται από τα φυτικά υπολείμματα και ένα άλλο μεγάλο ποσοστό να φτάσει στο έδαφος αλλά να μείνει ακάλυπτο μέσα σε μια ανοιχτή αυλακιά. Στον αγρό 2 αντίθετα, όπου υπήρχε το σύστημα αμειψισποράς 'βαμβάκι - τεύτλα' ο όγκος των φυτικών υπολειμμάτων του βαμβακιού ήταν μικρός και δημιουργούσε λιγότερα προβλήματα στους μηχανισμούς τοποθέτησης και επικάλυψης του σπόρου της συμβατικής σπαρτικής. Κατά συνέπεια οι σπόροι των τεύτλων τοποθετήθηκαν σε ένα ευνοϊκότερο περιβάλλον από πλευράς υγρασίας και μάλιστα σε μικρότερο βάθος, με αποτέλεσμα ένα πιο επιτυχημένο φύτρωμα. Παρότι στον πειραματικό αγρό 2 επιτεύχθηκαν ικανοποιητικοί πληθυσμοί διότι χρησιμοποιήθηκε τριπλάσια ποσότητα σπόρου, η κατανομή των φυτών επάνω στην γραμμή σποράς παρουσίαζε μεγάλη ανομοιομορφία διότι ένα σημαντικό ποσοστό του σπόρου παρέμεινε ακάλυπτο σε μια ανοιχτή αυλακιά. Τα πραγματικά πλεονεκτήματα επομένως της μεθόδου δεν μπόρεσαν να αποκαλυφθούν διότι δεν χρησιμοποιήθηκε μηχανή σποράς κατάλληλη για ακαλλιέργεια. Για το λόγο αυτό η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση παραλλακτικότητας της διακύμανσης.



Σχήμα 3.5.1.1. Εξέλιξη του φυτρώματος των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στους δυο πειραματικούς αγρούς - (αμειψισπορές) κατά το 1997 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους. Σ = συμβ κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστρ καλλιεργητής, Δ = δισκοσβάρνα και A = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

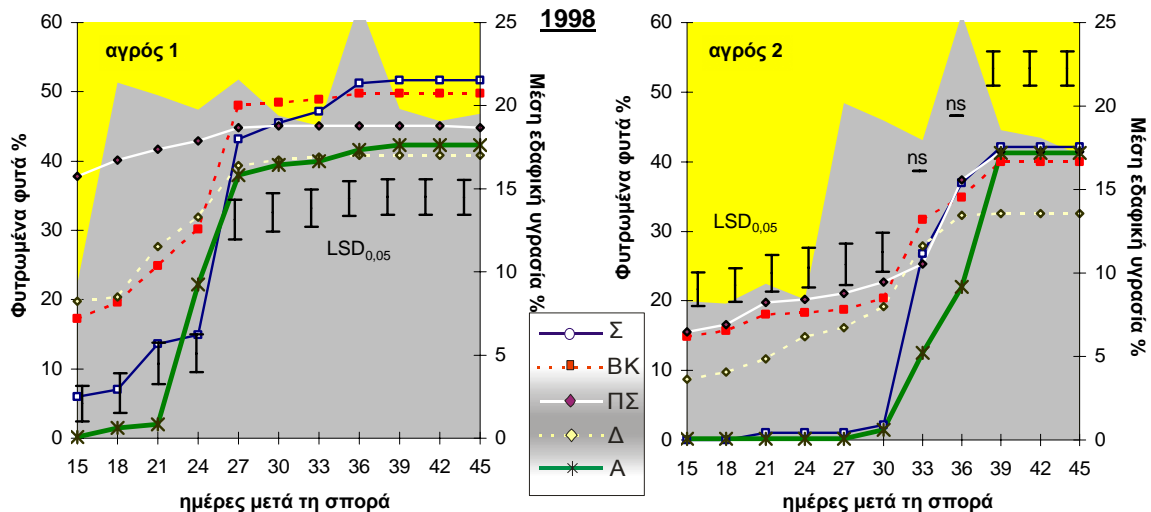
1998

Κατά το δεύτερο έτος, ο σχεδιασμός του πειράματος προέβλεπε και πάλι τον συνδυασμό του παράγοντα κατεργασία με δύο ποικιλίες τεύτλων σε δύο περιοχές και επιπλέον τον συνδυασμό με δύο διαφορετικά συστήματα αμειψισποράς, που ήταν "βαμβάκι - τεύτλα" και "καλαμπόκι - τεύτλα".

Μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους η εικόνα του φυτρώματος των τεύτλων παρουσιάζεται σημαντικά διαφοροποιημένη σε σχέση με το πρώτο έτος. Εξετάζοντας τις αλληλεπιδράσεις (παράρτημα, πίνακας 10.1.21) διαπιστώνεται ότι δεν υπήρξε στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση στους συνδυασμούς "ποικιλία - κατεργασία" αλλά ούτε και στον συνδυασμό "αμειψισπορά - κατεργασία". Υπήρξε ωστόσο και πάλι σημαντική αλληλεπίδραση στο συνδυασμό "περιοχή - κατεργασία".

Συγκεκριμένα, στον πειραματικό αγρό 1, το φύτεμα ξεκίνησε σημαντικά νωρίτερα στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού (σχήμα 3.5.1.3). Στην συνέχεια, εμφανίστηκαν τα πρώτα φυτά στις μεθόδους του βαρύ καλλιεργητή και της δισκοσβάρνας ενώ το φύτεμα στην συμβατική κατεργασία και στην ακαλλιέργεια καθυστέρησε να ξεκινήσει. Στον πειραματικό αγρό 2, το φύτεμα στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και του βαρύ καλλιεργητή, άρχισε σχεδόν ταυτόχρονα. Στη συμβατική μέθοδο κατεργασίας και στην ακαλλιέργεια, η έναρξη του φυτρώματος καθυστέρησε σημαντικά (περίπου 25 ημέρες) και ξεκίνησε μόνο μετά από πότισμα όταν αυξήθηκε η μέση υγρασία του εδάφους.

Κατά το έτος αυτό, μετά τη σπορά επικράτησαν ξηρές συνθήκες οι οποίες επέβαλαν το πότισμα των αγρών. Στον αγρό 1 υπήρχε η δυνατότητα του άμεσου ποτίσματος ενώ στον αγρό 2 χρειάστηκε να μεσολαβήσει ένα διάστημα οκτώ ημερών μέχρις ότου εγκατασταθεί το δίκτυο και γίνει δυνατή η επέμβαση. Κατά συνέπεια το φύτεμα στον αγρό 1 γενικώς ξεκίνησε νωρίτερα. Μέχρι και πριν την εφαρμογή του ποτίσματος, στον αγρό 1 είχαν φυτρώσει κατά μέσο όρο το 22% των φυτών και στον αγρό 2 το 13%. Στο διάστημα ωστόσο μέχρι την πραγματοποίηση του ποτίσματος οι τρεις μέθοδοι μειωμένης κατεργασίας καθότι διατηρούσαν ένα υψηλότερο επίπεδο υγρασίας είχαν ένα σημαντικό πλεονέκτημα εμφανίζοντας και στους δυο αγρούς ένα σημαντικά υψηλότερο ποσοστό φυτρώματος.



Σχήμα 3.5.1.2. Εξέλιξη του φυτρώματος των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δύο περιοχές κατά το 1998 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και A = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

Από το σχήμα 3.5.1.2 μπορεί να διαπιστωθεί ότι στις 27/4/98, 21 ημέρες μετά την σπορά και χωρίς να έχει πραγματοποιηθεί το πότισμα, στον αγρό 1, είχαν φυτρώσει στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού το 41% των σπορών, στην μέθοδο της δισκοσβάρνας το 28%, στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή το 25% ενώ στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και της ακαλλιέργειας μόλις το 7% και 2% αντίστοιχα. Την ίδια περίοδο, το μέσο επίπεδο κατ' όγκο εδαφικής υγρασίας στην περιοχή της σποροκλίνης ήταν για την μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού 22%, για την μέθοδο της δισκοσβάρνας 21%, για την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή 18%, για τη μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας 14% και για την μέθοδο της ακαλλιέργειας 26%. Το 50% του τελικού πληθυσμού στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας σημειώθηκε 14 με 15 ημέρες μετά την έναρξη του φυτρώματος που σημειώθηκε 10 ημέρες μετά την σπορά. Στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή υπήρχε μια προώμηση 3 ημερών, στην μέθοδο της δισκοσβάρνας 7 ημερών και στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού μια προώμηση 9 ημερών.

Στον αγρό 2, στις 6/5/98, 30 ημέρες μετά την σπορά και πριν πραγματοποιηθεί πότισμα είχαν φυτρώσει στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, του βαρύ καλλιεργητή και της δισκοσβάρνας το 23%, 20% και 19% αντίστοιχα των σπόρων. Στις μεθόδους όμως της συμβατικής κατεργασίας και της ακαλλιέργειας το ποσοστό αυτό ήταν μόλις 2%. Το μέσο επίπεδο κατ' όγκο εδαφικής υγρασίας στην περιοχή της σποροκλίνης ήταν για την μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού 10%, για την μέθοδο της δισκοσβάρνας 9%, για την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή 7%, για την μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας 5% και για την μέθοδο της ακαλλιέργειας 11%. Το 50% του φυτρώματος είχε ολοκληρωθεί για τις μεθόδους του περιστροφικού και του βαρύ καλλιεργητή στις 21 ημέρες από την σπορά. Για την μέθοδο της δισκοσβάρνας το αντίστοιχο διάστημα ήταν 27 ημέρες ενώ για την μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και της ακαλλιέργειας, 32 και 35 ημέρες αντίστοιχα.

Κύρια αιτία για το όψιμο φύτρωμα όπως αναφέρθηκε ήταν η ξηρασία που ακολούθησε τις ημέρες μετά την σπορά. Υπό αυτές τις συνθήκες, οι μέθοδοι της μειωμένης κατεργασίας, με την ικανότητά τους να διατηρούν ένα υψηλότερο ποσοστό εδαφικής υγρασίας στην περιοχή της σποροκλίνης εμφάνισαν ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Εξαίρεση αποτέλεσε και πάλι η μέθοδος της ακαλλιέργειας η οποία αν και διατηρούσε τα υψηλότερα ποσοστά εδαφικής υγρασίας, εν' τούτοις, η κάλυψη του σπόρου κατά την σπορά με συμβατική σπαρτική δεν ήταν ικανοποιητική με αποτέλεσμα μεγάλο ποσοστό να μείνει ακάλυπτο μέσα στην ανοιχτή αυλακιά και να μην φυτρώσει.

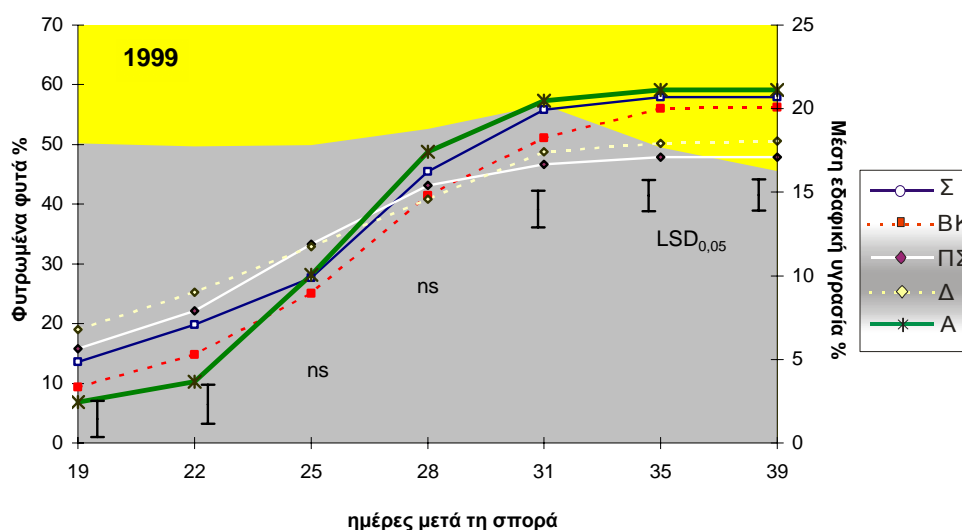
Με την ολοκλήρωση του φυτρώματος, η συμβατική μέθοδος στον αγρό 1 εμφάνισε τους υψηλότερους πληθυσμούς ακολουθούμενη από την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή στην οποία φύτεψαν 3,7% λιγότερα φυτά, την μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού όπου φύτεψαν 13,1% λιγότερα φυτά, την μέθοδο της ακαλλιέργειας όπου φύτεψαν 17,7% λιγότερα φυτά και τέλος την μέθοδο της δισκοσβάρνας με 21% λιγότερα φυτά. Οι διαφορές μεταξύ των κατεργασιών στον αγρό 2 ήταν μικρότερες. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, η μέθοδος του περιστροφικού σκαπτικού παρουσίασε 1,5% λιγότερα φυτά, η μέθοδος της ακαλλιέργειας 2,5% λιγότερα, η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή 5% λιγότερα ενώ η μέθοδος της δισκοσβάρνας 22,7% λιγότερα φυτά.

Το καλύτερο φύτεψμα στην συμβατική κατεργασία οφείλεται πιθανώς στην καλύτερη κάλυψη του σπόρου και στον καλύτερο έλεγχο του βάθους σποράς με την συμβατική σπαρτική.

Τέλος, όσον αναφορά το φύτεψμα των τεύτλων κατά το δεύτερο έτος και πάλι δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μεθόδων κατεργασίας και των δυο ποικιλιών των τεύτλων ούτε μεταξύ των μεθόδων κατεργασίας και των δυο συστημάτων αμειψισποράς. (παράρτημα, πίνακας 10.1.21).

1999

Κατά το τρίτο και τελευταίο έτος του πειράματος η σπορά των τεύτλων πραγματοποιήθηκε στις 4/3/99. Τη χρονιά αυτή, παρόλο που υπήρξαν και πάλι στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο αγρών, δεν διαπιστώθηκε αλληλεπίδραση των παραγόντων ‘‘περιοχή’’ και ‘‘κατεργασία’’ όσον αναφορά την εξέλιξη του φυτρώματος (παράρτημα, πίνακας 10.1.21). Το πρώτο δεκαήμερο μετά την σπορά, μεταξύ των πέντε μεθόδων υπήρχαν έντονες διαφορές στην υγρασία της σποροκλίνης (σχήμα 3.3.13). Στη συνέχεια όμως ακολούθησε μια περίοδος με συχνές βροχοπτώσεις οι οποίες βοήθησαν στο να διατηρηθεί η σποροκλίνη σε όλες τις μεθόδους κατεργασίας υγρή και να ολοκληρωθεί το φύτεψμα. Στην συμβατική κατεργασία το φύτεψμα ξεκίνησε περίπου 14 ημέρες από την σπορά.



Σχήμα 3.5.1.3. Εξέλιξη του φυτρώματος των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους κατά το 1999 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και A = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

Τα πρώτα φυτά εμφανίστηκαν στις μεθόδους του περιστροφικού και της δισκοσβάρνας. Ακολούθησαν οι μέθοδοι της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή και τελευταία και πάλι ήταν η μέθοδος της ακαλλιέργειας (σχήμα 3.5.1.3). Το 50% του τελικού πληθυσμού για τις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας εμφανίστηκε στις 8 ημέρες από τη έναρξη του φυτρώματος στην συμβατική κατεργασία ενώ για τις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας του βαρύ καλλιεργητή και της ακαλλιέργειας στις 9 ημέρες από την έναρξη του φυτρώματος.

Μετά την επίδραση των βροχοπτώσεων ωστόσο, η κατάσταση μεταβλήθηκε και το φυτόωμα στις τρεις τελευταίες μεθόδους επιταχύνθηκε. Στην περίπτωση της ακαλλιέργειας, η επιφανειακή τοποθέτηση του σπόρου σε συνδυασμό με τα επαρκή επίπεδα υγρασίας βοήθησαν σε μια αρκετά ικανοποιητική εξέλιξη του φυτρώματος. Επίσης στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή, η χαλαρή σποροκλίνη επέτρεψε την ευχερέστερη έξοδο των κοτυληδόνων από το έδαφος.

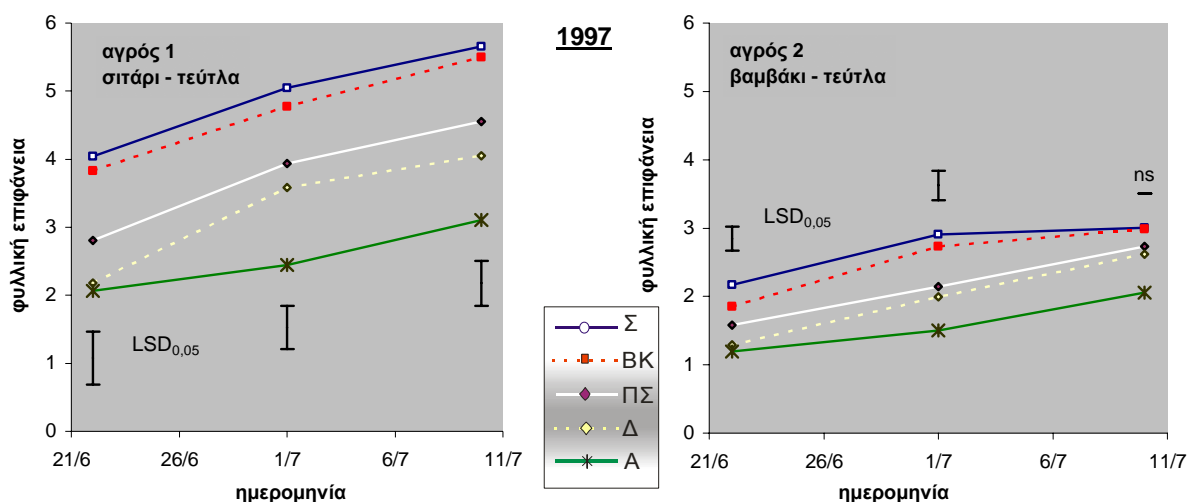
Τελικά στην ακαλλιέργεια σημειώθηκε το υψηλότερο ποσοστό φυτρώματος (59,2%) αν και η κατανομή των φυτών επάνω στην γραμμή παρουσίαζε μεγάλη ανομοιομορφία. Ακολούθησε η συμβατική κατεργασία όπου φύτρωσε το 57,9% των σπόρων και στην συνέχεια η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή με το 56,2%. Μεταξύ των δυο τελευταίων μεθόδων δεν υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Στις μεθόδους όμως της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού σκαπτικού το φυτόωμα ήταν σημαντικά μειωμένο. Στην πρώτη περίπτωση φύτρωσε το 50,6% του σπόρου και στην δεύτερη το 47,9%.

Τέλος, ούτε αυτή τη χρονιά διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις των ποικιλιών με τις κατεργασίες του εδάφους (παράρτημα, πίνακας 10.1.21).

3.5.1.2. Ανάπτυξη

1997

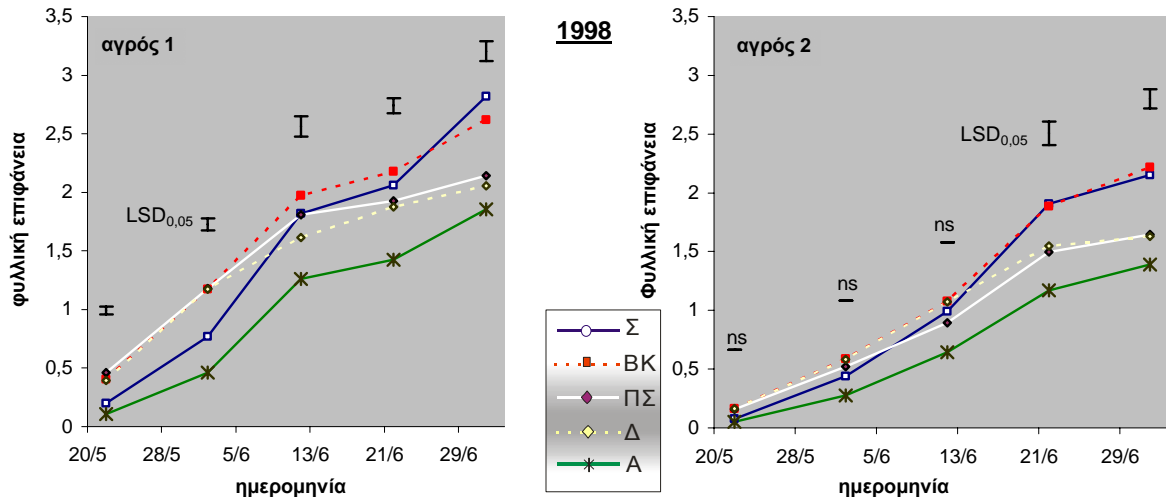
Οι μετρήσεις της ανάπτυξης των φυτών αφορούσαν την φυλλική επιφάνεια των τεύτλων. Και στο στάδιο αυτό διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων “περιοχή” και “κατεργασία” (παράρτημα, πίνακας 10.1.22). Στον πειραματικό αγρό 1 (αμειψισπορά με σιτάρι), η συμβατική κατεργασία και ο βαρύς καλλιεργητής υπερέχουν σημαντικά του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, εμφανίζοντας φυτά με μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια ενώ η ακαλλιέργεια παραμένει τελευταία, εμφανίζοντας φυτά με σημαντικά μικρότερη φυλλική επιφάνεια (σχήμα 3.5.1.4). Στον πειραματικό αγρό 2 (αμειψισπορά με βαμβάκι), οι διαφορές μεταξύ των κατεργασιών εμφανίζονται σε πολύ μικρότερη κλίμακα καθώς η μέση φυλλική επιφάνεια ήταν μειωμένη σε σχέση με αυτή στον πειραματικό αγρό 1. Στον αγρό αυτό, κατά το φύτρωμα είχαν προπορευθεί οι μέθοδοι μειωμένης κατεργασίας τις οποίες όμως στην συνέχεια ξεπέρασε η συμβατική κατεργασία η οποία πλέον παρουσιάζει και στις δυο περιοχές, φυτά με μεγαλύτερη βλαστική ανάπτυξη.



Σχήμα 3.5.1.4. Φυλλική επιφάνεια των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στους δυο πειραματικούς αγρούς - (αμειψισπορές) κατά το 1997. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

1998

Κατά το πρώτο έτος διεξαγωγής του πειράματος είχε διαπιστωθεί με τυχαίες δειγματοληψίες, μια διαφοροποίηση του τρόπου ανάπτυξης των κυρίων ριζών των τεύτλων μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους. Για το λόγο αυτό, κατά το δεύτερο έτος αποφασίστηκε παράλληλα με τις μετρήσεις της φυλλικής επιφάνειας των τεύτλων να πραγματοποιηθούν και παρατηρήσεις που αφορούν τον τρόπο ανάπτυξης της κύριας ρίζας των τεύτλων (μήκος, μέγιστη διάμετρος, βάθος). Οι μετρήσεις αφορούσαν το διάστημα από 12/5 μέχρι 2/7, την περίοδο δηλαδή μέχρι την ολοκλήρωση της μέγιστης κάλυψης της επιφάνειας του εδάφους από τον θόλο του φυλλώματος.



Σχήμα 3.5.1.5. Φυλλική επιφάνεια των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

Από τις μετρήσεις της φυλλικής επιφάνειας διαπιστώθηκαν και πάλι στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους. Επίσης διαπιστώθηκε στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων "περιοχή" και "κατεργασία" (παράρτημα, πίνακας 10.1.22).

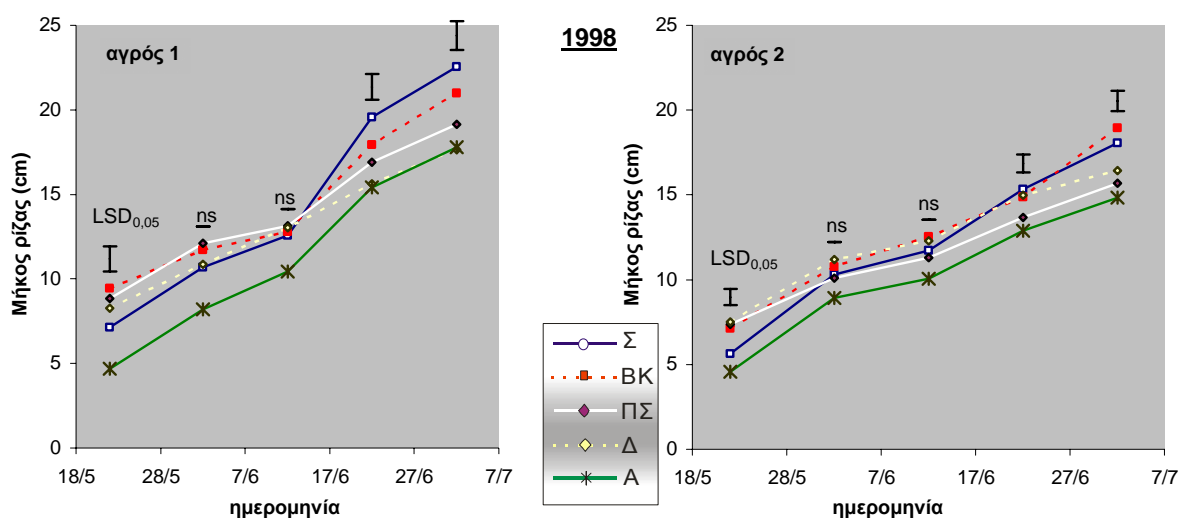
Εξετάζοντας την ανάπτυξη ξεχωριστά για τους δύο πειραματικούς αγρούς, διαπιστώνεται ότι αρχικά και για δύο μήνες από την σπορά, στον πειραματικό αγρό 1, τα τεύτλα στο περιστροφικό σκαπτικό, την δισκοσβάρνα και τον βαρύ καλλιεργητή, είναι πιο εύρωστα και εμφανίζουν μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια συγκρινόμενα με τα φυτά στην συμβατική κατεργασία και την ακαλλιέργεια (σχήμα 3.5.1.5). Από την χρονική περίοδο αυτή όμως και έπειτα, τα φυτά στην συμβατική κατεργασία έχουν επιταχύνει σημαντικά τον ρυθμό της ανάπτυξής τους και μαζί με τα φυτά στον βαρύ καλλιεργητή, υπερτερούν σημαντικά των υπολοίπων τριών κατεργασιών με την ακαλλιέργεια να παραμένει τελευταία και στους δυο αγρούς. Το γεγονός αυτό σχετίζεται με το βάθος και τον βαθμό χαλάρωσης του εδάφους σε κάθε μέθοδο κατεργασίας. Τα τεύτλα στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και του βαρύ καλλιεργητή υπερτερούσαν αρχικά διότι είχαν φυτρώσει νωρίτερα. Μόλις όμως οι ρίζες των φυτών στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας προσέγγισαν το βάθος κατεργασίας αντιμετώπισαν ένα συνεκτικό υπέδαφος που δυσκόλεψε την διεύδυση. Κατά συνέπεια τα φυτά επιβράδυναν τον ρυθμό της ανάπτυξής τους. Στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή όμως όπου η κατεργασία είχε γίνει πολύ βαθύτερα τα τεύτλα συνέχισαν απρόσκοπτα την ανάπτυξή τους. Στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας μάλιστα όπου το έδαφος ήταν σημαντικά πιο χαλαρό και σε ένα μεγαλύτερο βάθος, η ανάπτυξη των τεύτλων εξελίχθηκε με ακόμη ταχύτερο ρυθμό. Τέλος, στην μέθοδο της ακαλλιέργειας τα φυτά είχαν από την αρχή να αντιμετωπίσουν ένα συμπαγές και συνεκτικό εδαφικό περιβάλλον το οποίο δυσχέραινε την ανάπτυξη των ριζών και κατ' επέκταση και του υπέργειου μέρους.

Ένας δεύτερος παράγοντας που προφανώς συνέβαλε στην καλύτερη ανάπτυξη στη μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή ήταν ο σημαντικά μειωμένος πληθυσμός των ζιζανίων με αποτέλεσμα τον μειωμένο ανταγωνισμό της καλλιέργειας. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας όμως όπου ο ανταγωνισμός από τα ζιζάνια ήταν πολύ έντονος τα φυτά των τεύτλων παρουσίασαν σημαντική αναχαίτιση της ανάπτυξης.

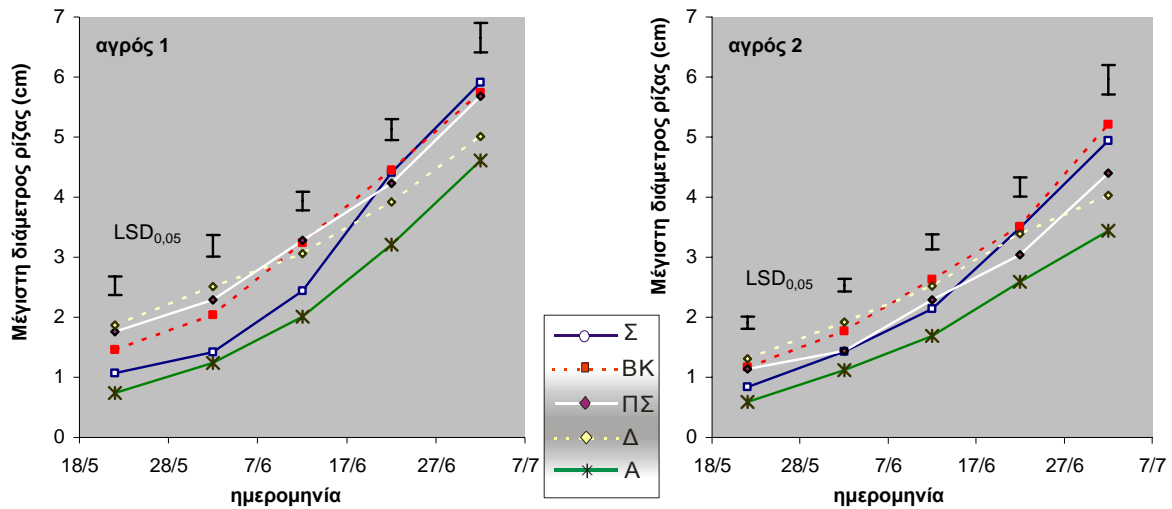
Οι μετρήσεις που αφορούσαν το υπόγειο τμήμα των τεύτλων παρουσίασαν επίσης στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δύο περιοχών οι οποίες ήταν ανάλογες με τα αποτελέσματα των μετρήσεων του υπέργειου μέρους (παράρτημα, πίνακες 10.1.23 & 10.1.24).

Σχετικά με το μήκος και την μέγιστη διάμετρο της ρίζας, τα αποτελέσματα των μετρήσεων δείχνουν να σχετίζονται άμεσα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων της φυλλικής επιφάνειας. Συγκεκριμένα, μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας φαίνεται ότι αρχικά τα τεύτλα στον βαρύ καλλιεργητή, το περιστροφικό σκαπτικό και τη δισκοσβάρνα έχουν μακρύτερες και παχύτερες ρίζες σε σχέση με αυτά στην συμβατική μέθοδο και την ακαλλιέργεια (σχήματα 3.5.1.6 & 3.5.1.7). Αυτό συμβαίνει διότι στις μεθόδους αυτές τα φυτά φύτρωσαν νωρίτερα και άρα προπορεύονταν στην ανάπτυξη. Από τις 12/6 όμως και έπειτα, τα φυτά στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας έχουν επιβραδύνει τον ρυθμό της ανάπτυξης του υπόγειου τμήματός τους ενώ αντίθετα ο ρυθμός ανάπτυξης των ριζών στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας συνέχισε να είναι υψηλός. Κατά συνέπεια από το σημείο αυτό και έπειτα τα φυτά στην συμβατική κατεργασία παρουσιάζουν μαζί με τα φυτά στον βαρύ καλλιεργητή μακρύτερες ρίζες με μεγαλύτερη διάμετρο. Η μεταβολή αυτή στην κατάσταση οφείλεται, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στο διαφορετικό βάθος χαλάρωσης με κάθε μέθοδο κατεργασίας. Όταν οι ρίζες των φυτών στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας έφτασαν στο όριο του βάρους κατεργασίας, (περίπου 10 cm) έπρεπε να διεισδύσουν σε ένα συνεκτικότερο υπέδαφος γεγονός που περιόρισε τον ρυθμό της ανάπτυξής τους. Στην συμβατική κατεργασία ωστόσο αλλά και στον βαρύ καλλιεργητή, το βάθος της κατεργασίας ήταν πολύ μεγαλύτερο με συνέπεια η ανάπτυξη των ριζών να μπορέσει να συνεχιστεί απρόσκοπτα σε μεγαλύτερα βάθη. Οι διαφορές μεταξύ των κατεργασιών στον πειραματικό αγρό 1 είναι πιο έντονες σε σχέση με τον αγρό 2 γεγονός που σχετίζεται με την καλύτερη ανάπτυξη των τεύτλων στον ιλυο-αργιλώδη αγρό.

Με ανάλυση συσχέτισης των δεδομένων, αποδείχτηκε μια στενή σχέση στην ανάπτυξη του υπέργειου με το υπόγειο τμήμα. Ο συντελεστής συσχέτισης της φυλλικής επιφάνειας με το μήκος της ρίζας ήταν 0,61 και ο συντελεστής συσχέτισης με την μέγιστη διάμετρο 0,74. Οι συντελεστές αυτοί υποδεικνύουν ότι οι διαφορές στην ανάπτυξη που διαπιστώθηκαν στο υπέργειο τμήμα οφείλονται κατά ένα υψηλό ποσοστό στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος η οποία ασφαλώς επηρεάζεται άμεσα από τη δομή του εδάφους ως συνέπεια της εφαρμοζόμενης μεθόδου κατεργασίας.



Σχήμα 3.5.1.6. Μήκος της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και A = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

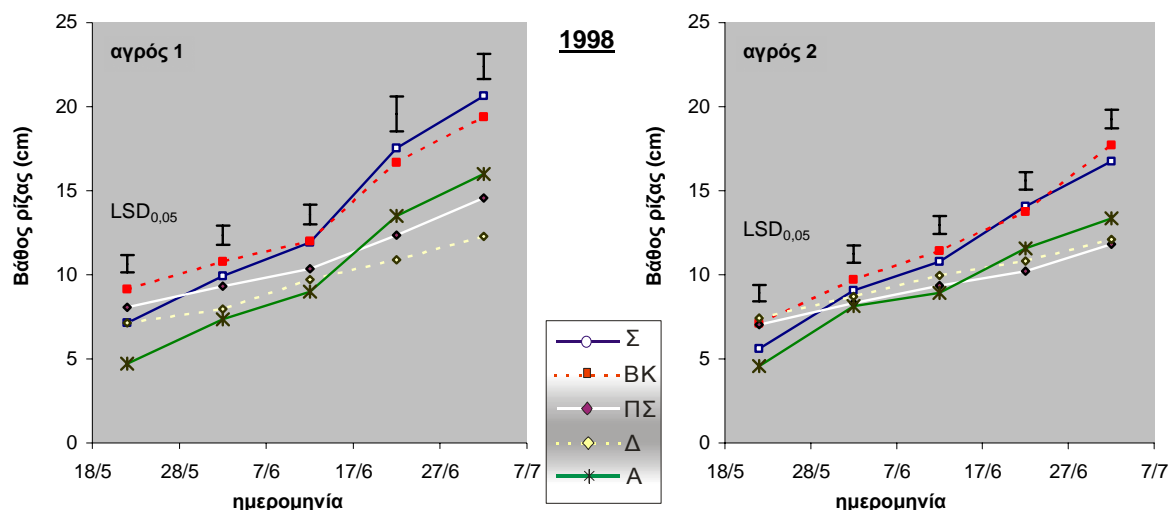


Σχήμα 3.5.1.7. Μέγιστη διάμετρος της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις περιοχές κατά το 1998. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και A = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

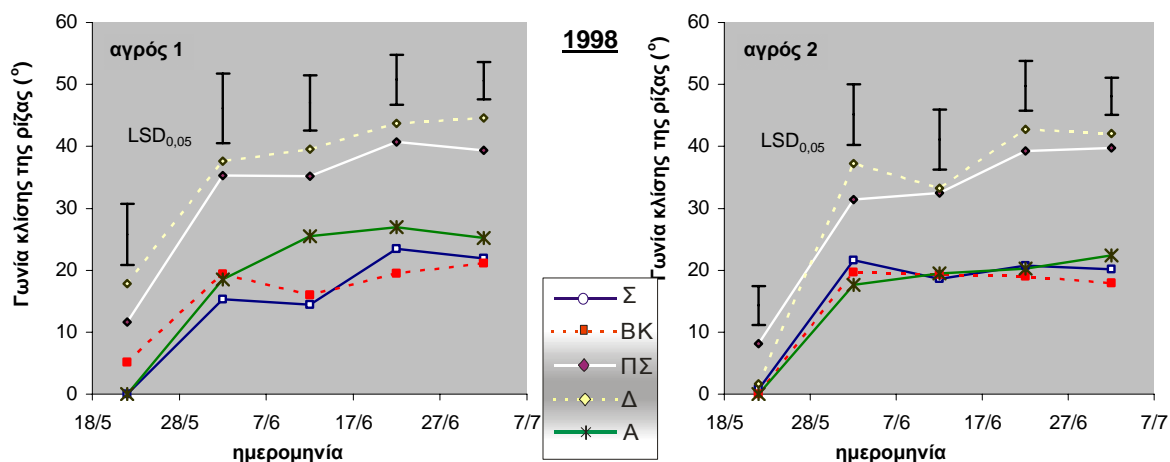
Αναλύοντας τις μετρήσεις σχετικά με το βάθος της ανάπτυξης των ριζών (παράρτημα, πίνακας 10.1.24), διαπιστώνεται ότι μέχρι τις 12/6, παρότι οι ρίζες των τεύτλων στην συμβατική κατεργασία είχαν μικρότερο μήκος, αναπτύσσονταν σε μεγαλύτερο βάθος σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους κατεργασίας (σχήμα 3.5.1.8). Όπως παρατηρήθηκε, οι ρίζες των τεύτλων στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας δεν αναπτύσσονται κατακόρυφα, αλλά από ένα βάθος 7-10 cm και έπειτα αναδιπλώνονται προχωρώντας οριζόντια (σχήμα 3.5.1.10). Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από τον υπολογισμό της γωνίας κλίσης των ριζών (παράρτημα, πίνακας 10.1.24). Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.5.1.9, τα τεύτλα στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας αναπτύσσονται με μια κλίση 35° - 40° ως προς το κατακόρυφο επίπεδο. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ρίζες των τεύτλων έφθασαν στο όριο του βάθους κατεργασίας και για να συνεχίσουν την ανάπτυξή τους θα πρέπει να διεισδύσουν σε ένα συνεκτικό και συμπαγές υπέδαφος. Καθώς όμως η επιφάνεια του εδάφους είναι πιο χαλαρή, οι ρίζες των φυτών προτιμούν την ανάπτυξη προς την οριζόντιο διεύθυνση μέχρις ότου συναντήσουν κάποια χαλαρότερη περιοχή για να συνεχίσουν την ανάπτυξή τους προς τα κάτω.

Αξιοσημείωτο είναι ακόμη το γεγονός ότι το φαινόμενο της ανάπτυξης ως προς την οριζόντιο δεν παρατηρήθηκε στην μεταχείριση με το πλέον συνεκτικό έδαφος που ήταν η ακαλλιέργεια. Στη μέθοδο αυτή, οι ρίζες των φυτών, αν και παρουσιάζουν ένα σημαντικά μικρότερο μήκος καθώς και μικρότερη διάμετρο εν' τούτοις αναπτύσσονται σχεδόν κατακόρυφα. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην μέθοδο της ακαλλιέργειας το έδαφος ήταν ομοιόμορφα συνεκτικό σε ολόκληρο το βάθος και κατά συνέπεια, τα φυτά μην βρίσκοντας κάποια χαλαρότερη περιοχή, εκπτύσσουν τις ρίζες τους κατακόρυφα αλλά με μεγαλύτερη δυσκολία.

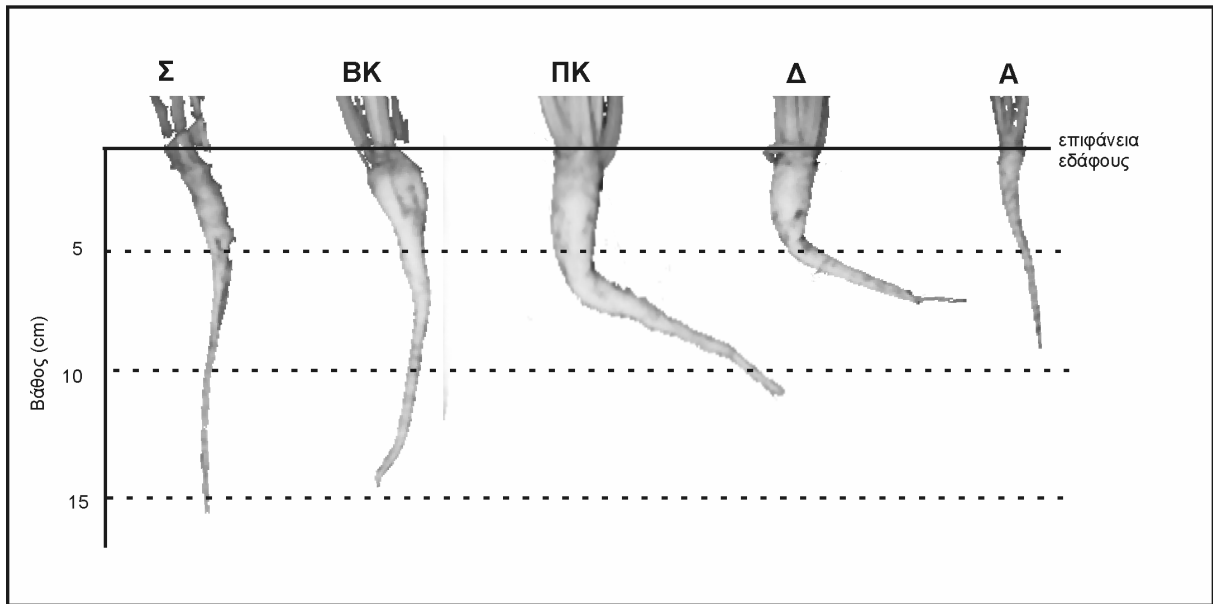
Μετά τις 12/6 οι ρίζες των τεύτλων στη συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή οι οποίες δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα διείσδυσης καθώς το βάθος κατεργασίας στις μεθόδους αυτές ήταν πολύ μεγαλύτερο, αναπτύσσονται ταχύτερα, είναι μεγαλύτερες και εκτείνονται σε ένα μεγαλύτερο βάθος. Μέχρι το τέλος του μήνα όμως, τα τεύτλα στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, θα αναγκαστούν επίσης να συνεχίσουν την κατακόρυφη ανάπτυξη του ριζικού τους συστήματος, με σκοπό να εξασφαλίσουν θρεπτικά συστατικά και κυρίως, εδαφική υγρασία από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους.



Σχήμα 3.5.1.8. Βάθος ανάπτυξης της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)



Σχήμα 3.5.1.9. Γωνία κλίσης κατά την ανάπτυξη της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)



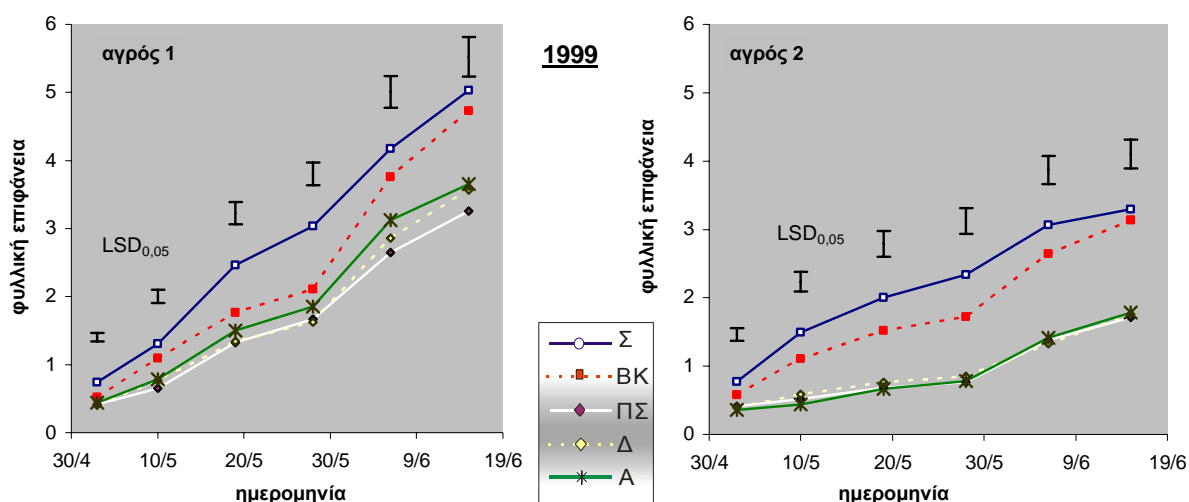
Σχήμα 3.5.1.10. Αντιπροσωπευτικά δείγματα ριζών τεύτλων από τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις 12/6/98. Σ = συμβατική κατεργασία, ΒΚ = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.

1999

Κατά το τρίτο έτος (1999) ο σχεδιασμός του πειράματος προέβλεπε τον συνδυασμό των πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους με τις δύο ποικιλίες σε ένα μόνο σύστημα αμειψισποράς το οποίο ήταν “καλαμπόκι – τεύτλα”.

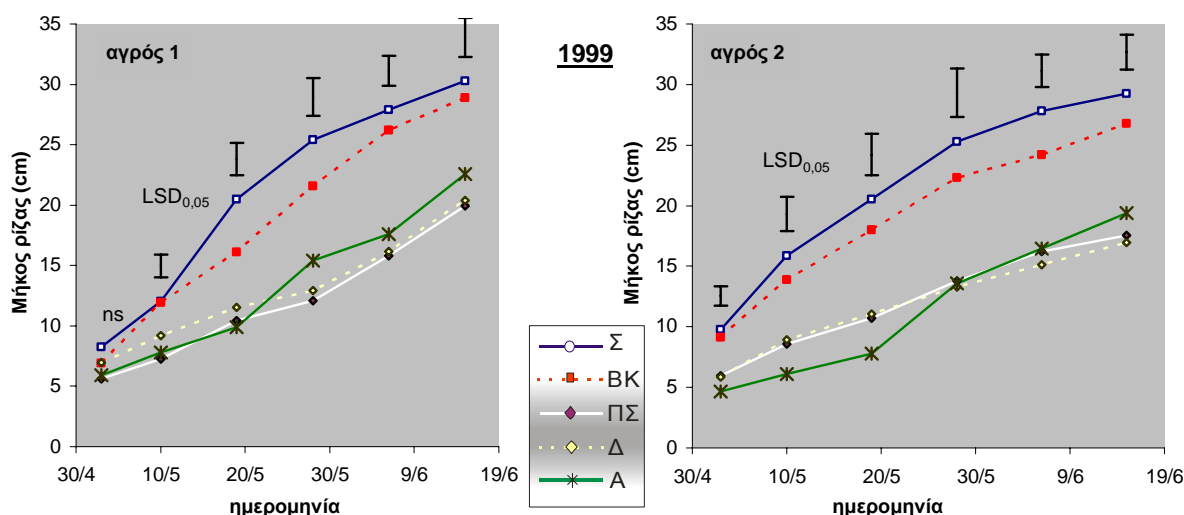
Η ανάλυση των δεδομένων της φυλλικής επιφάνειας των τεύτλων ανέδειξε και πάλι στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας (παράρτημα, πίνακας 10.1.22). Δεν διαπιστώθηκαν ωστόσο στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις των κατεργασιών με τις περιοχές και τις ποικιλίες.

Αν και πιο όψιμα στο φυτόμα, στις 30/4 τα φυτά στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή φαίνεται να έχουν επιταχύνει την ανάπτυξή τους εμφανίζοντας σημαντικά μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους κατεργασίας (σχήμα 3.5.1.11). Στις 10/5, στον πειραματικό αγρό 2, τα τεύτλα στην συμβατική κατεργασία παρουσιάζουν δύο φορές μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια από τα τεύτλα στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας. Το ίδιο παρατηρείται στις 20/5 για τον πειραματικό αγρό 1. Το γεγονός αυτό και πάλι σχετίζεται με την ύπαρξη μιας σημαντικά πιο χαλαρής επιφάνειας εδάφους στη συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή. Στις 15/6, όταν τα φυτά είχαν σχεδόν σχηματίσει το μέγιστο θόλο του φυλλώματος, στον πειραματικό αγρό 1 η φυλλική επιφάνεια στη συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή ήταν κατά 1,3 με 1,5 φορές υψηλότερη από την φυλλική επιφάνεια στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας. Στο αγρό 2 η διαφορά αυτή ήταν 1,75 με 1,9 φορές. Τα φυτά στον πειραματικό αγρό 1 παρουσίαζαν γενικά μια πολύ μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια σε σχέση με τον αγρό 2.

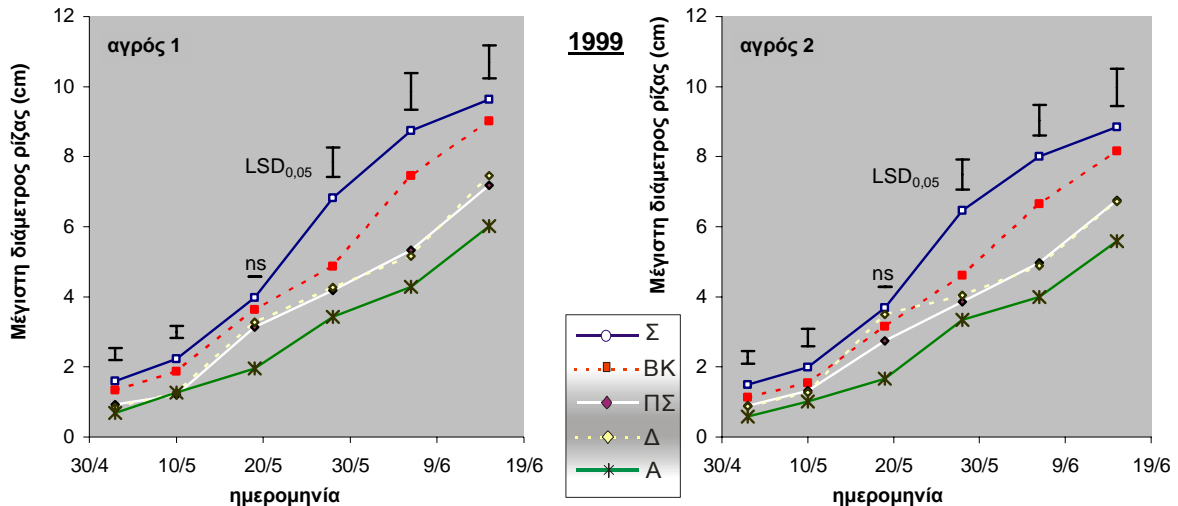


Σχήμα 3.5.1.11. Φυλλική επιφάνεια των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και A = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

Εκτός από το υπέργειο μέρος, παρατηρήσεις λήφθηκαν και πάλι σχετικά με την ανάπτυξη του υπόγειου τμήματος των τεύτλων. Οι μετρήσεις αφορούσαν το διάστημα από 3/5/99 μέχρι 15/6/99. Αναλύοντας τα δεδομένα για το μήκος και την μέγιστη διάμετρο της ρίζας διαπιστώνεται ότι στατιστικώς σημαντικές διαφορές υπήρξαν κυρίως μεταξύ των κατεργασιών (παράρτημα, πίνακας 10.1.23). Αντίθετα, δεν διαπιστώθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο ποικιλιών, ούτε στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων “περιοχή”, “ποικιλία” και “κατεργασία”.

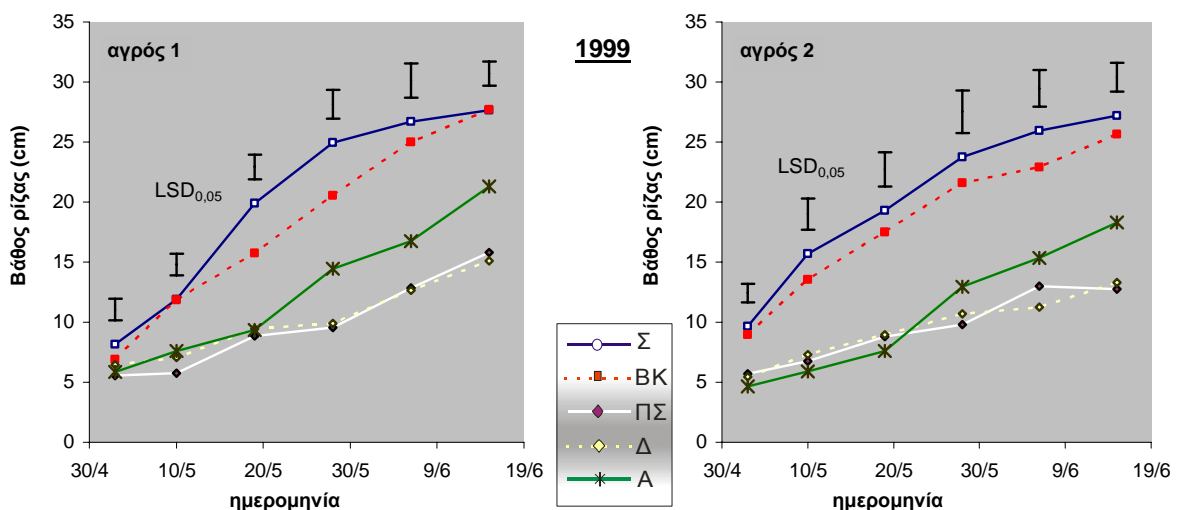


Σχήμα 3.5.1.12. Μήκος της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και A = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

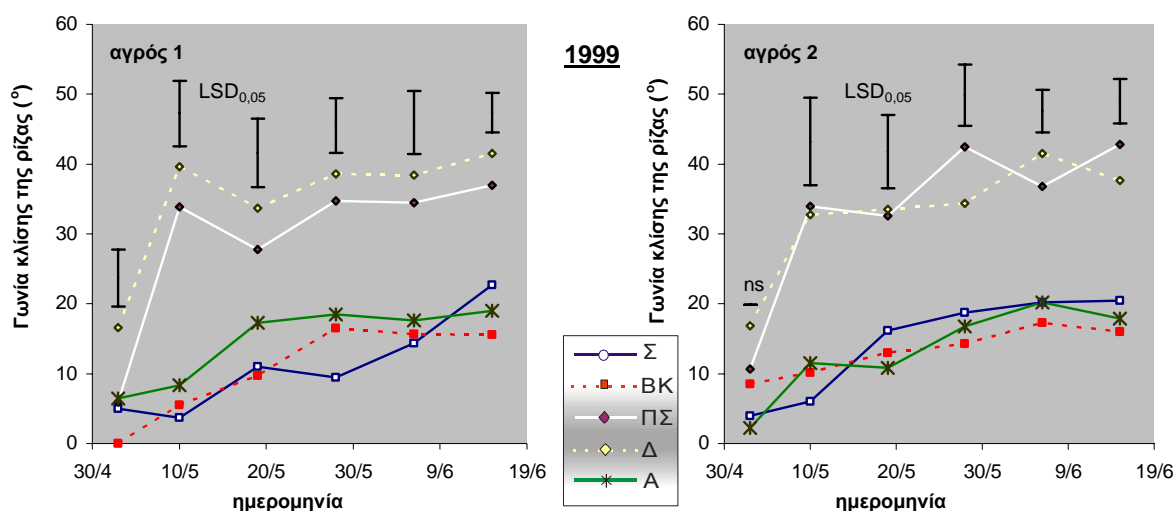


Σχήμα 3.5.1.13. Μέγιστη διάμετρος της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις περιοχές κατά το 1999. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας διαπιστώνεται ότι στις 20/5, το μέσο μήκος της ρίζας των τεύτλων στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή κυμαίνεται στα 15-20 cm για τον αγρό 1 και στα 14-16 cm για τον αγρό 2 (σχήμα 3.5.1.12). Την ίδια περίοδο το μέσο μήκος της ρίζας στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας κυμαίνεται στα 10-11 cm για τον αγρό 1 και στα 8-11 cm για τον αγρό 2. Ανάλογες διαφορές παρατηρούνται και κατά την διάρκεια των επόμενων μετρήσεων τόσο για το μήκος της κύριας ρίζας των τεύτλων όσο και για την μέγιστη διάμετρο αυτών (σχήμα 3.5.1.13). Πραγματοποιώντας ανάλυση απλής συσχέτισης των δεδομένων της φυλλικής επιφάνειας των τεύτλων με το μήκος της ρίζας διαπιστώνεται μια σημαντική συσχέτιση ($r = 0,71$) των δύο παραμέτρων. Σημαντική συσχέτιση επίσης διαπιστώθηκε και για την μέγιστη διάμετρο της ρίζας ($r = 0,72$).



Σχήμα 3.5.1.14. Βάθος ανάπτυξης της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)



Σχήμα 3.5.1.15. Γωνία κλίσης κατά την ανάπτυξη της ρίζας των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

Οι διαφορές που διαπιστώθηκαν για το μήκος της ρίζας ίσχυαν και για το βάθος ανάπτυξης αυτής (σχήμα 3.5.1.14). Μάλιστα επειδή η ανάπτυξη της ρίζας στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας δεν ήταν κατακόρυφη, οι διαφορές με την μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή ήταν εντονότερες. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί και από το σχήμα 3.5.1.15 η ανάπτυξη της ρίζας παρουσίαζε και πάλι μια κλίση 30-40^ο ως προς το κατακόρυφο επίπεδο. Αιτία για το φαινόμενο αυτό ήταν η συνεκτική επιφάνεια του εδάφους που συνάντησαν κάτω από το βάθος κατεργασίας. Η στατιστική ανάλυση απέδειξε ότι η φυλλική επιφάνεια των τεύτλων σχετίζονταν θετικά με το βάθος ανάπτυξης της ρίζας ($r = 0,72$) ενώ βρισκόταν σε αρνητική συσχέτιση με την γωνία της ανάπτυξης ($r = -0,48$).

3.5.1.3. Απόδοση

1997

Κατά την καλλιεργητική περίοδο του 1997, στον πειραματικό αγρό 1 (αμειψισπορά με σιτάρι), τα τεμάχια της ακαλλιέργειας εμφάνιζαν σημαντικά μειωμένο πληθυσμό εξαιτίας του μειωμένου φυτρώματος (πίνακας 3.5.1.1). Με ένα γενικό μέσο αριθμό συγκομιζομένων φυτών στο στρέμμα 9863 φυτά, στην ακαλλιέργεια της αμειψισποράς με σιτάρι (αγρός 1), συγκομίστηκαν 7.566 φυτά/στρ ενώ στην ακαλλιέργεια της αμειψισποράς με βαμβάκι (αγρός 2), 10.166 φυτά/στρ. Η ανάλυση συσχέτισης, του αριθμού των συγκομιζομένων φυτών με την απόδοση ανέδειξε για την περίπτωση της ακαλλιέργειας ένα σημαντικά υψηλότερο συντελεστή συσχέτισης σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους κατεργασίας (πίνακας 3.5.1.1). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι κατά ένα ποσοστό, οι διαφορές στην απόδοση οφείλονται στον μειωμένο πληθυσμό των φυτών εξαιτίας της μη χρησιμοποίησης της κατάλληλης σπαρτικής. Για τον περιορισμό της παραλλακτικότητας των δεδομένων με σκοπό την ανάδειξη τυχόν διαφορών μεταξύ των υπολοίπων μεθόδων κατεργασίας του εδάφους η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την στατιστική ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης για όλα τα στοιχεία της παραγωγής.

Την υψηλότερη απόδοση τόσο σε υπόγειο όσο και σε υπέργειο τμήμα φυτού έδωσαν η συμβατική κατεργασία και ο βαρύς καλλιεργητής. Με σημαντική διαφορά ακολούθησαν το περιστροφικό σκαπτικό και η δισκοσβάρνα. Οι διαφορές αυτές ήταν πιο έντονες στον ιλο-αργιλώδη αγρό 1 (αμειψισπορά με σιτάρι). Σε σύγκριση με τη συμβατική κατεργασία, ο βαρύς καλλιεργητής παρουσίασε μειωμένη απόδοση κατά 7,1%, το περιστροφικό σκαπτικό κατά 19,3%, η δισκοσβάρνα κατά 19,5% και η ακαλλιέργεια κατά 26,3%.

Πίνακας 3.5.1.1. Στοιχεία παραγωγής των τεύλων για το 1997

1997	Πληθυσμός (φυτά/στρ)	Απόδοση (t/στρ)		r ⁽²⁾	Αναλογία ρίζων (%)	Μέσο βάρος ρίζας (kg)	Ζοχαρικός τίτλος	K	Na	Επιβαθμός Άζωτο	
		ρίζες	κορυφή								
CV (%)	13,0	12,6	13,0		2,7	19,2	4,5	15,5	20,9	14,2	
περιοχή	αγρός 1	10233	6,24	1,65	0,41	79,89	0,61	15,08	5,47	4,61	6,24
	αγρός 2	9992	5,32	1,38	0,25	79,32	0,53	14,50	4,77	2,13	3,92
		ns	**	**		ns	**	**	**	**	**
ποικιλ	RIHZOR	9975	5,87	1,36	0,45	81,49	0,59	14,38	5,24	3,76	5,32
	TURBO	10250	5,69	1,68	0,18	77,73	0,56	15,20	5,01	2,98	4,84
		ns	ns	**		**	ns	**	**	**	
κατεργασία	συμβατική κατεργασία	9933	6,56	1,65	-0,01	79,94	0,67	14,68	5,03	3,33	5,01
	βαρύς καλλιεργητής	10100	6,08	1,57	0,04	79,50	0,61	14,79	5,46	3,42	5,09
	περιστροφικό σκαπτικό	9967	5,26	1,49	0,22	78,01	0,54	14,90	4,89	3,58	5,44
	δισκοσβάρνα	10450	5,22	1,36	0,16	79,22	0,50	14,82	5,21	3,47	4,96
	ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	8867	4,75	1,11	0,60	81,36	0,55	14,75	5,03	3,04	4,89
		ns	**	**		**	**	ns	ns	ns	ns
LSD (P = 95%)	-	0,52	0,14		1,54	0,08	-	-	-	-	
LSD (P = 99%)	-	0,70	0,19		2,06	0,11	-	-	-	-	
αλληλε	περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns	*	**	**	*	*	**	
	ποικιλία X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

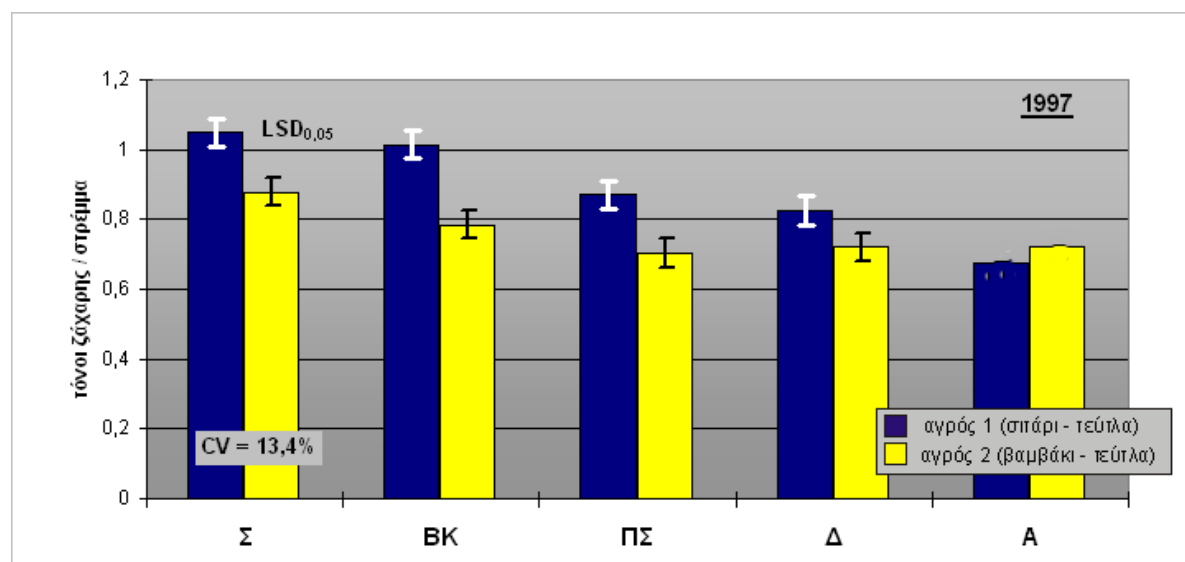
⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης⁽²⁾ r = συντελεστής συσχέτισης του πληθυσμού των συγκομιζομένων φυτών με την απόδοση (νωπό βάρος ριζών).

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P= 95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.

Στον πίνακα 3.5.1.1 παρουσιάζονται οι διορθωμένες, για ίδιο πληθυσμό φυτών, τιμές του μέσου βάρους των ριζών από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της συνδιακύμανσης της παραμέτρου με τον πληθυσμό των συγκομιζόμενων ριζών. Όπως διαπιστώνεται, στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή αναπτύχθηκαν πιο εύρωστα φυτά. Τα λιγότερο ανεπτυγμένα φυτά εμφανίστηκαν στην μεταχείριση της δισκοσβάρνας. Η βελτιωμένη απόδοση στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή συνδέεται με το μεγαλύτερο βάθος χαλάρωσης κατά την κατεργασία του εδάφους. Τα τεύτλα προφανώς συνάντησαν μια χαλαρή επιφάνεια στην οποία ήταν ευκολότερο να διεισδύσουν και να αναπτύξουν το ριζικό τους σύστημα. Αντίθετα στις τρεις υπόλοιπες μεθόδους κατεργασίας, υπήρχε ένα συμπαγές και συνεκτικό στρώμα εδάφους, στο οποίο οι ρίζες δυσκολεύονταν να αναπτυχθούν. Σημαντική επίσης ήταν η επίδραση των ζιζανίων. Ο αυξημένος πληθυσμός ζιζανίων στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας συνέβαλε στη μείωση των αποδόσεων εξαιτίας του έντονου ανταγωνισμού. Ωστόσο η στατιστική ανάλυση δεν έδειξε σημαντική συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων της ξηράς βιομάζας των ζιζανίων με την απόδοση των τεύτλων προφανώς εξαιτίας του υψηλού συντελεστή παραλλακτικότητας που συνοδεύει τις μετρήσεις της βιομάζας των ζιζανίων.

Η ανάλυση των τεχνολογικών χαρακτηριστικών της ρίζας, δεν έδειξε στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεύτλων για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους. Εξετάζοντας την απόδοση σε ζάχαρη (σχήμα 3.5.1.16) διαπιστώνεται ότι η συμβατική κατεργασία και ο βαρύς καλλιεργητής παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις μεταχειρίσεις..

Στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις που αφορούσαν ωστόσο διαφορές τάξης μεγέθους διαπιστώθηκαν μεταξύ των παραγόντων "περιοχή" και "κατεργασία" ενώ δεν διαπιστώθηκαν αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων "ποικιλία" και "κατεργασία" (πίνακα 3.5.1.1).



Σχήμα 3.5.1.16. Απόδοση σε ζάχαρη για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές - αμειψισπορές κατά το 1997.

1998

Κατά το δεύτερο έτος του πειράματος, στο φύτευμα των τεύτλων παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των κατεργασιών με συνέπεια, παρά το αραίωμα που μεσολάβησε, να υπάρχουν και διαφορές στον αριθμό των συγκομιζόμενων φυτών (πίνακας 3.5.1.2). Συγκεκριμένα, η δισκοσβάρνα στην οποία τελικά είχαν φυτρώσει τα λιγότερα φυτά, έδωσε και τον μικρότερο αριθμό συγκομιζόμενων φυτών στο στρέμμα ενώ το μεγαλύτερο αριθμό έδωσε η συμβατική κατεργασία. Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ του αριθμού των συγκομιζόμενων ριζών και της τελικής απόδοσης ήταν μικρός (πίνακας 3.5.1.2) προφανώς εξαιτίας του επαρκούς πληθυσμού φυτών σε όλες τις μεταχειρίσεις. Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρείται και πάλι από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

Την υψηλότερη απόδοση σε νωπό βάρος ριζών έδωσαν η συμβατική κατεργασία και ο βαρύς καλλιεργητής ενώ τη χαμηλότερη, η ακαλλιέργεια. Συγκρινόμενες με την συμβατική μέθοδο, η μέθοδος που χρησιμοποιούσε βαρύ καλλιεργητή είχε μειωμένη απόδοση κατά 1,2%, η μέθοδος του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, μειωμένη κατά 20,1% και 22% αντίστοιχα, και η μέθοδος της ακαλλιέργειας μειωμένη κατά 26,1%.

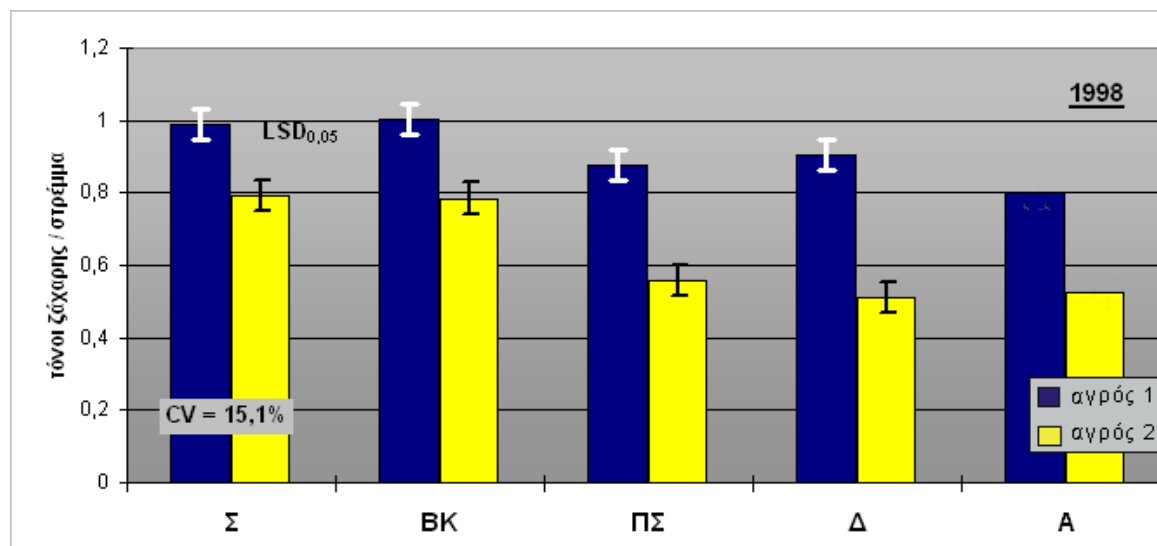
Πίνακας 3.5.1.2. Στοιχεία παραγωγής των τεύτλων για το 1998

1998	Πληθυσμός (φυτά/στρ)	Απόδοση (t/στρ)		$r^{(2)}$	Αναλογία ριζών (%)	Μέσο βάρος ρίζας (kg)	Ζαχαρικός τίτλος	K	Na	Επιβλαβές Άζωτο	
		ρίζες	κορυφή								
CV (%)	13,12	14,10	21,82		5,0	19,7	7,08	11,14	24,65	24,28	
περιοχή	αγρός 1	9969	6,99	2,30	0,21	75,5	0,71	13,48	5,19	2,48	2,29
	αγρός 2	8430	4,78	1,06	0,34	81,5	0,57	13,83	5,44	2,15	2,70
		**	**	**		**	**	ns	ns	*	*
αμειψ	βαμβάκι - τεύτλα	9258	5,97	1,80	0,48	77,4	0,64	13,69	5,35	2,31	2,53
	καλαμπόκι - τεύτλα	9141	5,80	1,56	0,33	79,5	0,64	13,63	5,28	2,32	2,46
		ns	ns	**		*	ns	ns	ns	ns	ns
ποικιλ	RIHZOR	9109	5,92	1,79	0,40	77,4	0,65	13,66	5,37	2,33	2,46
	TURBO	9289	5,86	1,57	0,42	79,5	0,63	13,65	5,26	2,30	2,53
		ns	ns	*		*	ns	ns	ns	ns	ns
κατεργασία	συμβατική κατεργασία	9922	6,62	1,65	0,10	80,8	0,67	13,45	5,26	2,55	2,38
	βαρύς καλλιεργητής	9563	6,54	1,76	0,25	79,4	0,69	13,74	5,33	2,24	2,55
	περιστροφικό σκαπτικό	8750	5,23	1,70	0,54	76,6	0,60	13,69	5,19	2,29	2,53
	δισκοσβάρνα	8563	5,16	1,61	0,52	77,2	0,60	13,76	5,47	2,18	2,51
	ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	9297	4,89	1,48	-0,07	76,4	0,54	13,59	5,55	2,23	2,52
	**	**	ns		**	**	ns	ns	ns	ns	
LSD (P = 95%)	602	0,41	-		2,0	0,06	-	-	-	-	
LSD (P = 99%)	800	0,55	-		2,6	0,08	-	-	-	-	
αλληλεπίδ	περιοχή X κατεργασία	ns	**	ns		ns	**	ns	ns	ns	ns
	αμειψισπ X κατεργασία	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ποικιλία X κατεργασία	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

⁽²⁾ r = συντελεστής συσχέτισης του πληθυσμού των συγκομιζόμενων φυτών με την απόδοση (νωπό βάρος ριζών).

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P= 95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.



Σχήμα 3.5.1.17. Απόδοση, σε ζάχαρη για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998. Σ = συμβατική κατεργασία, ΒΚ = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.

Ως προς το βάρος των κορυφών δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας. Διαφορές όμως παρατηρήθηκαν στην αναλογία υπόγειου - υπέργειου τμήματος με τις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας να διατηρούν γενικά μια μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια κατά την περίοδο της συγκομιδής (πίνακας 3.5.1.2). Επίσης, όπως συνέβη και κατά το προηγούμενο έτος, οι μέθοδοι που περιελάμβαναν κατεργασία του εδάφους σε μεγαλύτερο βάθος, δηλαδή η συμβατική κατεργασία και ο βαρύς καλλιεργητής, συνέβαλαν στην δημιουργία πιο εύρωστων φυτών (πίνακας 3.5.1.2). Αν και πάλι δεν διαπιστώθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ της βιομάζας των ζιζανίων και της απόδοσης των τεύτλων, ο ρόλος των ζιζανίων πρέπει να ήταν σημαντικός καθότι στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας τα ζιζάνια ανταγωνίζονταν τα φυτά της καλλιέργειας..

Όσον αναφορά τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά της ρίζας, δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους.. Εξετάζοντας την απόδοση σε ζάχαρη (σχήμα 3.5.1.17) διαπιστώνεται ότι για τον αγρό 1 το περιστροφικό σκαπτικό και η ακαλλιέργεια παρουσίασαν στατιστικώς χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με την συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή. Για τον αγρό 2 οι διαφορές ήταν πολύ πιο έντονες ενώ χαμηλότερη απόδοση παρουσίασε και η μέθοδος της δισκοσβάρνας.

Τέλος, σε καμία από τις παραμέτρους που υπολογίστηκαν κατά τη συγκομιδή δεν παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων “αμειψισπορά – κατεργασία” και “ποικιλία – κατεργασία” (πίνακας 3.5.1.2).

1999

Κατά το τρίτο και τελευταίο έτος του πειράματος δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στον συγκομιζόμενο αριθμό των φυτών μεταξύ των τεσσάρων πρώτων μεθόδων κατεργασίας (πίνακας 3.5.1.3). καθότι οι βροχοπτώσεις κατά την περίοδο του φυτρώματος βοήθησαν στην διαμόρφωση ικανοποιητικών πληθυσμών. Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε και πάλι από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης. Σε όλες τις μεταχειρίσεις συλλέχθηκαν πάνω από 9.000 φυτά/στρ και για το λόγο αυτό ο συντελεστής συσχέτισης του αριθμού των συγκομιζόμενων φυτών με την απόδοση ήταν μικρός (πίνακας 3.5.1.3)

Συγκρίνοντας την απόδοση (σε νωπό βάρος ριζών) διαπιστώνεται ότι η υψηλότερη απόδοση (6,38 t/στρ) επιτεύχθηκε και πάλι με την μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας (πίνακας 3.5.1.3). Ακολούθησε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή όπου σε σχέση με την συμβατική κατεργασία η απόδοση ήταν μειωμένη κατά 8,9% και στη συνέχεια η μέθοδος της δισκοσβάρνας με μειωμένη απόδοση κατά 31,3% και του περιστροφικού σκαπτικού με μειωμένη απόδοση κατά 34,3%. Την μικρότερη απόδοση (μειωμένη κατά 46,6%) παρουσίασε και πάλι η μέθοδος της ακαλλιέργειας και μια αιτία γι αυτό ήταν προφανώς ο μικρότερος αριθμός των συγκομιζόμενων φυτών.

Από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της συνδιακύμανσης του μέσου βάρους των ριζών με τον αριθμό των συγκομιζόμενων ριζών (πίνακας 3.5.1.3) διαπιστώνεται ότι στην περίπτωση της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή αναπτύχθηκαν πολύ πιο εύρωστα φυτά. Το γεγονός αυτό όπως και κατά τα προηγούμενα έτη, σχετίζεται με την παρουσία μιας πιο χαλαρής στοιβάδας εδάφους στις μεθόδους αυτές η οποία επέτρεψε την ευκολότερη διόγκωση των ριζών. Αν και η ανάλυση της συσχέτισης και πάλι δεν ανέδειξε στατιστικώς σημαντική επίδραση, σημαντικό ρόλο για την μειωμένη ανάπτυξη των φυτών πιστεύεται ότι είχε ο αυξημένος πληθυσμός των ζιζανίων στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας. Επίσης από την κατανομή του βάρους διαπιστώνεται ότι στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις υπήρχε μια σημαντικά μεγαλύτερη κατανομή στο υπόγειο τμήμα των φυτών.

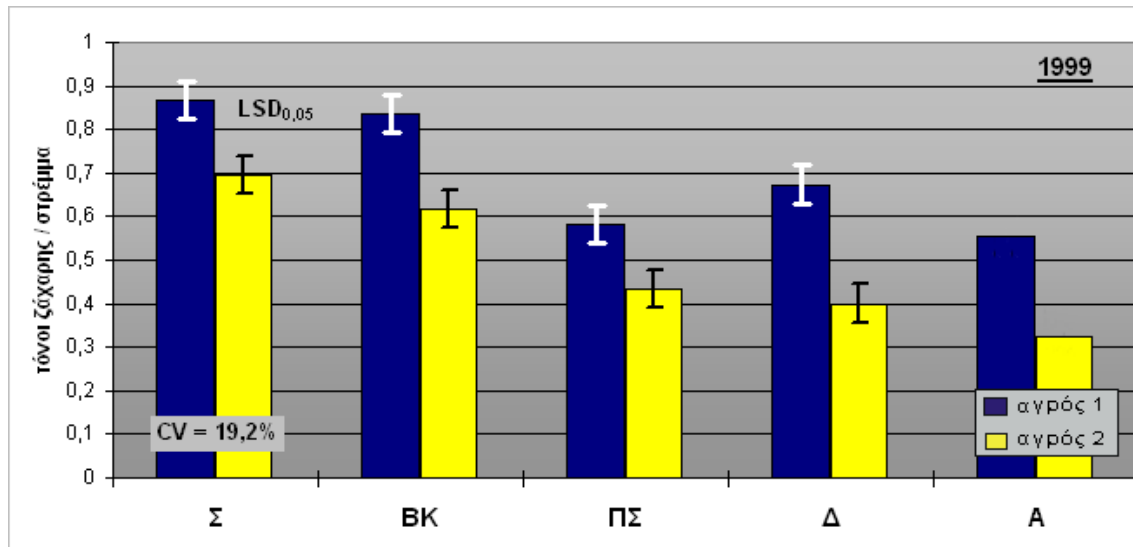
Πίνακας 3.5.1.3. Στοιχεία παραγωγής των τεύτλων για το 1999

1999	Πληθυσμός (φυτά/στρ)	Απόδοση (t/στρ)		r ⁽²⁾	Αναλογία ριζών (%)	Μέσο βάρος ρίζας (kg)	Ζαχαρικός τίτλος	K	Na	Επιβλαβές Άζωτο	
		ρίζες	κορυφή								
CV (%)	11,6	15,4	23,7		6,8	17,3	9,2	10,0	15,1	3,4	
περιοχή	αγρός 1	9475	6,20	2,28	0,02	72,56	0,67	12,04	4,45	2,94	3,32
	αγρός 2	9419	4,18	1,56	0,38	72,41	0,44	12,73	4,72	2,98	3,17
	ns	**	**		ns	**	ns	ns	ns	**	
ποικιλία	RIHZOR	9500	5,32	2,00	0,24	72,46	0,57	12,35	4,63	3,11	3,26
	TURBO	9394	5,06	1,84	0,05	72,51	0,54	12,42	4,55	2,81	3,22
	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	*	*	
κατεργασία	συμβατική κατεργασία	9763	6,38	2,17	-0,33	74,62	0,66	12,42	4,72	3,00	3,29
	βαρύς καλλιεργητής	9413	5,81	1,99	-0,08	74,44	0,63	12,58	4,37	2,76	3,24
	περιστροφικό σκαπτικό	9313	4,19	1,74	0,35	70,32	0,45	12,17	4,63	3,01	3,21
	δισκοσβάρνα	9300	4,38	1,78	0,23	70,57	0,47	12,37	4,64	3,05	3,22
	ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	9188	3,41	1,49	0,11	68,51	0,38	13,01	4,96	2,92	3,26
	ns	**	*		*	**	ns	ns	ns	ns	
LSD (P = 95%)	-	0,57	0,33		3,53	0,07	-	-	-	-	
LSD (P = 99%)	-	0,77	-		-	0,09	-	-	-	-	
αλληλε	περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ποικιλία X κατεργασία	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

⁽²⁾ r = συντελεστής συσχέτισης του πληθυσμού των συγκομιζόμενων φυτών με την απόδοση (νωπό βάρος ριζών).

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.



Σχήμα 3.5.1.18. Απόδοση, σε ζάχαρη για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999. Σ = συμβατική κατεργασία, ΒΚ = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.

Τέλος, από την εξέταση των τεχνολογικών χαρακτηριστικών δεν διαπιστώνονται και πάλι στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεθόδων κατεργασίας του εδάφους ούτε σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων “περιοχή”, “ποικιλία” και “κατεργασία”. (πίνακας 3.5.1.3). Από την εξέταση της απόδοσης σε ζάχαρη (σχήμα 3.5.1.18) διαπιστώνεται και πάλι ότι οι μέθοδοι της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή έδωσαν υψηλότερες αποδόσεις και δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Αντίθετα, η μέθοδος της ακαλλιέργειας, παρά το σχετικά υψηλότερο ζαχαρικό τίτλο, παρουσίασε την μικρότερη απόδοση.

Συνδυασμένη ανάλυση

Για την συνδυασμένη ανάλυση των δεδομένων από τα τρία έτη του πειράματος ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία (Stratilakis and Goulas, 2003):

Από τις αναλύσεις μέσα στα έτη δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ούτε στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις των ποικιλιών με τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους και γι’ αυτό ο παράγοντας αυτός εξαλείφθηκε με τον υπολογισμό ενός μέσου όρου από τις δύο ποικιλίες για κάθε πειραματικό τεμάχιο. Αυτό έγινε για να περιοριστεί ο αριθμός των παραγόντων στην συνδυασμένη ανάλυση και κατά συνέπεια, το πλήθος των συγκρίσεων. Για τον ίδιο λόγο οι δύο περιοχές και τα τρία έτη επανάληψης θεωρήθηκαν ως 6 διαφορετικά περιβάλλοντα μέσα στα οποία δοκιμάστηκε ο παράγοντας της κατεργασίας. Για το δεύτερο έτος όπου υπήρχε επιπλέον ο παράγοντας “αμειψισπορά” υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι των μεταχειρίσεων αμειψισποράς για κάθε πειραματικό τεμάχιο του παράγοντα “κατεργασία”. Με τις πιο πάνω τροποποιήσεις το πειραματικό σχέδιο για την ανάλυση των δεδομένων απλοποιήθηκε στην μορφή: 6 περιβάλλοντα Χ 4 επαναλήψεις Χ 4 κατεργασίες (Εξαιρέθηκε η μέθοδος της ακαλλιέργειας). Με τον τρόπο αυτό αποδόθηκε μεγαλύτερη βαρύτητα στον παράγοντα “κατεργασία”.

Τέλος, για τον περιορισμό των αλληλεπιδράσεων μεγέθους κατά την σύγκριση των πέντε μεθόδων κατεργασίας μέσα στα έξι περιβάλλοντα οι τέσσερις μέθοδοι κατεργασίας εκφράστηκαν ως επί τοις εκατό της συμβατικής κατεργασίας η οποία θεωρήθηκε ως μάρτυρας. Στην συνέχεια αυτό το ποσοστό μετατράπηκε σε πραγματικές μονάδες πολλαπλασιάζοντας με ένα κοινό συντελεστή (ο συντελεστής αυτός ισούταν με την μέση τιμή της συμβατικής κατεργασίας διαιρεμένη με το 100).

Η συνδυασμένη ανάλυση περιελάμβανε τις παραμέτρους οι οποίες ήταν συγκρίσιμες μέσα στα έξι περιβάλλοντα. Οι παράμετροι αυτές αφορούσαν κυρίως στοιχεία της παραγωγής. Δεν έγινε συνδυασμένη ανάλυση για όσες παραμέτρους ήταν χρονικά εξαρτώμενες όπως για παράδειγμα η φυλλική επιφάνεια και το μήκος της ρίζας σε διάφορες ημερομηνίες.

Εξετάζοντας τον αριθμό των συγκομιζόμενων ριζών διαπιστώνεται ότι κατά μέσο όρο για τα τρία έτη τα περισσότερα φυτά συγκομίστηκαν στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή ενώ τα λιγότερα στην μέθοδο της ακαλλιέργειας (πίνακας 3.5.1.4). Υπήρξαν ωστόσο στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις με τα διάφορα περιβάλλοντα που έγινε η δοκιμασία οι οποίες σχετίζονται με την διαφοροποίηση που σημειώθηκε κατά το φύτευμα σε κάθε χρονιά. Σε χρονιές με υψηλή υγρασία το φύτευμα ευνοήθηκε στη συμβατική κατεργασία τον βαρύ καλλιεργητή ενώ σε χρονιές με ξηρές καιρικές συνθήκες ευνοήθηκαν το περιστροφικό σκαπτικό και η δισκοσβάρνα. Από τη συνολική φαινοτυπική διακύμανση, μόνο το 8,1 % ερμηνεύεται από τις μεταχειρίσεις της κατεργασίας ενώ το υπόλοιπο οφείλεται στην αλληλεπίδραση και στο πειραματικό σφάλμα. Ως εκ τούτου, δεν μπορούν να διατυπωθούν γενικά συμπεράσματα καθώς η πυκνότητα της φυτείας εξαρτιόταν από τις ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούσαν κατά το φύτευμα της καλλιέργειας. Μπορεί να διαπιστωθεί ωστόσο, ότι κατά μέσο όρο, οι πληθυσμοί που επιτεύχθηκαν κυμαίνονταν σε ικανοποιητικά επίπεδα καθότι χρησιμοποιήθηκε και τριπλάσια ποσότητα σπόρου.

Κατά μέσο όρο για τα τρία έτη την υψηλότερη απόδοση έδωσε η συμβατική κατεργασία με 6,52 t/στρ (πίνακας 3.5.1.4). Ακολούθησε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή με μειωμένη απόδοση κατά 5,8% και οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας με μειωμένη απόδοση κατά 24,9% και 24,5% αντίστοιχα. Τελευταία ήταν η ακαλλιέργεια με απόδοση μειωμένη κατά 33,3% σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Παρόλο που μεταξύ των κατεργασιών και των 6 περιβαλλόντων διαπιστώθηκε στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση εν' τούτοις αυτή οφείλονταν κυρίως σε διαφορές τάξης μεγέθους (σχήμα 3.5.1.19) ενώ όπως μπορεί να διαπιστωθεί και από τον πίνακα, το 96,1% της συνολικής φαινοτυπικής διακύμανσης ερμηνεύεται από τις μεταχειρίσεις της κατεργασίας γεγονός που επιτρέπει την γενίκευση των αποτελεσμάτων. Ανάλογες ήταν οι διαπιστώσεις και για το βάρος των κορυφών των τεύτλων.

Εξετάζοντας την αναλογία ριζών – κορυφών διαπιστώνεται ότι στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή υπήρχε μια μεγαλύτερη κατανομή της βιομάζας στο υπόγειο τμήμα. Επίσης στις δύο προαναφερθείσες μεταχειρίσεις το μέσο βάρος των συγκομιζόμενων ριζών ήταν υψηλότερο γεγονός που οφείλεται στις ευνοϊκότερες συνθήκες ανάπτυξης (έλλειψη ανταγωνισμού από ζιζάνια, ύπαρξη μιας χαλαρωμένης στοιβάδας εδάφους η οποία διευκόλυνε την διόγκωση των ριζών, δυνατότητα για ανάπτυξη ενός βαθύτερου ριζικού συστήματος το οποίο ήταν σε θέση να προσλάβει νερό από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους όταν αυτό δεν ήταν επαρκώς διαθέσιμο στην επιφάνεια κ.α.). Στον πίνακα 3.5.1.4 παρουσιάζονται οι διορθωμένες για τους διαφορετικούς πληθυσμούς τιμές του μέσου βάρους των ριζών.

Όσον αναφορά τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά της ρίζας, ούτε η συνδυασμένη ανάλυση των δεδομένων ανέδειξε στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

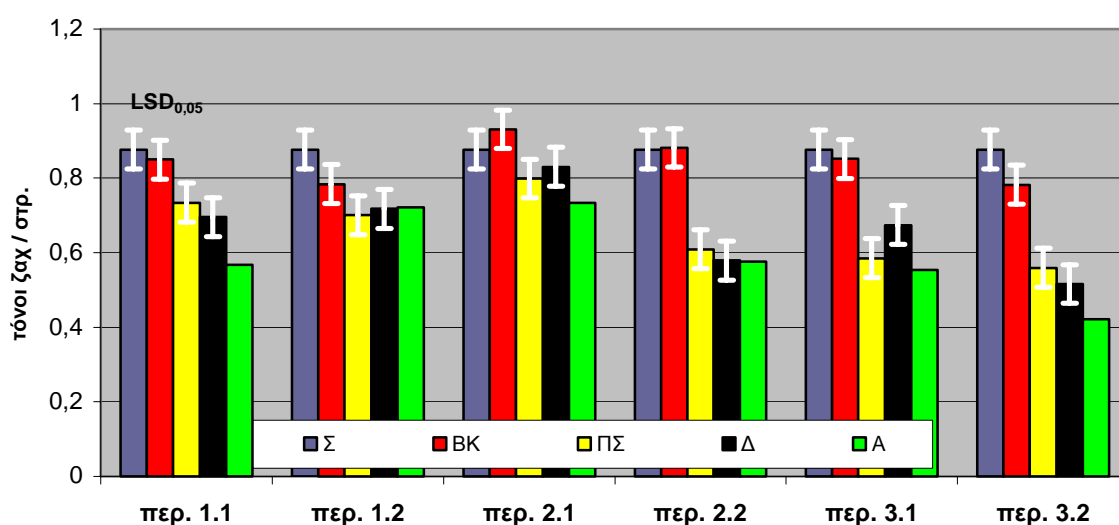
Πίνακας 3.5.1.4. Στοιχεία παραγωγής των τεύτλων. Συνδυασμένη ανάλυση των δεδομένων για τα τρία έτη επανάληψης του πειράματος

	Πλυθησμός (φυτά/στρ)	Απόδοση (t/στρ)		Αναλογία ρίζων (%)	Μέσο βάρους ρίζας (kg)	Ζαχαρικός τίτλος	K	Na	Επιβλαβές Άζωτο	Στρεμματο- ζάχαρο
		ρίζες	κορυφή							
CV (%)	8,7	8,2	12,8	3,8	11,2	5,5	8,5	13,3	10,5	9,6
συμβατική κατεργασία	9935	6,51	1,82	78,47	0,66	13,51	5,00	2,97	3,57	0,88
βαρύς καλλιεργητής	9803	6,18	1,83	77,83	0,65	13,75	5,06	2,81	3,67	0,85
περιστροφικό σκαπτικό	9429	4,88	1,70	74,93	0,54	13,63	4,94	2,96	3,82	0,66
δισκοσβάρνα	9550	4,90	1,62	75,83	0,54	13,69	5,16	2,90	3,61	0,67
ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	9269	4,35	1,36	75,57	0,48	13,84	5,21	2,75	3,65	0,60
	ns	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	**
LSD (P = 95%)	-	0,27	0,13	1,70	0,04	-	-	-	-	0,04
LSD (P = 99%)	-	0,36	0,17	2,26	0,05	-	-	-	-	0,06
περιβάλλον Χ κατεργασία	*	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**
σ_t^2 (%)	8,1	96,1	69,9	92,3	89,4					95,4

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης σ_t^2 = ποσοστό από τη συνολική φαινοτυπική διακύμανση που οφείλεται στον παράγοντα της κατεργασίας

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P= 95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.

Τέλος εξετάζοντας την παραγωγή σε στρεμματοζάχαρο διαπιστώνεται ότι η υψηλότερη απόδοση (0,88 t ζάχαρης / στρ) επιτεύχθηκε στην συμβατική κατεργασία και ακολούθησε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή με μειωμένη απόδοση κατά 3,4%, η δισκοσβάρνα με μειωμένη απόδοση κατά 23,7% το περιστροφικό σκαπτικό με μειωμένη κατά 24,1% και η ακαλλιέργεια με μειωμένη απόδοση κατά 32%. Παρόλο που και για την παράμετρο αυτή υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις με τα περιβάλλοντα δοκιμασίας, το γεγονός ότι από την συνολική φαινοτυπική παραλλακτικότητα, το 95,4% ερμηνεύεται από τις διαφορές μεταξύ των κατεργασιών επιτρέπει την παράβλεψη της αλληλεπίδρασης.



Σχήμα 3.5.1.19. Απόδοση των ζαχαροτεύτλων (νοπό βάρος ριζών) για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα έξι περιβάλλοντα. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. περ. 1.1 = έτος 1 αγρός 1, περ. 1.2 = έτος 1 αγρός 2 κ.ο.κ

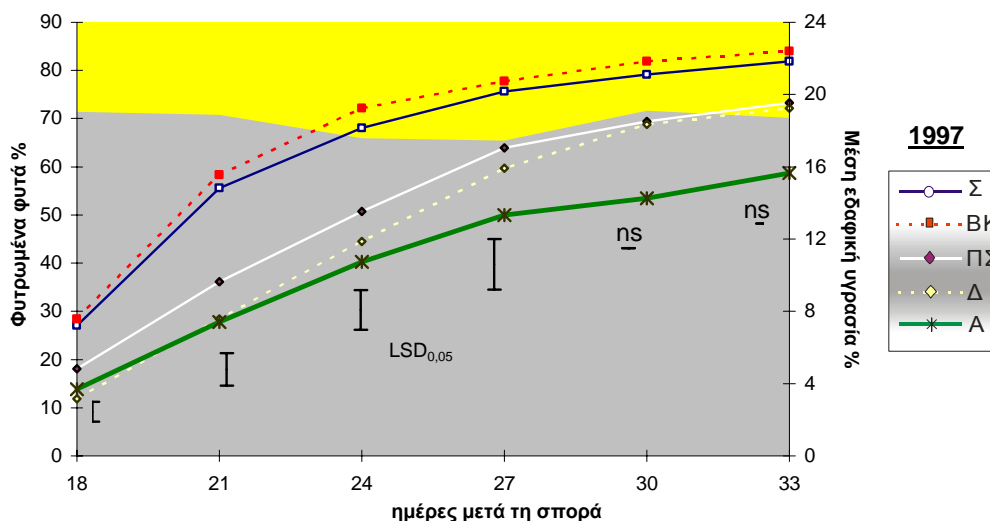
3.5.2. Καλαμπόκι

3.5.2.1. Φύτρωμα

1997

Την πρώτη χρονιά, το φύτρωμα του καλαμποκιού στην συμβατική κατεργασία ξεκίνησε περίπου 13 ημέρες μετά τη σπορά. Στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους ωστόσο υπήρχε μια καθυστέρηση και τελικά επιτεύχθηκαν σημαντικά μικρότεροι πληθυσμοί (σχήμα 3.5.2.1). Τον μικρότερο πληθυσμό εμφάνισε η μέθοδος της ακαλλιέργειας. Από την εξέταση των αλληλεπιδράσεων (παράρτημα, πίνακας 10.1.25) διαπιστώνεται ότι υπήρχε μια παρόμοια εξέλιξη του φυτρώματος για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας στους δύο πειραματικούς αγρούς. Συγκρινόμενες με την συμβατική κατεργασία, η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή έδωσε κατά μέσο όρο 2% περισσότερα φυτά στο στρέμμα ενώ οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας έδωσαν αντίστοιχα 10,6%, 11,9% και 28,4% λιγότερα φυτά. Το 50% του πληθυσμού στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή επιτεύχθηκε στις 5 με 6 ημέρες από την έναρξη του φυτρώματος, στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού και της ακαλλιέργειας στις 8 ημέρες από τη έναρξη του φυτρώματος ενώ στη μέθοδο της δισκοσβάρνας στις 9 με 10 ημέρες.

Το σχετικά καλύτερο φύτρωμα στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή πρέπει να αποδοθεί στην χαλαρή επιφάνεια του εδάφους η οποία διευκόλυνε την κάλυψη του σπόρου και την επίτευξη ενός πιο ομοιόμορφου βάθους σποράς. Αν και το μέσο επίπεδο εδαφικής υγρασίας ήταν σημαντικά μικρότερο, εν' τούτοις οι τιμές αυτές (>18% κατ' όγκο) δεν ήταν περιοριστικές για την έναρξη και ολοκλήρωση της διαδικασίας φυτρώματος.



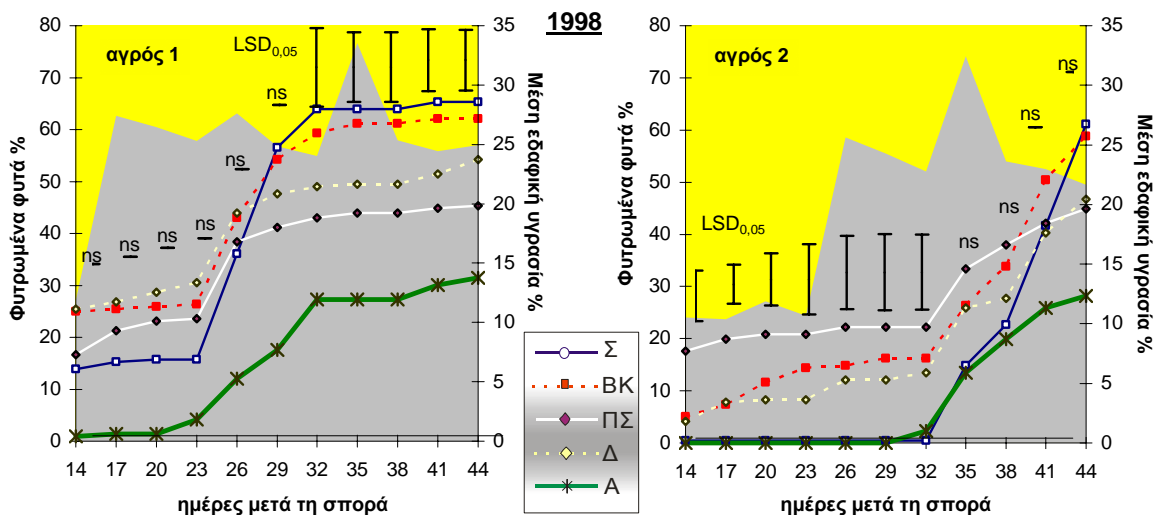
Σχήμα 3.5.2.1. Εξέλιξη του φυτρώματος του καλαμποκιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1997 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και A = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

1998

Κατά το δεύτερο έτος, παρουσιάστηκε μια εντελώς διαφοροποιημένη εικόνα κατά την διαδικασία του φυτρώματος της καλλιέργειας του καλαμποκιού. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 10.1.25 του παραρτήματος, υπήρξε μια στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων "περιοχή" και "κατεργασία".

Στον πειραματικό αγρό 1, τα πρώτα φυτά εμφανίστηκαν στις μεθόδους του βαρύ καλλιεργητή και της δισκοσβάρνας και κατόπιν στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού (σχήμα 3.5.2.2). Οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ωστόσο δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές. Στον αγρό 2, ένα σημαντικά πρωιμότερο φύτεμα σημειώθηκε στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού και λίγο αργότερα ακολούθησαν οι μέθοδοι του βαρύ καλλιεργητή και της δισκοσβάρνας. Και για τους δυο αγρούς στη συμβατική μέθοδο κατεργασίας και την ακαλλιέργεια το φύτεμα της καλλιέργειας δεν άρχισε παρά μόνον κατόπιν ποτίσματος όταν η μέση κατ' όγκο εδαφική υγρασία του εδάφους υπερέβη το 15%. Στον αγρό 1 ξεκίνησε περίπου 20 ημέρες από την σπορά ενώ στον αγρό 2 περίπου 30 ημέρες. Από το σημείο αυτό όμως και έπειτα το φύτεμα στη συμβατική μέθοδο εξελίχτηκε ταχύτατα και τελικά μαζί με την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή, ήταν οι μεταχειρίσεις που εμφάνισαν τους υψηλότερους τελικούς πληθυσμούς οι οποίοι για τον πειραματικό αγρό 1 παρουσίαζαν στατιστικώς σημαντική διαφορά.

Το 50% του τελικού πληθυσμού, στον αγρό 1, για την συμβατική κατεργασία σημειώθηκε 5 ημέρες από την έναρξη του φυτρώματος. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας υπήρχε μια οψίμηση 3 ημερών ενώ στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή υπήρχε μια πρωίμηση μιας ημέρας και στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας μια πρωίμηση 5 ημερών. Για τον αγρό 2 το 50% του τελικού πληθυσμού στην συμβατική κατεργασία σημειώθηκε 9 ημέρες από την έναρξη του φυτρώματος. Στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή υπήρχε μια πρωίμηση 2 ημερών, στην μέθοδο της ακαλλιέργειας πρωίμηση 3 ημερών, στην μέθοδο της δισκοσβάρνας 4 ημερών ενώ στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού η πρωίμηση ήταν της τάξης των 13 ημερών.



Σχήμα 3.5.2.2. Εξέλιξη του φυτρώματος του καλαμποκιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού υπήρχε μια σημαντική προώμιση στο φύτευμα της τάξης των 5 ημερών για τον αγρό 1 και των 13 ημερών για τον αγρό 2 σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Το πλεονέκτημα προέκυψε από το υψηλότερο επίπεδο της υγρασίας του εδάφους, παράγοντας ο οποίος επέδρασε ανασταλτικά για την περίπτωση της συμβατικής κατεργασίας. Από την στιγμή όμως που η υγρασία στην συμβατική κατεργασία ανήλθε σε ικανοποιητικά επίπεδα το φύτευμα ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε πολύ γρήγορα καθώς η χαλαρή επιφάνεια του εδάφους διευκόλυνε την έξοδο των φυτών.

Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας το φύτευμα καθυστέρησε σημαντικά, ήταν πολύ φτωχό και τελικά και στους δύο αγρούς εγκαταστάθηκε μια ανεπαρκής φυτεία. Το γεγονός αυτό οφείλονταν στο αναποτελεσματικό τρόπο λειτουργίας της κοινής σπартικής κάτω από τις αντίξοες συνθήκες του συμπυκνωμένου εδάφους και των πολλών φυτικών υπολειμμάτων. Ο σπόρος τοποθετήθηκε σε μια ρηχή αυλακία, παραμένοντας σε ένα μεγάλο ποσοστό ακάλυπτος με συνέπεια να μην μπορεί να εκμεταλλευτεί την υγρασία του εδάφους και να φυτρώσει. Για το λόγο αυτό η ακαλλιέργεια εξαιρέθηκε από την στατιστική ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

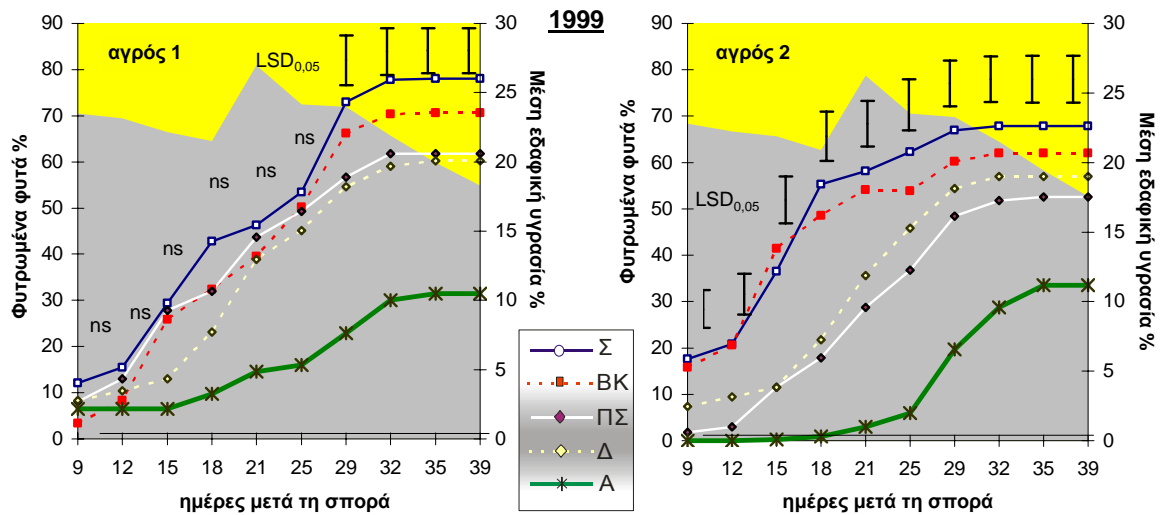
Εξετάζοντας τους τελικούς πληθυσμούς διαπιστώνεται ότι σε σύγκριση με τη συμβατική κατεργασία, ο βαρύς καλλιεργητής έδωσε μειωμένο πληθυσμό φυτών κατά 4%, το περιστροφικό σκαπτικό κατά 28,6%, η δισκοσβάρνα κατά 20,1% και τέλος η ακαλλιέργεια κατά 52,7%.

1999

Ο σχεδιασμός του πειράματος προέβλεπε για το τρίτο έτος τον συνδυασμό των πέντε μεθόδων κατεργασίας με δύο διαφορετικά συστήματα αμειψισποράς τα οποία ήταν: “τεύτλα – καλαμπόκι” και “βαμβάκι – καλαμπόκι”. Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 24/4/99 και τα πρώτα φυτά στην συμβατική κατεργασία 7-8 ημέρες αργότερα. Κατά το πρώτο μισό διάστημα του φυτρώματος διαπιστώθηκε μια στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση της περιοχής με τις πέντε μεθόδους κατεργασίας (παράρτημα, πίνακας 10.1.25). Στο σχήμα 3.5.2.3 φαίνεται ότι, όπως διαπιστώθηκε και για το πρώτο έτος, τα πρώτα φυτά εμφανίστηκαν στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή. Οι διαφορές ήταν ακόμη πιο έντονες στον αγρό 2 όπου το φύτευμα στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας υστέρησε σημαντικά. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας υπήρχε μια υστέρηση 6 ημερών ενώ στην μέθοδο της ακαλλιέργειας μια υστέρηση 14 ημερών για την επίτευξη του 50% του τελικού πληθυσμού.

Το ταχύτερο φύτευμα στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή σχετίζεται πιθανόν με την ύπαρξη μιας πιο χαλαρής επιφάνειας εδάφους (μικρότερη φαινομενική πυκνότητα) η οποία επέτρεψε την καλύτερη κάλυψη του σπόρου και την ομοιόμορφη σπορά. Επιπλέον, στις μεθόδους αυτές υπήρχε κατά την σπορά ένα ικανοποιητικό επίπεδο υγρασίας το οποίο επέτρεψε την έναρξη της μεταβολικής λειτουργίας των σπόρων (σχήμα 5.3.14). Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας όμως, όπου ο σπόρος και πάλι δεν καλύφθηκε ικανοποιητικά, και παρέμεινε στην επιφάνεια του εδάφους, το φύτευμα εξελίχθηκε μόνο μετά από την πραγματοποίηση επιφανειακού ποτίσματος στις 5/5/99. Ο τελικός πληθυσμός ωστόσο που επιτεύχθηκε ήταν σημαντικά μειωμένος. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, όπου φύτευσαν τελικά 7 φυτά/m στον αγρό 1 και 6 φυτά/m στον αγρό 2, στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή το φύτευμα ήταν μειωμένο κατά 9%, στην μέθοδο της δισκοσβάρνας μειωμένο κατά 19,7% στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού μειωμένο κατά 21,6% και στην μέθοδο της ακαλλιέργειας μειωμένο κατά 55,4%.

Μεταξύ των δύο συστημάτων αμειψισποράς δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές όσο αναφορά το φύτρωμα της καλλιέργειας (παράρτημα πίνακας 10.1.25). Επίσης δεν διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων “αμειψισπορά” και “κατεργασία”.



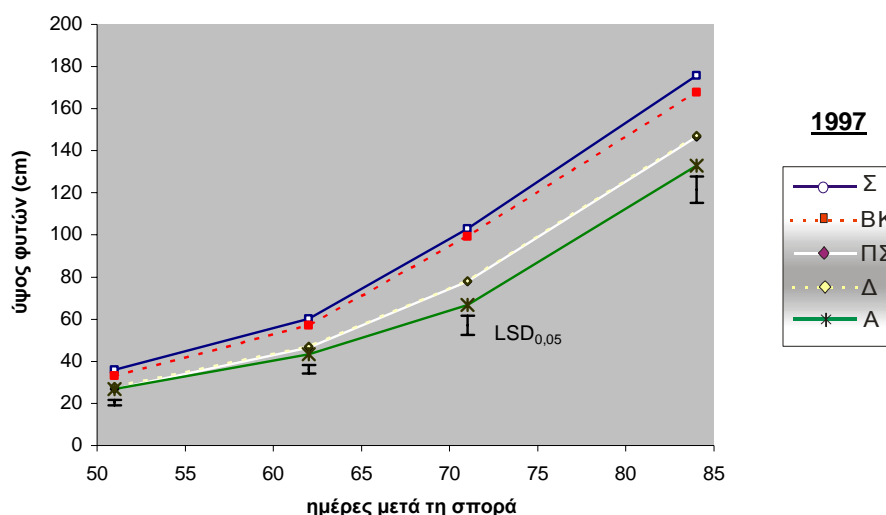
Σχήμα 3.5.2.3. Εξέλιξη του φυτρώματος του καλαμποκιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

3.5.2.2. Ανάπτυξη

1997

Με την εισαγωγή της καλλιέργειας στο στάδιο της ανάπτυξης, τα φυτά στη συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή παρουσίασαν υψηλότερο ρυθμό ανάπτυξης και ήσαν υψηλότερα (παράρτημα, πίνακας 10.1.26) και (σχήμα 3.5.2.4). Τα κοντύτερα φυτά, εμφάνισε η ακαλλιέργεια ενώ περιστροφικό σκαπτικό και δισκοσβάρνα κυμάνθηκαν ενδιάμεσα. Οι διαφορές ήταν περιορισμένες κατά τις πρώτες μετρήσεις και μεγιστοποιήθηκαν προς το τέλος της περιόδου. Σημαντική επίδραση στη συμπεριφορά αυτή είχε προφανώς το βάθος και η εντατικότητα της κατεργασίας. Στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, τα φυτά είχαν στην διάθεσή τους μια ρηχή χαλαρή στοιβάδα εδάφους όπου ανέπτυξαν αρχικά τις ρίζες τους. Φθάνοντας όμως στο κατώτερο όριο κατεργασίας, είχαν να διεισδύσουν σε ένα πιο συνεκτικό και συμπαγές υπέδαφος, γεγονός που περιόρισε τον ρυθμό ανάπτυξης των ριζών και κατ' επέκταση και του υπέργειου μέρους. Από το σημείο αυτό και έπειτα η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος σε βαθύτερα στρώματα από όπου τα φυτά θα εξασφάλιζαν την απαραίτητη ποσότητα υγρασίας κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, επιτυγχάνεται με μεγαλύτερη δυσκολία και γι' αυτό διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στην ανάπτυξη του υπέργειου μέρους των φυτών. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας μάλιστα, τα φυτά είχαν να αντιμετωπίσουν ένα συνεκτικό στρώμα εδάφους από τα πρώτα στάδια της ανάπτυξής τους και γι' αυτό παρουσίασαν την πιο περιορισμένη ανάπτυξη. Αντίθετα στις μεθόδους του βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής κατεργασίας, το βάθος της κατεργασίας ήταν αρκετά μεγάλο (>20 cm) με συνέπεια να υπάρχει μια βαθιά χαλαρή στοιβάδα εδάφους στην οποία η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών επιτυγχάνεται με μεγαλύτερη ευκολία. Στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας μάλιστα, όπου η χαλάρωση του εδάφους που προκάλεσε το άροτρο ήταν πολύ μεγαλύτερη από αυτή που προκάλεσε ο βαρύς καλλιεργητής, η ανάπτυξη των ριζών και κατ' επέκταση του υπέργειου τμήματος, ήταν η καλύτερη.

Από την ανάλυση των αλληλεπιδράσεων (παράρτημα, πίνακας 10.1.26) διαπιστώνεται ότι για το ύψος των φυτών δεν υπήρχε στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων "περιοχή" και "κατεργασία".



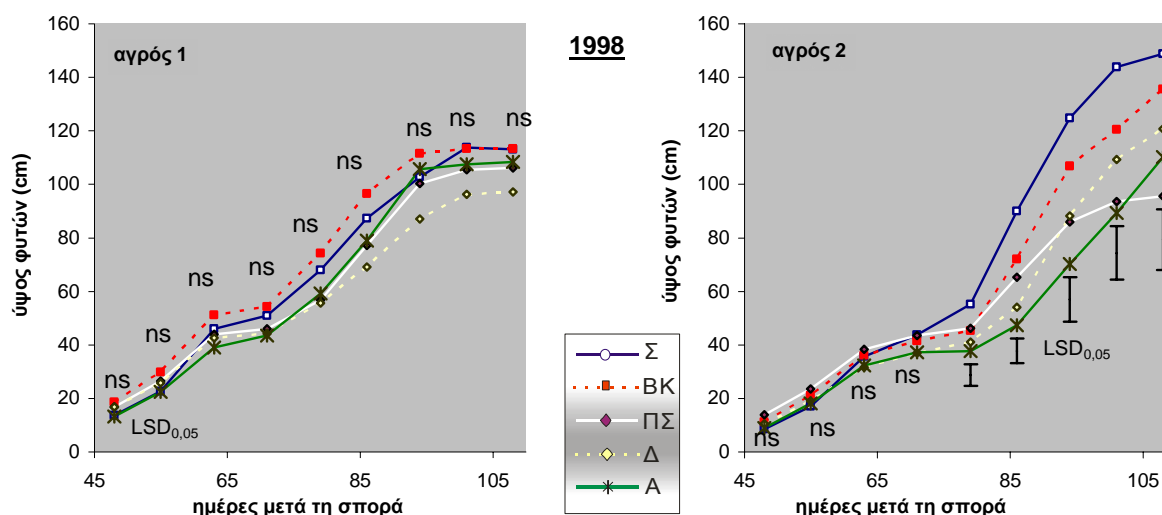
Σχήμα 3.5.2.4. Μέση εξέλιξη του ύψους του καλαμποκιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1997. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και A = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

1998

Κατά το δεύτερο έτος η εξέλιξη της φυτείας παρουσίασε μια παρόμοια με το πρώτο έτος εικόνα παρότι η μέση ανάπτυξη των φυτών ήταν σημαντικά περιορισμένη. Επιπλέον, κατά το έτος αυτό, παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων "περιοχή" και "κατεργασία" (παράρτημα, πίνακας 10.1.26) μετά το Ιούλιο.

Στον πειραματικό αγρό 1, το μέσο ύψος των φυτών ήταν σχετικά μικρό και οι διαφορές μεταξύ των κατεργασιών περιορισμένες. Στον αγρό αυτό είχε παρουσιαστεί ένα πρόβλημα στο δίκτυο άρδευσης μέσα στο πρώτο δεκαήμερο του Ιουλίου με συνέπεια μια επέμβαση άρδευσης να μην πραγματοποιηθεί. Το γεγονός αυτό ανέστειλε την ανάπτυξη των φυτών με συνέπεια να είναι πολύ πιο βραχύσωμα. Η δυσμενής αυτή επίδραση ήταν πιο έντονη στη μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας αλλά και του βαρύ καλλιεργητή, όπου τα φυτά καθηλώθηκαν ενώ υπό φυσιολογικές συνθήκες, ήταν αναμενόμενο να αναπτύξουν ένα πολύ μεγαλύτερο ύψος. Τα πιο βραχύσωμα φυτά εμφάνισε η μέθοδος της δισκοσβάρνας ενώ οι υπόλοιπες μέθοδοι κατεργασίας κυμάνθηκαν ελαφρώς υψηλότερα (σχήμα 3.5.2.5).

Στον αγρό 2, το ύψος των φυτών στην συμβατική κατεργασία ήταν ικανοποιητικό και οι διαφορές μεταξύ των κατεργασιών ήταν χαρακτηριστικές, καθότι οι αρδεύσεις πραγματοποιήθηκαν κανονικά. Όπως και στο πρώτο έτος, η συμβατική κατεργασία και ο βαρύς καλλιεργητής όπου το βάθος κατεργασίας ήταν μεγαλύτερο εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερα φυτά.



Σχήμα 3.5.2.5. Εξέλιξη του ύψους του καλαμποκιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και A = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

1999

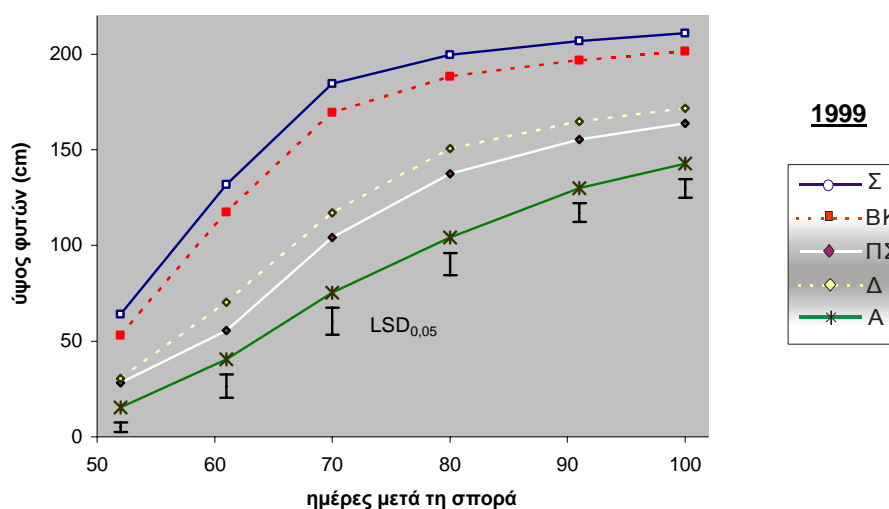
Κατά το τρίτο έτος του πειράματος δεν διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων περιοχή και κατεργασία, ενώ οι διαφορές στην ανάπτυξη των φυτών στις πέντε μεθόδους κατεργασίας ήταν ευδιάκριτες.

Αμέσως μετά την ολοκλήρωση του φυτρώματος τα φυτά στη συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή αναπτύσσονταν πολύ ταχύτερα από τις υπόλοιπες τρεις μεθόδους κατεργασίας με αποτέλεσμα κατά το διάστημα μεταξύ 50 και 80 ημερών από τη σπορά να παρουσιάζουν διπλάσιο ύψος σε σχέση με τα φυτά στην ακαλλιέργεια (σχήμα 3.5.2.6). Οι

διαφορές συνεχίστηκαν μέχρι και την ολοκλήρωση της ανάπτυξης όπου τα πιο υψηλόσωμα φυτά αναπτύχθηκαν τελικά στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή και τα πιο βραχύσωμα στην μεταχείριση της ακαλλιέργειας. Τα φυτά στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας παρουσίασαν ενδιάμεση ανάπτυξη.

Το γεγονός ότι οι διαφορές μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας κατά το τρίτο έτος ήταν ιδιαίτερα χαρακτηριστικές οφείλεται στην σταδιακή αύξηση της συμπύκνωσης του εδάφους που σημειώθηκε κατά το διάστημα των τριών συνεχόμενων ετών στις μεθόδους αβαθούς κατεργασίας. Η συμπύκνωση αυτή, κάτω από το βάθος κατεργασίας για τις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας και σε ολόκληρο το βάθος για την μεταχείριση της ακαλλιέργειας, δυσχέραινε την ανάπτυξη του υπόγειου τμήματος του καλαμποκιού με αποτέλεσμα μια ανάλογη μείωση της ανάπτυξης του υπέργειου μέρους. Στην περίπτωση αυτή μάλιστα, τα φυτά του καλαμποκιού αποδείχτηκαν ιδιαίτερα χαρακτηριστικοί δείκτες των αντίξοων συνθηκών του εδάφους. Επιπλέον, το επιπολαιόριζο ριζικό σύστημα των φυτών στις μεθόδους της αβαθούς κατεργασίας δεν είχε την δυνατότητα να προσλάβει επαρκή ποσότητα νερού από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους κατά τη διάρκεια των τελευταίων ημερών μεταξύ των διαστημάτων της άρδευσης, γεγονός που πιθανόν επίσης να συνετέλεσε στην περιορισμένη ανάπτυξη.

Συγκρίνοντας την ανάπτυξη των φυτών στα δύο συστήματα αμειψισποράς (παράρτημα, πίνακες 10.1.26) διαπιστώνεται ότι δεν υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Επίσης, σε γενικές γραμμές, δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων “περιοχή” και “κατεργασία” και “αμειψισπορά” και “κατεργασία”.



Σχήμα 3.5.2.6. Εξέλιξη του ύψους του καλαμποκιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους κατά το 1999. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και A = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

3.5.2.3. Απόδοση

1997

Κατά το πρώτο έτος, εξαιτίας του καλύτερου φυτρώματος, στην συμβατική κατεργασία και την κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή συγκομίστηκε μεγαλύτερος αριθμός σπαδικών σε σχέση με τις τρεις υπόλοιπες μεθόδους κατεργασίας (πίνακας 3.5.2.1).

Συγκρίνοντας την υγρασία του συγκομιζόμενου σπόρου διαπιστώνεται ότι στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ο σπόρος ήταν πιο υγρός.(πίνακας 3.5.2.1) γεγονός που προφανώς οφείλεται στην οψίμηση της καλλιέργειας.

Ανάγοντας το βάρος του συγκομιζόμενου σπόρου για όλες τις μεθόδους κατεργασίας σε ένα κοινό επίπεδο υγρασίας (15,5%), διαπιστώνεται ότι η υψηλότερη απόδοση σημειώθηκε στη συμβατική κατεργασία και στην συνέχεια στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή (σχήμα 3.5.2.7). Με σημαντικά μειωμένη απόδοση ιδίως στον αγρό 2, ακολούθησαν οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας. Με βάση τη συμβατική μέθοδο, ο βαρύς καλλιεργητής έδωσε κατά 6,8% μικρότερη απόδοση, το περιστροφικό σκαπτικό μειωμένη κατά 19,9%, η δισκοσβάρνα κατά 22,9% και η ακαλλιέργεια κατά 24,4%.

Για το μέσο βάρος των σπόρων ανά σπάδικα πραγματοποιήθηκε ανάλυση της παραλλακτικότητας της συνδιακύμανσης της παραμέτρου με τον αριθμό των συγκομιζόμενων σπαδικών ανά μέτρο για να εξαλειφθούν οι τυχόν επιδράσεις της δεύτερης παραμέτρου. Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας (πίνακας 3.5.2.1).

Τέλος, σε κανένα από τα στοιχεία της παραγωγής δεν διαπιστώθηκε κάποια μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ των περιοχών και των κατεργασιών (πίνακας 3.5.2.1).

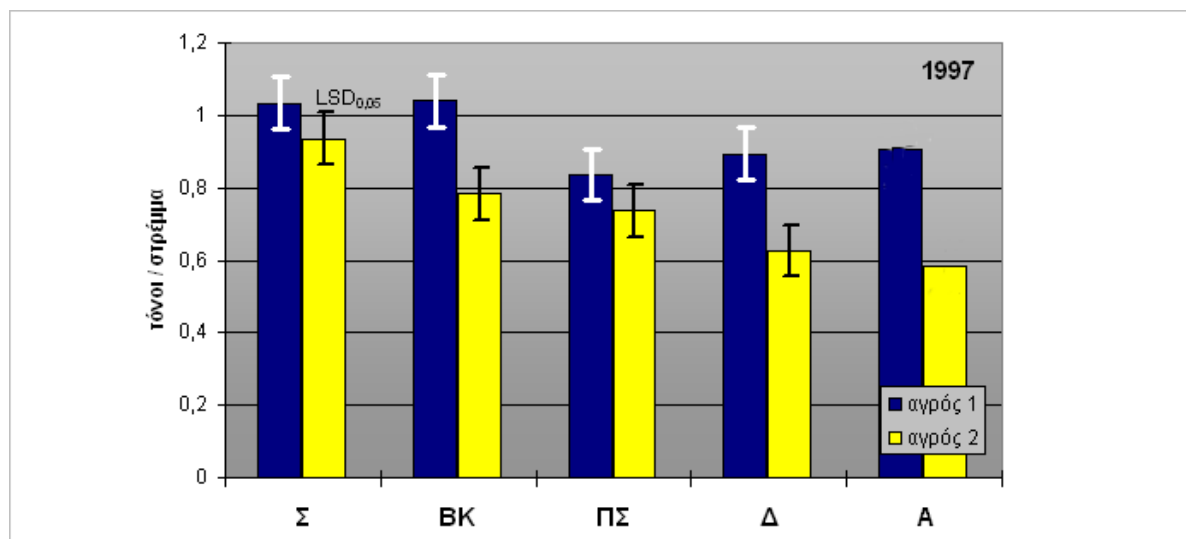
Πίνακας 3.5.2.1. Στοιχεία παραγωγής του καλαμποκιού για το 1997

1997	σπάδικες / m	υγρασία σπόρου (%)	μετά από αναγωγή σε υγρασία (15,5%)		r ⁽²⁾	
			Απόδοση σε σπόρο (t/στρ)	μέσο βάρος σπάδικα (g/σπαδ)		
CV (%)	13,07	14,81	15,88	8,83		
περιοχή	αγρός 1	6,82	15,81	950,69	138,71	0,85
	αγρός 2	5,38	18,26	769,76	143,05	0,89
		**	*	**	ns	
κατεργασία	συμβατική κατεργασία	7,10	15,76	0,96	140,12	0,72
	βαρύς καλλιεργητής	6,39	14,93	0,89	143,24	0,87
	περιστροφικό σκαπτικό	5,52	19,60	0,77	141,39	0,90
	δισκοσβάρνα	5,40	17,85	0,74	139,35	0,87
	ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	5,37	21,64	0,72	139,14	0,97
		**	**	*	ns	
LSD (P = 95%)	0,84	2,65	143,52	-		
LSD (P = 99%)	1,15	3,63	-	-		
περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns	ns		

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

⁽²⁾ r = συντελ συσχέτισης του αριθμού των συγκομιζόμενων σπαδικών με την απόδοση σε σπόρο (υγρασίας 15,5%).

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P= 95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.



Σχήμα 3.5.2.7. Απόδοση του καλαμποκιού σε σπόρο υγρασίας 15,5% για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές για το 1997. Σ = συμβατική κατεργασία, ΒΚ = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρείται από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης).

1998

Κατά το δεύτερο έτος πειραματισμού λήφθηκαν υπόψη μόνο τα αποτελέσματα από τον πειραματικό αγρό 2 καθότι το πρόβλημα που προέκυψε με την άρδευση στον πειραματικό αγρό 1 οδήγησε στην επίτευξη σημαντικά μειωμένων και μη αντιπροσωπευτικών αποδόσεων για όλες τις μεταχειρίσεις. Σε σύγκριση με την συμβατική κατεργασία, η απόδοση στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ήταν και πάλι σημαντικά μικρότερη (πίνακας 3.5.2.2 & σχήμα 3.5.2.8). Σε σχέση με τη συμβατική μέθοδο ο βαρύς καλλιεργητής παρουσίασε μειωμένη απόδοση κατά 19,3%, το περιστροφικό σκαπτικό και η δισκοσβάρνα μειωμένη κατά 45,7% και 40,3% αντίστοιχα και η ακαλλιέργεια μειωμένη απόδοση κατά 52,4%.

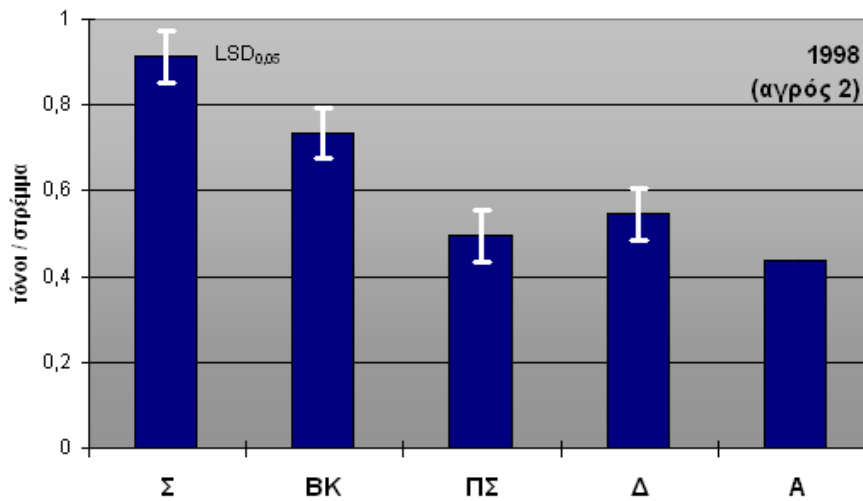
Πίνακας 3.5.2.2. Στοιχεία παραγωγής του καλαμποκιού για το 1998. Τα δεδομένα προέρχονται μόνο από τον πειραματικό αγρό 2.

1998 (αγρός 2)	σπάδικες / m	υγρασία σπόρου (%)	μετά από αναγωγή σε υγρασία (15,5%)		r ⁽²⁾
			Απόδοση σε σπόρο (t/στρ)	μέσο βάρος σπάδικα (g/σπαδ)	
CV (%)	8,70	9,30	5,56	6,22	
συμβατική κατεργασία	6,00	15,18	0,91	153,04	0,88
βαρύς καλλιεργητής	5,42	14,39	0,73	135,64	0,91
περιστροφικό σκαπτικό	3,58	14,84	0,50	138,21	0,87
δισκοσβάρνα	4,21	15,67	0,55	129,98	0,93
ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	3,00	17,94	0,44	146,15	0,89
	**	ns	**	*	
LSD (P = 95%)	0,67	-	0,06	13,86	
LSD (P = 99%)	0,96	-	0,09	-	

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

⁽²⁾ r = συντελ συσχέτισης του αριθμού των συγκομιζόμενων σπαδικών με την απόδοση σε σπόρο (υγρασίας 15,5%).

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P= 95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.



Σχήμα 3.5.2.8. Απόδοση του καλαμποκιού σε σπόρο υγρασίας 15,5% για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για το 1998. Αποτελέσματα μόνο από τον πειραματικό αγρό 2. Σ = συμβατική κατεργασία, ΒΚ = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρείται από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης).

Συγκρίνοντας τα επίπεδα της υγρασίας του συγκομιζόμενου σπόρου, (πίνακας 3.5.2.2), διαπιστώνεται ότι η συγκομιδή κατά το δεύτερο έτος έγινε σε σημαντικά χαμηλότερη υγρασία (μέση υγρασία $\approx 15\%$) σε σχέση με το πρώτο έτος. Το γεγονός αυτό πιθανώς δεν επέτρεψε να διαπιστωθούν οι διαφορές μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας. Η ακαλλιέργεια όμως παρουσίαζε και πάλι μια τάση για υψηλότερο επίπεδο υγρασίας στον σπόρο γεγονός το οποίο ενισχύει την άποψη που διατυπώθηκε κατά το πρώτο έτος, ότι δηλαδή στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας υπάρχει οψίμηση της παραγωγής.

Από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της συνδιακύμανσης του μέσου βάρους του σπόρου ανά σπάδικα με τον αριθμό των συγκομιζόμενων σπαδικών προέκυψαν στατιστικές σημαντικές διαφορές (πίνακας 3.5.2.2). Σημαντικά καλύτερα θρεμμένους σπάδικες παρουσίαζαν οι μέθοδοι της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή γεγονός που συνδέεται με την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών στις δυο αυτές μεθόδους.

1999

Κατά το τρίτο και τελευταίο έτος επανάληψης οι διαφορές μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους οξύνθηκαν ακόμη περισσότερο (σχήμα 3.5.2.9). Στην περίπτωση της ακαλλιέργειας η απόδοση ήταν πάρα πολύ μικρή εξαιτίας του μειωμένου φυτρώματος καθιστώντας την μέθοδο ανεπιτυχή (πίνακας 3.5.2.3). Η χρήση κατάλληλης σπαρτικής για ακαλλιέργεια πιθανώς όμως να έδινε πολύ διαφορετικά αποτελέσματα και γι' αυτό η μεταχείριση εξαιρέθηκε από την στατιστική ανάλυση. Ανάγοντας την απόδοση σε σπόρο σε επίπεδο υγρασίας 15,5% διαπιστώνεται ότι σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, η απόδοση στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή ήταν μειωμένη μόλις κατά 2,4%. Αντίθετα στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας η απόδοση ήταν μειωμένη σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου 45%).

Πίνακας 3.5.2.3. Στοιχεία παραγωγής του καλαμποκιού για το 1999

1999	σπάδικες / m	υγρασία σπόρου (%)	μετά από αναγωγή σε υγρασία (15,5%)		r ⁽²⁾	
			Απόδοση σε σπόρο (t/στρ)	μέσο βάρος σπάδικα (g/σπαδ)		
CV (%)	13,71	12,73	11,79	9,88		
περιοχή	αγρός 1	6,04	12,36	0,79	128,69	0,86
	αγρός 2	5,41	12,87	0,66	121,13	0,85
		ns	ns	**	ns	
αμειψ	τεύτλα - καλαμπόκι	5,93	12,55	0,73	121,32	0,88
	βαμβάκι - καλαμπόκι	5,52	12,68	0,71	128,50	0,87
		ns	ns	ns	ns	
κατεργασία	συμβατική κατεργασία	6,51	11,85	0,94	157,58	0,69
	βαρύς καλλιεργητής	5,99	11,65	0,92	162,36	0,81
	περιστροφικό σκαπτικό	5,03	13,60	0,51	101,68	0,75
	δισκοσβάρνα	5,36	13,36	0,52	99,68	0,69
	ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	3,00	17,36	0,22	51,70	0,28
		**	**	**	**	
LSD (P = 95%)	0,56	1,15	0,06	8,86		
LSD (P = 99%)	0,76	1,54	0,08	11,88		
περιοχή X κατεργασία	ns	ns	**	*		
αμειψ X κατεργασία	ns	ns	ns	ns		

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

⁽²⁾ r = συντελ συσχέτισης του αριθμού των συγκομιζόμενων σπαδικών με την απόδοση σε σπόρο (υγρασίας 15,5%).

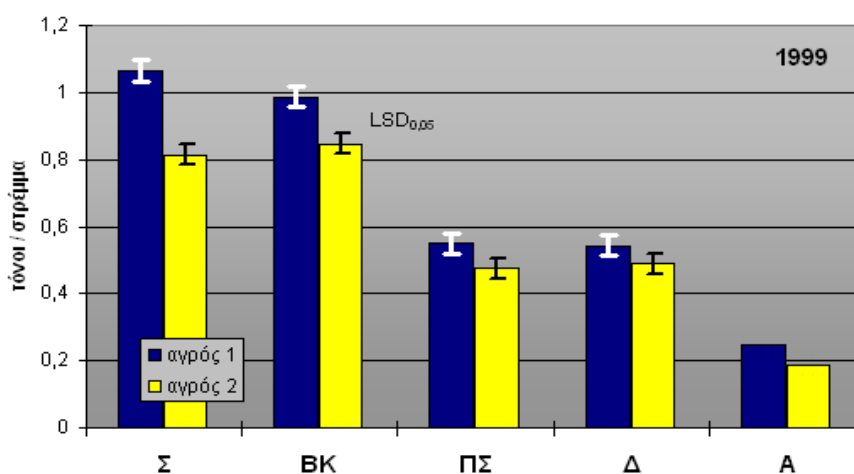
* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P= 95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.

Σημαντικές διαφορές προέκυψαν και στο επίπεδο της υγρασίας του συγκομιζόμενου σπόρου (πίνακας 3.5.2.3). Στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας ο σπόρος παρουσίαζε περίπου κατά 2% αυξημένη υγρασία σε σχέση με τις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας μάλιστα, το μέσο επίπεδο της υγρασίας του συγκομιζόμενου σπόρου ήταν κατά 6% υψηλότερο. Η ύπαρξη ενός αυξημένου επιπέδου υγρασίας στο σπόρο υποδηλώνει μια οψίμηση της παραγωγής. Επίσης η παρουσία αυξημένου αριθμού ζιζανίων στην επιφάνεια του εδάφους είχε ως συνέπεια την ανάπτυξη ενός μικροκλίματος στην περιοχή των φυτών με υψηλότερη σχετική υγρασία. Τα ζιζάνια από την μια παρεμπόδιζαν την διακίνηση του αέρα εγκλωβίζοντας την υγρασία κοντά στο έδαφος και επιπλέον, με την διαπνοή κατά την διάρκεια της ημέρας προκαλούσαν αύξηση της σχετικής υγρασίας. Το γεγονός αυτό προφανώς συντέλεσε στην ελάττωση του ρυθμού απώλειας υγρασίας από τους σπάδικες.

Η ανάλυση της παραλλακτικότητας της συμμεταβολής του μέσου βάρους του σπόρου ανά σπάδικα με τον αριθμό των συγκομιζόμενων σπαδικών απέδειξε στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας. Στον πίνακα 3.5.2.3 παρουσιάζονται οι διορθωμένες τιμές του μέσου βάρους του σπόρου στους σπάδικες για τους διαφορετικούς αριθμούς συγκομιζόμενων σπαδικών. Οι καλύτερα θρεμμένοι σπάδικες συγκομίστηκαν στις μεθόδους του βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής κατεργασίας. Σε σχέση με τους σπάδικες στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, το βάρος τους ήταν κατά 1,5 φορές μεγαλύτερο. Αντίθετα στην μέθοδο της ακαλλιέργειας, οι σπάδικες ήταν πάρα πολύ μικροί. Η ανάπτυξη μικρότερων σπαδικών σχετιζόταν με την μειωμένη βλαστική ανάπτυξη των φυτών. Ιδίως στην μέθοδο της ακαλλιέργειας η ανάπτυξη των φυτών ήταν πολύ περιορισμένη. Το γεγονός αυτό οφείλονταν σε ένα σημαντικό ποσοστό στο μειωμένο

φύτρωμα. Οι πολύ μικροί πληθυσμοί που επιτεύχθηκαν στην μεταχείριση της ακαλλιέργειας δεν επαρκούσαν για τον αποτελεσματικό ανταγωνισμό των ζιζανίων, με αποτέλεσμα στην μεταχείριση αυτή, και παρά τα σκαλίσματα, να υπάρχει σε όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου έντονη προσβολή. Τα ζιζάνια συναγωνίζονταν έντονα την καλλιέργεια, κυρίως σε νερό και θρεπτικά στοιχεία με συνέπεια τον περιορισμό της συνολικής ανάπτυξης και την σημαντική μείωση της παραγωγής.

Οι πέντε μέθοδοι κατεργασίας κατά το τρίτο έτος συνδυάζονταν με δύο συστήματα αμειψισποράς. Σε κανένα όμως από τα στοιχεία της παραγωγής δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο αμειψισπορών (πίνακας 3.5.2.3). Επίσης δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συστημάτων αμειψισποράς και των μεθόδων κατεργασίας. Στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις ωστόσο σημειώθηκαν μεταξύ των παραγόντων “περιοχή” και “κατεργασία”. Από το σχήμα 3.5.2.15 ωστόσο διαπιστώνεται ότι η αλληλεπίδραση αυτή δεν οφείλονταν σε διαφορές κατάταξης μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας παρά μόνο σε διαφορές μεγέθους.



Σχήμα 3.5.2.9. Απόδοση του καλαμποκιού σε σπόρο υγρασίας 15,5% για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές για το 1999. Σ = συμβατική κατεργασία, ΒΚ = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρείται από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης).

Συνδυασμένη ανάλυση

Για την συνδυασμένη ανάλυση των δεδομένων και για τα τρία έτη επανάληψης του πειράματος ακολουθήθηκε μια διαδικασία ανάλογη με αυτή που ακολουθήθηκε για τα τεύτλα. Οι συνδυασμοί των τριών ετών με τις δύο περιοχές θεωρήθηκαν ως πέντε διαφορετικά περιβάλλοντα δοκιμασίας (εξαιρέθηκαν τα δεδομένα από τον πειραματικό αγρό 1 για το 1998). Για το τρίτο έτος όπου οι πέντε κατεργασίες συνδυάζονταν με δύο συστήματα αμειψισποράς υπολογίστηκε ο μέσος όρος των δύο συστημάτων για κάθε πειραματικό τεμάχιο κατεργασίας. Τέλος, η μεταχείριση της συμβατικής κατεργασίας θεωρήθηκε ως μάρτυρας και οι υπόλοιπες τέσσερις μεταχειρίσεις εκφράστηκαν ως επί τοις εκατό του μάρτυρα ενώ στην συνέχεια τα ποσοστά μετατράπηκαν σε πραγματικές μονάδες μετρήσεις πολλαπλασιάζοντας με έναν κατάλληλο συντελεστή κάθε φορά (τον μέσο όρο από τις τιμές της συμβατικής κατεργασίας). Η ακαλλιέργεια εξαιρέθηκε από τις συγκρίσεις. Με την παραπάνω διαδικασία περιορίστηκε ο αριθμός των συνδυασμένων παραγόντων και δόθηκε έμφαση στον παράγοντα “κατεργασία εδάφους”.

Πίνακας 3.5.2.4. Στοιχεία ανάπτυξης και παραγωγής του καλαμποκιού για τα τρία έτη επανάληψης του πειράματος

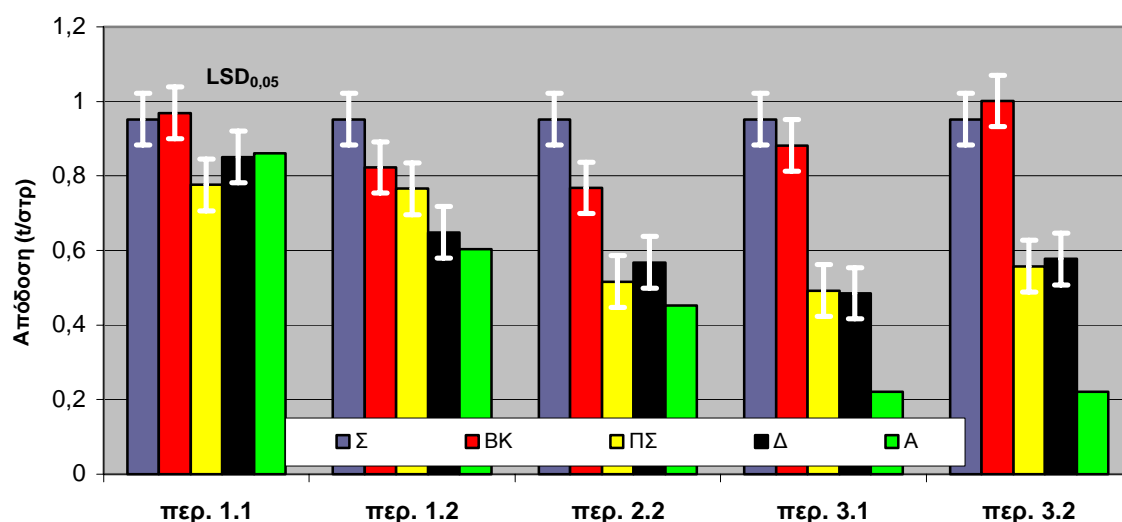
	φυτά / m	τελικό ύψος (cm)	σπάδικες / m	υγρασία σπόρου (%)	μετά από αναγωγή σε υγρασία (15.5%)	
					Απόδοση σε σπόρο (t/στρ)	μέσο βάρος σπάδικα (g/σπαδ)
CV (%)	14,5	7,5	10,8	11,0	12,5	7,9
συμβατική κατεργασία	6,68	184	6,64	14,08	0,95	143,99
βαρύς καλλιεργητής	6,50	175	6,09	13,69	0,89	147,32
περιστροφικό σκαπτικό	5,52	143	4,92	16,40	0,62	127,16
δισκοσβάρνα	5,61	152	5,17	15,72	0,63	122,23
ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	3,79	133	3,92	19,48	0,47	115,49
	**	**	**	**	**	**
LSD (P = 95%)	0,56	7,8	0,39	1,05	0,06	6,81
LSD (P = 99%)	0,75	10,4	0,53	1,41	0,08	9,10
περιβ Χ κατεργασία	ns	ns	ns	ns	**	**
σ _t ² (%)	92,3	97,0	96,5	88,5	94,6	66,5

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

σ_t² = ποσοστό από τη συνολική φαινοτυπική διακύμανση που οφείλεται στον παράγοντα της κατεργασίας

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P= 95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.

Από την συνδυασμένη ανάλυση του τελικού πληθυσμού των φυτών που επιτεύχθηκε μετά την ολοκλήρωση του φυτρώματος διαπιστώνεται ότι τα περισσότερα φυτά στο στρέμμα υπήρχαν στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή (πίνακας 3.5.2.4). Στις δύο αυτές μεθόδους οι πληθυσμοί ήταν μέσα στα επιθυμητά όρια ενώ για τις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας οι πληθυσμοί κρίνονται ανεπαρκείς για την επίτευξη της μέγιστης απόδοσης (Η ακαλλιέργεια όπως αναφέρθηκε δεν ήταν δυνατό να δώσει αντιπροσωπευτικούς πληθυσμούς λόγω της μη χρησιμοποίησης της κατάλληλης σπαρτικής).



Σχήμα 3.5.2.10. Απόδοση του καλαμποκιού (σπόρος υγρασίας 15,5%) για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στα πέντε περιβάλλοντα. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. περ. 1.1 = έτος 1 αγρός 1, περ. 1.2 = έτος 1 αγρός 2 κ.ο.κ(Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρείται από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης).

Συγκρίνοντας το τελικό ύψος των φυτών διαπιστώνεται ότι τα υψηλότερα φυτά αναπτύχθηκαν στη συμβατική κατεργασία. Κατά 9 cm χαμηλότερα ήταν τα φυτά στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή ενώ στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας ήταν κατά περίπου 30-40 cm κοντύτερα. Τέλος στην μέθοδο της ακαλλιέργειας τα φυτά ήταν κατά μέσο όρο 50 cm κοντύτερα σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Παρά το γεγονός ότι διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κατεργασιών και των περιβαλλόντων, το 97% της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας οφείλονταν καθαρά στις μεταχειρίσεις της κατεργασίας.

Η μέση απόδοση σε σπόρο, ανηγμένο σε υγρασία 15,5%, για τα τρία έτη στην συμβατική κατεργασία ήταν 0,95 t/στρ (πίνακας 3.5.2.4). Ακολουθούσε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή με μειωμένη απόδοση κατά 6,6%, οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας με μειωμένη απόδοση κατά 34% περίπου και η μέθοδος της ακαλλιέργειας με μειωμένη απόδοση κατά 50%. Η ανάλυση της παραλλακτικότητας έδειξε επίσης μια στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των έξι διαφορετικών περιβαλλόντων και των πέντε μεθόδων κατεργασίας. Όπως ωστόσο μπορεί να διαπιστωθεί και από το σχήμα 3.5.2.10 η αλληλεπίδραση αυτή αφορά κυρίως διαφορές τάξης μεγέθους μεταξύ των μεταχειρίσεων και όχι διαφορές στην σειρά κατάταξης. Εξάλλου, όπως μπορεί να διαπιστωθεί από τον πίνακα 3.5.2.4, η παραλλακτικότητα η οποία οφείλεται στις διαφορετικές επεμβάσεις κατεργασίας αποτελεί το 94,6% της συνολικής φαινοτυπικής παραλλακτικότητας γεγονός που επιτρέπει την παράβλεψη της σημασίας της αλληλεπίδρασης. Αξιοσημείωτο είναι ωστόσο το γεγονός ότι οι διαφορές των μεθόδων μειωμένης κατεργασίας με την συμβατική κατά το πρώτο έτος ήταν μικρές ενώ κατά τα επόμενα έτη όπου τόσο η συμπίκνωση του εδάφους όσο και το πρόβλημα με τα ζιζάνια αυξήθηκαν, οι διαφορές αμβλύθηκαν σημαντικά.

Εκτός από τον μεγαλύτερο αριθμό σπαδικών, ένας δεύτερος παράγοντας ο οποίος συνέβαλε στην βελτίωση της απόδοσης στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή ήταν η ανάπτυξη καλύτερα θρεμμένων σπαδικών. Η ανάλυση της παραλλακτικότητας της συνδιακύμανσης του μέσου βάρους με τον αριθμό των συγκομιζόμενων σπαδικών ανέδειξε στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των κατεργασιών (πίνακας 3.5.2.4).

Τέλος, στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας υπήρχε μια οψίμηση της παραγωγής καθώς οι σπάδικες κατά την συγκομιδή είχαν υψηλότερο ποσοστό υγρασίας.

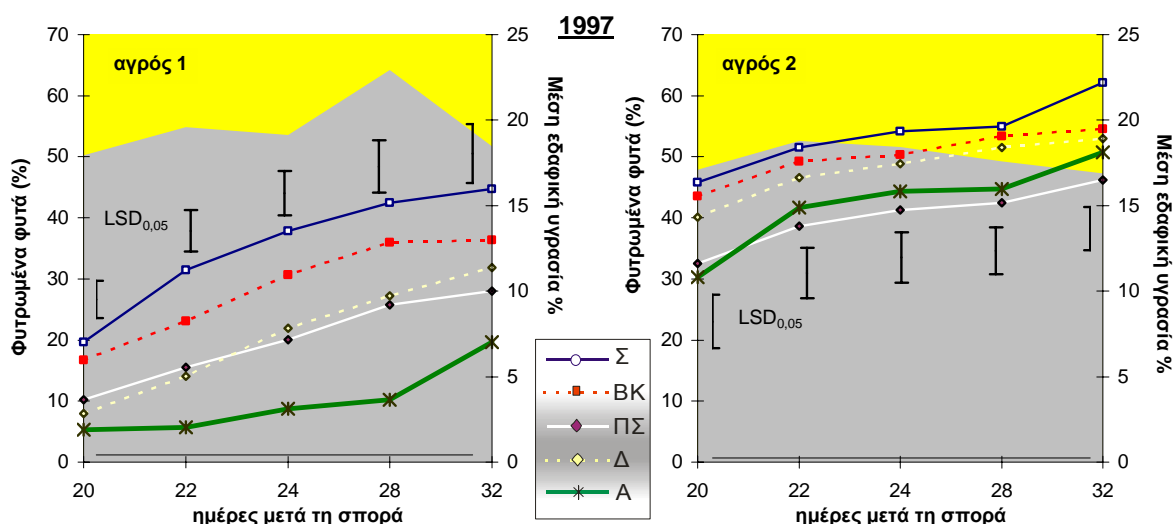
3.5.3. Βαμβάκι

3.5.3.1 Φύτρωμα

1997

Κατά το 1997 το γεγονός ότι δεν πραγματοποιήθηκε πότισμα μετά την σπορά, καθώς και ότι δεν σημειώθηκε βροχόπτωση, προκάλεσε μια σημαντική καθυστέρηση 14 ημερών στην έναρξη του φυτρώματος. Το φύτρωμα του βαμβακιού ξεκίνησε νωρίτερα στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή και στις μεθόδους αυτές τελικά επιτεύχθηκε σημαντικά υψηλότερος πληθυσμός φυτών. Επιπλέον διαπιστώθηκε μια στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δυο περιοχών και των πέντε μεθόδων κατεργασίας ενώ δεν διαπιστώθηκαν αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κατεργασιών και των αμεινισπορών (παράρτημα, πίνακας 10.1.27). Στον ήλιο-αργιλώδη αγρό 1 το φύτρωμα του βαμβακιού καθυστέρησε και τελικά επιτεύχθηκαν σημαντικά χαμηλότεροι πληθυσμοί. Και στους δυο αγρούς τα πρώτα φυτά εμφανίστηκαν στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή (σχήμα 3.5.3.1). Το 50% του τελικού πληθυσμού στον αγρό 1, για τις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή σημειώθηκε στις 6 με 7 ημέρες μετά την έναρξη του φυτρώματος, στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού στις 7 ημέρες, στη μέθοδο της δισκοσβάρνας στις 8 ημέρες ενώ στην μέθοδο της ακαλλιέργειας στις 14 ημέρες. Στον αγρό 2 το 50% του τελικού πληθυσμού, για όλες τις μεθόδους κατεργασίας, διαπιστώθηκε πριν από την έναρξη των παρατηρήσεων.

Εξετάζοντας τους τελικούς πληθυσμούς διαπιστώνεται ότι στον αγρό 2 το εύρος των διαφορών μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους ήταν μικρότερο (σχήμα 3.5.3.1). Στην συμβατική κατεργασία, κατά μέσο όρο φύτρωσαν 17,6 φυτά / m, στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή 15 φυτά / m στην μέθοδο της δισκοσβάρνας 14 φυτά / m στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού 12,2 φυτά / m και στην μέθοδο της ακαλλιέργειας 11,6 φυτά / m. Τα φυτά που φύτρωσαν στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της ακαλλιέργειας θεωρούνται πολύ λίγα για την ποικιλία *KOPINA*.

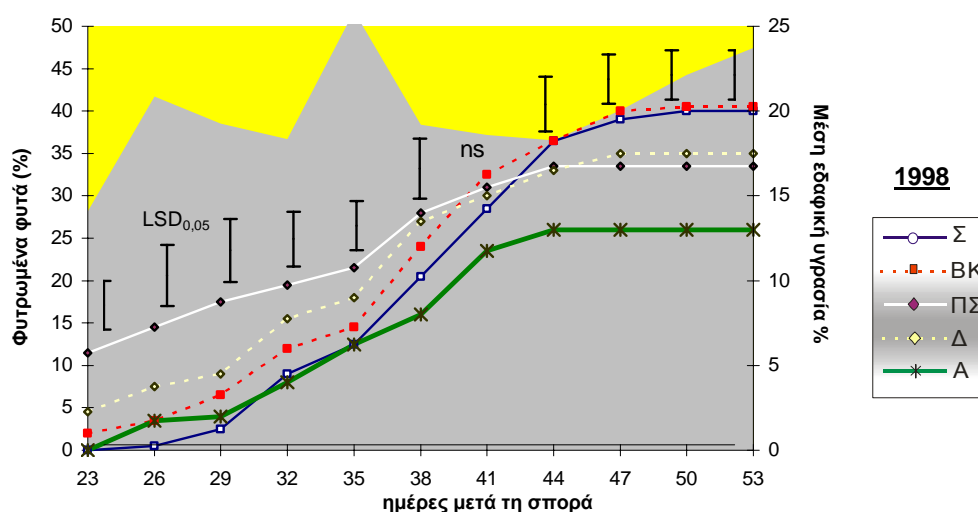


Σχήμα 3.5.3.1. Εξέλιξη του φυτρώματος του βαμβακιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1997 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

Τη χρονιά αυτή το μέσο επίπεδο της υγρασίας ήταν επαρκές για την ολοκλήρωση της λειτουργίας του φυτρώματος σε όλες τις μεταχειρίσεις. Το καλύτερο φύτεμα στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή πιθανόν να σχετίζεται με την χαλαρή επιφάνεια του εδάφους η οποία διευκόλυνε την ομοιόμορφη σπορά και την καλύτερη κάλυψη του σπόρου. Επιπλέον, η εμπειρία από τα εν λόγω χωράφια έχει δείξει ένα γενικότερο πρόβλημα στο φύτεμα του βαμβακιού. Το έδαφος εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας σε ιλύ, καθώς στεγνώνει, τείνει να γίνει ιδιαίτερα συνεκτικό εμποδίζοντας την έξοδο των κοτυληδόνων του βαμβακιού. Στην περίπτωση των δύο παραπάνω μεθόδων ενδεχομένως, η χαλαρότερη επιφάνεια του εδάφους να διευκόλυνε την έξοδο των κοτυληδόνων.

1998

Κατά το δεύτερο έτος, παρουσιάστηκε μια εντελώς διαφορετική εικόνα. Αντίθετα με το πρώτο έτος, μεταξύ του παράγοντα της κατεργασίας και της περιοχής δεν διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση και υπήρχε μια παρόμοια συμπεριφορά των πέντε μεθόδων κατεργασίας στους δυο πειραματικούς αγρούς (πάρτημα, πίνακας 10.1.27). Τα πρώτα φυτά εμφανίστηκαν στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού και κατόπιν στην μέθοδο της δισκοσβάρνας (σχήμα 3.5.3.2). Τελευταίο ξεκίνησε το φύτεμα στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας, του βαρύ καλλιεργητή και της ακαλλιέργειας. Το 50% του τελικού πληθυσμού διαπιστώθηκε για τη συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή 14-15 ημέρες μετά την έναρξη του φυτρώματος. Στις μεθόδους της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας υπήρχε μια πρωίμηση 2 περίπου ημερών ενώ στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού η πρωίμηση έφτανε τις 8 ημέρες σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Παρά την αρχική οψίμηση στη συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή, μετά την έναρξη, υπήρξε ταχύτατη εξέλιξη του φυτρώματος, και τελικά ήταν οι μέθοδοι που εμφάνισαν και πάλι τους υψηλότερους πληθυσμούς (σχήμα 3.5.3.2). Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας, στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή υπήρχαν κατά μέσο όρο 10 φυτά /m, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας 8,4 και 8,7 φυτά /m αντίστοιχα και στην μέθοδο της ακαλλιέργειας 6,5 φυτά /m. Το πρωιμότερο φύτεμα στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, σχετίζεται με το υψηλότερο επίπεδο υγρασίας του εδάφους. Κατά τη χρονιά αυτή, μετά τη σπορά επικράτησαν ιδιαίτερα ξηρικές συνθήκες με αποτέλεσμα το σχετικά υψηλότερο επίπεδο υγρασίας στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας να επιδράσει ευεργετικά στο φύτεμα των σπόρων.

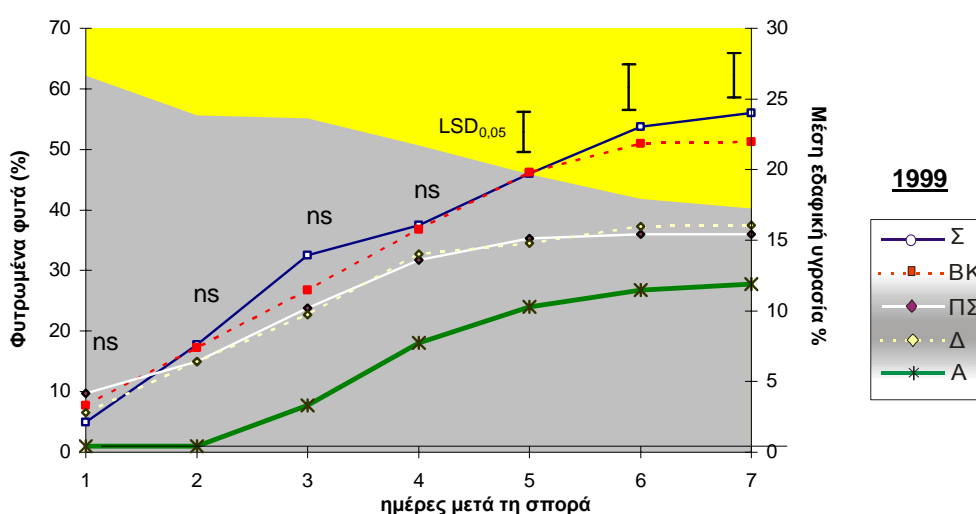


Σχήμα 3.5.3.2. Εξέλιξη του φυτρώματος του βαμβακιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

1999

Όπως και στο δεύτερο έτος, έτσι και στο τρίτο δεν σημειώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δύο περιοχών και των πέντε μεθόδων κατεργασίας (παράρτημα, πίνακας 10.1.27). Τη χρονιά αυτή, κατά την περίοδο της σποράς, το έδαφος διατηρούσε ένα ικανοποιητικό επίπεδο υγρασίας (>21% κατ' όγκο) σε όλες τις μεταχειρίσεις (σχήματα 3.3.13 & 3.3.14) ενώ δέκα ημέρες αργότερα πραγματοποιήθηκε ένα ελαφρό πότισμα με καταιονισμό το οποίο βοήθησε στο να διατηρηθεί η σποροκλίνη υγρή και να ολοκληρώσουν τα φυτά το φύτερωμα. Και στους δύο αγρούς, υπήρχε μια ελαφρά πρωίμιση στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας (σχήμα 3.5.3.3) η οποία οφείλονταν στο υψηλότερο επίπεδο υγρασίας στις μεθόδους αυτές. Ακολούθησαν οι μέθοδοι της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή. Αντίθετα, στην μέθοδο της ακαλλιέργειας διαπιστώθηκε μια σημαντική καθυστέρηση η οποία οφείλονταν και πάλι στην μη αποτελεσματική κάλυψη του σπόρου και στην ανικανότητα αυτού να εξασφαλίσει τα απαραίτητα ποσότητα νερού για την έναρξη της μεταβολικής λειτουργίας. Το 50% του τελικού πληθυσμού εμφανίστηκε στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας στις 7,5 ημέρες από την έναρξη του φυτρώματος, στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή στις 8,5 και 9 ημέρες αντίστοιχα, ενώ στην ακαλλιέργεια στις 12 ημέρες από την έναρξη του φυτρώματος.

Παρά την σχετική πρωίμιση στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, οι υψηλότεροι πληθυσμοί επιτεύχθηκαν τελικά στις μεταχειρίσεις της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή (σχήμα 3.5.3.3). Υπό την προϋπόθεση της παρουσίας ικανοποιητικής υγρασίας, το γεγονός αυτό σχετίζεται πιθανώς με την καλύτερη κάλυψη του σπόρου και την ύπαρξη μιας πιο χαλαρής επιφάνειας εδάφους η οποία διευκόλυνε την έξοδο των κοτυληδόνων. Όταν ολοκληρώθηκε το φύτερωμα, στην συμβατική κατεργασία υπήρχαν κατά μέσο όρο 14 φυτά / m στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή 12,8 φυτά / m στην μέθοδο της δισκοσβάρνας 9,4 φυτά / m στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού 9 φυτά / m και στην μέθοδο της ακαλλιέργειας 6,9 φυτά / m. Οι παραπάνω αριθμοί φυτών για την ποικιλία *ARIA* κρίνονται ικανοποιητικοί εκτός από την περίπτωση της ακαλλιέργειας η οποία και εξαιρέθηκε από τις συγκρίσεις.



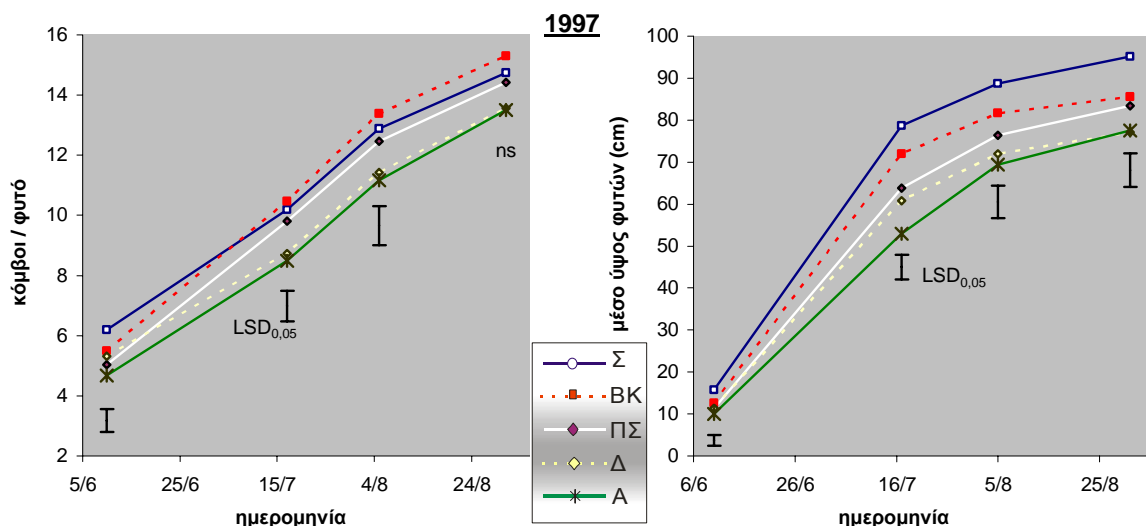
Σχήμα 3.5.3.3. Εξέλιξη του φυτρώματος του βαμβακιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999 σε συνδυασμό με την υγρασία του εδάφους. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

3.5.3.2. Ανάπτυξη

1997

Ολοκληρώνοντας το φύτεμα και εισερχόμενα τα φυτά στο στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης, κατά το 1997 παρουσιάστηκε μια παρόμοια συμπεριφορά μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας, τόσο στις δύο περιοχές, όσο και στις δυο αμειψισπορές. Στη συμβατική μέθοδο κατεργασίας και την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή τα φυτά αναπτύσσονταν ταχύτερα σχηματίζοντας περισσότερους κόμβους παρουσιάζοντας μεγαλύτερο ύψος (σχήμα 3.5.3.5). Τρίτη σε κατάταξη από άποψη ανάπτυξης των φυτών ήταν η μέθοδος του περιστροφικού σκαπτικού ενώ στην ακαλλιέργεια και στη μέθοδο της δισκοσβάρνας αναπτύχθηκαν τα πιο βραχύσωμα φυτά με τους λιγότερους κόμβους. Η καλύτερη ανάπτυξη των φυτών στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή προφανώς αποδίδεται στην ύπαρξη μιας βαθιάς, χαλαρής στοιβάδας εδάφους εξαιτίας της κατεργασίας και στον σχετικά περιορισμένο ανταγωνισμό από τα ζιζάνια.

Διαφορές διαπιστώθηκαν και μεταξύ των αμειψισπορών με τα φυτά στην αμειψισπορά "σιτάρι - βαμβάκι" να αναπτύσσονται σχετικά καλύτερα (παράρτημα πίνακας 10.1.28). Το γεγονός αυτό φαίνεται ότι οφείλεται στον μειωμένο ανταγωνισμό από τα εαρινά ζιζάνια.

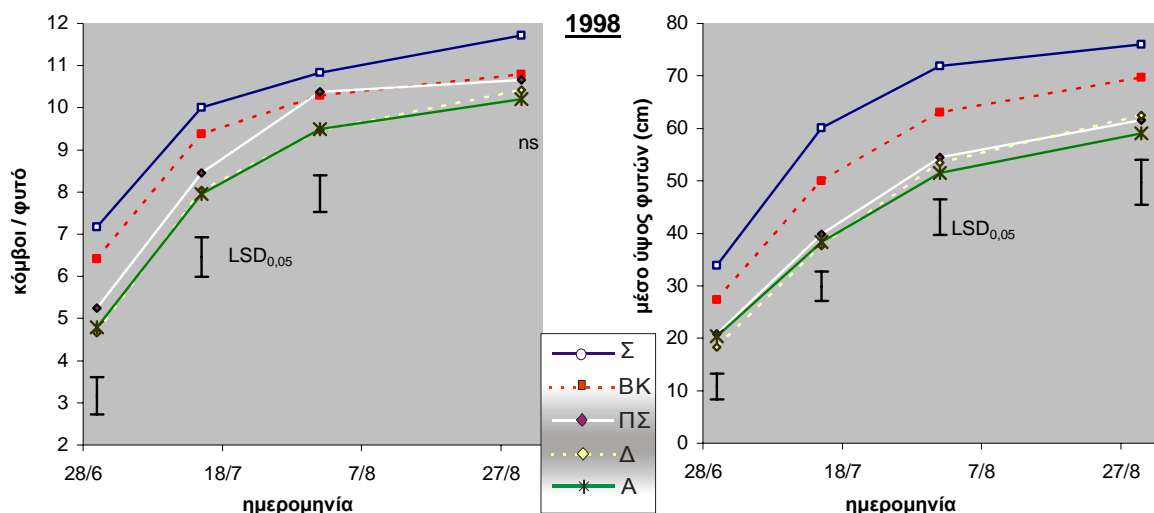


Σχήμα 3.5.3.4. Μέσος αριθμός κόμβων και μέσο ύψος φυτών για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας κατά το 1997. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

1998

Κατά το δεύτερο έτος, και πάλι δεν διαπιστώθηκαν αλληλεπιδράσεις μεταξύ της περιοχής και της κατεργασίας όσον αφορά την ανάπτυξη των φυτών (παράρτημα, πίνακας 10.1.28). Την ταχύτερη ανάπτυξη είχαν τα φυτά στην συμβατική κατεργασία ακολουθούμενα από τα φυτά στον βαρύ καλλιεργητή. Στις μεθόδους αυτές αναπτύχθηκαν τελικά υψηλότερα φυτά με μεγαλύτερο αριθμό κόμβων (σχήμα 3.5.3.5). Οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας κυμάνθηκαν σχεδόν στα ίδια επίπεδα. Και πάλι, καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών έπαιξε το βάθος και η εντατικότητα της κατεργασίας. Στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας, τόσο το βάθος όσο και η εντατικότητα της κατεργασίας ήταν μέγιστα με συνέπεια τα βαμβακόφυτα να συναντήσουν ένα βαθύ αφράτο στρώμα εδάφους στο οποίο προφανώς είχαν την ευχέρεια να σχηματίσουν ένα πλούσιο ριζικό σύστημα. Η καλύτερη ανάπτυξη του υπόγειου μέρους των φυτών σήμαινε

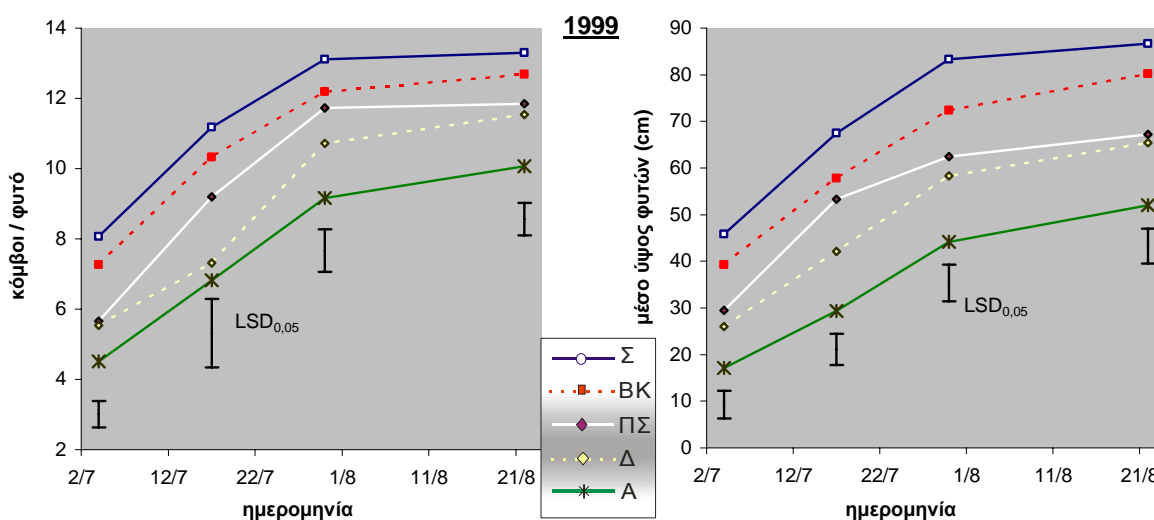
καλύτερη τροφοδοσία του υπέργειου με θρεπτικά στοιχεία και κατά συνέπεια καλύτερη ανάπτυξη. Στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή το βάθος κατεργασίας ήταν επίσης μεγάλο, η εντατικότητα ωστόσο ήταν μικρότερη. Τα βαμβακόφυτα αναπτύχθηκαν επίσης αρκετά καλά, αν και η ύπαρξη ενός λιγότερου αφράτου εδάφους (υψηλότερη φαινομενική πυκνότητα) σε σχέση με την συμβατική κατεργασία σήμανε μια ελαφρώς περιορισμένη ανάπτυξη.



Σχήμα 3.5.3.5. Μέσος αριθμός κόμβων και μέσο ύψος φυτών για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους το 1998. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύ καλλιεργητή, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα, A = ακαλλιέργεια. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

1999

Τα αποτελέσματα από το τρίτο έτος, συμφωνούν με τα αποτελέσματα από τα δύο προηγούμενα. Η βλαστική ανάπτυξη των φυτών του βαμβακιού παρουσίασε παρόμοια εξέλιξη με τα προηγούμενα έτη για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας στους δύο πειραματικούς αγρούς και δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις (πάρτημα, πίνακας 10.1.28). Από τα πρώτα κιόλας στάδια, τα βαμβακόφυτα στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή παρουσίαζαν περισσότερους κόμβους και ήταν υψηλότερα (σχήμα 3.5.3.6). Ακολουθούσαν η μέθοδος του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας ενώ τα πιο βραχύσωμα φυτά αναπτύχθηκαν πάλι στην ακαλλιέργεια.



Σχήμα 3.5.3.6. Μέσος αριθμός κόμβων και μέσο ύψος φυτών για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους κατά το 1999. (Η στατιστική ανάλυση αφορά τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας πλην της ακαλλιέργειας)

3.5.3.3 Απόδοση

1997

Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε σε δυο χέρια, το πρώτο στις 22/9 και το δεύτερο στις 18/10. Τα περισσότερα καρύδια στο μέτρο συγκομίστηκαν στη μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και στη συνέχεια στη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή ενώ τα λιγότερα καρύδια συγκομίστηκαν στην μέθοδο της ακαλλιέργειας (πίνακας 3.5.3.1).

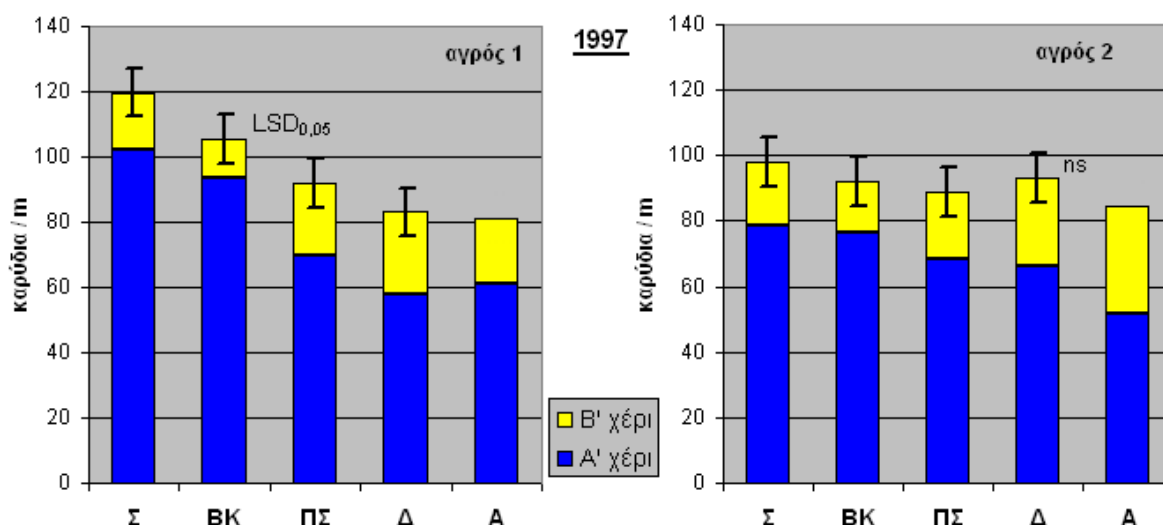
Συγκρίνοντας τα ποσοστά των καρυδιών που συλλέχθηκαν κατά το πρώτο χέρι, σε σχέση με τον συνολικό αριθμό των συγκομιζόμενων καρυδιών σε κάθε μεταχείριση (α' & β' χέρι) (πίνακας 3.5.3.1) διαπιστώνεται ότι στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή υπήρχε μια πρωίμηση της παραγωγής. Επίσης παρουσιάστηκε αλληλεπίδραση των μεθόδων κατεργασίας με τον παράγοντα "περιοχή". Στον αγρό 1 οι διαφορές της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή με τις υπόλοιπες μεθόδους, ήταν πιο έντονες, ενώ τα λιγότερα καρύδια στο μέτρο συγκομίστηκαν στην μέθοδο της δισκοσβάρνας (σχήμα 3.5.3.7). Στον αγρό αυτό οι διαφορές στον πληθυσμό των φυτών μεταξύ των μεταχειρίσεων κατεργασίας ήταν επίσης πιο έντονες. Στον αγρό 2 αντίθετα, όπου οι διαφορές στον πληθυσμό των φυτών ήταν μικρές, οι διαφορές στον αριθμό των συγκομιζόμενων καρυδιών μεταξύ των κατεργασιών δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές.

Πίνακας 3.5.3.1. Στοιχεία παραγωγής του βαμβακιού για το 1997

1997	αριθμός συγκομιζόμενων καρυδιών (καρύδια / m)			καρύδια %	απόδοση σύσπορου βαμβακιού (kg / στρ.)			απόδοση %	
	A' χέρι	B' χέρι	σύνολο	A' χέρι	A' χέρι	B' χέρι	σύνολο	A' χέρι	
	CV (%)	9,0	30,4	9,7	6,3	11,1	25,9	10,6	5,3
περιοχή	αγρός 1	80,8	19,2	100,0	80,0	276,6	59,6	336,2	81,7
	αγρός 2	72,4	20,6	92,9	78,0	237,2	62,0	299,2	79,3
		**	ns	*	ns	**	ns	**	ns
αμειψ	σιτάρι - βαμβάκι	90,9	17,4	108,3	83,3	292,6	52,5	345,1	84,2
	βαμβάκι - βαμβάκι	80,8	19,2	100,0	80,0	303,3	59,6	362,9	83,1
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
κατεργασία	συμβατική κατεργασία	90,3	18,6	108,8	82,5	297,8	58,0	355,9	83,2
	βαρύς καλλιεργητής	84,8	13,9	98,7	85,9	293,4	44,3	337,6	86,9
	περιστροφικό σκαπτικό	69,3	21,1	90,4	76,7	224,7	62,7	287,3	78,4
	δισκοσβάρνα	62,1	25,9	88,0	71,0	211,8	78,1	289,9	73,5
	ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	56,5	26,4	82,9	68,2	166,7	87,9	254,5	65,9
		**	**	**	**	**	**	**	
LSD (P = 95%)	7,2	6,3	9,9	5,2	30,1	16,6	35,5	4,5	
LSD (P = 99%)	9,9	8,7	13,5	7,2	41,2	22,7	48,6	6,2	
αλληλ	περιοχή X κατεργασία	**	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
	αμειψιπ X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης σ_t^2 = ποσοστό από τη συνολική φαινοτυπική διακύμανση που οφείλεται στον παράγοντα της κατεργασίας

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.

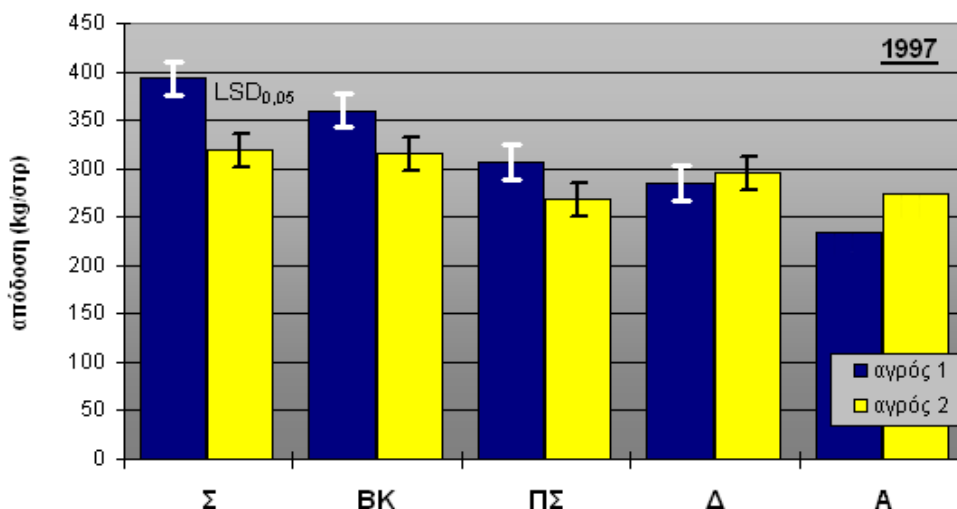


Σχήμα 3.5.3.7. Αριθμός συγκομιζομένων καρυδιών ανά μέτρο γραμμής για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1997. Σ = συμβατική κατεργασία, BK = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρείται από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης).

Εξετάζοντας την συνολική απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι διαπιστώνεται ότι την μεγαλύτερη παραγωγή (400 kg/στρ, στον αγρό 1 και 312 kg/στρ στον αγρό 2) έδωσε η συμβατική κατεργασία (σχήμα 3.5.3.8). Οι σχετικά υψηλές αυτές αποδόσεις οφείλονται 1) στις μηδενικές απώλειες κατά την χειροσυλλογή του βαμβακιού και 2) στο γεγονός ότι μαζεύτηκαν όλα τα καρύδια, ακόμη και αυτά που δεν είχαν ανοίξει, τα οποία αφού αφήθηκαν στο εργαστήριο να ανοίξουν, προσμετρήθηκαν στον υπολογισμό της συνολικής παραγωγής. Την δεύτερη υψηλότερη απόδοση έδωσε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία η απόδοση ήταν μειωμένη κατά 5,1%. Ακολουθούν η μέθοδος της δισκοσβάρνας με μειωμένη απόδοση κατά 18,5%, το περιστροφικό σκαπτικό με μειωμένη κατά 19,2% και τέλος η ακαλλιέργεια με μειωμένη απόδοση κατά 28,4%. Ως συνέπεια του μεγαλύτερου ποσοστού συγκομιζομένων καρυδιών, η απόδοση ήταν κατανομημένη κατά μεγαλύτερο ποσοστό στο πρώτο χέρι για τη συμβατική μέθοδο και την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή (πίνακας 3.5.3.1). Αντίθετα, οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας, έδωσαν μια σχετικά υψηλότερη απόδοση στο δεύτερο χέρι. Η ανάλυση των δεδομένων δεν έδειξε στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις του παράγοντα “κατεργασία” με τους παράγοντες “περιοχή” και “αμειψισπορά” (πίνακας 3.5.3.1).

Μετά την εκκόκκιση των καρυδιών διαπιστώθηκε ότι την υψηλότερη απόδοση σε ίνα έδωσε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή ενώ σε σπόρο την έδωσε και πάλι η συμβατική κατεργασία (πίνακας 3.5.3.2). Οι διαφορές ωστόσο δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές. Όπως διαπιστώνεται και από τον υπολογισμό της αναλογίας ίνας / σπόρου, τα καρύδια στη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή είχαν μια μεγαλύτερη κατανομή του βάρους τους σε ίνα. Ως προς το μέσο βάρος των καρυδιών δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές (πίνακας 3.5.3.2).

Από την σύγκριση τέλος των δυο συστημάτων αμειψισποράς (πίνακας 3.5.3.1 & 3.5.3.2) δεν προκύπτουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ούτε στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις με τις μεθόδους κατεργασίας.



Σχήμα 3.5.3.8. Απόδοση του σύσπορου βαμβακιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1997. Σ = συμβατική κατεργασία, ΒΚ = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρείται από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης).

Πίνακας 3.5.3.2. Στοιχεία παραγωγής του βαμβακιού για το 1997

1997	μέσο βάρος καρυδιών g / καρύδι			βάρος ίνας	βάρος σπόρου	ποσοστό ίνας	
	Α' χέρι	Β' χέρι	ΣΜΒΚ	(kg / στρ.)	(kg / στρ.)	%	
CV (%)	6,2	14,7	5,9	11,6	10,8	3,9	
περιοχή	αγρός 1	3,44	3,16	3,36	126,3	209,9	37,6
	αγρός 2	3,27	3,07	3,22	115,1	184,1	38,4
		*	ns	*	**	ns	
αμειψ	σιτάρι - βαμβάκι	3,23	3,03	3,19	123,5	221,6	35,8
	βαμβάκι - βαμβάκι	3,79	3,16	3,64	136,4	226,5	37,6
		ns	ns	ns	ns	ns	
κατεργασία	συμβατική κατεργασία	3,30	3,17	3,27	129,5	226,3	36,5
	βαρύς καλλιεργητής	3,47	3,32	3,43	133,6	204,0	39,5
	περιστροφικό σκαπτικό	3,24	2,93	3,17	109,2	178,1	37,9
	δισκοσβάρνα	3,43	3,05	3,30	110,5	179,4	38,1
	ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	2,97	3,29	3,09	92,1	162,4	36,3
		ns	ns	**	**	**	
	LSD (P = 95%)	-	-	-	14,7	22,2	1,6
	LSD (P = 99%)	-	-	-	20,2	30,5	2,1
αλληλ	περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	αμειψισπ X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

σ_t^2 = ποσοστό από τη συνολική φαινοτυπική διακύμανση που οφείλεται στον παράγοντα της κατεργασίας

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P= 95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.

ΣΜΒΚ = συνολικό μέσο βάρος καρυδιών

1998

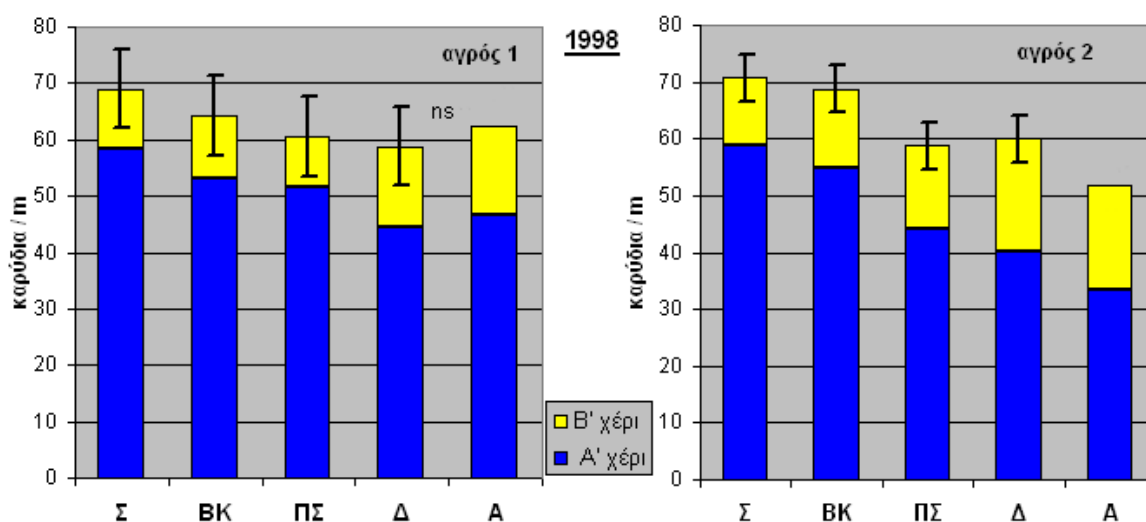
Η συγκομιδή κατά το δεύτερο έτος του πειράματος πραγματοποιήθηκε και πάλι σε δυο χέρια, το πρώτο στις 2/10 και το δεύτερο στις 14/10. Η στατιστική επεξεργασία του αριθμού των συγκομιζόμενων καρυδιών ανά μέτρο γραμμής ανέδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ των κατεργασιών τόσο στον συνολικό αριθμό των συγκομιζόμενων καρυδιών, όσο και στον αριθμό των καρυδιών που συγκομίστηκαν σε κάθε χέρι χωριστά (πίνακας 3.5.3.3).

Πίνακας 3.5.3.3. Στοιχεία παραγωγής του βαμβακιού για το 1998

1998	αριθμός συγκομιζόμενων καρυδιών (καρύδια / m)			καρύδια %	απόδοση σύσπορου βαμβακιού (kg / στρ.)			απόδοση %	
	A' χέρι	B' χέρι	σύνολο	A' χέρι	A' χέρι	B' χέρι	σύνολο	A' χέρι	
CV (%)	13,6	28,5	11,2	7,2	13,2	27,2	10,7	6,9	
περιοχή	αγρός 1	51,9	11,3	63,1	82,1	212,8	44,8	257,6	82,5
	αγρός 2	49,6	15,0	64,6	76,9	215,4	54,3	269,7	79,7
		ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns
κατεργασία	συμβατική κατεργασία	58,6	11,3	69,9	84,1	259,2	43,0	302,2	85,9
	βαρύς καλλιεργητής	54,1	12,4	66,5	81,6	234,4	48,8	283,2	82,9
	περιστροφικό σκαπτικό	47,8	11,9	59,6	80,4	186,3	45,3	231,6	81,0
	δισκοσβάρνα	42,4	17,0	59,4	71,8	176,4	61,1	237,5	74,6
	ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	40,0	17,0	57,0	69,7	160,9	60,5	221,4	72,4
		**	*	*	**	**	ns	**	**
LSD (P = 95%)	7,2	3,9	7,5	6,0	29,8	-	29,7	5,8	
LSD (P = 99%)	9,9	-	-	8,2	40,8	-	40,7	8,0	
περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης σ_t^2 = ποσοστό από τη συνολική φαινοτυπική διακύμανση που οφείλεται στον παράγοντα της κατεργασίας

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P= 95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.



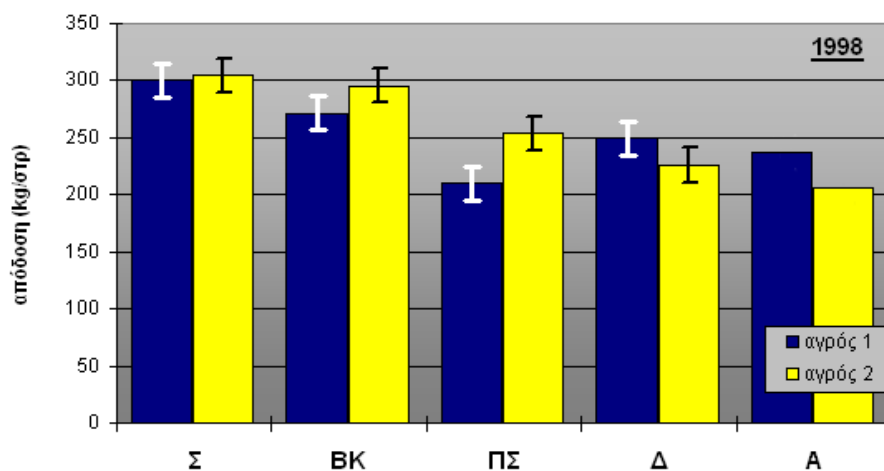
Σχήμα 3.5.3.9. Αριθμός συγκομιζόμενων καρυδιών ανά μέτρο γραμμής για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998. Σ = συμβατική κατεργασία, ΒΚ = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια. (Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρείται από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης).

Κατά το πρώτο χέρι, στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή συγκομίστηκε σημαντικά μεγαλύτερος αριθμός καρυδιών σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους κατεργασίας του εδάφους. Κατά το δεύτερο χέρι όμως, τα περισσότερα καρύδια ανά μέτρο γραμμής συγκομίστηκαν στις μεθόδους της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας. Εξετάζοντας το ποσοστό των καρυδιών που συλλέχθηκε στο πρώτο χέρι σε σχέση με τον συνολικό αριθμό των καρυδιών που συγκομίστηκαν σε κάθε μεταχείριση (πίνακας 3.5.3.3) διαπιστώνεται ότι στις μεθόδους της δισκοσβάρνας συγκομίστηκε ένα σημαντικά μικρότερο ποσοστό. Το ίδιο παρατηρείται και για την μέθοδο της ακαλλιέργειας αν και η μεταχείριση εξαιρείται από την στατιστική ανάλυση. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει μια οψίμηση της παραγωγής. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατά το πρώτο χέρι συλλέχθηκε στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας. Συνολικά, και στα δυο χέρια, τα περισσότερα καρύδια συγκομίστηκαν στη συμβατική μέθοδο κατεργασίας και στη συνέχεια στη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή (σχήμα 3.5.3.9).

Εξετάζοντας την απόδοση της καλλιέργειας (πίνακας 3.5.3.3) διαπιστώνεται ότι κατά το πρώτο χέρι, την υψηλότερη παραγωγή σε σύσπορο βαμβάκι έδωσαν η συμβατική κατεργασία και η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή. Κατά το δεύτερο χέρι ωστόσο, την υψηλότερη απόδοση έδωσαν η μέθοδος της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας καθώς στις μεθόδους αυτές υπήρχε οψίμηση της παραγωγής. Και για τα δυο χέρια συνολικά, την υψηλότερη απόδοση έδωσαν η συμβατική κατεργασία (302 kg/στρ) και η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή (283 kg/στρ). Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία η μέθοδος της δισκοσβάρνας εμφάνισε μειωμένη απόδοση κατά 21,4%, η μέθοδος του περιστροφικού σκαπτικού μειωμένη κατά 23,4% και η μέθοδος της ακαλλιέργειας μειωμένη κατά 26,7% (σχήμα 3.5.3.16). Να σημειωθεί ότι όπως και στο πρώτο έτος, για τον υπολογισμό της απόδοσης συλλέχθηκαν όλα τα καρύδια από τα φυτά (ακόμη και αυτά που δεν είχαν ανοίξει).

Η εξέταση της αλληλεπίδρασης, αποδεικνύει επίσης διαφοροποίηση της απόδοσης μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους για τους δυο πειραματικούς αγρούς. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.5.3.10, η μέθοδος του περιστροφικού σκαπτικού έδωσε χειρότερη παραγωγή στον πειραματικό αγρό 1.

Εξετάζοντας το μέσο βάρος των καρυδιών διαπιστώνεται ότι η μέθοδος του περιστροφικού σκαπτικού είχε επηρεάσει δυσμενώς την θρέψη. Η στατιστική ανάλυση όμως δεν ανέδειξε σημαντικές διαφορές (πίνακας 3.5.3.4). Σημαντικές διαφορές ωστόσο διαπιστώθηκαν στην κατανομή του βάρους με τα καρύδια στη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής κατεργασίας να εμφανίζουν μεγαλύτερο ποσοστό ίνας. Κατά συνέπεια οι διαφορές στην απόδοση ίνας μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας ήταν μεγαλύτερες.



Σχήμα 3.5.3.10. Απόδοση σύσπορου βαμβακιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1998. (Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρείται από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης).

Πίνακας 3.5.3.4. Στοιχεία παραγωγής του βαμβακιού για το 1998

1998	μέσο βάρος καρυδιών g / καρύδι			βάρος ίνας	βάρος σπόρου	ποσοστό ίνας	
	A' χέρι	B' χέρι	ΣΜΒΚ	(kg / στρ.)	(kg / στρ.)	%	
CV (%)	14,6	12,4	12,6	9,7	11,7	2,8	
περιοχή	αγρός 1	4,15	4,00	4,11	102,0	155,6	39,6
	αγρός 2	4,33	3,63	4,17	109,0	160,7	40,4
		ns	*	ns	ns	ns	ns
κατεργασία	συμβατική κατεργασία	4,45	3,84	4,35	122,0	180,2	40,4
	βαρύ καλλιεργητή	4,34	3,95	4,27	115,5	167,7	40,9
	περιστροφικό σκαπτικό	3,96	3,81	3,90	92,4	139,2	40,0
	δισκοσβάρνα	4,23	3,66	4,04	92,1	145,4	38,9
	ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	4,08	3,64	3,90	87,1	134,3	39,3
	ns	ns	ns	**	**	*	
LSD (P = 95%)	-	-	-	10,7	19,5	1,2	
LSD (P = 99%)	-	-	-	14,7	26,7	-	
περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης σ_t^2 = ποσοστό από τη συνολική φαινοτυπική διακύμανση που οφείλεται στον παράγοντα της κατεργασίας

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P= 95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.
ΣΜΒΚ = συνολικό μέσο βάρος καρυδιών

1999

Κατά το τρίτο έτος η συγκομιδή έγινε στις 22/9 και 10/10/99. Όπως και την προηγούμενη χρονιά, τα περισσότερα καρύδια στο πρώτο χέρι, συγκομίστηκαν στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή (σχήμα 3.5.3.11). Κατά το δεύτερο χέρι ωστόσο, ο μεγαλύτερος αριθμός των καρυδιών συλλέχθηκε στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας. Το γεγονός αυτό φανερώνει ότι υπήρχε και πάλι μια οψίμηση της παραγωγής στις πιο πάνω μεταχειρίσεις. Εξετάζοντας το ποσοστό των καρυδιών που συλλέχθηκαν στο πρώτο χέρι σε σχέση με τον συνολικό αριθμό των καρυδιών που συγκομίστηκαν σε κάθε μεταχείριση (πίνακας 3.5.3.5) διαπιστώνεται ότι στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή το 92% των καρυδιών συλλέχθηκε κατά το πρώτο χέρι. Οι ξηρές και θερμές καιρικές συνθήκες που επικράτησαν μέσα στο Σεπτέμβριο κατά τη χρονιά αυτή, βοήθησαν στο ταχύτερο άνοιγμα των καρυδιών. Στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας ωστόσο υπήρχε μια σημαντική οψίμηση και κατά το πρώτο χέρι συλλέχθηκε το 78 – 80% των καρυδιών. Τέλος, στην μέθοδο της ακαλλιέργειας η οψίμηση της παραγωγής ήταν πολύ μεγαλύτερη και κατά το πρώτο χέρι συγκομίστηκε μόλις το 68% των συνολικών καρυδιών. Η οψίμηση αυτή πιθανόν να οφείλεται στην υψηλότερη σχετική υγρασία που επικρατούσε στο περιβάλλον της φυτείας. Είναι γεγονός ότι, παρά τα σκαλίσματα που πραγματοποιήθηκαν, στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας υπήρχε αυξημένος αριθμός ζιζανίων. Τα ζιζάνια αυτά αφενός επέφεραν αύξηση της πυκνότητας της υπέργειας βλάστησης με αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενός μικροκλίματος όπου η διακίνηση του αέρα ήταν περιορισμένη και επομένως υπήρχε εγκλωβισμός της υγρασίας της ατμόσφαιρας και αφ' ετέρου, με την λειτουργία της διαπνοής, αντλούσαν νερό από το έδαφος και προκαλούσαν περαιτέρω αύξηση της σχετικής υγρασίας στο υπέργειο περιβάλλον.

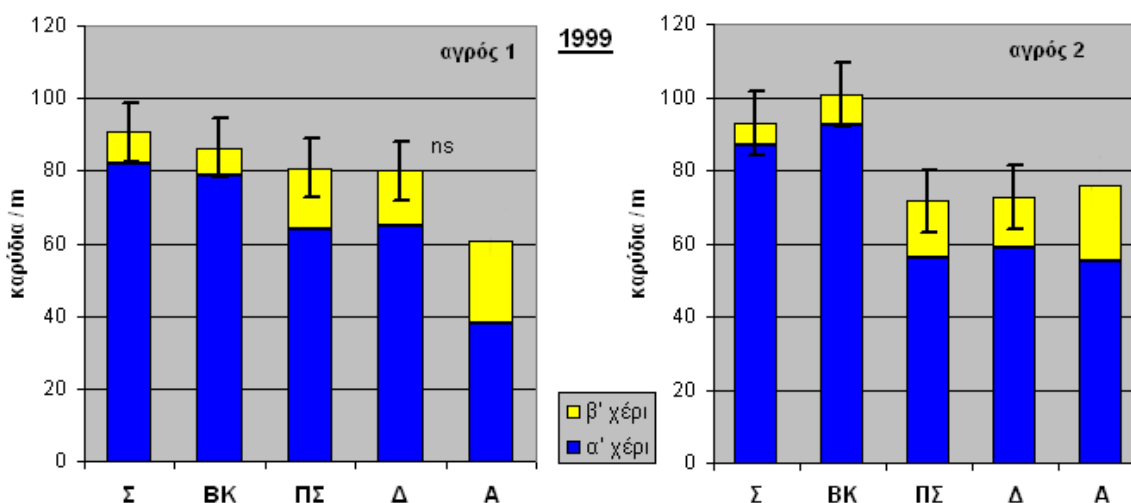
Πίνακας 3.5.3.5. Στοιχεία παραγωγής του βαμβακιού για το 1999

1999	αριθμός συγκομιζόμενων καρυδιών (καρύδια / m)			καρύδια %	απόδοση σύσπορου βαμβακιού (kg / στρ.)			απόδοση %	
	A' χέρι	B' χέρι	σύνολο	A' χέρι	A' χέρι	B' χέρι	σύνολο	A' χέρι	
CV (%)	14,6	39,9	12,5	6,8	12,3	38,7	12,9	4,9	
περιοχή	αγρός 1	72,4	12,1	84,4	85,3	254,3	32,1	286,4	88,4
	αγρός 2	73,6	10,9	84,5	86,0	238,2	32,7	270,9	87,0
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
κατεργασία	συμβατική κατεργασία	84,4	7,5	91,9	91,8	302,9	24,6	327,5	92,7
	βαρύς καλλιεργητής	85,6	7,9	93,5	91,6	293,2	25,2	318,4	92,2
	περιστροφικό σκαπτικό	60,0	16,1	76,1	78,3	195,0	39,1	234,2	82,7
	δισκοσβάρνα	61,9	14,5	76,4	80,9	193,9	40,6	234,5	83,0
	ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	46,6	21,8	68,4	68,4	127,1	54,1	181,1	69,6
		**	**	**	**	*	**	**	
LSD (P = 95%)	11,2	4,8	11,0	6,2	31,9	13,2	37,8	4,5	
LSD (P = 99%)	15,3	6,6	15,1	8,4	43,7	-	51,8	6,2	
περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

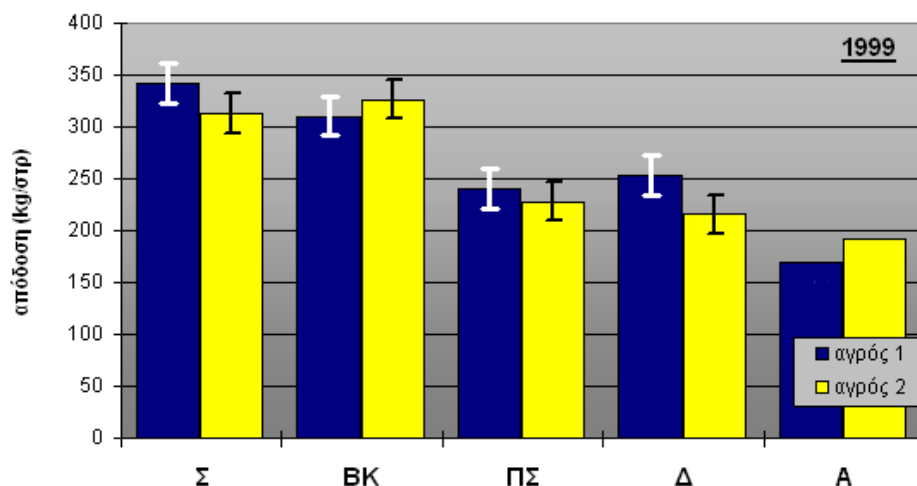
⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης σ_t^2 = ποσοστό από τη συνολική φαινοτυπική διακύμανση που οφείλεται στον παράγοντα της κατεργασίας

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P= 95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.

Από την σύγκριση του συνολικού αριθμού των καρυδιών (α' & β' χέρι) που συγκομίστηκε σε κάθε μεταχείριση προκύπτει ότι τα περισσότερα καρύδια (93,5 καρ/m) παρήχθησαν στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή (πίνακας 3.5.3.5). Ακολουθεί με μικρή, μη σημαντική διαφορά η μέθοδος της συμβατικής κατεργασίας (91,9 καρ/m) και έπονται με σημαντική διαφορά οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας (76,1 και 76,4 καρ/m αντίστοιχα). Τα λιγότερα συνολικά καρύδια συλλέχθηκαν από την ακαλλιέργεια (68,4 καρ/m). Στον αγρό 1 οι διαφορές δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές ενώ στον αγρό 2 οι μέθοδοι της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή διέφεραν σημαντικά από τις υπόλοιπες μεθόδους (σχήμα 3.5.3.11).



Σχήμα 3.5.3.11. Αριθμός συγκομιζόμενων καρυδιών ανά μέτρο γραμμής για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999. (Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρείται από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης).



Σχήμα 3.5.3.12. Απόδοση σύσπορου βαμβακιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στις δυο περιοχές κατά το 1999. (Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρείται από την ανάλυση της παραλλακτικότητας).

Ακολουθώντας τις τάσεις που διαπιστώθηκαν για την αριθμό των συγκομιζόμενων καρυδιών, κατά το πρώτο χέρι, η υψηλότερη απόδοση (≈ 300 kg/στρ) σε σύσπορο βαμβάκι σημειώθηκε στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή (πίνακας 3.5.3.5). Με περίπου 100 kg/στρ λιγότερο ακολουθούσαν οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας ενώ στην μέθοδο της ακαλλιέργειας η απόδοση στο πρώτο χέρι ήταν 127 kg/στρ. Κατά το δεύτερο χέρι ωστόσο στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή συλλέχθηκαν περίπου 25 kg/στρ, τον περιστροφικό καλλιεργητή και τη δισκοσβάρνα περίπου 40 kg/στρ και στην ακαλλιέργεια 50 kg/στρ σύσπορο βαμβάκι.

Πίνακας 3.5.3.6. Στοιχεία παραγωγής του βαμβακιού για το 1999

1999	μέσο βάρος καρυδιών g / καρύδι			βάρος ίνας	βάρος σπόρου	ποσοστό ίνας	
	A' χέρι	B' χέρι	ΣΜΒΚ	(kg / στρ.)	(kg / στρ.)	%	
CV (%)	11,2	23,0	10,2	12,5	13,6	3,2	
περιοχή	αγρός 1	3,51	2,90	3,38	112,6	173,8	39,0
	αγρός 2	3,22	3,01	3,18	108,4	162,5	39,9
	*	ns	ns	ns	ns	*	
κατεργασία	συμβατική κατεργασία	3,62	3,19	3,58	133,1	194,4	40,6
	βαρύς καλλιεργητής	3,44	3,17	3,42	129,9	188,4	40,9
	περιστροφικό σκαπτικό	3,26	2,61	3,08	90,1	144,0	38,5
	δισκοσβάρνα	3,14	2,84	3,05	88,7	145,8	37,9
	ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	2,77	2,81	2,70	70,9	110,3	39,0
	ns	ns	*	**	**	**	
LSD (P = 95%)	-	-	0,35	14,5	24,0	1,3	
LSD (P = 99%)	-	-	-	19,9	32,9	1,8	
περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης σ_t^2 = ποσοστό από τη συνολική φαινοτυπική διακύμανση που οφείλεται στον παράγοντα της κατεργασίας

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P= 95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.

ΣΜΒΚ = συνολικό μέσο βάρος καρυδιών

Με βάση την συνολική παραγωγή, την υψηλότερη απόδοση (327 kg/στρ) έδωσε και πάλι η συμβατική κατεργασία (σχήμα 3.5.3.12). Με ελαφρώς μειωμένη απόδοση (κατά 2,8%) ακολουθούσε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή και με σημαντικά μειωμένη (περίπου κατά 28,5%) οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας. Τέλος, την μικρότερη απόδοση (μειωμένη κατά 44,7%) έδωσε και πάλι η μέθοδος της ακαλλιέργειας. Μεταξύ των μεθόδων κατεργασίας και των δύο περιοχών δεν σημειώθηκε στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση (πίνακας 3.5.3.5).

Υπολογίζοντας το μέσο βάρος των καρυδιών (πίνακας 3.5.3.6) διαπιστώνεται ότι τόσο στο πρώτο όσο και στο δεύτερο χέρι, τα καλύτερα θρεμμένα καρύδια συλλέχθηκαν από την συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή και τα λιγότερο θρεμμένα από την ακαλλιέργεια. Διαφορές διαπιστώθηκαν επίσης και στην αναλογία σπόρου και ίνας με τα καρύδια στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή να εμφανίζουν υψηλότερα ποσοστά ίνας.

Συνδυασμένη ανάλυση

Ακολουθήθηκε η προσέγγιση που εφαρμόστηκε για την συνδυασμένη ανάλυση των άλλων δύο καλλιεργειών. Οι συνδυασμοί των ετών και των περιοχών θεωρήθηκαν ως έξι διαφορετικά περιβάλλοντα. Οι τέσσερις μέθοδοι κατεργασίας εκφράστηκαν ως επί τοις εκατό της συμβατικής και στην συνέχεια τα ποσοστά μετατράπηκαν σε πραγματικές μονάδες. Για το πρώτο έτος όπου εκτός από τις πέντε κατεργασίες υπήρχαν και δύο συστήματα αμεινισποράς υπολογίστηκε ο μέσος όρος για κάθε μεταχείριση. Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την στατιστική ανάλυση.

Εξετάζοντας τον μέσο πληθυσμό της φυτείας διαπιστώνεται ότι δεν σημειώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις των μεθόδων κατεργασίας με τα έξι διαφορετικά περιβάλλοντα δοκιμασίας (πίνακας 3.5.3.7). Στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας και ιδίως στην ακαλλιέργεια ο πληθυσμός που επιτεύχθηκε ήταν σημαντικά μειωμένος. Το στοιχείο αυτό αποτελούσε μια κύρια αιτία για την μείωση της παραγωγής ιδίως στην ακαλλιέργεια.

Πίνακας 3.5.3.7. Στοιχεία ανάπτυξης και παραγωγής του βαμβακιού για τα τρία έτη του πειράματος

	φυτά / στρ	ύψος (cm)	αριθμός συγκομιζομ. καρυδιών (καρύδια / m)		απόδοση σύσπορου βαμβακιού (kg / στρ.)		
			A'+B' χέρι	A' χέρι	A'+B' χέρι	A' χέρι	
CV (%)	13,7	10,2	10,9	6,8	23,2	11,3	5,7
συμβατική κατεργασία	13.875	85,9	90,2	86,1	6,8	329	87,3
βαρύς καλλιεργητής	12.877	79,7	86,9	86,6	7,2	316	87,6
περιστροφικό σκαπτικό	10.132	71,1	76,0	78,8	8,3	251	81,0
δισκοσβάρνα	10.935	69,0	75,8	74,6	7,7	256	77,1
ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	8.368	63,5	70,3	68,9	9,3	219	69,5
	**	**	**	**	*	**	**
LSD (P = 95%)	946	4,5	5,2	3,2	1,0	19	2,7
LSD (P = 99%)	1.260	6,0	6,9	4,3	1,3	25	3,7
περιβ Χ κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
σ_t^2 (%)	96,7	94,5	91,6	94,5	81,2	96,5	94,9

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

σ_t^2 = ποσοστό από τη συνολική φαινοτυπική διακύμανση που οφείλεται στον παράγοντα της κατεργασίας

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P= 95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%,

ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.

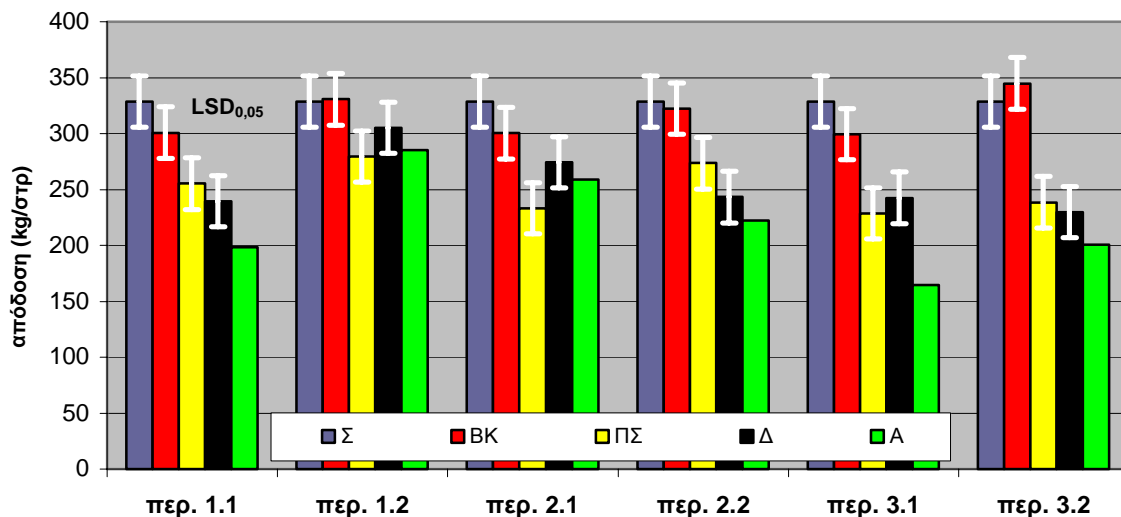
Το βαμβάκι, όπως και το καλαμπόκι, έχει σπόρους με σχετικά μεγάλο μέγεθος ο οποίος κατά την σπορά θα πρέπει να τοποθετηθεί σε ένα βάθος 4-5 cm για να εξασφαλίσει την υγρασία που του χρειάζεται για να φυτρώσει. Παρόλο που όταν επικρατούσαν ξηρικές συνθήκες ευνοούνταν οι μέθοδοι που διατηρούσαν ένα υψηλότερο επίπεδο εδαφικής υγρασίας, δηλαδή το περιστροφικό σκαπτικό και η δισκοσβάρνα, με την ολοκλήρωση του φυτρώματος, οι υψηλότεροι πληθυσμοί υπήρχαν στην συμβατική κατεργασία και στην συνέχεια στον βαρύ καλλιεργητή. Αυτό ίσχυε και για τα έξι περιβάλλοντα όπου έγινε η δοκιμασία. Στις δύο αυτές μεταχειρίσεις το έδαφος ήταν πιο χαλαρό και η μηχανή τοποθετούσε το σπόρο σε ένα μεγαλύτερο βάθος όπου η υγρασία ήταν πιο ομοιόμορφη. Επιπλέον, η χαλαρή επιφάνεια πιθανόν να διευκόλυne την έξοδο των κοτυληδόνων ιδίως στον ιλλο-αργιλώδη αγρό όπου το πρόβλημα της σύσφιξης του εδάφους ήταν πιο έντονο. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας, αν και το έδαφος διατηρούσε το υψηλότερο επίπεδο υγρασίας η συμβατική σπαρτική δεν μπορούσε να διεισδύσει στο απαραίτητο βάθος ούτε σκέπαζε αποτελεσματικά τον σπόρο. Για το λόγο αυτό το φύτευμα παρουσίαζε την μικρότερη επιτυχία.

Η συνδυασμένη ανάλυση του τελικού ύψους των φυτών απέδειξε ότι οι διαφορές που διαπιστώθηκαν για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας σε κάθε έτος ξεχωριστά, ήταν στατιστικώς σημαντικές και για το σύνολο της περιόδου (πίνακας 3.5.3.7). Η αλληλεπίδραση που διαπιστώθηκε με τα έξι περιβάλλοντα αφορά διαφορές τάξης μεγέθους και μπορεί να αγνοηθεί καθώς οι διαφορές μεταξύ των κατεργασιών αντιπροσωπεύουν το 94,5% της συνολικής φαινοτυπικής παραλλακτικότητας. Τα πιο υψηλόσωμα φυτά αναπτύχθηκαν στην συμβατική κατεργασία. Η βαθιά χαλαρωμένη επιφάνεια του εδάφους συνέβαλε ουσιαστικά σε αυτό. Τα βαμβακόφυτα στο οργωμένο έδαφος ανέπτυξαν ένα πλούσιο και βαθύ ριζικό σύστημα (οπτική διαπίστωση) το οποίο ήταν πιο αποτελεσματικό στην πρόσληψη νερού και θρεπτικών στοιχείων. Αντίθετα, στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας, η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος ήταν σημαντικά περιορισμένη (τόσο σε βάθος, όσο και σε έκταση). Το γεγονός αυτό είχε αρνητική επίδραση στην θρέψη των φυτών και κατά συνέπεια, στην βλαστική ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος. Εξαιρεση αποτελεί η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή όπου το μεγάλο βάθος κατεργασίας σε συνδυασμό με το υψηλότερο βαθμό χαλάρωσης του εδάφους βοήθησε στην ανάπτυξη φυτών λίγο κοντύτερων από αυτά στην συμβατική κατεργασία.

Οι διαφορές που προέκυψαν στην βλαστική ανάπτυξη είχαν άμεση επίπτωση στην αναπαραγωγική. Στην συμβατική κατεργασία συγκομίστηκαν περισσότερα καρύδια ανά μέτρο γραμμής και με μικρή διαφορά ακολούθησε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή (πίνακας 3.5.3.7). Οι διαφορές αυτές ίσχυαν σταθερά και για τα έξι περιβάλλοντα που έγινε η δοκιμασία (δεν διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις).

Εκτός από την διαφοροποίηση στον αριθμό των συγκομιζόμενων καρυδιών, διαφορές διαπιστώθηκαν και στην πρωιμότητα καθώς στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή ένα μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου 86%) από τον συνολικό αριθμό των καρυδιών συγκομίστηκε κατά το πρώτο χέρι (πίνακας 3.5.3.7). Αντίθετα στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας υπήρχε μια σημαντική οψίμηση της παραγωγής. Και για αυτό το χαρακτηριστικό, η συνδυασμένη ανάλυση δεν ανέδειξε στατιστικώς σημαντικές αλληλεπιδράσεις των κατεργασιών με τα έξι περιβάλλοντα.

Εξετάζοντας την απόδοση διαπιστώνεται ότι παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των κατεργασιών (πίνακας 3.5.3.7). Η συμβατική κατεργασία έδωσε την υψηλότερη απόδοση που κατά μέσο όρο ήταν 329 kg/στρ. Ακολουθεί η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή με 4,7% μειωμένη απόδοση, οι μέθοδοι της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού σκαπτικού με 22,7% και 23,6% μειωμένη απόδοση ενώ τελευταία ήταν η ακαλλιέργεια με 33,3% μειωμένη απόδοση.



Σχήμα 3.5.3.13. Απόδοση του σύσπορου βαμβακιού για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας στα έξι περιβάλλοντα. (Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρείται από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης).

Η βελτιωμένη απόδοση στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή οφείλονταν αφ' ενός στον μεγαλύτερο αριθμό των συγκομιζόμενων καρυδιών και αφ' ετέρου, στα καλύτερα θρεμμένα καρύδια. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί από τον πίνακα 3.5.3.8 το μέσο βάρος των καρυδιών στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή ήταν πολύ μεγαλύτερο.

Διαφορές τέλος υπήρξαν και για το ποσοστό σπόρου και ίνας με την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής κατεργασίας να εμφανίζουν μεγαλύτερη αναλογία ίνας (πίνακας 3.5.3.8). Για το χαρακτηριστικό αυτό ωστόσο οι μέθοδοι κατεργασίας παρουσίαζαν σημαντική αλληλεπίδραση με τα έξι περιβάλλοντα επιβάλλοντας την περαιτέρω διερεύνηση του θέματος για να εξακριβωθεί τι ακριβώς συμβαίνει.

Πίνακας 3.5.3.8. Στοιχεία παραγωγής του βαμβακιού για τα τρία έτη του πειράματος

	μέσο βάρος καρυδιών g / καρύδι			βάρος ίνας	βάρος σπόρου	ποσοστό ίνας
	Α' χέρι	Β' χέρι	ΣΜΒΚ	(kg / στρ.)	(kg / στρ.)	%
CV (%)	11,8	16,6	10,2	11,3	11,8	3,3
συμβατική κατεργασία	3,79	3,40	3,73	128,2	200,3	39,2
βαρύς καλλιεργητής	3,80	3,51	3,74	127,5	189,5	40,5
περιστροφικό σκαπτικό	3,54	3,14	3,43	97,3	154,5	38,9
δισκοσβάρνα	3,66	3,24	3,52	97,8	158,5	38,4
ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	3,30	3,33	3,25	84,5	137,4	38,3
	ns	ns	**	**	**	**
LSD (P = 95%)	0,25	0,32	0,21	7,4	12,0	0,8
LSD (P = 99%)	0,34	0,42	0,28	9,8	16,0	1,0
περιβ Χ κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	**
σ _t ² (%)	18,8	65,5	64,5	96,3	96,2	73,5

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

σ_t² = ποσοστό από τη συνολική φαινοτυπική διακύμανση που οφείλεται στον παράγοντα της κατεργασίας

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=95%, ** = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=99%, ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.

ΣΜΒΚ = συνολικό μέσο βάρος καρυδιών

Συζήτηση

Φύτρωμα

Τα αποτελέσματα από το φύτρωμα των τριών καλλιεργειών δεν παρουσίαζαν σταθερότητα μεταξύ των τριών ετών και εξαρτώνταν κυρίως από τις ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούσαν την κάθε χρονιά.

Κατά το πρώτο έτος του πειράματος, η σπορά των τεύτλων πραγματοποιήθηκε στο τρίτο δεκαήμερο του Μαρτίου ενώ του καλαμποκιού στο πρώτο και του βαμβακιού στο δεύτερο δεκαήμερο του Απριλίου. Ενώ το φύτρωμα του βαμβακιού και του καλαμποκιού εξελίχθηκε σχεδόν κατά τον ίδιο τρόπο στις δυο περιοχές, το φύτρωμα των τεύτλων διαφοροποιήθηκε σημαντικά στους δυο πειραματικούς αγρούς.

Στον αγρό 1 όπου υπήρχε η αμειψισπορά "σιτάρι - τεύτλα", το πρωιμότερο φύτρωμα και τελικά οι υψηλότεροι πληθυσμοί παρατηρήθηκαν στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή. Το φύτρωμα των τεύτλων στην μέθοδο της ακαλλιέργειας υστέρησε σημαντικά έναντι των υπολοίπων μεταχειρίσεων, δίνοντας τελικά μικρότερο αριθμό φυτών ανά μέτρο γραμμής. Η παραπάνω συμπεριφορά οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την σπορά, τα τεμάχια της ακαλλιέργειας μετά από σιτάρι, παρουσίαζαν αυξημένο όγκο φυτικών υπολειμμάτων από την προηγούμενη καλλιέργεια, καθώς και αυξημένο πληθυσμό ζιζανίων που είχαν φυτρώσει κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Οι φυτικοί αυτοί ιστοί δυσχέραιναν την ομαλή λειτουργία των μηχανισμών διάνοιξης της αυλακιάς της συμβατικής σπαρτικής, με αποτέλεσμα μεγάλο ποσοστό του σπόρου να μην φτάσει στο έδαφος και να παραμείνει επάνω στους φυτικούς ιστούς. Επιπλέον τα φυτικά υπολείμματα δυσχέραιναν την λειτουργία των μηχανισμών επικάλυψης του σπόρου της συμβατικής σπαρτικής με αποτέλεσμα, ακόμη και όταν ο σπόρος τοποθετούνταν στο έδαφος να παραμένει συνήθως ακάλυπτος μέσα σε μια ρηχή αυλακιά και να μην φυτρώσει. Μια τρίτη πιθανή αιτία για το μειωμένο φύτρωμα είναι το γεγονός τα υπό αποσύνθεση φυτικά υπολείμματα του σιταριού να παρήγαγαν ουσίες όπως το οξικό οξύ οι οποίες δρούσαν τοξικά στα νεαρά φυτά της καλλιέργειας. Οι Gemtos *et al.* (1998) αναφέρουν τέτοιου είδους φαινόμενα στην απ' ευθείας σπορά του σιταριού σε περιοχές της κεντρικής Ελλάδας. Η χρήση μιας σπαρτικής μηχανής κατάλληλης για σπορά σε ακαλλιέργητο έδαφος σε αυτή την περίπτωση ενδεχομένως να έδιδε εντελώς διαφορετικά αποτελέσματα. Για το λόγο αυτό η ανεπιτυχής εγκατάσταση της καλλιέργειας δεν μπορεί να αποδοθεί στην εφαρμοζόμενη μέθοδο αλλά στην μη χρησιμοποίηση του κατάλληλου εξοπλισμού. Όπως όμως αναφέρθηκε και στα υλικά και μέθοδοι, η μέθοδος της ακαλλιέργειας εφαρμόστηκε κυρίως για να εξεταστούν τα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους κάτω από μια ακραία μεταχείριση.

Στον πειραματικό αγρό 2 ωστόσο η χρήση της κοινής σπαρτικής μηχανής για την σπορά των ζαχαροτεύτλων έδωσε πολύ καλύτερα αποτελέσματα. Το φύτρωμα στην ακαλλιέργεια παρουσίαζε μία συνεχή υπεροχή εμφανίζοντας τελικά τα περισσότερα φυτά ανά μέτρο γραμμής. Την αραιότερη φυτεία έδωσε η συμβατική κατεργασία. Αιτία για την διαφοροποίηση αυτή αποδείχτηκε το διαφορετικό σύστημα αμειψισποράς. Στον αγρό 2 κατά το πρώτο έτος υπήρχε η αμειψισπορά "βαμβάκι - τεύτλα". Στην αμειψισπορά αυτή ο όγκος των φυτικών υπολειμμάτων του βαμβακιού ήταν μικρός γεγονός που απάλλαξε την μέθοδο της ακαλλιέργειας από τα προβλήματα που υπήρχαν στον αγρό 1 εξαιτίας της παρουσίας της καλαμιάς. Επιπλέον, καθώς το έδαφος στην ακαλλιέργεια διατηρούσε ένα σταθερά υψηλότερο επίπεδο υγρασίας βοήθησε στην συνεχή παροχή των σπόρων με νερό κατά την διάρκεια της λειτουργίας του φυτρώματος. Οι Sidoras *et al.* (1982) αναφέρουν ότι στην

περίπτωση της απ' ευθείας σποράς το φύτευμα του σιταριού υπερείχε κατά 19,2% και των φασολιών κατά 25,3% έναντι της σποράς σε κατεργασμένο έδαφος εξαιτίας του υψηλότερου επιπέδου υγρασίας που διατηρούσε το ακαλλιέργητο έδαφος. Οι Cooke and Scott (1993) αναφέρουν ότι οι Hakansson and Von Polgar το 1984 και ο Heinonen το 1985 διαπίστωσαν ότι η απορρόφηση της εδαφικής υγρασίας από τους σπόρους βελτιώνεται όταν αυτοί κείτονται πάνω σε μια μη κατεργασμένη επιφάνεια του εδάφους και πάνω από τους σπόρους υπάρχει ένα λεπτό στρώμα ψιλοχωματισμένης γης. Ο ρόλος της ακατέργαστης επιφάνειας έγκειται στο να διατηρεί διαρκώς υγρή την σποροκλίνη, ακόμη και σε περιόδους ξηρασίας, μέσω φαινομένων τριχοειδούς ανύψωσης του νερού από τα βαθύτερα στρώματα. Θα πρέπει όμως να τονιστεί ότι παρά την επίτευξη ενός υψηλότερου πληθυσμού για την ακαλλιέργεια, η κατανομή των φυτών επάνω στην γραμμή σποράς παρουσίαζε μεγάλη ανομοιομορφία. Αυτό συνέβη διότι κατά την σπορά οι σπόροι δεν τοποθετούνταν μέσα στο έδαφος και συχνά παρασύρονταν από την σπαρτική σε θέσεις ακόμη και εκτός της γραμμής σποράς. Αυτό στην συνέχεια προκάλεσε προβλήματα τόσο συναγωνισμού μεταξύ των φυτών της καλλιέργειας που βρίσκονταν πολύ κοντά όσο και προβλήματα ανταγωνισμού από τα ζιζάνια τα οποία έβρισκαν ελεύθερα διαστήματα στο χωράφι να αναπτυχθούν. Συνεπώς και σε αυτή την περίπτωση, η χρήση μιας σπαρτικής κατάλληλης για ακαλλιέργεια θα δημιουργούσε πολύ καλύτερες προϋποθέσεις για την περαιτέρω εξέλιξη της καλλιέργειας.

Αντίθετα με την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων, για τις καλλιέργειες του καλαμποκιού και του βαμβακιού κατά το πρώτο έτος διαπιστώθηκε μια παρόμοια εξέλιξη του φυτρώματος στις δυο περιοχές. Τα πρώτα φυτά εμφανίστηκαν στη συμβατική κατεργασία και στην συνέχεια στη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή ενώ στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και ιδίως στην μέθοδο της ακαλλιέργειας, η έναρξη του φυτρώματος καθυστέρησε και τελικά επιτεύχθηκαν σημαντικά μικρότεροι πληθυσμοί.

Το βάθος σποράς καθορίζεται από το μέγεθος του σπόρου, την εποχή της σποράς και τις συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας του εδάφους. Οι σπόροι του βαμβακιού και του καλαμποκιού όντας σημαντικά μεγαλύτεροι από αυτούς των τεύτλων, πρέπει να τοποθετηθούν σε ένα σημαντικά μεγαλύτερο βάθος για να φυτρώσουν. Στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή, όπου υπήρχε μια σημαντικά χαλαρότερη επιφάνεια, οι μηχανισμοί τοποθέτησης του σπόρου της σπαρτικής διείσδυαν βαθιά τοποθετώντας το σπόρο σε ένα ομοιόμορφο βάθος όπου εξασφάλισε την απαραίτητη ποσότητα νερού για να ξεκινήσει το φύτευμα. Αντίθετα στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας το έδαφος ήταν συνεκτικότερο και δεν επέτρεπε την επίτευξη ενός ομοιόμορφου βάθους σποράς. Ιδίως στην μέθοδο της ακαλλιέργειας όπου η επιφάνεια του εδάφους ήταν ακατέργαστη, οι μηχανισμοί διάνοιξης της αυλακιάς της συμβατικής σπαρτικής δεν μπορούσαν να διεισδύσουν στο επιθυμητό βάθος για την τοποθέτηση του σπόρου. Κατά συνέπεια οι σπόροι δεν μπορούσαν να εκμεταλλευτούν τα υψηλότερα επίπεδα υγρασίας που παρατηρήθηκαν στις εν λόγω μεθόδους μειωμένης κατεργασίας. Ιδίως για στην μέθοδο της ακαλλιέργειας, ένα μεγάλο ποσοστό του σπόρου παρέμεινε ακάλυπτο μέσα σε μια ανοικτή αυλακιά και δεν φύτεωσε. Η χρήση σπαρτικής κατάλληλη για ακαλλιέργεια και πάλι στην περίπτωση αυτή ενδεχομένως να έδιδε εντελώς αντίθετα αποτελέσματα. Οι Carter et al. (2002) επιχείρησαν την σπορά καλαμποκιού σε ακαλλιέργητο έδαφος χρησιμοποιώντας ειδική σπαρτική σε ένα ιδιαίτερα υγρό περιβάλλον στον Καναδά και δεν διαπίστωσαν διαφορές στο φύτευμα σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Ωστόσο οι Λιθουργίδης και Τσατσαρέλης (2003) που επιχείρησαν την απ' ευθείας σπορά του επίσπορου καλαμποκιού σε ακαλλιέργητο έδαφος χρησιμοποιώντας επίσης ειδική σπαρτική για ακαλλιέργεια διαπίστωσαν ότι το φύτευμα ήταν μειωμένο.. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στην ιδιαίτερα ξηρή επιφάνεια του εδάφους κατά την θερινή περίοδο σποράς η οποία δεν επέτρεπε την ικανοποιητική διείσδυση των μηχανισμών της σπαρτικής.

Η καλύτερη προσαρμογή των τεύτλων στα συστήματα αβαθούς κατεργασίας σε σχέση με τις καλλιέργειες του βαμβακιού και καλαμποκιού οφείλεται κατά ένα λόγο στο μέγεθος των σπόρων. Οι μικρού μεγέθους σπόροι των τεύτλων απαιτούσαν μικρό βάθος σποράς και είχαν πολύ μεγαλύτερη πιθανότητα να καλυφθούν ακόμα και σε ένα ελάχιστο θρυμματισμένο έδαφος. Αντίθετα οι σπόροι του βαμβακιού και του καλαμποκιού που ήταν πολύ μεγαλύτεροι έπρεπε να τοποθετηθούν σε ένα πολύ μεγαλύτερο βάθος το οποίο όταν δεν επιτυγχάνονταν είχαν πολύ μεγαλύτερες πιθανότητες να μείνουν ακάλυπτοι. Μια δεύτερη και ίσως σημαντικότερη αιτία είναι η διαφορετική περίοδος σποράς των καλλιεργειών. Τα τεύτλα σπέρνονται νωρίς την άνοιξη, όταν το έδαφος διατηρεί συνήθως ένα υψηλό επίπεδο υγρασίας ενώ το καλαμπόκι και ιδίως το βαμβάκι σπέρνονται αργά, όταν το έδαφος πολλές φορές είναι στεγνό και δεν διαθέτει τα απαραίτητα αποθέματα νερού για την ολοκλήρωση του φυτρώματος των σπόρων. Επιπλέον, οι καλλιεργητικές επεμβάσεις για την προετοιμασία της σποροκλίνης προκαλούν την απώλεια εδαφικής υγρασίας. Οι σπόροι του καλαμποκιού μπορούν να ανεχτούν χαμηλά επίπεδα υγρασίας (<5% κατά βάρος) για μέχρι και 18 ημέρες μετά την σπορά δίχως να παρουσιαστεί σημαντική απώλεια στο φύτευμα (Helms *et al.*, 1997). Όταν όμως η εδαφική υγρασία κυμανθεί σε επίπεδα επαρκή για την διάρρηξη του περιβλήματος, αλλά όχι ικανοποιητικά για την ολοκλήρωση της διαδικασίας του φυτρώματος, τότε αναμένονται να υπάρξουν απώλειες κατά το φύτευμα (Helms *et al.*, 1997).

Κατά το δεύτερο έτος η σπορά και των τριών καλλιεργειών έγινε περίπου την ίδια περίοδο (αρχές με μέσα Απριλίου). Η περίοδος αυτή θεωρείται όψιμη για τα τεύτλα και κανονική για το καλαμπόκι και το βαμβάκι. Ωστόσο, αν και η εξέλιξη του φυτρώματος διαφοροποιήθηκε μεταξύ των δυο αγρών, υπήρχε μια παρόμοια συμπεριφορά των τριών καλλιεργειών. Από τις μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας κατά την περίοδο του φυτρώματος διαπιστώνεται ότι υπήρχε μια εκτεταμένη περίοδος 20 περίπου ημερών μετά τη σπορά όπου η μέση σχετική υγρασία του εδάφους κυμαινόταν σε σχετικά χαμηλά επίπεδα (<8 % υγρού βάρους) που ήταν αποτρεπτικά για την έναρξη του φυτρώματος. Σύμφωνα με τους Cooke and Scott (1993), ο σπόρος των τεύτλων απαιτεί εδαφική υγρασία τουλάχιστον 6 - 7 % κατά βάρος, για την αποτελεσματική απορρόφηση νερού και την ολοκλήρωση της διαδικασίας του φυτρώματος.

Στις μεταχειρίσεις της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή αν και ο σπόρος είχε τοποθετηθεί σε μεγαλύτερο βάθος σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις, το φύτευμα καθυστέρησε να ξεκινήσει. Κατά το έτος αυτό, όπως αναφέρθηκε, η κατεργασία του εδάφους έγινε σε συνθήκες υγρασίας πάνω από το κατώτερο όριο πλαστικότητας του εδάφους και σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι πρωτογενείς επεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν περί τα τέλη Μαρτίου και μια εβδομάδα αργότερα έγινε η προετοιμασία της σποροκλίνης. Το γεγονός αυτό δεν επέτρεψε να δράσουν οι ευεργετικοί κύκλοι διόγκωσης - συρρίκνωσης του εδάφους και πήξης - τήξης του νερού στο έδαφος με αποτέλεσμα τα μεγάλα συσσωματώματα που σχηματίστηκαν κατά την πρωτογενή κατεργασία στη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή και ιδίως στη συμβατική κατεργασία, να μην είναι δυνατόν να θρυμματιστούν κατά τις επεμβάσεις της δευτερογενούς κατεργασίας. Αυτό οδήγησε στη δημιουργία μιας τραχιάς και υποβαθμισμένης σποροκλίνης η οποία περιείχε μεγάλους βόλους και συσσωματώματα και ελάχιστο ψιλοχωματισμένο έδαφος. Κατά συνέπεια, μεταξύ των συσσωματωμάτων υπήρχαν μεγάλα κενά διαστήματα με αποτέλεσμα να υπάρχει φτωχή επαφή του σπόρου με το έδαφος ενώ παράλληλα ο αέρας που διακινούνταν μέσα στα κενά αυτά, στέγνωνε τις επιφάνειες. Οι Smith *et al.* (2002) μελέτησαν το φύτευμα των ζαχαροτεύτλων δίχως την εφαρμογή άρδευσης για οκτώ διαφορετικά συστήματα κατεργασίας του εδάφους. Στην μελέτη τους αυτή διαπίστωσαν ότι στις μεθόδους που δημιουργούταν μια τραχιά σποροκλίμη με μεγάλα συσσωματώματα και βόλους το έδαφος έχανε γρήγορα την εδαφική υγρασία με συνέπεια να υπάρχουν σημαντικές απώλειες κατά το φύτευμα των ζαχαροτεύτλων. Σε ένα άλλο πείραμα οι Karunatikale and Schindebeck (2000) διαπίστωσαν υψηλότερους πληθυσμούς

καλαμποκιού για την ακαλλιέργεια σε σχέση με την συμβατική κατεργασία γεγονός που αποδόθηκε στην μειωμένη υγρασία του εδάφους εξαιτίας της αυξημένης διακίνησης του αέρα στο οργωμένο έδαφος. Στην ίδια αιτία αποδίδουν τους υψηλότερους πληθυσμούς καλαμποκιού που διαπιστώθηκαν στην ακαλλιέργεια σε δύο από τα τέσσερα έτη πειραματισμού οι Hussain *et al.* (1999). Η επαφή του σπόρου με το έδαφος είναι μέγιστη όταν τα εδαφικά συσσωματώματα έχουν το μέγεθος του σπόρου (Brown *et al.*, 1996). Οι Guerif *et al.* (2001) αναφέρουν μια γραμμική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των μη φυτρωμένων σπόρων και του μεγέθους των συσσωματωμάτων στην επιφάνεια του εδάφους. Η ύπαρξη μεγάλων βόλων μπορεί να έχει αρνητική επίδραση και στην διαδικασία της βλάστησης. Οι εξερχόμενες από το έδαφος κοτυληδόνες των νεαρών φυτών έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να εγκλωβιστούν κάτω από ένα μεγάλο βόλο εδάφους όταν με την προετοιμασία έχει δημιουργηθεί μια τραχιά σποροκλίνη.

Κατά το δεύτερο έτος, το φύτευμα στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή ξεκίνησε μόνο έπειτα από πότισμα του εδάφους, νωρίτερα στον ιλυο-αργιλώδη αγρό στον οποίο πραγματοποιήθηκε πρωιμότερο πότισμα και αργότερα στον αργιλώδη αγρό στον οποίο το πότισμα καθυστέρησε. Από την στιγμή όμως που η υγρασία του εδάφους ανήλθε σε επαρκή επίπεδα για να ξεκινήσει, το φύτευμα εξελισσόταν ταχύτατα.

Στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας επιτεύχθηκε μια σχετικά καλύτερης ποιότητας σποροκλίνη. Η έλλειψη εντατικής και βαθιάς πρωτογενούς κατεργασίας απέτρεψε την δημιουργία μεγάλων και συμπαγών βόλων με αποτέλεσμα μετά τα περάσματα της δευτερογενούς κατεργασίας να έχει δημιουργηθεί μια σχετικά καλύτερα θρυμματισμένη επιφάνεια εδάφους με το οποίο ο σπόρος είχε καλύτερη επαφή. Οι Nasr and Selles (1995) αναφέρουν μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ της σταθμισμένης κατά βάρος διαμέτρου των συσσωματωμάτων και του χρόνου του φυτρώματος του σιταριού. Επιπλέον, κατά την περίοδο του φυτρώματος, οι δύο πιο πάνω μέθοδοι διατηρούσαν μια σημαντικά υγρότερη σποροκλίνη σε σχέση με την συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή. Το γεγονός αυτό συντέλεσε ώστε το φύτευμα να ξεκινήσει νωρίτερα.

Τέλος για την ακαλλιέργεια, παρότι ήταν η μέθοδος που διατηρούσε την υγρότερη σποροκλίνη, το φύτευμα ξεκίνησε τελευταίο. Το γεγονός αυτό όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως οφείλονταν στην φτωχή επικάλυψη του σπόρου. Για την καλλιέργεια των τεύτλων όπου οι σπόροι είναι μικροί επιτεύχθηκαν ικανοποιητικοί πληθυσμοί ενώ στις καλλιέργειες του καλαμποκιού και του βαμβακιού οι πληθυσμοί ήταν σημαντικά μειωμένοι.

Κατά το τρίτο έτος του πειράματος η σπορά των τεύτλων πραγματοποιήθηκε στις 4/3 του καλαμποκιού στις 15/4 και του βαμβακιού στις 24/4. Επιπλέον όμως κατά τη χρονιά αυτή διαφοροποιήθηκε και ο χρόνος των δευτερογενών επεμβάσεων κατεργασίας. Στα τεμάχια που επρόκειτο να σπαρθούν με τεύτλα η προετοιμασία της σποροκλίνης ολοκληρώθηκε στις 25/2 ενώ για τα τεμάχια που επρόκειτο να σπαρθούν καλαμπόκι και βαμβάκι η προετοιμασία της σποροκλίνης ολοκληρώθηκε στις 14/4 και 23/4 αντίστοιχα.

Η χρονιά αυτή χαρακτηρίζεται από συχνές βροχοπτώσεις κατά το δεύτερο δεκαήμερο μετά την σπορά των τεύτλων. Το γεγονός αυτό είχε ως συνέπεια την διατήρηση ενός ικανοποιητικού επιπέδου υγρασίας στην περιοχή της σποροκλίνης για όλες τις μεταχειρίσεις. Αν και το φύτευμα των τεύτλων ξεκίνησε και πάλι νωρίτερα στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας οι οποίες διατηρούσαν ένα υψηλότερο επίπεδο υγρασίας από την αρχή της περιόδου, οι υψηλότεροι πληθυσμοί επιτεύχθηκαν τελικά στην ακαλλιέργεια, στην συμβατική κατεργασία και την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή. Το γεγονός της συνεχούς παρουσίας επαρκούς ποσότητας νερού στην επιφάνεια του εδάφους είχε ως συνέπεια την ολοκλήρωση του φυτρώματος ακόμη και για την μέθοδο της ακαλλιέργειας όπου οι σπόροι δεν είχαν σκεπαστεί. Κατά την διάρκεια των μετρήσεων παρατηρήθηκε το φαινόμενο οι σπόροι να κείτονται ακάλυπτοι επάνω στην επιφάνεια του εδάφους και παρόλα αυτά να έχουν εκπτύξει το ριζίδιο μέσα στο έδαφος μέσω του οποίου

στην συνέχεια μπορούσαν να προσλάβουν επιπλέον νερό για την πρόοδο της ανάπτυξης. Μάλιστα, στην περίπτωση αυτή η διαδικασία του φυτρώματος ήταν πιο σύντομη διότι τα φυτά δεν είχαν να καταναλώσουν ενέργεια για να διαπεράσουν το στρώμα του εδάφους και να εξέλθουν στην επιφάνεια. Ωστόσο στην ακαλλιέργεια υπήρχε και πάλι το φαινόμενο της ανομοιομορφίας της κατανομής του σπόρου επάνω στην γραμμή σποράς γεγονός που δημιούργησε προβλήματα στην μετέπειτα εξέλιξη της καλλιέργειας.

Αντίθετα ήταν τα αποτελέσματα του φυτρώματος για τις καλλιέργειες του καλαμποκιού και του βαμβακιού. Το καλαμπόκι φύτρωσε νωρίτερα στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή ενώ το βαμβάκι νωρίτερα στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας, της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή. Και για τις δύο καλλιέργειες, οι υψηλότεροι τελικοί πληθυσμοί σημειώθηκαν στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή και οι χαμηλότεροι στην ακαλλιέργεια. Η περίοδος μετά την σπορά των καλλιεργειών χαρακτηρίζεται από την απουσία βροχοπτώσεων, ωστόσο το έδαφος για μεγάλο διάστημα διατηρούσε ικανοποιητική υγρασία από τις βροχές που είχαν σημειωθεί πριν από τη σπορά. Στις μεταχειρίσεις οι οποίες επέτρεψαν την επικάλυψη του σπόρου μέσα σε ένα ομοιόμορφο βάθος το φυτόωμα εξελίχθηκε ομαλά διότι υπήρχε επάρκεια νερού για όλη την διάρκεια του φυτρώματος. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας όμως όπου οι σπόροι δεν σκεπάστηκαν και παρέμειναν στην επιφάνεια, το φυτόωμα διακόπηκε από την έλλειψη υγρασίας.

Εκτός από την παρουσία νερού, ένας δεύτερος εξίσου σημαντικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει το φυτόωμα είναι η θερμοκρασία του εδάφους. Ως γνωστό, οι φυσιολογικές λειτουργίες της βλάστησης ρυθμίζονται κυρίως από ένζυμα, η δραστηριότητα των οποίων εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Καρατάγλης, 1992). Οι Payne and Gregory (1988) αναφέρουν ότι η θερμοκρασία του εδάφους σε ένα βάθος 5 cm παίζει καθοριστικό ρόλο στον ρυθμό της ανάπτυξης των νεαρών φυτών. Γενικά ο ρυθμός ανάπτυξης αυξάνει καθώς αυξάνει η μέση ημερήσια θερμοκρασία του εδάφους. Από την εξέταση ωστόσο της μέσης θερμοκρασίας του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας καθώς και από τον υπολογισμό των πραγματικών ημερών που απαιτούνταν για την συμπλήρωση των απαραίτητων θερμοημερών για κάθε καλλιέργεια προκύπτει ότι για τις Ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες, η κατεργασία δεν είχε σημαντική επίδραση στο θερμοκρασιακό καθεστώς το οποίο σχετίζεται με το φυτόωμα των σπόρων. Κατά συνέπεια ο βασικός παράγοντας που επηρέαζε το φυτόωμα ήταν η δυνατότητα εξασφάλισης της απαραίτητης υγρασίας.

Συνοψίζοντας, μπορεί να ειπωθεί ότι στη συμβατική μέθοδο κατεργασίας και την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή το έδαφος χάνει την υγρασία του σχετικά γρήγορα. Αυτό αποτελεί και την βασική αιτία για την αναστολή του φυτρώματος σε χρονιές με ξηρασία. Στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού όμως και της δισκοσβάρνας το έδαφος διατηρούσε μια σαφώς πιο υγρή σποροκλίση η οποία σε ξηρές χρονιές αποδεικνύεται καθοριστικής σημασίας για την ομαλή πρόοδο της λειτουργίας του φυτρώματος. Ωστόσο όταν η υγρασία του εδάφους κατά την περίοδο του φυτρώματος κυμαίνονταν για όλες τις μεταχειρίσεις σε ικανοποιητικά επίπεδα, οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας παρουσίαζαν μειωμένο φυτόωμα. Το γεγονός αυτό πιθανόν να σχετίζεται με την παρουσία ενός σημαντικά πιο συμπακνωμένου στρώματος στην επιφάνεια του εδάφους σε σχέση με την συμβατική κατεργασία το οποίο ενώ ενδεχομένως να δημιουργούσε προβλήματα στην έξοδο των κοτυληδόνων. Οι Nasr and Selles (1995) διαπίστωσαν μια αρνητική συσχέτιση της ταχύτητας φυτρώματος και της φυτρωτικής ικανότητας του σιταριού με την αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση καθώς και με την ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους. Η ταχύτητα φυτρώματος και η φυτρωτική ικανότητα ήταν καλύτερες όταν η ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους ήταν μικρότερη από $1,2 \text{ g/cm}^3$ και η αντίσταση στην διείσδυση μικρότερη από

1,4 MPa. Στην παρούσα μελέτη ωστόσο για την περίπτωση του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας η ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους ξεπερνούσε τα $1,3 \text{ g/cm}^3$. Ωστόσο οι δύο αυτές μέθοδοι προσφέρουν το πλεονέκτημα της ολοκλήρωσης των επεμβάσεων για την προετοιμασία της σποροκλίνης με ελάχιστο αριθμό επεμβάσεων, και ενδείκνυνται όταν υπάρχει πίεση χρόνου και το χωράφι πρέπει να προετοιμαστεί γρήγορα για σπορά (Kusotic *et al.*, 1998).

Για την ακαλλιέργεια, οι Sidiras *et al.* (2000) διαπίστωσαν μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ της αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση και της φυτρωτικής ικανότητας του κριθαριού. Στην παρούσα μελέτη, στην περίπτωση της ακαλλιέργειας η ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους ξεπερνούσε τα $1,5 \text{ g/cm}^3$ ενώ η αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση κυμαίνονταν στα 1200 με 1500 kPa. Η αυξημένη μηχανική αντίσταση του εδάφους σχετίζεται με μειωμένη διαπερατότητα του αέρα Chancellor (1977). Το μειωμένο ποσοστό της διάχυσης του οξυγόνου μαζί με την αυξημένη μηχανική αντίσταση της επιφάνειας του εδάφους είναι οι κυριότεροι παράγοντες για το μειωμένη βλάστηση των σπόρων (Richard and Guerif, 1992). Ωστόσο οι Gemtos and Lellis (1997), αναφέρουν ότι μια ελαφριά συμπίεση της τάξης 150 – 250 kPa για το βαμβάκι και περίπου 100 kPa για τα ζαχαρότευτλα έχει ευνοϊκή επίδραση στο φύτευμα και την αρχική ανάπτυξη των φυτών.

Ένα δεύτερο πρόβλημα που δημιουργούσε η συνεκτική επιφάνεια του εδάφους ήταν η δυσκολία επίτευξης ενός ομοιόμορφου βάρους κατά την σπορά. Κατά συνέπεια σε πολλές περιπτώσεις οι σπόροι τοποθετούνταν ρηχότερα και δεν μπορούσαν να εκμεταλλευτούν τα υψηλότερα επίπεδα υγρασίας που διατηρούσε το έδαφος στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας. Ιδίως στην μέθοδο της ακαλλιέργειας την ομαλή λειτουργία της σπαρτικής δυσχέραναν ακόμη περισσότερο τα φυτικά υπολείμματα που διατηρούνταν στην επιφάνεια του εδάφους. Συνεπώς και σε αυτή την μεταχείριση η επιπλέον υγρασία δεν μπορούσε να αποβεί ωφέλιμη εάν η σπαρτική δεν κατάφερνε να σπέρνει στο ίδιο βάθος και να σκεπάζει το σπόρο. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί με την χρήση κατάλληλης σπαρτικής για ακαλλιέργεια.

Ανάπτυξη

Το πρώτο μέρος του εμβρύου, που αναδύεται από ένα σπέρμα που βλαστάνει είναι κατά κανόνα το ριζίδιο. Επομένως μετά τη βλάστηση των σπόρων, το έδαφος αλληλεπιδρά με το φυτό μέσω του ριζικού συστήματος. Οι βασικές λειτουργίες της ρίζας είναι να προσλαμβάνει το νερό και τα θρεπτικά συστατικά από το έδαφος και να στηρίζει το φυτό. Το νερό και τα θρεπτικά στοιχεία απορροφώνται κυρίως από τα ριζικά τριχίδια και από τα νεαρά τμήματα της ρίζας που βρίσκονται πίσω από την καλύπτρα. Η δυνατότητα πρόσληψης νερού και θρεπτικών στοιχείων αυξάνει, καθώς αυξάνει η ενεργή επιφάνεια του ριζικού συστήματος των φυτών (Καρατάγλης, 1992).

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των ριζών είναι η εδαφική υγρασία, η θερμοκρασία του εδάφους, η δομή και η μορφή του πορώδους, η συμπίεση του εδάφους, η ύπαρξη σκληρού ορίζοντα, η παροχή σε οξυγόνο, η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων και η ύπαρξη τοξικών ουσιών και παθογόνων στο έδαφος. Πολλοί από τους πιο πάνω παράγοντες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, έτσι για παράδειγμα, η συμπίεση ενός εδάφους δεν προκαλεί μόνο μείωση του μεγέθους των πόρων, αλλά μεταβάλλει και τα καθεστώτα υγρασίας και αερισμού

Οι παρατηρήσεις έδειξαν ότι γενικά τα φυτά που φύτεψαν νωρίτερα παρουσίαζαν ένα αρχικό προβάδισμα. Όταν η εδαφική υγρασία ήταν χαμηλή, τα φυτά στις μεθόδους του

περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας παρουσίαζαν ταχύτερη ανάπτυξη, τουλάχιστον μέχρι οι ρίζες να φτάσουν στο κατώτερο όριο της κατεργασίας του εδάφους. Όπως αναφέρθηκε, το έδαφος στις δυο αυτές μεθόδους κατεργασίας διατηρούσε ένα σχετικά υψηλότερο επίπεδο υγρασίας. Η πρόσληψη του νερού από τα φυτά αποτελεί μια διαδικασία που οφείλεται στην διαφορά του υδατικού δυναμικού στο σύστημα: έδαφος – ρίζα – βλαστός – φύλλα - ατμόσφαιρα. Όταν τα επίπεδα της εδαφικής υγρασίας είναι υψηλά, η διαφορά του υδατικού δυναμικού είναι μεγαλύτερη με αποτέλεσμα να γίνεται αποτελεσματικότερα η πρόσληψη του νερού.

Οι Hussain *et al.* (1999) και Karunatikale *et al.* (2000) αναφέρουν ότι η αρχική ανάπτυξη των φυτών του καλαμποκιού ήταν καλύτερη για την μέθοδο της ακαλλιέργειας γεγονός που οφείλονταν στην υψηλότερη διαθέσιμη εδαφική υγρασία. Τριάντα πέντε ημέρες μετά τη σπορά, τα φυτά του καλαμποκιού στην ακαλλιέργεια ήταν κατά 60% υψηλότερα σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Στο πείραμα αυτό ωστόσο δεν διαπιστώθηκαν διαφορές στην αντίσταση του εδάφους στην διείδυση μεταξύ της ακαλλιέργειας και της συμβατικής κατεργασίας. Στην παρούσα μελέτη όμως, παρόλο που τα επίπεδα υγρασίας ήταν τα υψηλότερα για την μέθοδο της ακαλλιέργειας, υπήρχε μια συνεκτική και συμπαγής στοιβάδα εδάφους μέχρι και την επιφάνεια, (τιμές ξηρής φαινομενικής πυκνότητας μεταξύ 1,5 και 1,6 g/cm³ και αυξημένη αντίσταση στην διείδυση) η οποία δυσχέραινε την ανάπτυξη των φυτών από τα πρώτα κιόλας στάδια. Ο Gregory (1988a) αναφέρει ότι στα αργιλώδη εδάφη η ανάπτυξη της ρίζας περιορίζεται όταν η ξηρή φαινομενική πυκνότητα κυμαίνεται στα 1,55 g/cm³. Κατά τις περιόδους που υπήρχε επαρκής υγρασία στο έδαφος, τα φυτά στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή από την μια εξασφάλιζαν εύκολα την απαραίτητη ποσότητα νερού και από την άλλη συνάντησαν μια πιο χαλαρή στοιβάδα εδάφους όπου αναπτύσσονταν ευκολότερα. Ως αποτέλεσμα στην περίπτωση αυτή, η ανάπτυξη των φυτών ήταν καλύτερη. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν οι Lopez and Argue (1997) σε τέσσερα πειράματα με κριθάρι όπου η αρχική ανάπτυξη της καλλιέργειας ήταν περιορισμένη εξαιτίας της αυξημένης αντίστασης του εδάφους στην διείδυση για την ακαλλιέργεια. Κατά την σπορά ζαχαροτεύτλων σε καλλιέργειες φυτοκάλυψης (σιτάρι και σίκαλη) οι Richard *et al.* (1995) διαπίστωσαν ότι υπήρχε μια ανασχεση του ρυθμού της ανάπτυξης από τα πρώτα κιόλας στάδια (πριν ακόμη τα φυτά εκπτύξουν τα δύο πρώτα μόνιμά τους φύλλα) για τα φυτά που αναπτύσσονταν μέσα στα φυτικά υπολείμματα. Από τις υπόλοιπες μετρήσεις που λήφθηκαν στο πείραμα, διαπιστώθηκε ότι η μειωμένη ανάπτυξη δεν οφείλονταν ούτε σε περιορισμένη υγρασία ούτε σε μικρότερη θερμοκρασία του εδάφους. Οι διαφορές αποδόθηκαν σε πιθανή μειωμένη επαφή του σπόρου με το έδαφος (στις μεταχειρίσεις της εδαφοκάλυψης υπήρχε μια τραχύτερη σποροκλίση), σε πιθανή προσωρινή έλλειψη αζώτου εξαιτίας της ακινητοποίησης αυτού από τα αποσυντιθέμενα φυτικά υπολείμματα καθώς και στην σκίαση που παρείχαν τα φυτικά υπολείμματα.

Ακόμη όμως και αν τα φυτά στις λιγότερο εντατικές μεθόδους κατεργασίας του εδάφους της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού σκαπτικού, έδειχναν ένα αρχικό προβάδισμα έναντι αυτών που αναπτύσσονταν στις υπόλοιπες μεθόδους, από κάποιο σημείο και έπειτα ο ρυθμός της ανάπτυξής τους μειωνόταν και τελικά υστερούσαν. Μια πιθανή εξήγηση για το πιο πάνω φαινόμενο είναι ότι καθώς προχωρούσαν σε βάθος οι ρίζες των φυτών στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, έφταναν στο κατώτερο όριο κατεργασίας όπου συναντούσαν ένα συνεκτικό ορίζοντα, όπως έδειξαν και οι μετρήσεις της αντίστασης του εδάφους στην διείδυση. Οι ρίζες των φυτών κατά την ανάπτυξή τους προτιμούν τις περιοχές με τη μικρότερη αντίσταση στην διείδυση (Bennie, 1996). Όταν συναντήσουν ένα εμπόδιο ή ένα ορίζοντα εδάφους με υψηλή αντίσταση στην διείδυση, με μηχανισμούς που δεν έχουν ακόμη αποσαφηνιστεί, μεταβάλλουν την οσμωτική πίεση των κυττάρων στο κορυφαίο μερίστωμα αλλάζοντας την πορεία της ανάπτυξης και αναζητώντας κάποια ρωγμή, βιοπόρο ή ένα χαλαρότερο τμήμα του εδάφους (Bennie, 1996). Τα φυτά στις μεθόδους του

περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας, αντιμετωπίζοντας δυσκολία να διαπεράσουν το συνεκτικό ορίζοντα που υπήρχε αμέσως κάτω από το βάθος κατεργασίας, προτιμούσαν να αναπτύσσονται στο επιφανειακό χαλαρό στρώμα του εδάφους μέχρις ότου συναντήσουν κάποια ρωγμή, βιοπόρο ή κάποια χαλαρότερη περιοχή για να συνεχίσουν την κατακόρυφη πορεία. Τη δυσκολία αυτή δεν αντιμετώπισαν τα φυτά στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή όπου η ανάπτυξη γινόταν απρόσκοπτα προς τα κάτω με αποτέλεσμα να έχουν βαθύτερες ρίζες οι οποίες είχαν την δυνατότητα να εξασφαλίσουν νερό από μεγαλύτερα βάθη όταν η επιφάνεια του εδάφους ξηρανόταν.

Οι παραπάνω υποθέσεις ενισχύονται από τις παρατηρήσεις σχετικά με την ανάπτυξη του υπόγειου τμήματος των τεύτλων κατά το δεύτερο και τρίτο έτος. Οι ρίζες των τεύτλων στις μεθόδους της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού σκαπτικού, μόλις έφταναν στο βάθος κατεργασίας (8-12 cm), όπου υπήρχε ο σκληρός ορίζοντας, σχημάτιζαν γωνία και άρχιζαν να αναπτύσσονται οριζόντια. Το φαινόμενο αυτό δεν παρατηρήθηκε στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας του βαρύ καλλιεργητή αλλά και της ακαλλιέργειας. Στις δυο πρώτες, οι ρίζες γενικά δεν έβρισκαν αντίσταση στην ανάπτυξη και συνέχιζαν σχεδόν κατακόρυφα. Στη μέθοδο της ακαλλιέργειας ωστόσο οι ρίζες είχαν να διεισδύσουν σε ένα σημαντικά συνεκτικότερο έδαφος από την πρώτη στιγμή της ανάπτυξής τους. Μη βρίσκοντας όμως κάποια χαλαρότερη επιφάνεια, συνέχισαν να αναπτύσσονται κατακόρυφα, πλην όμως η δυσκολία που αντιμετώπιζαν ήταν εμφανής διότι ήταν κοντύτερες και με μια σημαντικά μικρότερη διάμετρο.

Η αυξημένη συμπύκνωση του εδάφους συνεπάγεται και ένα μικρότερο πορώδες (Tebrügge and Düring, 1999, Arshad *et al.*, 1999, Ferreras, *et al.*, 2000). Οι Sidiras and Kendristakis (1997) διαπίστωσαν μια σημαντική συσχέτιση μεταξύ των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους και κυρίως του μακροπορώδους με την ανάπτυξη των ριζών του καλαμποκιού. Όσο περισσότεροι ήταν οι > 10 μm πόροι στην περιοχή της ριζόσφαιρας τόσο μεγαλύτερο ήταν το βάρος και το μήκος των ριζών. Η συσχέτιση ήταν πιο σημαντική στο αρχικό στάδιο της ανάπτυξης της καλλιέργειας (στάδιο των 5 μονίμων φύλλων) σε σχέση με το στάδιο της ωρίμανσης. Ομοίως, οι Ball-Coelho *et al.* (1998) διαπίστωσαν ότι η ανάπτυξη των ριζών του καλαμποκιού επηρεαζόταν κυρίως από την δομή του εδάφους και ότι το μήκος των ριζών βρισκόταν σε θετική συσχέτιση με την ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους. Οι παραπάνω ερευνητές σύγκριναν σε ένα πείραμα την συμβατική κατεργασία με την ακαλλιέργεια διαπιστώνοντας για την δεύτερη περίπτωση ότι η ανάπτυξη των ριζών ήταν πιο επιφανειακή. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, το έδαφος στην μεταχείριση της ακαλλιέργειας εμφάνιζε σημαντικά υψηλότερη ξηρή φαινομενική πυκνότητα σε ένα βάθος 0-15 cm ενώ δεν παρουσίαζε σημαντικές διαφορές σε βάθος 15-30 cm. Η αυξημένη φαινομενική πυκνότητα σε συνδυασμό με την παρουσία σταθερότερων συσσωματωμάτων στην μεταχείριση της ακαλλιέργειας, προκάλεσαν την έκπτυξη περισσότερων διακλαδώσεων ενώ οι ρίζες σε γενικές γραμμές ήταν λεπτότερες.

Ένα από τα κύρια προβλήματα που δημιουργεί η συμπίεση του εδάφους είναι η περιορισμένη διείσδυση των ριζών σε μεγαλύτερα βάθη κατά τη διάρκεια των πρώτων σταδίων ανάπτυξης των φυτών (Chancellor, 1977, Bennie, 1996). Για τα περισσότερα από τα καλλιεργούμενα είδη φυτών, η πίεση ανάπτυξης της ρίζας, η ωφέλιμη πίεση δηλαδή που μπορούν να αναπτύξουν τα κύτταρα της ρίζας με σκοπό να διεισδύσουν μέσα στο έδαφος, κυμαίνεται από 700 έως 2500 kPa (Gregory, 1988). Πάνω από τα 1200 kPa ωστόσο για πολλά φυτά περιορίζεται η ανάπτυξη των ριζών (Bennie, 1996). Στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας υπήρχε μια συμπιεσμένη ζώνη εδάφους με τιμές αντίστασης στην διείσδυση κοντά στα 2000 kPa η οποία παρεμπόδιζε την ανάπτυξη των ριζών βαθύτερα. Στη συμβατική κατεργασία και την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή αντίθετα όπου η κατεργασία πραγματοποιήθηκε σε μεγάλο βάθος, τα φυτά μπόρεσαν να αναπτύξουν ένα βαθύ ριζικό σύστημα. Οι Laren *et al.* (2001) επιχείρησαν την

χαρτογράφηση ενός πειραματικού αγρού με βάση την συμπίεση του εδάφους, χαρακτηρίζοντας ως περιοχές υψηλού κινδύνου τα σημεία όπου η αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση υπερέβαινε τα 2000 kPa. Στην μελέτη τους αυτή διαπίστωσαν μια σημαντική συσχέτιση των περιοχών υψηλού κινδύνου με την μειωμένη απόδοση του καλαμποκιού. Ακόμη και για την περίπτωση της ακαλλιέργειας, στα σημεία όπου η αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση ήταν περιορισμένη, η απόδοση του καλαμποκιού δεν διέφερε σημαντικά από την συμβατική κατεργασία αποδεικνύοντας με τον τρόπο αυτό την ισχυρή επίδραση της συμπίεσης στην απόδοση των καλλιεργειών

Η βαθιά κατεργασία του εδάφους ευνοεί την ανάπτυξη ενός πλουσιότερου ριζικού συστήματος στο καλαμπόκι και σε ένα μεγαλύτερο βάθος (Varsa *et al.*, 1997). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε χρονιές με περιορισμένη υγρασία καθώς τα φυτά έχουν τη δυνατότητα να προσλάβουν νερό από τους βαθύτερους εδαφικούς ορίζοντες και έτσι κατορθώνουν να αποφύγουν συμπτώματα έλλειψης νερού (Varsa *et al.*, 1997). Η περίπτωση αυτή ήταν χαρακτηριστική κατά το δεύτερο έτος όταν τα φυτά του καλαμποκιού στον πειραματικό αγρό 1 αντιμετώπισαν έλλειψη νερού εξαιτίας του προβλήματος που αναφέρθηκε στο σύστημα άρδευσης. Τα εντονότερα συμπτώματα έλλειψης παρουσιάστηκαν στα φυτά των μεθόδων της αβαθούς κατεργασίας, που ήταν οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας. Τα συμπτώματα αυτά αφορούσαν την μειωμένη βλαστική ανάπτυξη και την περιορισμένη παραγωγή αναπαραγωγικών οργάνων. Επιπλέον, είναι πολύ πιθανό στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας, η πρόσληψη του νερού που υπήρχε στις ακατέργαστες στοιβάδες του εδάφους (κάτω από τα 10 περίπου εκατοστά για την μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας και σε ολόκληρο το βάθος για τη μέθοδο της ακαλλιέργειας) να γινόταν με μεγαλύτερη δυσκολία. Στην ακαλλιέργεια υπάρχει μία μείωση του μακροπορώδους, και μια αύξηση των μικροπόρων (Phillips and Young, 1973, Rasmussen, 1999, Arshad *et al.*, 1999). Το νερό όμως στους μικρότερους πόρους συγκρατείται από το εδαφικό πλέγμα με ισχυρότερες δυνάμεις συνάφειας με αποτέλεσμα η πρόσληψή του από τις ρίζες να γίνεται με μεγαλύτερη δυσκολία. Τα ριζικά τριχίδια έχουν μια διάμετρο από 10 – 20 μm και για να προσλάβουν το νερό από πόρους τέτοιας διατομής απαιτείται η άσκηση μύζησης της τάξης των 15 έως 30 kPa (Gregory, 1988b). Καθώς στην υδατοϊκανότητα ενός αγρού αντιστοιχούν μυζήσεις 5 έως 10 kPa, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους, προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού που είναι προσροφημένο στους μικροπόρους δεν είναι διαθέσιμο στις ρίζες και τα ριζικά τριχίδια (Gregory, 1988b). Επιπλέον, οι μικρής διατομής πόροι προβάλλουν μεγάλη αντίσταση στην κίνηση του εδαφικού νερού περιορίζοντας την παροχή προς τις ρίζες. Σύμφωνα πάντως με τους Miller *et al.* (1976), όταν τα επίπεδα της εδαφικής υγρασίας κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου καλύπτουν τις απαιτήσεις του καλαμποκιού, η εφαρμοζόμενη πρακτική κατεργασίας του εδάφους δεν έχει καμία σημασία στην τελική απόδοση.

Ότι συνέβαινε στο υπόγειο τμήμα των φυτών γινόταν εμφανές στο υπέργειο. Έτσι, η δυσκολία που αντιμετώπιζαν κατά την ανάπτυξη οι ρίζες των φυτών στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους γινόταν αισθητή με μια περιορισμένη ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος. Η πιο χαρακτηριστική επίδραση διαπιστώθηκε στην καλλιέργεια του καλαμποκιού η οποία στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας και ιδίως στην ακαλλιέργεια, εμφάνιζε σημαντικά πιο βραχύσωμα φυτά. Οι διαφορές ήταν πιο έντονες κατά το τρίτο έτος όπου η συμπύκνωση του εδάφους στις μεταχειρίσεις της αβαθούς κατεργασίας και της ακαλλιέργειας αυξήθηκε σημαντικά. Και τα τεύτλα όμως εμφάνιζαν σημαντικές διαφορές στην φυλλική επιφάνεια γεγονός που σχετιζόταν με την περιορισμένη ανάπτυξη των ριζών. Η συσχέτιση επιβεβαιώθηκε με ανάλυση συμμεταβολής των δεδομένων από τις μετρήσεις της ανάπτυξης στο υπόγειο και υπέργειο μέρος των τεύτλων. Τέλος, στην καλλιέργεια του βαμβάκιου, τα φυτά που αναπτύσσονταν σε πιο συνεκτικό έδαφος εμφάνιζαν μικρότερο αριθμό κόμβων και ήταν κοντύτερα.

Εκτός από το νερό, οι ρίζες είναι υπεύθυνες και για την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος. Μια τρίτη πιθανή αιτία η οποία πιθανώς συντέλεσε στην περιορισμένη ανάπτυξη στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας και ιδίως στην ακαλλιέργεια, ήταν η περιορισμένη διαθεσιμότητα του αζώτου. Κατά τα πρώτα έτη εφαρμογής μεθόδων περιορισμένης κατεργασίας απαιτείται η χρήση αυξημένης ποσότητας αζωτούχου λιπάνσεως διότι η ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων επιφέρει μια αύξηση της μικροβιακής χλωρίδας. Οι μικροοργανισμοί αυτοί αποσυνθέτουν τα υπολείμματα και ανταγωνίζονται τα φυτά της καλλιέργειας ως προς το διαθέσιμο άζωτο (McConnell *et al.*, 1994, Koch and Marlander, 1994, Torbert *et al.*, 1998). Στο συγκεκριμένο πείραμα ωστόσο η λίπανση ήταν κοινή σε όλες τις μεθόδους κατεργασίας και σύμφωνα με τις απαιτήσεις της συμβατικής κατεργασίας. Μια άλλη πιθανή αιτία η οποία μπορεί να συντέλεσε στην περιορισμένη απορρόφηση του αζώτου είναι η μετακίνηση των νιτρικών προς το τέλος της περιόδου, μέσω της έκπλυσης στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Το βαθύτερα ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή επέτρεψε την πρόσληψη και αξιοποίηση του αζώτου σε ένα μεγαλύτερο βάθος ενώ στις υπόλοιπες τρεις μεθόδους κατεργασίας το ριζικό σύστημα ήταν επιφανειακά ανεπτυγμένο και τα φυτά δεν είχαν ενδεχομένως την δυνατότητα να προσλάβουν άζωτο από τα βαθύτερα στρώματα όταν σημειώνονταν εξάντληση των αποθεμάτων στην επιφάνεια. Σε ένα πολυετές πείραμα με διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας και διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης οι König *et al* (2002) διαπίστωσαν μια μείωση της απόδοσης των ζαχαροτεύτλων για την μειωμένη κατεργασία του εδάφους όταν η αζωτούχος λίπανση ήταν χαμηλή. Με υψηλή προσθήκη αζώτου ωστόσο υπήρχε μια τάση για σύγκλιση των αποδόσεων σε κρυσταλλική ζάχαρη μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας και της μειωμένης κατεργασίας.

Εκτός από το άζωτο όμως, πολύ πιθανόν να παρουσιάστηκαν προβλήματα και με την πρόσληψη των υπολοίπων θρεπτικών στοιχείων, ιδίως αυτών που δεν μετακινούνται εύκολα στο έδαφος όπως ο φώσφορος. Κατά την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας τα στοιχεία αυτά συνήθως συγκεντρώνονται στην ανώτερη επιφάνεια του εδάφους (Selles *et al.* 1997, Franzluebbbers and Hons, 1996, Rasmussen, 1999, DeMaria *et al.*, 1999). Στην περίπτωση αυτή, η πιθανότητα πρόσληψης ενός θρεπτικού στοιχείου εξαρτάται κυρίως από την έκταση και τον βαθμό ανάπτυξης των ριζών. Η ανάπτυξη των ριζών όμως στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ήταν περιορισμένη με συνέπεια να μειωθεί σημαντικά η ενεργός τους επιφάνεια. Η πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων λάμβανε χώρο σε ένα πολύ μικρότερο όγκο εδάφους όπου κατά την περίοδο της έντονης βλαστικής ανάπτυξης είναι πολύ πιθανόν να σημειώθηκε εξάντληση των στοιχείων από την περιοχή των ριζών. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας μάλιστα τα λιπάσματα τοποθετήθηκαν επιφανειακά δίχως να πραγματοποιηθεί ενσωμάτωσή τους στο έδαφος. Ενώ τα νιτρικά ιόντα είναι υδατοδιαλυτά και με το πότισμα και τις βροχές εισχώρησαν μέσα στο έδαφος, ο φώσφορος και το κάλιο παρέμειναν στην επιφάνεια. Για να γίνει η πρόσληψη από τα φυτά, έπρεπε αυτά να αναπτύξουν ένα πλουσιότερο επιφανειακό ριζικό σύστημα. Στην επιφάνεια του εδάφους όμως η υγρασία ήταν περιορισμένη. Εφόσον η κύρια πηγή παροχής θρεπτικών στοιχείων στις ρίζες είναι το εδαφικό διάλυμα (Gregory, 1988a) συμπεραίνεται ότι η πρόσληψή τους από τις ρίζες των φυτών είναι αποτελεσματικότερη σε περιβάλλοντα υψηλής εδαφικής υγρασίας.

Το πρόβλημα που προέκυψε με την άρδευση κατά το δεύτερο έτος είναι πολύ πιθανόν να επηρέασε και την πρόσληψη των θρεπτικών. Κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης, τα φυτά στις μεθόδους της μειωμένης κατεργασίας που είχαν ένα πιο επιπολαιόριζο ριζικό σύστημα δεν μπορούσαν να προσλάβουν το άζωτο και τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία, από τα επιφανειακά στρώματα του εδάφους γιατί η υγρασία ήταν περιορισμένη. Αντίθετα στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή, όπου τα φυτά είχαν αναπτύξει ένα βαθύτερο ριζικό σύστημα, η πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων, όπως και του νερού γινόταν από τα βαθύτερα στρώματα όπου η υγρασία ήταν υψηλότερη.

Στην καλλιέργεια του καλαμποκιού τα φυτά στη μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή, έχοντας συμπληρώσει ταχύτερα την ανάπτυξη, εισήλθαν νωρίτερα στο αναπαραγωγικό στάδιο εμφανίζοντας πρωιμότερα τις αρσενικές και θηλυκές τους ταξιανθίες. Στην συνέχεια εμφανίστηκαν τα αναπαραγωγικά όργανα στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας ενώ σημαντικά πιο όψιμη ήταν η μέθοδος της ακαλλιέργειας.

Απόδοση

Κατά την συγκομιδή των καλλιεργειών, την υψηλότερη απόδοση σε όλες τις περιπτώσεις έδωσε η συμβατική κατεργασία. Με μικρή διαφορά ακολούθησε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή ενώ σημαντικά μειωμένη απόδοση είχαν οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και τέλος της ακαλλιέργειας.

Εξετάζοντας την κάθε καλλιέργεια ξεχωριστά διαπιστώνεται ότι για τα ζαχαρότευτλα η μείωση της παραγωγής σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία, για τα τρία έτη, ήταν για τον βαρύ καλλιεργητή 5,8% για το περιστροφικό σκαπτικό και τη δισκοσβάρνα περίπου 24,5-25% και τέλος για την ακαλλιέργεια 33,3%. Τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια και για τις δυο ποικιλίες των τεύτλων. Η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές με την συμβατική κατεργασία σε κανένα από τα έξι περιβάλλοντα της δοκιμασίας. Παρομοίως, οι Hao *et al.* (2001) αναφέρουν ότι η απόδοση των ζαχαροτεύτλων κατά την εφαρμογή ενός συστήματος μειωμένης κατεργασίας με καλλιεργητή, δεν διέφερε σημαντικά από την απόδοση στην συμβατική κατεργασία. Το πείραμα εκτελέστηκε σε έναν αγρό με παρόμοια χαρακτηριστικά (ίλλο-αργιλώδες έδαφος με περιεκτικότητα σε οργανική ουσία 1,46%).

Η μειωμένη απόδοση δεν φάνηκε να έχει σχέση με τους πληθυσμούς που επιτεύχθηκαν κατά το φύτευμα διότι είχε χρησιμοποιηθεί τριπλάσια ποσότητα σπόρου και οι επιθυμητοί πληθυσμοί ρυθμίστηκαν με αραίωμα. Αντίθετα οι Printgas *et al.* (2002) οι οποίοι πραγματοποίησαν ένα πείραμα με διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας και οι οποίοι χρησιμοποιούσαν κανονικές ποσότητες σπόρου κατά την σπορά, αναφέρουν μειωμένες αποδόσεις για τα ζαχαρότευτλα εξαιτίας του ανεπαρκούς φυτρώματος στην ακαλλιέργεια. Υψηλή συσχέτιση του πληθυσμού που επιτεύχθηκε με την σπορά και της απόδοσης των ζαχαροτεύτλων αναφέρουν επίσης οι Smith, *et al.* (2002) οι οποίοι σύγκριναν οκτώ διαφορετικές μεθόδους για την εγκατάσταση της καλλιέργειας όπου κατά την σπορά χρησιμοποιήσαν κανονικές ποσότητες σπόρου. Στο παρόν πείραμα η μείωση των αποδόσεων φαίνεται να προήλθε από την φτωχότερη ανάπτυξη των ριζών όπως δείχνουν και οι μετρήσεις του μέσου βάρους των ριζών. Η περιορισμένη αυτή ανάπτυξη των ριζών σχετίζεται με την ύπαρξη ενός συμπαγούς και συνεκτικού επιφανειακού στρώματος εδάφους στην περίπτωση των μεθόδων μειωμένης κατεργασίας όπως άλλωστε διαπιστώθηκε και από τις μετρήσεις της αντίστασης στην διείσδυση. Σύμφωνα με τον Chancellor (1977), οι Taylor και Bruce (1968) αναφέρουν ότι το βάρος της ρίζας των ζαχαροτεύτλων μειώνεται σημαντικά όταν αυξάνει η αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση.

Μια δεύτερη αιτία που προκάλεσε την μείωση των αποδόσεων στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ήταν ο ανταγωνισμός από τα ζιζάνια. Μάλιστα στην ακαλλιέργεια, παρά το γεγονός ότι οι πληθυσμοί της φυτείας κρίνονταν επαρκείς, υπήρχε μεγάλη ανομοιομορφία στην κατανομή των φυτών διότι όπως αναφέρθηκε κατά την σπορά, οι σπόροι δεν παρέμεναν στην θέση που τους τοποθετούσε η σπαρτική με συνέπεια να δημιουργηθούν μεγάλα κενά διαστήματα όπου έβρισκαν πρόσφορο έδαφος να αναπτυχθούν ζιζάνια. Επιπλέον και παρά

το αραίωμα που πραγματοποιήθηκε, υπήρχαν φαινόμενα συναγωνισμού μεταξύ των φυτών της καλλιέργειας που βρίσκονταν σε πολύ κοντινές θέσεις.

Κατά την περίοδο της συγκομιδής, τα φυτά των τεύτλων στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας έδειξαν να διατηρούν μια μεγαλύτερη αναλογία υπέργειου προς υπόγειο τμήμα. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι στις πιο πάνω μεθόδους υπήρχε μια οψίμηση της παραγωγής που πιθανόν να σχετιζόταν με την αυξημένη υγρασία του εδάφους.

Τέλος, καμιά διαφορά δεν διαπιστώθηκε μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας όσον αναφορά τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά της ρίζας.

Για το καλαμπόκι η μείωση των αποδόσεων στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ήταν ακόμη μεγαλύτερη. Κατά μέσο όρο για τα τρία έτη, στον βαρύ καλλιεργητή η απόδοση σε σύγκριση με την συμβατική κατεργασία ήταν μειωμένη κατά 8,6%, στο περιστροφικό σκαπτικό και τη δισκοσβάρνα περίπου κατά 37% και στην ακαλλιέργεια κατά 52,5%. Σε ένα πείραμα με τρεις διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας οι Borin *et al.* (1997) διαπίστωσαν ότι, σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, η απόδοση του καλαμποκιού ήταν μειωμένη κατά 11% όταν εφαρμόζονταν μειωμένη κατεργασία με αναχώματα και κατά 37% όταν εφαρμόζονταν ακαλλιέργεια.

Αντίθετα με την καλλιέργεια των τεύτλων, η μειωμένη απόδοση αποδείχτηκε ότι σχετίζεται άμεσα με τους μειωμένους πληθυσμούς που επιτεύχθηκαν κατά το φύτεμα της καλλιέργειας στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ($r = 0,69 - 0,93$). Μια δεύτερη σημαντική αιτία ήταν η μειωμένη θρέψη των σπαδικών, γεγονός το οποίο σχετίζεται με την περιορισμένη βλαστική ανάπτυξη των φυτών στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας. Η μειωμένη βλαστική ανάπτυξη με τη σειρά της πιθανώς οφείλεται στην ύπαρξη ενός συμπαγούς όγκου εδάφους κάτω από το βάθος κατεργασίας ο οποίος είχε περιορίσει την συνολική ανάπτυξη των ριζών. Η ξηρή φαινομενική πυκνότητα στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους, σε βάθος 7,5 – 10 cm, ήταν αυξημένη και κυμαίνονταν μεταξύ 1,4 και 1,6 g/cm³. Το γεγονός αυτό είχε ως συνέπεια μια μείωση του συνολικού πορώδους κατά 10%. Μείωση των πόρων που καταλαμβάνονται με αέρα κατά 10% έχει ως συνέπεια τη σημαντική μείωση της απόδοσης του καλαμποκιού (Chancellor, 1977). Το φαινόμενο αυτό ήταν εντονότερο κατά το τρίτο έτος συνεχούς εφαρμογής μειωμένης κατεργασίας. Σημαντικό ρόλο ωστόσο στη μείωση του βάρους των σπαδικών πιθανόν να έπαιξε και η μείωση της ικανότητας πρόσληψης νερού. Κατά το δεύτερο έτος το πρόβλημα που παρουσιάστηκε με την άρδευση στον αγρό 1 είχε ως συνέπεια τα φυτά, που στις μεθόδους αβαθούς κατεργασίας είχαν αναπτύξει ένα ρηχό ριζικό σύστημα, να μην έχουν την δυνατότητα να εξασφαλίσουν επαρκή ποσότητα νερού κατά την κρίσιμη περίοδο της θρέψης των σπαδικών. Το γεγονός αυτό πιθανόν να αποτέλεσε αιτία για την μείωση της παραγωγής και για τα υπόλοιπα δύο έτη.

Παρά την μεγαλύτερη ικανότητα του καλαμποκιού να ανταγωνίζεται τα ζιζάνια, αυτά φαίνεται να αποτέλεσαν μια δεύτερη σημαντική αιτία για την μείωση των αποδόσεων στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας. Ιδίως για την μέθοδο της ακαλλιέργειας όπου δεν υπήρχαν επαρκείς πληθυσμοί φυτών της καλλιέργειας για να καταλάβουν την επιφάνεια του αγρού, το φαινόμενο του ανταγωνισμού των ζιζανίων ήταν ιδιαίτερα έντονο.

Τέλος, η υγρασία του σπόρου κατά τη συγκομιδή στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και ιδίως της ακαλλιέργειας, ήταν αυξημένη, γεγονός που υποδεικνύει μια οψίμηση της παραγωγής. Η οψίμηση πιθανόν να σχετίζεται με το υψηλότερο επίπεδο υγρασίας που διατηρεί το έδαφος. Σε ένα πείραμά τους οι Harman *et al.* (1989), διαπίστωσαν ότι, κατά την εφαρμογή ακαλλιέργειας το έδαφος σε ένα βάθος 90 cm διατηρεί κατά μέσο όρο 45 mm περισσότερο νερό σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία. Παρομοίως, οι Gantzer and Blake (1978) αναφέρουν μια μέση κατ' όγκο εδαφική υγρασία 10% μεγαλύτερη στο ακαλλιέργητο έδαφος σε σχέση με το οργωμένο. Μία δεύτερη πιθανή αιτία για την οψίμηση της παραγωγής ήταν η αυξημένη σχετική υγρασία στο περιβάλλον των

φυτών. Όπως διαπιστώθηκε, στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας υπήρχε ένα σημαντικό πρόβλημα με τα ζιζάνια. Πολλά από τα ζιζάνια αυτά, όντας πιο όψιμα από τα φυτά του καλαμποκιού, διατηρούνταν χλωρά και μετά την διακοπή των αρδεύσεων. Στο διάστημα αυτό με την λειτουργία της διαπνοής προκαλούσαν αύξηση της σχετικής υγρασίας στο υπέργειο περιβάλλον. Επιπλέον, η παρουσία τους περιόριζε την μετακίνηση του αέρα και κατά συνέπεια την απομάκρυνση της υγρασίας. Τα παραπάνω είχαν ως συνέπεια να καθυστερήσει η ξήρανση των σπαδικών.

Για το βαμβάκι, σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, η μείωση των αποδόσεων στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή ήταν κατά μέσο όρο της τάξης του 4,7%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας της τάξης του 22,5-23,5% και στην μέθοδο της ακαλλιέργειας της τάξης του 33,3%. Επιπλέον, τα καρύδια στη συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή φάνηκαν να έχουν μια μεγαλύτερη αναλογία ίνας προς σπόρο. Η διαφορά στην απόδοση μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν έδειξε να σχετίζεται με τον πληθυσμό των φυτών σε κάθε μεταχείριση, διότι το βαμβάκι είναι καλλιέργεια η οποία έχει την δυνατότητα να αντισταθμίζει εν μέρει τους μειωμένους πληθυσμούς αναπτύσσοντας περισσότερους πλάγιους βλαστούς και καρποφόρα όργανα. Οι Mygdakos *et al.* (2000) δεν διαπίστωσαν διαφορές στην απόδοση του βαμβακιού μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας, μιας μεθόδου μειωμένης κατεργασίας και μιας μεθόδου ακαλλιέργειας παρότι όπως αναφέρουν στις δύο τελευταίες περιπτώσεις υπήρχε μειωμένο φύτευμα.

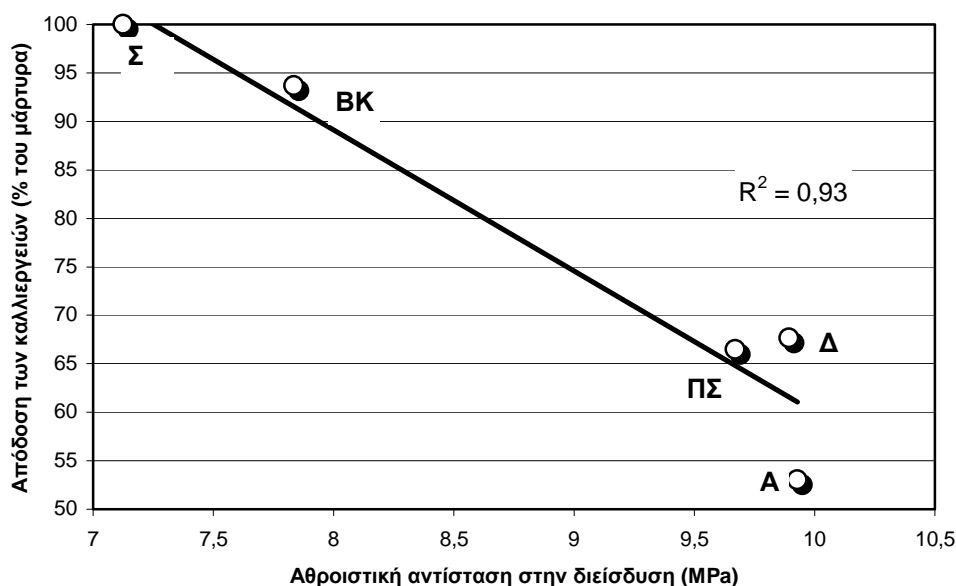
Η μείωση της απόδοσης του βαμβακιού στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας προήλθε από την μειωμένη συνολικά παραγωγή καρποφόρων οργάνων και από την φτωχότερη θρέψη αυτών. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν οι Gemtos *et al.* (2002) σε ένα πείραμα με μειωμένες κατεργασίες στο βαμβάκι το οποίο πραγματοποιήθηκε στην ίδια περιοχή του Βελεστίνου. Οι Keisling *et al.* (1993) αναφέρουν επίσης ότι η μειωμένη απόδοση του βαμβακιού στην μηδενική κατεργασία οφείλονταν σε μειωμένη θρέψη των καρυδιών. Η περιορισμένη θρέψη των καρποφόρων οργάνων σχετιζόταν, όπως και στην περίπτωση του καλαμποκιού με την περιορισμένη βλαστική ανάπτυξη των φυτών ενδεχομένως εξαιτίας του συμπυκνωμένου επιφανειακού στρώματος εδάφους που υπήρχε τις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας και του ανταγωνισμού από τα ζιζάνια. Ο Chancellor (1977) αναφέρει ότι υπάρχουν μια σειρά από στοιχεία που δείχνουν μια καθαρά πτωτική τάση στην απόδοση του βαμβακιού με την αύξηση της αντίστασης του εδάφους στη διείσδυση. Η καλύτερη πορεία που είχε η καλλιέργεια στην συμβατική κατεργασία σχετίζεται επίσης με το γεγονός ότι η καλλιέργεια ήταν αρδευόμενη και συνεπώς δεν μπόρεσαν να φανερωθούν τυχόν οφέλη από την αποτελεσματικότερη συγκράτηση της υγρασίας στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας. Αντίθετα, σε ένα πείραμα με ξηρικό βαμβάκι οι Harman *et al.* (1989) διαπίστωσαν μια σημαντική αύξηση της απόδοσης του σύσπορου βαμβακιού της τάξης του 41% στην περίπτωση της ακαλλιέργειας εξαιτίας της βελτίωσης των υγρασιακών συνθηκών του εδάφους. Τέλος, στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας, και για τα δύο έτη, παρατηρήθηκε μια οψίμηση της παραγωγής καθότι στο δεύτερο χέρι συγκομίστηκε ένα μεγαλύτερο ποσοστό καρυδιών. Η οψίμηση αυτή, όπως και στην περίπτωση του καλαμποκιού, οφείλονταν προφανώς στην αυξημένη σχετική υγρασία στο υπέργειο περιβάλλον των φυτών εξαιτίας της παρουσίας των ζιζανίων. Οψίμηση της παραγωγής του βαμβακιού κατά την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας διαπίστωσαν επίσης οι Mygdakos *et al.* (2000). Το γεγονός αυτό το απέδωσαν στο μειωμένο φύτευμα και στην έλλειψη εμπειρίας κατά την εφαρμογή αυτών των συστημάτων.

Ανακεφαλαιώνοντας συμπεραίνεται ότι κατά την υιοθέτηση συστημάτων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους θα πρέπει να αναμένεται μια μείωση των αποδόσεων. Η μείωση αυτή οφείλεται κατά ένα λόγο στη ύπαρξη αντίξοων συνθηκών στο έδαφος, τόσο κατά το φύτερωμα, όσο και κατά την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Στις καλλιέργειες του βαμβακιού και των ζαχαροτεύτλων η μειωμένη απόδοση δεν σχετίζονταν σημαντικά με τους μειωμένους πληθυσμούς και προέρχονταν κατά κύριο λόγο από την μειωμένη ανάπτυξη των φυτών. Οι καλλιέργειες αυτές έχουν την δυνατότητα να αποδώσουν ικανοποιητικά σε ένα ευρύτερο φάσμα πληθυσμών. Αντίθετα, για την καλλιέργεια του καλαμποκιού, αν δεν εξασφαλιστεί ένα ικανοποιητικό φύτερωμα, θα πρέπει να αναμένεται μια σημαντική μείωση της απόδοσης η οποία θα είναι ανάλογη με την μείωση του πληθυσμού της φυτείας. Οι Hussain *et al.* (1999) διαπίστωσαν μια σημαντική επίδραση του πληθυσμού των φυτών όταν η παράμετρος χρησιμοποιούταν ως συμμεταβλητή στην ανάλυση της παραλλακτικότητας της απόδοσης του καλαμποκιού με διαφορετικές μεθόδους κατεργασίας.

Μια άλλη πιθανή αιτία για τον περιορισμό των αποδόσεων είναι ο ανταγωνισμός των φυτών της καλλιέργειας από τα ζιζάνια. Όταν για μια περίοδο των 3-9 εβδομάδων μετά την σπορά το βαμβάκι υφίσταται ανταγωνισμό από ζιζάνια, η ανάπτυξη και η τελική απόδοση περιορίζονται (Paramichail, 1998). Για να μην υπάρξουν απώλειες στην απόδοση η περίοδος που δεν πρέπει να υπάρξει ανταγωνισμός από τα ζιζάνια πρέπει να παραταθεί μέχρι τις 11 εβδομάδες από τη σπορά. Η κρίσιμη περίοδος, κατά την οποία μπορούν να σημειωθούν οι μεγαλύτερες απώλειες στην απόδοση, υπολογίζεται στις 5-7 εβδομάδες από τη σπορά (Paramichail, 1998). Για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων, ο ανταγωνισμός των ζιζανίων δεν πρέπει να συνεχίζεται πέρα από το στάδιο των 4-6 μόνιμων φύλλων (Scott *et al.*, 1979). Από το στάδιο αυτό και έπειτα, και για τις επόμενες έξι εβδομάδες, για κάθε ημέρα που παρατείνεται ο ανταγωνισμός, μπορεί να προκύψει μείωση στην τελική απόδοση της τάξης των 120-150 kg ha⁻¹. Οι Deibert *et al.* (1979) αναφέρουν μια μείωση της απόδοσης των ζαχαροτεύτλων από 13,6 t/ha σε 8,5 t/ha η οποία οφειλόνταν σε μειωμένη ανάπτυξη των ριζών εξαιτίας ανταγωνισμού από ζιζάνια του γένους *kochia*. Σύμφωνα με τους Miller and Dexter (1983) η απόδοση των ζαχαροτεύτλων με την εφαρμογή ακαλλιέργειας μπορεί να είναι υψηλότερη από την απόδοση στη συμβατική κατεργασία, με την προϋπόθεση ότι δεν υφίσταται ανταγωνισμός από ζιζάνια. Ωστόσο ο τύπος του εδάφους στον οποίο πειραματίστηκαν είχε περιεκτικότητα σε οργανική ουσία της τάξης του 6,4% γεγονός που σαφώς βοήθησε στην μείωση της συμπίεσης και την βελτίωση της δομής του εδάφους στην περίπτωση της ακαλλιέργειας.

Με το όργωμα σχηματίζονται στο έδαφος πολλαπλές επιφάνειες διάτμησης με αποτέλεσμα αυτό να ανακουφίζεται από τις αρνητικές επιπτώσεις της συμπίεσης που έχει υποστεί κατά τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις στα προηγούμενα έτη. Το όργωμα ενός συμπίεσμένου εδάφους μπορεί να επαναφέρει το εδαφικό πορώδες κοντά στα επίπεδα που ήταν πριν από την συμπίεση (Arvidsson and Hakansson, 1996). Αυτό όμως που στην πραγματικότητα βελτιώνεται είναι μόνο το μακροπορώδες καθώς για το μικροπορώδες χρειάζεται να περάσουν τουλάχιστον πέντε έτη μετά το συμβάν της συμπίεσης, για να βελτιωθεί μέσω των φυσικών διεργασιών αναγέννησης. Η συμπίεση όμως που συμβαίνει στην περιοχή κάτω από το βάθος αρόσεως δεν είναι δυνατό να αποκατασταθεί με την κατεργασία του εδάφους (Alakukku, 1996b).

Ο τύπος του εδάφους στον οποίο πραγματοποιήθηκε το πείραμα ήταν και για τους δύο αγρούς, βαριάς σύστασης, Σε τέτοιου είδους εδάφη, η επιπτώσεις της συμπίεσης μπορεί να είναι πολύ έντονες προκαλώντας την μειωμένη ανάπτυξη των καλλιεργειών (Hajabbasi and Hemmat, 2000).

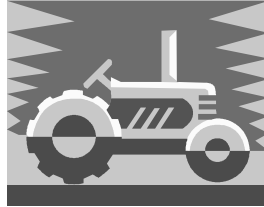


Σχήμα 3.5.1 Συσχέτιση μεταξύ της αθροιστικής αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση για ένα βάθος μέχρι 30 cm και της μέσης απόδοσης των τριών καλλιεργειών για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους εκφρασμένης ως % της απόδοσης στον μάρτυρα. (μέσοι όροι από τις μετρήσεις των δύο τελευταίων ετών).

Κατά το πρώτο έτος πειραματισμού, στα τεμάχια των μεθόδων μειωμένης κατεργασίας, υπήρχε ακόμη η ευεργετική επίδραση του οργώματος που υπέστησαν τα τεμάχια αυτά κατά τα προηγούμενα έτη. Το γεγονός αυτό βοήθησε τα φυτά στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας να αναπτυχθούν σχετικά καλά και τελικά να δώσουν ικανοποιητικές αποδόσεις. Από το δεύτερο έτος όμως και έπειτα, η επίδραση της άρωσης έχει σχεδόν εξαιρεθεί, ενώ στα τεμάχια αυτά εξακολουθεί να συμβαίνει συμπίεση του εδάφους εξαιτίας της μετακίνησης των γεωργικών μηχανημάτων. Ο συνδυασμός των δυο πιο πάνω γεγονότων φαίνεται ότι οδήγησε στην δημιουργία ενός ιδιαίτερα συμπαγούς εδάφους το οποίο προκάλεσε την σημαντική μείωση των αποδόσεων σε όλες τις καλλιέργειες. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τους Linden *et al.* (2000) οι οποίοι αναφέρουν μια σταδιακή μείωση των αποδόσεων του καλαμποκιού έπειτα από πέντε έτη συνεχούς εφαρμογής ακαλλιέργειας.

Στο σχήμα 3.5.1 παριστάνεται η σχέση μεταξύ της αθροιστικής αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση για ένα βάθος μέχρι 30 cm και της μέσης απόδοσης των τριών καλλιεργειών για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους εκφρασμένης ως % της απόδοσης στον μάρτυρα. (μέσοι όροι από τις μετρήσεις των δύο τελευταίων ετών). Όπως διαπιστώνεται και από το σχήμα, μεταξύ των δύο παραπάνω παραμέτρων, υπάρχει ένας υψηλός βαθμός συσχέτισης ($r^2 = 0.93$).

Τέλος, τα συστήματα μειωμένης κατεργασίας μπορεί να οδηγήσουν σε οψίμηση της παραγωγής γεγονός που για καλλιέργειες με μεγάλο βιολογικό κύκλο όπως το βαμβάκι μπορεί να αποτελέσει σημαντικό πρόβλημα.



Μέρος 2^ο

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΙΣΡΟΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΙΣΟΖΥΓΙΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

4. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

4.1. Χρήση της ενέργειας στην γεωργική παραγωγή

Η γεωργία χειρίζεται το φυσικό οικοσύστημα κατά τρόπο ώστε να παράγονται αγαθά τα οποία είναι απαραίτητα για την επιβίωση του ανθρώπου. Η γεωργία στην πρωταρχική της μορφή, ήταν απλή και περιελάμβανε ελάχιστες καλλιεργητικές επεμβάσεις από την μεριά του ανθρώπου. Η πρακτική όμως αυτή είχε ως αποτέλεσμα την επίτευξη ιδιαίτερα χαμηλών αποδόσεων και πολλές φορές η αγροτική παραγωγή δεν επαρκούσε για να καλύψει τις συνεχώς αυξανόμενες ανθρώπινες ανάγκες. Γρήγορα όμως ο άνθρωπος ανακάλυψε τεχνικές καλλιέργειας, όπως η κατεργασία της γης, η καταπολέμηση των ζιζανίων και η άρδευση, οι οποίες μπορούσαν να βελτιώσουν σημαντικά την παραγωγικότητα των καλλιεργειών του. Η εφαρμογή των τεχνικών αυτών ωστόσο, απαιτούσε την χρήση μηχανικής ενέργειας η οποία μέχρι και τα μέσα του προηγούμενου αιώνα, παρέχονταν σχεδόν αποκλειστικά από τον άνθρωπο και τα ζώα, οι δυνατότητες των οποίων ήταν περιορισμένες. Με την ραγδαία αξιοποίηση ωστόσο απολιθωμένων μορφών ενέργειας, από την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης και έπειτα, διαπιστώθηκε ότι με την εισαγωγή επιπλέον ενέργειας σε ένα γεωργικό σύστημα παραγωγής, είτε με τη μορφή μηχανικού έργου είτε την μορφή γεωργικών εφοδίων, ήταν δυνατή μια θεαματική αύξηση των αποδόσεων. Για παράδειγμα, με την προσθήκη 1500 kg ισοδύναμου πετρελαίου ανά εκτάριο σε μια παραδοσιακή καλλιέργεια ρυζιού και 700 kg ισοδύναμου πετρελαίου ανά εκτάριο σε μια καλλιέργεια καλαμποκιού, η απόδοση μπορούσε να ήταν μέχρι και πέντε φορές μεγαλύτερη (Faidley, 1992). Από την άλλη πλευρά, ο συνεχώς αυξανόμενος ανθρώπινος πληθυσμός του πλανήτη, επέβαλλε την χρήση όλο και περισσότερης ενέργειας στην γεωργία για την κάλυψη των διατροφικών του αναγκών.

Στη σύγχρονη γεωργική παραγωγή, η ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή και λειτουργία των γεωργικών μηχανημάτων, για την εγκατάσταση και λειτουργία των συστημάτων άρδευσης καθώς και για την παρασκευή και την εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Η γεωργία αποτελεί ένα “βιολογικό εργαστήρι” όπου κατά κύριο λόγο συμβαίνει μετασχηματισμός ενέργειας – η ηλιακή ενέργεια, η μηχανική ενέργεια και η ενέργεια των γεωργικών εφοδίων μετατρέπονται σε χημική ενέργεια η οποία ενσωματώνεται στους φυτικούς ιστούς των γεωργικών προϊόντων. Καθώς ο βαθμός ανάπτυξης της γεωργίας παρουσιάζει σημαντική διαφοροποίηση στις διάφορες περιοχές του πλανήτη, η χρήση της ενέργειας παρουσιάζει επίσης σημαντικές διακυμάνσεις. Το 1979, η συνολική παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανερχόταν στα 7,6 EJ (αναφορά του Hinsel, 1992 σε εργασία του Stout, 1979). Το μερίδιο που αντιστοιχούσε στη γεωργία ήταν περίπου 3,5% και κυμαίνονταν ανάλογα με το επίπεδο ανάπτυξης των χωρών. Σε ανεπτυγμένες χώρες όπως το Ισραήλ, η Ιαπωνία και η Νότιος Αφρική, ήταν 1,8%, ενώ σε αναπτυσσόμενες χώρες έφτανε το 6,4%. Από την ενέργεια αυτή, το 51% χρησιμοποιείτο για τον χειρισμό και την κατασκευή γεωργικών μηχανημάτων, το 45% επενδυόταν σε χημικά λιπάσματα ενώ το υπόλοιπο 4% αφορούσε τη χρήση σπόρων, φυτοφαρμάκων και την άρδευση (Hinsel, 1992). Στον πίνακα 4.1 φαίνεται η αύξηση της χρησιμοποίησης της ενέργειας στη γεωργία για την δεκαετία 1972-82 σε αναπτυσσόμενες και ανεπτυγμένες χώρες.

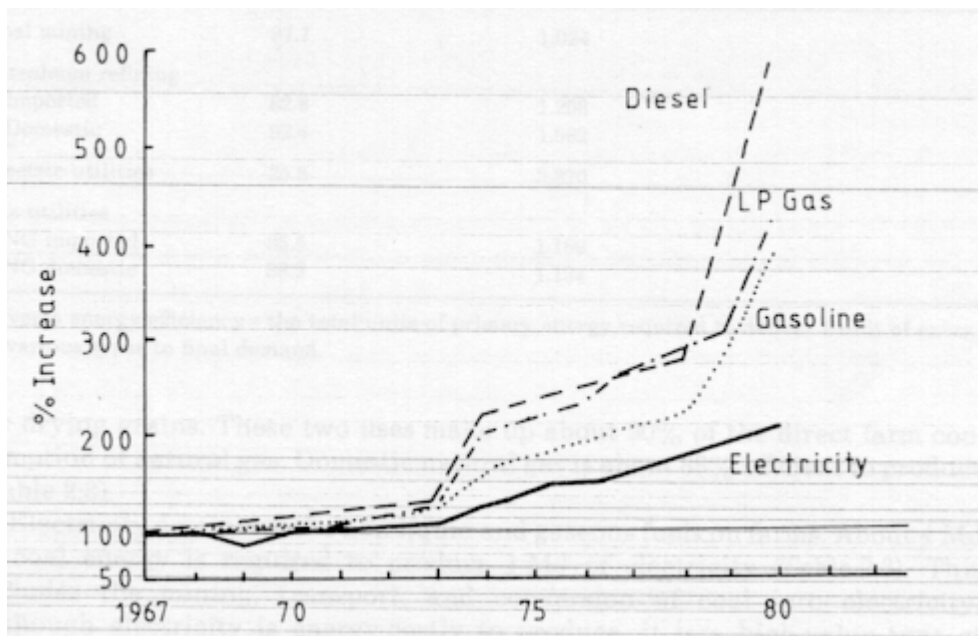
Πίνακας 4.1. Χρήση της ενέργειας στη παγκόσμια γεωργία (Στοιχεία από Faidley, 1992)

	Ανεπτυγμένες χώρες		Αναπτυσσόμενες χώρες	
	<i>εκατ kg ισοδ. πετρελαίου</i>			
	1972	1982	1972	1982
Γεωργικά μηχανήματα	107.842	130.653	116.960	150.154
Άρδευση	1.499	1.929	3.699	5.075
Λίπανση	56.446	74.576	77.884	127.213
Φυτοφάρμακα	2.999	3.211	3.743	4.489
Σύνολο	168.786	210.369	202.286	286.931

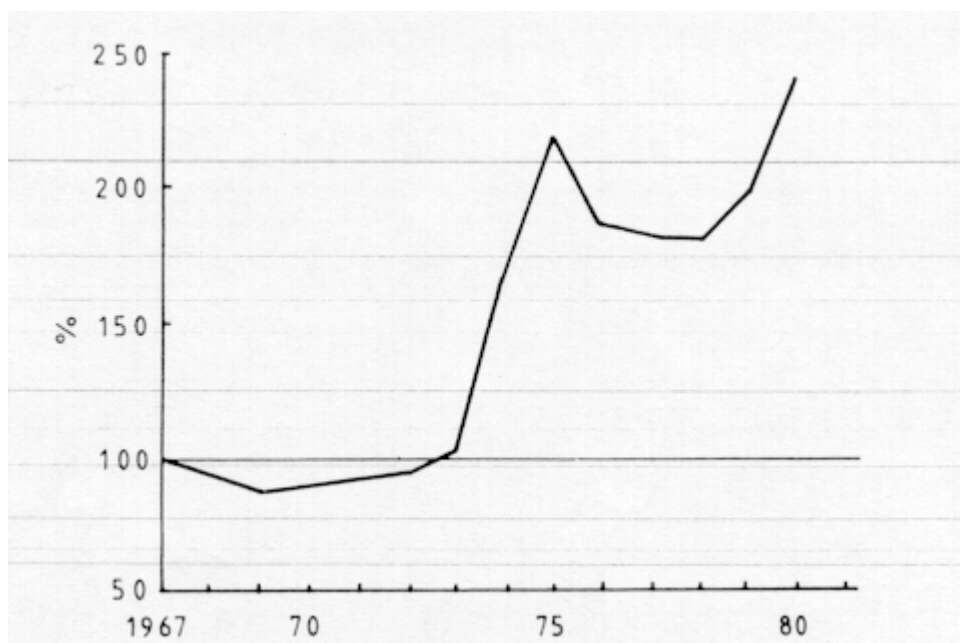
Η χρήση της ενέργειας στη γεωργία μπορεί να είναι είτε άμεση είτε έμμεση. Η άμεση χρήση σχετίζεται με την παραγωγή μηχανικού έργου στον αγρό κατά τη διάρκεια των διαφόρων καλλιεργητικών επεμβάσεων και την άρδευση ενώ η έμμεση χρήση αναφέρεται στην ενέργεια που καταναλώθηκε για την παραγωγή και διανομή του εξοπλισμού και των υπολοίπων εφοδίων που χρησιμοποιούνται στον αγρό. Οι άμεσες εισροές αντιπροσωπεύουν το 1/3 της συνολικά καταναλισκόμενης στη γεωργία ενέργειας ενώ οι έμμεσες εισροές τα 2/3 (Pimentel, 1992).

Το 40% των απολιθωμένων μορφών ενέργειας που χρησιμοποιούνται στη γεωργία προέρχεται από τα υγρά καύσιμα, άλλα 40% από το φυσικό αέριο, ενώ το υπόλοιπο 20% από τον άνθρακα και διάφορες άλλες πηγές ενέργειας. Από τα υγρά καύσιμα που καταναλώνονται στον αγρό, το 65% αφορά τη χρήση ντίζελ ενώ το υπόλοιπο 35% τη χρήση βενζίνης (Pimentel, 1992). Ένα σημαντικό επίσης μερίδιο καταναλώνεται με την μορφή ηλεκτρικής ενέργειας κυρίως για την λειτουργία των αντλιών άρδευσης των καλλιεργειών.

Μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του 70, το κόστος της ενέργειας ήταν σχετικά χαμηλό και οι παραγωγοί δεν προβληματίζονταν ιδιαίτερα για τη χρήση της. Μετά τις δύο πετρελαϊκές κρίσεις ωστόσο του 1973 και του 1979, οι τιμές των υγρών καυσίμων αυξήθηκαν κατακόρυφα (σχήμα 4.1) με αποτέλεσμα η ενέργεια πλέον στην γεωργία να αποτελεί αγαθό του οποίου η χρήση έπρεπε να γίνεται με μέτρο και σύνεση. Η αύξηση των τιμών του πετρελαίου είχε επίσης άμεσο αντίκτυπο στις τιμές και άλλων γεωργικών εφοδίων όπως τα λιπάσματα (σχήμα 4.2). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την εμφάνιση σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων, όπως η υποβάθμιση της ποιότητας των εδαφών, η μείωση των υδατικών πόρων και η ρύπανση από την εκτεταμένη χρήση αγροχημικών, επέβαλαν την ριζική αναθεώρηση του τρόπου διαχείρισης των αγροτικών οικοσυστημάτων. Εναλλακτικά συστήματα διαχείρισης άρχισαν να προβάλλονται και να μελετώνται ευρέως και να συγκρίνονται με τα ήδη εφαρμοζόμενα. Για παράδειγμα, με την εφαρμογή μεθόδων περιορισμένης κατεργασίας προκύπτει μια σημαντική μείωση των ενεργειακών εισροών στην αγροτική παραγωγή ενώ παράλληλα περιορίζονται σημαντικά φαινόμενα όπως η διάβρωση και η συμπίεση των εδαφών. Με την χρήση κατάλληλων αμειψισπορών είναι δυνατή η μείωση της απαιτούμενης ποσότητας φυτοφαρμάκων για τον έλεγχο παρασίτων και ζιζανίων. Σήμερα, δεδομένου του γενικότερου κλίματος αστάθειας που επικρατεί τις πετρελαιοπαραγωγές χώρες της Μέσης Ανατολής, υπάρχει μια έντονη διεθνή ανησυχία σχετικά με το κόστος χρήσης και την διαθεσιμότητα του πετρελαίου. Μια σχετική απεξάρτηση των αγροτικών επιχειρήσεων από την πετρελαϊκή ενέργεια θα μπορούσε να οδηγήσει στην διαμόρφωση ενός σταθερότερου γεωργικού εισοδήματος. Παράλληλα, η ορθολογική χρήση της ενέργειας θα μπορούσε να σημάνει τη βελτίωση της παραγωγικότητας και κατά συνέπεια την αύξηση του κέρδους για τον παραγωγό.



Σχήμα 4.1. Ποσοστιαία αύξηση των τιμών της ενέργειας για την περίοδο 1967-80. (Pimentel, 1992)



Σχήμα 4.2. Ποσοστιαία αύξηση των τιμών των λιπασμάτων για την περίοδο 1967 – 80. (Pimentel, 1992)

4.2. Ενεργειακή ανάλυση αγροτικών συστημάτων

Τα φυτά έχουν την μοναδική ικανότητα, μέσω της φωτοσύνθεσης, να δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια και να την μετατρέπουν σε χημική. Σε αυτή ακριβώς τη ιδιότητα επεμβαίνει ο άνθρωπος προσπαθώντας να δημιουργήσει προϋποθέσεις που να κάνουν την δέσμευση της ηλιακής ενέργειας ακόμη πιο αποτελεσματική. Για παράδειγμα, το ποσό της ενέργειας που καταλήγει μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή της εύκρατης Βορείου Αμερικής κατά την διάρκεια μιας τετράμηνης θερινής καλλιεργητικής περιόδου, κυμαίνεται στα 2,93 TJ στρ⁻¹ (Pimentel, 1992). Το καλαμπόκι, ως φυτό της ομάδας C₄, θεωρείται μια από τις πλέον παραγωγικές καλλιέργειες. Στην πολιτεία της Iowa όταν του διατίθεται επαρκή ποσότητα νερού και θρεπτικών στοιχείων μπορεί να παράγει περίπου 700 kg στρ⁻¹ σε σπόρο και άλλους 700 kg στρ⁻¹ σε φυτικά υπολείμματα. Η συνολική του βιομάζα έχει θερμογόνο δύναμη της τάξης των 289 GJ, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 1% της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας. Για να επιτευχθεί ωστόσο η πιο πάνω απόδοση στο συγκεκριμένο σύστημα παραγωγής απαιτείται η προσθήκη μιας επικουρικής ποσότητας ενέργειας της τάξης των 46 GJ για την διαχείριση του εδάφους, του νερού και των φυτών. Έτσι στην παραγωγή του καλαμποκιού, η ηλιακή ενέργεια αντιπροσωπεύει το 86% των συνολικών εισροών και η ενέργεια που προσθέτει ο άνθρωπος το 14%.

Ο συντελεστής μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε βιομάζα για άλλα φυτά είναι πολύ πιο μικρός. Για την πατάτα για παράδειγμα κυμαίνεται στο 0,4% ενώ για το σιτάρι στο 0,2%. Σε οποιαδήποτε περίπτωση ωστόσο, οι τιμές αυτές είναι 2 με 5 φορές μεγαλύτερες από αυτές που ισχύουν για τη φυσική βλάστηση όπου ο μέσος συντελεστής μετατροπής της ηλιακής ενέργειας κυμαίνεται στο 0,1% (Pimentel, 1992). Ο μεγαλύτερος συντελεστής σε ένα σύστημα οργανωμένης γεωργικής παραγωγής οφείλεται στη προσθήκη επικουρικής ενέργειας από την πλευρά του ανθρώπου. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται για την βελτιστοποίηση επιμέρους παραγόντων της παραγωγικής διαδικασίας (θρέψη, φυτοπροστασία διαχείριση του περιβάλλοντος κ.λ.π.)

Ένας τρόπος αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας ενός αγροτικού συστήματος παραγωγής είναι ο προσδιορισμός της ενέργειας που αφομοιώνεται στην βιομάζα μιας καλλιέργειας, ως αποτέλεσμα του κατάλληλου χειρισμού των φυτών, της γης και του νερού μέσω της χρήσης επικουρικής ενέργειας από την πλευρά του ανθρώπου. Παρόλο που ένας υψηλότερος συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας δεν συνεπάγεται απαραίτητα και μια υψηλότερη οικονομική πρόσοδο, η ενεργειακή ανάλυση μπορεί να υποδείξει τα σημεία εκείνα όπου θα μπορούσε να γίνει μια ορθολογικότερη χρήση των συντελεστών παραγωγής με απώτερο σκοπό την αύξηση της αποδοτικότητας του συστήματος και την βελτίωση του εισοδήματος του παραγωγού. Αν και για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των συστημάτων παραγωγής συνήθως χρησιμοποιούνται οικονομετρικές μέθοδοι όπου τόσο οι συντελεστές παραγωγής όσο και τα προϊόντα αποτιμώνται σε νομισματικές μονάδες, εντούτοις, η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμεύσει για την διεξαγωγή βραχυπρόθεσμων μόνο συμπερασμάτων εξαιτίας της ρευστότητας των τιμών τόσο των εισροών όσο και των προϊόντων. Αντίθετα, η ενέργεια ως μέτρο αποτίμησης έχει το πλεονέκτημα ότι διατηρεί σταθερή την αξία της στο χώρο και στο χρόνο και μπορεί να δώσει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με την μακροπρόθεσμη σημασία των επιμέρους παραγόντων στο συνολικό σύστημα της παραγωγής.

Ως ενεργειακή ανάλυση ορίζεται ο φυσικός προσδιορισμός των ροών ενέργειας σε μια παραγωγική διαδικασία ή ένα σύστημα παραγωγής. Για να γίνει μια ενεργειακή ανάλυση χρειάζεται να γίνει κατ' αρχάς μια "οριοθέτηση" του συστήματος ή της διαδικασίας. Η έννοια "οριοθέτηση" σημαίνει την τοποθέτηση σαφών ορίων που να διαχωρίζουν το σύστημα από τις υπόλοιπες παραγωγικές διαδικασίες της κοινωνίας έτσι ώστε όλες οι ροές ενέργειας από και προς το σύστημα να μπορούν να διακριθούν και να καταμετρηθούν (Fluck, 1992c). Στις εισροές ενέργειας θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τόσο οι άμεσες όσο και οι έμμεσες μορφές. Για παράδειγμα, στον χώρο της γεωργίας τα "όρια" του συστήματος μπορεί να είναι τα φυσικά όρια ενός αγρού όπου σαν "εισροή" να θεωρηθεί οποιοδήποτε εφόδιο ή υπηρεσία προέρχεται από το εξωτερικό περιβάλλον ενώ σαν "εκροή" να θεωρηθούν τα προϊόντα που παράγονται και διατίθενται στην αγορά. Αντίθετα, σε παραδοσιακά οργανωμένες κοινωνίες όπου η γεωργία βασίζεται κυρίως στην εργασία των μελών μιας οικογένειας τα οποία με τη σειρά τους είναι οι κύριοι καταναλωτές των προϊόντων που παράγουν, τα όρια θα ταίριαζαν καλύτερα να τοποθετηθούν στις οικονομικές συναλλαγές της οικογένειας με την υπόλοιπη κοινωνία. Ο προσδιορισμός των εισροών και εκροών θα πρέπει να γίνεται για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα η ελάχιστη διάρκεια του οποίου θα πρέπει να είναι ίση τουλάχιστον με την διάρκεια ενός πλήρους κύκλου παραγωγής, π.χ. μια καλλιεργητική περίοδος.

Κάνοντας αναγωγή όλων των εισροών που περιλαμβάνονται στη διαδικασία της γεωργικής παραγωγής και των εκροών που προκύπτουν μέσω των προϊόντων, σε ενεργειακά ισοδύναμα μπορεί να γίνει σύνταξη ολοκληρωμένων ενεργειακών ισοζυγίων για διαφορετικά συστήματα διαχείρισης και να διεξαχθούν συγκρίσεις μεταξύ αυτών. Επίσης μπορούν να συσχετισθούν οι εισροές με τις εκροές. Τέσσερις δείκτες που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό είναι η καθαρή ενέργεια, ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας, η ενεργειακή παραγωγικότητα και η ένταση της χρησιμοποιηθείσας ενέργειας (Fluck, 1992b).

Η "**καθαρή ενέργεια**" ισούται με τη διαφορά των συνολικών εκροών μείον τις συνολικές εισροές ενέργειας.

Ο "**συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας**" ισούται με το πηλίκο των συνολικών εκροών προς τις συνολικές εισροές. Επειδή, στις εισροές συνήθως δεν συμπεριλαμβάνεται η ηλιακή ενέργεια που αφομοιώνεται από τα φυτά, όταν γίνεται μια ορθολογική χρήση των υπολοίπων ενεργειακών πόρων, ο συντελεστής αυτός λαμβάνει τιμές > 1 . Η έννοια αυτή, αν και χρησιμοποιείται ευρέως σε ενεργειακές αναλύσεις, δεν έχει πρακτική αξία για ορισμένα γεωργικά προϊόντα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά όπως αρωματικά φυτά, φυτά των οποίων χρησιμοποιούνται οι ίνες, λαχανικά, φρούτα κ.α. Ταιριάζει όμως απόλυτα όταν χρησιμοποιείται για τις μελέτες ενεργειακών φυτών, φυτών δηλαδή που καλλιεργούνται για την παραγωγή ενέργειας.

Η "**ενεργειακή παραγωγικότητα**" ισούται με το πηλίκο της παραγωγής ενός παραγωγικού μέσου (π.χ. μιας καλλιέργειας) προς την χρησιμοποιούμενη ενέργεια. Μετράται σε kg/MJ και χρησιμοποιείται συνηθέστερα στην ανάλυση μηχανοποιημένων γεωργικών συστημάτων.

Το αντίστροφο της ενεργειακής παραγωγικότητας είναι η "**ένταση της χρησιμοποιηθείσας ενέργειας**", ο λόγος δηλαδή της ενέργειας που ενσωματώνεται στη φυσική ή τη νομισματική μονάδα μέτρησης ενός αγαθού.

4.3. Εισροές ενέργειας στην γεωργική παραγωγή

Οι εισροές της ενέργειας σε ένα γεωργικό σύστημα παραγωγής περιλαμβάνουν συνήθως την ενέργεια που βρίσκεται ενσωματωμένη στα γεωργικά εφόδια (σπόροι, λιπάσματα, φυτοφάρμακα) τις εισροές της ενέργειας μέσω των γεωργικών μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται για τις διάφορες καλλιεργητικές εργασίες (όργωμα, σπορά εφαρμογή λιπασμάτων κ.λ.π.) και τέλος τις εισροές ενέργειας για την άρδευση.

Τα λιπάσματα, μαζί με την άρδευση καταλαμβάνουν συνήθως το μεγαλύτερο μερίδιο των συνολικών ενεργειακών εισροών. Η χρήση των λιπασμάτων έχει αυξηθεί κατακόρυφα κατά την διάρκεια των τελευταίων τριών δεκαετιών, οδηγώντας σε μια σημαντική αύξηση των ενεργειακών εισροών στο χώρο της γεωργίας, παράλληλα όμως, και σε μια ακόμη σημαντικότερη αύξηση των εκροών μέσω των μεγαλύτερων αποδόσεων. Σύμφωνα με τον Helsel (1992), το 1964 χρησιμοποιούταν παγκοσμίως περίπου 2,9-5,4-7 kg/στρ N-P-K για την λίπανση των καλλιεργειών. Το 1983, η κατανάλωση αυξήθηκε στα 8,5-12,2-5,4 kg/στρ N-P-K, με την μεγαλύτερη αύξηση να συμβαίνει στις αναπτυσσόμενες χώρες. Από την συνολική ενέργεια που χρησιμοποιείται στη γεωργία, το 45% αφορά τα λιπάσματα (Helsel, 1992). Το ποσοστό αυτό είναι μικρότερο σε ανεπτυγμένες χώρες με εκτατική γεωργία όπως η Αυστραλία όπου μόλις το 26% των συνολικών εισροών ενέργειας προστίθεται μέσω των λιπασμάτων, και πολύ μεγάλο σε αναπτυσσόμενες χώρες με εντατική γεωργική παραγωγή όπως αυτές της Μέσης Ανατολής όπου μέχρι και το 84% των συνολικών εισροών ενέργειας προστίθεται με τα λιπάσματα. Η εφαρμογή λιπασμάτων σε μια καλλιέργεια αποτελεί μια βραχυπρόθεσμη επένδυση η οποία αποσβένει σύντομα (μέσα στο έτος) το κόστος της, μέσω μιας σημαντικά βελτιωμένης απόδοσης. Για τους παραγωγούς των αναπτυσσόμενων χωρών είναι πολύ πιο εύκολο να επενδύσουν σε μια τέτοιας μορφής ενεργειακή εισροή. Αντίθετα, η επένδυση σε τομείς όπως ο μηχανολογικός εξοπλισμός μιας επιχείρησης, έχει υψηλό αρχικό κόστος το οποίο θα αποσβεστεί έπειτα από αρκετά χρόνια. Τέτοιες επενδύσεις είναι πολύ πιο εύκολο να γίνουν από παραγωγούς ανεπτυγμένων χωρών.

Η ενέργεια που αντιστοιχεί στην άρδευση αποτελεί μόλις το 2% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στην παγκόσμια γεωργική παραγωγή. Αυτό συμβαίνει διότι μόνο το 15% της παγκόσμιας γεωργικής έκτασης είναι αρδεύσιμη. Ωστόσο σύμφωνα με τον Sloggett (1992) σε αυτή την έκταση, παράγεται το 30% των γεωργικών προϊόντων. Αν όμως γίνει εστίαση στο ποσοστό της ενέργειας που δαπανάται για την άρδευση, μόνο στις αρδεύσιμες εκτάσεις, το ποσοστό μπορεί να υπερβαίνει και το 50% των συνολικών ενεργειακών εισροών.

Τα γεωργικά μηχανήματα είναι μετά από τα λιπάσματα και την άρδευση, ο τρίτος σημαντικότερος παράγοντας εισροής ενέργειας στα αγροτικά συστήματα παραγωγής (Bowers, 1992). Η σημασία τους εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας, τον τύπο του εδάφους, το κλίμα της περιοχής και κυρίως, από το βαθμό εκμηχάνισης του συστήματος παραγωγής. Ο Bowers (1992), αναφέρει ότι οι Dunn *et al.* το 1983, σύγκριναν τις εισροές ενέργειας κατά την παραγωγή ρυζιού με τρία διαφορετικά επίπεδα εκμηχάνισης διαπιστώνοντας ότι όταν ο βαθμός εκμηχάνισης αυξάνει, αυξάνει και η απόδοση της καλλιέργειας. Η σχέση όμως δεν είναι γραμμική και ο ρυθμός αύξησης της απόδοσης μειώνεται με την αύξηση της χρήσης γεωργικών μηχανημάτων πέρα από κάποιο όριο. Η ένταση της χρησιμοποιηθείσας ενέργειας σε MJ/kg προϊόντος ήταν 3,91 για ένα πλήρως μηχανοποιημένο σύστημα παραγωγής ρυζιού, 2,36 για ένα ημι-μηχανοποιημένο σύστημα και 1,12 για ένα παραδοσιακό

σύστημα. Η κύρια οδός εισόδου της ενέργειας κατά την χρήση γεωργικών μηχανημάτων είναι μέσω του ντίζελ στους κινητήρες εσωτερικής καύσης.

Οι σπόροι συνήθως αντιπροσωπεύουν μικρό ποσοστό των ενεργειακών εισροών στην γεωργία (Heichel, 1980). Η ενέργεια που περιλαμβάνεται στους σπόρους που χρησιμοποιούνται για την σπορά των καλλιεργειών υπολογίζεται ως η ενέργεια που χρησιμοποιείται ανά μονάδα προϊόντος σε όλα τα επιμέρους στάδια της σποροπαραγωγής (ενέργεια που δαπανάται για την παραγωγή, την τυποποίηση και την διανομή).

Τα φυτοφάρμακα τέλος αντιπροσωπεύουν μόνο το 2% των συνολικών εισροών ενέργειας στην γεωργία (Helsel, 1992). Από το ποσοστό αυτό το 50% αφορά την χρήση ζιζανιοκτόνων. Παρόλα αυτά, τα φυτοφάρμακα περιέχουν την υψηλότερη συγκέντρωση ενέργειας ανά μονάδα προϊόντος. Για παράδειγμα, ενώ για την παρασκευή αζωτούχων λιπασμάτων απαιτούνται 50 – 70 MJ/kg προϊόντος, για τα φυτοφάρμακα απαιτούνται περίπου 200 MJ/kg. Το γεγονός αυτό και μόνο επιβάλλει την ορθολογική χρησιμοποίησή τους στην παραγωγή. Η προσεκτική χρησιμοποίησή τους όμως επιβάλλεται και για λόγους περιορισμού της ρύπανσης των υδάτων και προστασίας του περιβάλλοντος.

4.4. Ενέργεια γεωργικών προϊόντων

Η ενέργεια που εμπεριέχεται σε ένα υλικό αναφέρεται με διάφορους όρους όπως: ενθαλπία, θερμογόνος δύναμη, θερμοϊδική αξία κ.λπ. Αυτή ισούται με την ενέργεια που απελευθερώνεται όταν το υλικό καίγεται παρουσία οξυγόνου. Αν το νερό που παράγεται και απελευθερώνεται κατά την καύση συμπυκνώνεται στην υγρή του φάση αποδίδοντας επιπλέον λανθάνουσα θερμότητα, η ενέργεια της καύσης χαρακτηρίζεται ως *“ανώτερη θερμογόνος δύναμη”* (*higher heating value*). Αντίθετα, αν το νερό παραμένει σε μορφή υδρατμών η ελαφρώς χαμηλότερη ενέργεια της καύσης χαρακτηρίζεται ως *“κατώτερη θερμογόνος δύναμη”* (*lower heating value*).

Η ενέργεια που βρίσκεται αφομοιωμένη στους ιστούς των γεωργικών προϊόντων είναι ευθέως ανάλογη με την συγκέντρωση των βασικών στοιχείων των οργανικών ενώσεων όπως του άνθρακα, του υδρογόνου, του οξυγόνου, του αζώτου και του θείου και αντιστρόφως ανάλογη με την συγκέντρωση σε ανόργανες ενώσεις και την υγρασία. Ειδικά η υγρασία παίζει καθοριστικό ρόλο στην θερμογόνου δύναμη κατά την καύση ενός προϊόντος διότι ένα τμήμα της ενέργειας που παράγεται καταναλώνεται για την εξάτμιση του περιεχόμενου νερού. Συνεπώς, όσο πιο υγρό είναι κάποιο προϊόν, τόσο περισσότερη ενέργεια δαπανάται για την εξάτμιση της περιεχόμενης υγρασίας και συνεπώς, τόσο μικρότερο είναι το ποσό της θερμότητας που αποδίδεται με την καύση.

Για την εύρεση των ενεργειακών ισοδυνάμων στα γεωργικά προϊόντα υπάρχουν διάφορες μεθοδολογίες που μπορούν να καταταχθούν σε δύο γενικές κατηγορίες (Fluck, 1992b).

- 1) Ο προσδιορισμός της θερμογόνου δύναμης και η μέτρηση της θερμοϊδικής αξίας των υδρογονανθράκων και των άλλων οργανικών συστατικών για τα γεωργικά και δασικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται για καύσιμα.
- 2) Ο υπολογισμός της αφομοιώσιμης, από τα ζώα ή τον άνθρωπο, ενέργειας για τα προϊόντα που προορίζονται για την κάλυψη διατροφικών αναγκών.

Πίνακας 4.2. Ανώτερη θερμογόνος δύναμη προϊόντων που χρησιμοποιούνται ως νομή. (Fluck, 1992b)

Είδος	Ενέργεια (MJ/kg)	Είδος	Ενέργεια (MJ/kg)
σιτάρι (σπόρος)	18,82-20,09	μηδική	18,84
σιτάρι (άχυρο)	18,09-18,65	τριφύλι	18,61
κριθάρι (σπόρος)	19,21-22,26	ζαχαρότευτλα (πολτός)	17,65
βρώμη (σπόρος)	19,69-23,24	βαμβάκι (σπόρος)	19-20,48
ρύζι (σπόρος)	16,95	σόγια (σπόρος)	19,75-20,15
σόργο (σπόρος)	18,37	σόγια (στελέχη)	18,31
σόργο (άχυρο)	17,69		
καλαμπόκι (σπόρος)	18,43-23,24		

Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι τιμές της ανωτέρου θερμογόνου δύναμης που περιλαμβάνεται σε προϊόντα μερικών αροτριάων καλλιεργειών τα οποία χρησιμοποιούνται ως νομή ζώων.

4.5 Ενεργειακά ισοζύγια καλλιεργειών

Η εφαρμογή ενεργειακών αναλύσεων και η κατάρτιση ενεργειακών ισοζυγίων για διάφορες γεωργικές καλλιέργειες ξεκίνησε το 1973. Η προσέγγιση αυτή ήρθε να προστεθεί στις υπάρχουσες οικονομετρικές μεθόδους που εφαρμόζονταν έως τότε για την αξιολόγηση των γεωργικών συστημάτων παραγωγής, με σκοπό την επισήμανση των σημείων εκείνων όπου θα μπορούσε να υπάρξει βελτίωση της αποδοτικότητας μέσω μιας ορθολογικότερης χρήσης των συντελεστών της παραγωγής.

Η εντατικότητα της χρήσης της επικουρικής ενέργειας στην γεωργία παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις τόσο από περιοχή σε περιοχή όσο και από καλλιέργεια σε καλλιέργεια εξαρτώμενη από παράγοντες όπως το κλίμα, το είδος της καλλιέργειας, ο τύπος του εδάφους, οι ανάγκες σε νερό άρδευσης, η διαθέσιμη τεχνολογία, η διαθεσιμότητα της ενέργειας, το κόστος χρήσης αυτής κ.λ.π. Για παράδειγμα οι ενεργειακές απαιτήσεις μιας καλλιέργειας ζαχαρότευτλων είναι πολύ μεγαλύτερες σε μια μεσογειακή χώρα όπως η Ελλάδα όπου οι βροχοπτώσεις κατά την καλλιεργητική περίοδο είναι περιορισμένες με συνέπεια να απαιτείται άρδευση σε σχέση με μια χώρα που βρίσκεται σε βορειότερο παράλληλο όπως είναι η Μ. Βρετανία, όπου η άρδευση δεν αποτελεί συνήθη πρακτική. Αλλά ακόμη και για αρδευσιμες καλλιέργειες, οι ενεργειακές εισροές μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τον τρόπο διάθεσης του νερού (από κανάλια ή από γεώτρηση), ανάλογα με το βάθος άντλησης ή ανάλογα με τη μορφή της άρδευσης. Από την άλλη πλευρά ωστόσο, η συνολική ηλιοφάνεια σε μια μεσογειακή χώρα είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με κάποιο βορειότερο παράλληλο, με συνέπεια τα φυτά να φωτοσυνθέτουν και να αφομοιώνουν πολύ περισσότερη ηλιακή ενέργεια και τελικά να επιστρέφουν πολύ μεγαλύτερες ενεργειακές εκροές.

Διαφορετική επίσης είναι η ικανότητα με την οποία τα διάφορα φυτά μπορούν και ενσωματώνουν την προσφερόμενη ενέργεια στην παραγόμενη βιομάζα. Υπάρχουν είδη με ταχύτατη βλαστική ανάπτυξη και υψηλό βαθμό απόδοσης της ενέργειας, όπως για παράδειγμα το σόργο, ο μίσχανθος και η αγκινάρα και τα οποία καλλιεργούνται με σκοπό την χρησιμοποίηση της βιομάζας τους για παραγωγή ενέργειας και φυτά με σχετικά περιορισμένη ανάπτυξη όπου ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας μπορεί να είναι μικρότερος της μονάδας. Βέβαια, ένας μικρός συντελεστής

ενεργειακής αποδοτικότητας δεν σημαίνει και απαραίτητα την αναποτελεσματικότητα μιας καλλιέργειας καθώς η αξία των εμπορεύσιμων προϊόντων είναι ανεξάρτητη από την ποσότητα της ενέργειας που βρίσκεται αποθηκευμένη σε αυτά. Για παράδειγμα, το εμπορεύσιμο τμήμα του βαμβακιού είναι η ίνα και ο σπόρος τα οποία συνιστούν το 35-45% του συνολικού βάρους του φυτού. Η ενέργεια που περιέχεται στο σύσπορο βαμβάκι ισούται με $17,17 \text{ MJ kg}^{-1}$ (Τσατσαρέλης, 1991). Λαμβάνοντας υπόψη μια απόδοση 315 kg στρ^{-1} η ενσωματωμένη ενέργεια ισούται με $5.408 \text{ MJ στρ}^{-1}$. Η οικονομική τους αξία ωστόσο είναι πολλαπλάσια της αξίας του υπόλοιπου τμήματος του φυτού (ρίζες και στελέχη) τα οποία αν και περιέχουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας ($17,63 \text{ MJ kg}^{-1} \times 530 \text{ kg στρ}^{-1} = 9.343 \text{ MJ στρ}^{-1}$), προς το παρόν τουλάχιστον δεν θεωρούνται εμπορεύσιμα και συνήθως δεν αποτελούν εκροές αλλά επιστρέφουν ως χλωρή λίπανση στον αγρό όπου παρήχθησαν. Οι Gemtos and Tsirikoglou (1999) ωστόσο έδειξαν ότι η βιομάζα από τα υπολείμματα της βαμβακοκαλλιέργειας θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας. Στην μελέτη τους αυτή υπολόγισαν ότι η ενέργεια που ενσωματώνεται στο υπέργειο τμήμα των βαμβακοστελεχών ήταν $5.040 \text{ MJ στρ}^{-1}$, λαμβάνοντας υπόψη μια παραγωγή ξηράς ουσίας της τάξης των 280 kg/στρ . Συνεχίζοντας τα πειράματά τους αυτά, οι Gemtos and Tsirikoglou (1999) εκτίμησαν ότι η συνολική ενέργεια που ενσωματώνεται στα βαμβακοστελέχη ήταν $5.676 \text{ MJ στρ}^{-1}$ από τα οποία τα 80,7% περιέχονται στο υπέργειο τμήμα, ενώ τα 19,3% στο υπόγειο.

Ο Leach (1976) αναφέρει για τα ζαχαρότευτλα στην Μ. Βρετανία ότι παρουσίαζαν τον υψηλότερο συντελεστή ενεργειακής αποδοτικότητας σε σχέση με άλλες καλλιέργειες. Ο συντελεστής αυτός ήταν 4,3 για τα ζαχαρότευτλα, 3,5 για το σιτάρι και 1,6 για τις πατάτες. Όταν ως εκροές λαμβάνεται υπόψη μόνο η κρυσταλλική ζάχαρη, ο συντελεστής ήταν 0,65. Οι συνολικές ενεργειακές εισροές ανέρχονταν στα $2.750 \text{ MJ στρ}^{-1}$. Οι παραπάνω εκτιμήσεις μπορεί να κυμαίνονται σημαντικά από περιοχή σε περιοχή ανάλογα με το κλίμα και τις εφαρμοζόμενες καλλιεργητικές πρακτικές. Ο Heichel (1973), υπολόγισε τον συντελεστή ενεργειακής αποδοτικότητας για τα ζαχαρότευτλα στο 1,2, λαμβάνοντας ως εκροές την κρυσταλλική ζάχαρη και αναφέρει ότι ο White το 1975, υπολόγισε ένα συντελεστή 2,7 λαμβάνοντας ως εκροές τις νωπές ρίζες και κορυφές και 0,5 λαμβάνοντας υπόψη ως μόνη εκροή την κρυσταλλική ζάχαρη. Η υψηλή αυτή ενεργειακή αποδοτικότητα οφείλεται στην υψηλή φωτοσυνθετική αποτελεσματικότητα των ζαχαροτεύτων. Η φωτοσυνθετική αποτελεσματικότητα για την Μ. Βρετανία ήταν 4,3%, όταν λαμβάνεται υπόψη μόνο η περίοδος της βλαστικής ανάπτυξης. Τα ζαχαρότευτλα μπορούν σε μια ημέρα να παράγουν 31 g ξηράς ουσίας ανά τετραγωνικό μέτρο (Cooke and Scott, 1993).

Οι Chancellor *et al.* (1980) αντιπαραβάλλουν τις ενεργειακές απαιτήσεις της καλλιέργειας των ζαχαρότευτων για 4 διαφορετικά συστήματα παραγωγής: ένα σύστημα μη αρδευόμενης καλλιέργειας στην Μ. Βρετανία, ένα σύστημα αρδευόμενης καλλιέργειας στην Καλιφόρνια, ένα παραδοσιακό, μη αρδευόμενο σύστημα παραγωγής βασισμένο στην χρήση ζωικής και ανθρώπινης ισχύος στην Βόρειο Γερμανία και ένα μη αρδευόμενο σύστημα στην Μινεσότα. Για την καλλιέργεια στην Μ. Βρετανία, οι συνολικές εισροές ενέργειας στον αγρό ανέρχονταν στα $2.739 \text{ MJ στρ}^{-1}$ ενώ λαμβάνοντας υπόψη μια απόδοση σε ρίζες $3,55 \text{ t στρ}^{-1}$, ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας υπολογίστηκε στο 5,14. Το μερίδιο που αντιστοιχούσε στην χρήση γεωργικών μηχανημάτων για τις καλλιεργητικές επεμβάσεις στον αγρό ήταν 726 MJ στρ^{-1} ποσοστό 27% επί των συνολικών εισροών ενέργειας. Για το σύστημα της Καλιφόρνια, οι συνολικές εισροές ήταν πολύ υψηλότερες εξαιτίας της χρήσης άρδευσης και ανέρχονταν στα $8.514 \text{ MJ στρ}^{-1}$ ενώ ο συντελεστής ενεργειακής

αποδοτικότητας για μια μέση απόδοση ριζών της τάξης των 5,36 t στρ⁻¹ ήταν 2,52. Το ποσό της ενέργειας που καταλογιζόταν στην χρήση των γεωργικών μηχανημάτων ήταν 1.524 MJ στρ⁻¹ ποσοστό 18% επί της συνολικής. Στην περίπτωση του παραδοσιακού συστήματος η συνολικά χρησιμοποιούμενη ενέργεια ανέρχεται στα 3.885 MJ στρ⁻¹ ενώ ο συντελεστής αποδοτικότητας του συστήματος στο 3,65, λαμβάνοντας υπόψη μια απόδοση σε ρίζες της τάξης των 3 t στρ⁻¹. Η ενέργεια που καταναλωνόταν από τον άνθρωπο και τα ζώα για τις καλλιεργητικές επεμβάσεις ήταν 2.831 MJ στρ⁻¹ ποσοστό 73% επί της συνολικής. Τέλος, για το σύστημα της Μινεσότα, οι ενεργειακές εισροές ανέρχονταν στα 5.244 MJ στρ⁻¹ ενώ για μια μέση απόδοση 3,1 t στρ⁻¹ ο συντελεστής αποδοτικότητας ήταν 1,92. Η ενέργεια που αντιστοιχούσε στα γεωργικά μηχανήματα ήταν 945 MJ στρ⁻¹ ποσοστό, όπως και στην περίπτωση της αρδευόμενης καλλιέργειας στην Καλιφόρνια, 18% επί της συνολικής.

Ο Tsatsarelis (1992) υπολόγισε την συνολική ενέργεια που χρησιμοποιείται κατά την παραγωγική διαδικασία σε μια αρδευόμενη καλλιέργεια ζαχαρότευτλων στην Ελλάδα ίση με 10.840 MJ στρ⁻¹. Από την ενέργεια αυτή το 36% αφορά την άρδευση, το 24% την μεταφορά των προϊόντων στο εργοστάσιο, το 10,5% την λίπανση, το 10% την χρήση φυτοφαρμάκων, το 9,5% την συγκομιδή και το 3,7% την κατεργασία του εδάφους. Στο σύστημα εφαρμόζονταν η συμβατική μέθοδος κατεργασίας η οποία συστήνεται και από την Ελληνική Βιομηχανία Ζαχάρεως και η οποία περιλαμβάνει όργωμα σε βάθος 25 cm και προετοιμασία της σποροκλίνης με πέραςμα με έναν ελαφρύ καλλιεργητή και έναν περιστροφικό καλλιεργητή. Παρουσιάζοντας μια απόδοση της τάξης των 6,1 t στρ⁻¹ (νωπό βάρος ριζών), η ενεργειακή παραγωγικότητα για τα τεύτλα υπολογίστηκε ίση με 0,564 kg MJ⁻¹ και ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας ίσος με 1,42. Όταν στις εκροές συνυπολογίσθηκαν οι κορυφές των τεύτλων, ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας ήταν 2.25. Συνδυάζοντας τα στοιχεία του πειράματος με στοιχεία από την E.B.Z ο Tsatsarelis (1992) διαπίστωσε ότι με την εφαρμογή επιπλέον κατεργασίας δεν προκύπτει βελτίωση της ενεργειακής παραγωγικότητας.

Μελετώντας το ημερολόγιο των εργασιών ενός αντιπροσωπευτικού βαμβακοπαραγωγού στην περιοχή της Καρδίτσας και λαμβάνοντας υπόψη μια μέση απόδοση για το σύσπορο της τάξης των 320 kg στρ⁻¹, ο Tsatsarelis (1991), υπολόγισε, λαμβάνοντας ως εκροές μόνο τις ίνες, την ενεργειακή παραγωγικότητα σε 0.012 kg MJ⁻¹ και το συντελεστή ενεργειακής αποδοτικότητας σε 0,19. Όταν ως εκροές λαμβάνονταν υπόψη το σύσπορο βαμβάκι, ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας ήταν 0,67. Οι συνολικές εισροές ενέργειας ανέρχονταν στα 8.260 MJ στρ⁻¹. Από την ποσότητα αυτή, η ενέργεια που αντιστοιχούσε στην άρδευση ήταν 4.000 MJ στρ⁻¹ ποσοστό 50% επί των συνολικών εισροών. Η λίπανση αποτέλεσε την δεύτερη σημαντικότερη οδό εισόδου ενέργειας στην παραγωγική διαδικασία αντιστοιχώντας σε μια ποσότητα 1.750 MJ στρ⁻¹, ποσοστό 21%. Η συγκομιδή ήταν επίσης σημαντικός καταναλωτής ενέργειας εν μέρει εξαιτίας της υψηλής ποσότητας της ενσωματωμένης ενέργειας στην μηχανή συγκομιδής, απαιτώντας 470 MJ στρ⁻¹ ποσοστό 8,2%. Δυο άλλοι σημαντικοί τομείς ήταν η ενέργεια που καταναλωνόταν για την μετακίνηση και μεταφορά εφοδίων στον αγρό (470 MJ στρ⁻¹, 5,7%) καθώς και η ενέργεια των φυτοφαρμάκων (400 MJ στρ⁻¹, 4,7%). Ο επόμενος σε σημασία παράγοντας ήταν η κατεργασία του εδάφους αντιπροσωπεύοντας ένα ποσοστό 4,3% (350 MJ στρ⁻¹).

Το καλαμπόκι είναι μια καλλιέργεια με μεγάλη προσαρμοστικότητα σε μια ευρεία κλίμακα από διαφορετικά περιβάλλοντα ενώ καλλιεργείται εφαρμόζοντας διάφορα συστήματα παραγωγής, από τα πιο παραδοσιακά που βασίζονται στην χρήση της ανθρώπινης και της ζωικής ισχύος και εφαρμόζονται ακόμη και σήμερα σε αναπτυσσόμενες κοινωνίες μέχρι τα πιο σύγχρονα μηχανοποιημένα συστήματα παραγωγής που εφαρμόζονται σε ανεπτυγμένες κυρίως χώρες. Οι ενεργειακές εισροές στην καλλιέργεια συνεπώς, παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση ανάλογα με το εκάστοτε σύστημα παραγωγής. Οι Pimentel and Burgess (1980) υπολόγισαν τις ενεργειακές εισροές και εκροές της καλλιέργειας για 32 συνολικά περιοχές των Η.Π.Α. Οι συνολικές εισροές για τις αρδευόμενες καλλιέργειες ανέρχονται στα 7.987 MJ στρ⁻¹ ενώ οι εκροές (με βάση το σπόρο) στα 13.778 MJ στρ⁻¹ ορίζοντας έτσι έναν συντελεστή ενεργειακής αποδοτικότητας ίσο με 1,72. Για τις μη αρδευόμενες καλλιέργειες οι εισροές ισούνται με 2.156 MJ στρ⁻¹ ενώ οι εκροές με 6.966 MJ στρ⁻¹ ορίζοντας έναν συντελεστή ενεργειακής αποδοτικότητας ίσο με 3,23.

Σε μια σειρά από πειράματα στην Nebraska των Η.Π.Α. οι Franzluebbers and Francis (1995) εκτίμησαν ότι οι ενεργειακές εισροές για την κατεργασία του εδάφους, την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων και την άρδευση στην καλλιέργεια του καλαμποκιού μπορεί να κυμαίνονται από 773 – 3.010 MJ στρ⁻¹ ανάλογα με την εντατικότητα χρήσης των εισροών.

Για μια μη αρδευόμενη καλλιέργεια καλαμποκιού στη Βόρειο Ιταλία οι Borin *et al.* (1997) εκτίμησαν ότι οι συνολικές εισροές ενέργειας ανέρχονταν στα 4.100 MJ στρ⁻¹ ετησίως. Το 50% περίπου των εισροών αφορούσε την χρήση των λιπασμάτων ενώ ο δεύτερος σημαντικότερος παράγοντας ήταν η χρήση των γεωργικών μηχανημάτων (περίπου 24% επί των συνολικών εισροών). Το υπόλοιπο 26% αφορούσε τους σπόρους τα λιπάσματα τα ζιζανιοκτόνα, την ανθρώπινη εργασία και την ενέργεια για την ξήρανση του σπόρου. Ο συντελεστής της ενεργειακής αποδοτικότητας για μια καλλιέργεια καλαμποκιού υπολογίστηκε ίσος με 3,06, για μια καλλιέργεια σόγιας ίσος με 4,44 και για μια καλλιέργεια κριθαριού ίσος με 7,18. Ο αυξημένος συντελεστής για το κριθάρι οφείλεται στις μειωμένες απαιτήσεις σε εισροές ενέργειας που παρουσιάζει η καλλιέργεια.

Σε πολλές περιπτώσεις στις πιο πάνω αναλύσεις, λόγω ελλείψεως επαρκών στοιχείων, έχουν χρησιμοποιηθεί για τις εισροές είτε μέσοι όροι είτε προσεγγιστικές τιμές. Για παράδειγμα, για την ζιζανιοκτονία δεν έχει υπολογιστεί η περιεκτικότητα σε ενέργεια όλων των σκευασμάτων και για αυτό, όποτε δεν υπήρχαν στοιχεία για ένα συγκεκριμένο σκεύασμα, χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των ενεργειακών περιεκτικότητων από τα σκευάσματα για τα οποία υπάρχουν στοιχεία. Η προσέγγιση αυτή βέβαια έχει ως συνέπεια την εισαγωγή ενός σφάλματος στους υπολογισμούς τα αποτελέσματα των οποίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο ως ενδεικτικά. Το γεγονός αυτό επιβάλλει την διεύρυνση των υπαρχόντων δεδομένων προσθέτοντας στοιχεία και για τα υπόλοιπα εφόδια που χρησιμοποιούνται ως εισροές στην γεωργική παραγωγή. Εξάλλου, νέα υλικά όπως γεωργικά μηχανήματα, φυτοφάρμακα, λιπάσματα κ.λ.π. κυκλοφορούν συνεχώς γεγονός που σημαίνει ότι πρέπει να υπάρξει μια συνεχής ενημέρωση των δεδομένων.

5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1. Γενική μεθοδολογία

Η εκτίμηση των ενεργειακών εισροών και εκροών σε ένα σύστημα απαιτεί κατ' αρχάς τον ορισμό του συστήματος. Στην παρούσα εργασία τα όρια του συστήματος ταυτίστηκαν με τα φυσικά όρια του αγροκτήματος και ως εισροή θεωρήθηκε οποιοδήποτε μέσο ή υπηρεσία εφαρμοζόταν σε μια πλήρη καλλιεργητική περίοδο ενώ ως εκροές τα εμπορεύσιμα τμήματα των προϊόντων που παρήχθησαν.

Η διάκριση των εισροών έγινε με βάση την συνολική ενέργεια που απαιτείται για κάθε καλλιεργητική εργασία (π.χ. κατά την λίπανση εκτιμήθηκε τόσο η ενέργεια των λιπασμάτων όσο και η ενέργεια που δαπανήθηκε για την εφαρμογή τους). Ο υπολογισμός των ενεργειακών εισροών για κάθε μέθοδο κατεργασίας και κάθε καλλιέργεια περιελάμβανε την εκτίμηση:

1. Της ενέργειας που καταναλώνονταν για την κατεργασία του εδάφους
2. Της ενέργειας που αφορούσε την χρήση ζιζανιοκτόνων

Στους δυο πιο πάνω τομείς υπήρχε διαφοροποίηση ανάλογα με την εφαρμοζόμενη μέθοδο κατεργασίας. Επιπλέον όμως, για την απόκτηση μιας πιο ολοκληρωμένης εικόνας σχετικά με την σημασία που έχει η εξοικονόμηση ενέργειας κατά την κατεργασία, εκτιμήθηκε:

3. Η ενέργεια για την εφαρμογή των υπολοίπων προϊόντων φυτοπροστασίας
4. Η ενέργεια για την λίπανση
5. Η ενέργεια για τη σπορά
6. Η ενέργεια κατά την άρδευση
7. Η ενέργεια για τη συγκομιδή.

Στις ενεργειακές εισροές δεν συμπεριλήφθηκε η ενέργεια της ανθρώπινης εργασίας. Σύμφωνα με τον Fluck (1992a) διάφοροι ερευνητές που έχουν ασχοληθεί με το θέμα, αδυνατούν να συμφωνήσουν και αποδίδουν στο ανθρώπινο έργο ένα ενεργειακό ισοδύναμο που κυμαίνεται από 3 - 3000 MJ/ημέρα ανάλογα με την εκάστοτε μέθοδο υπολογισμού. Για το λόγο αυτό άλλοι ερευνητές (π.χ. Pimentel and Burgess, 1980) αποφεύγουν να συμπεριλάβουν την ανθρώπινη εργασία στην εκτίμηση των ενεργειακών εισροών ιδίως όταν αναφέρονται στη γεωργία βιομηχανικών χωρών και περιορίζονται να αναφέρουν απλώς τις εργατοώρες. Η προσέγγιση αυτή προτιμήθηκε και στη παρούσα εργασία.

Για την εκτίμηση των ενεργειακών εκροών, υπολογίστηκε, με βάση την θερμογόνο δύναμη των παραγόμενων προϊόντων, η παραγωγή ενέργειας για κάθε καλλιέργεια.

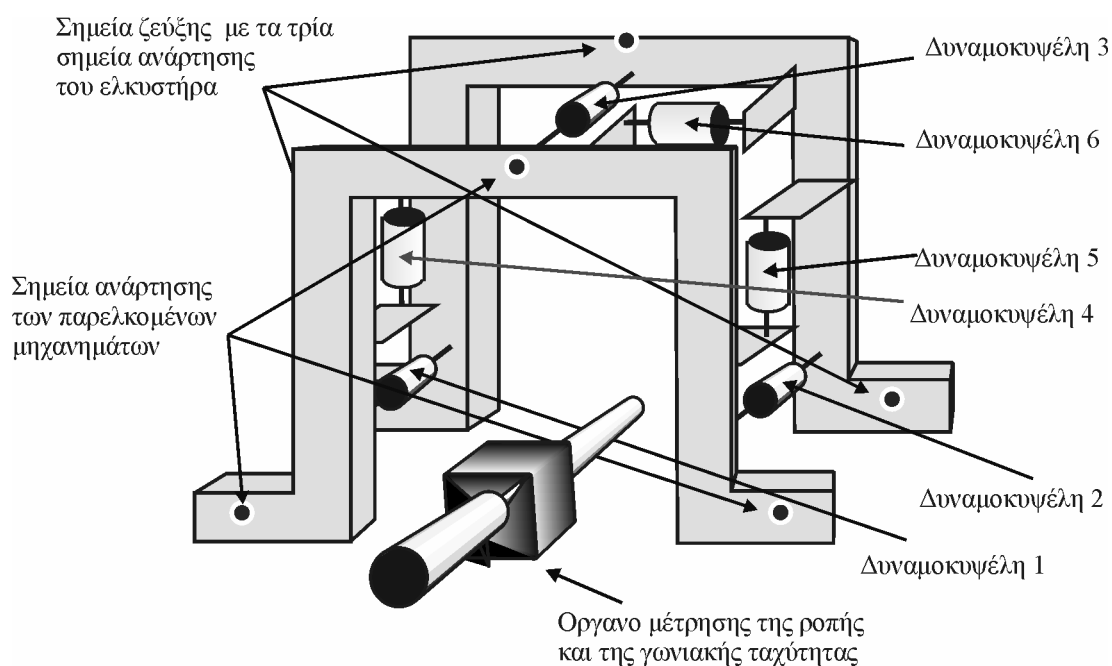
Με βάση την απόδοση των καλλιεργειών και την αντίστοιχη χρησιμοποιούμενη ενέργεια, υπολογίστηκε η ενεργειακή παραγωγικότητα για κάθε μέθοδο κατεργασίας και για κάθε καλλιέργεια. Τέλος, με βάση της εισροές και εκροές ενέργειας υπολογίστηκε ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας.

5.2. Ενέργεια για την κατεργασία του εδάφους

Η εκτίμηση της ενέργειας που χρησιμοποιείται κατά την κατεργασία του εδάφους με τα διάφορα μηχανήματα περιελάμβανε την μέτρηση της πραγματικά καταναλισκόμενης ενέργειας μέσω της μέτρησης της δύναμης στην έλξη και της ροπής στον δυναμοδότη. Η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για το σκοπό αυτό σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στο Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Γέμτος κ' Τσιρίκογλου, 1995) (σχήμα 5.1).

Η διάταξη αποτελούνταν από δυο μεταλλικά Π από κοιλοδοκό πάχους 100 mm. Τα Π ήταν συνδεδεμένα μεταξύ τους αρθρωτά, με έξι δυναμοκυψέλες (σχήμα 5.1). Το σύστημα αναρτήθηκε στα τρία σημεία ζεύξης του ελκυστήρα και πίσω από αυτό συνδέονταν τα παρελκόμενα μηχανήματα (σχήμα 5.2). Με τον τρόπο αυτό ήταν δυνατή η καταγραφή των δυνάμεων σε τρεις διαστάσεις στο χώρο. Τρεις δυναμοκυψέλες, δυο κάτω (1), (2) και μια επάνω (3) ήταν παράλληλες με την διεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα και μετρούσαν τις δυνάμεις έλξης. Δυο, (4), (5) ήταν κατακόρυφες με σκοπό την μέτρηση των δυνάμεων ως προς το κατακόρυφο επίπεδο και μία (6) ήταν οριζόντια και κάθετη στη διεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα με σκοπό την μέτρηση των πλάγιων φορτίσεων.

Η ευαισθησία των δυναμοκυψελών ήταν 2 mV/V τροφοδοσίας. Το σήμα εξόδου των δυναμοκυψελών ενισχύονταν κατά 100 φορές και στη συνέχεια τροφοδοτούσε μια κάρτα μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (DAS 20). Η συχνότητα δειγματοληψίας της κάρτας ήταν 1 kHz. Τα δεδομένα αυτά στη συνέχεια αποθηκεύονταν σε μορφή ASCII στη μνήμη ενός φορητού υπολογιστή ο οποίος φέρονταν επάνω στον γεωργικό ελκυστήρα (σχήμα 5.3). Η αποσυμπίεση και μετατροπή των δεδομένων σε αριθμητικές τιμές γινόταν με την χρήση ενός κατάλληλου λογισμικού.



Σχήμα 5.1. Η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση των δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ μηχανήματος κατεργασίας και γεωργικού ελκυστήρα και της ροπής στον δυναμοδότη.



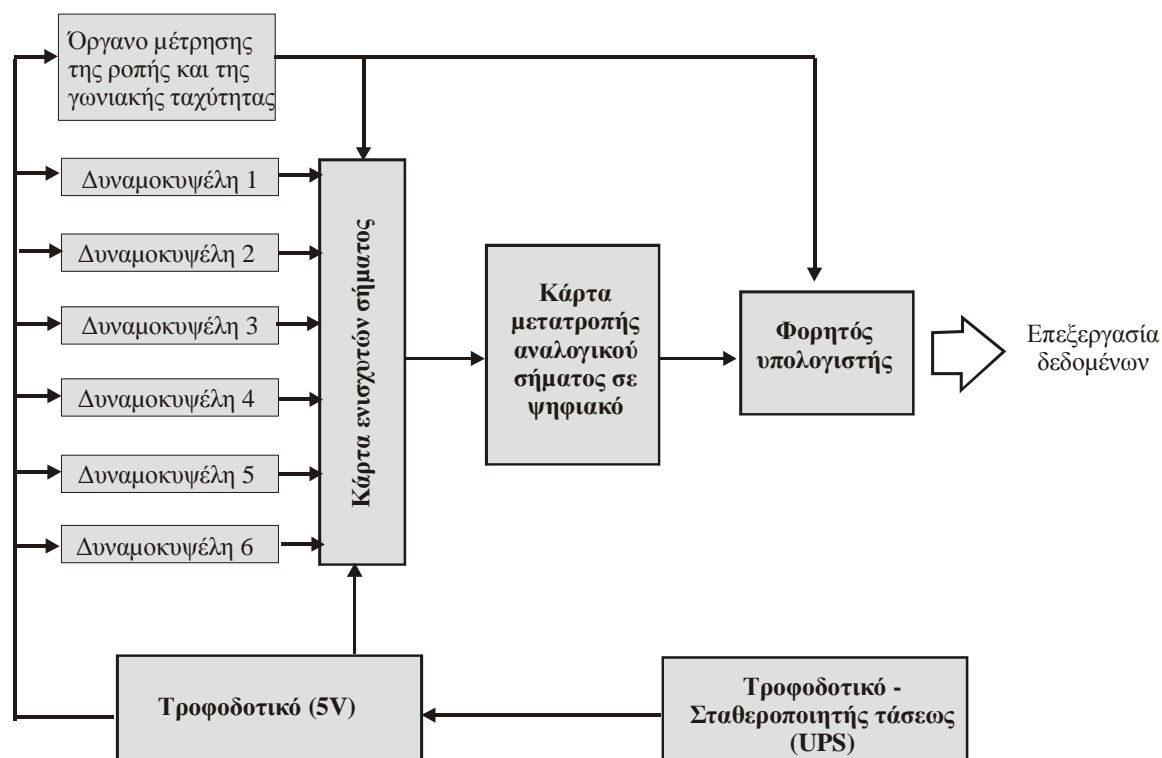
Σχήμα 5.2. Το σύστημα δυναμομέτρησης αναρτημένο στον ελκυστήρα

Για την μέτρηση της ισχύος που αποδίδεται στον δυναμοδότη όταν χρησιμοποιούνται ισχυροδοτούμενα μηχανήματα, παρεμβλήθηκε μεταξύ του δυναμοδοτικού άξονα και του άξονα μετάδοσης της κίνησης ένα όργανο μέτρησης της ροπής και της γωνιακής ταχύτητας. Οι ενδείξεις της ροπής αποστέλλονταν στην κάρτα μετατροπής του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και στην συνέχεια αποθηκεύονταν στο φορητό Η/Υ. Οι ενδείξεις της γωνιακής ταχύτητας αποστέλλονταν κατ'ευθείαν με την μορφή παλμών στον Η/Υ όπου με την χρήση ενός κατάλληλου λογισμικού (STREAMER) καταγράφονταν στην μνήμη.

Για την ισχυροδότηση όλων των οργάνων χρησιμοποιήθηκε ένας σταθεροποιητής τάσης (UPS) ισχύος 300W ο οποίος έδινε στο σύστημα μια αυτονομία περίπου 45 min.

Ο συνολικός εξοπλισμός προσαρμόστηκε σε ένα γεωργικό ελκυστήρα 110 HP με κίνηση στους τέσσερις τροχούς. Οι μετρήσεις ξεκίνησαν από το δεύτερο έτος του πειράματος και μάλιστα ήταν η αιτία να καθυστερήσουν οι καλλιεργητικές επεμβάσεις κατά τη χρονιά αυτή μέχρι να ετοιμαστεί το σύστημα δυναμομέτρησης.

Μετρήσεις λήφθηκαν σε κάθε επέμβαση κατεργασίας που πραγματοποιήθηκε. Επιπλέον, μετρήσεις δυνάμεων λήφθηκαν και με τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν για τις λοιπές καλλιεργητικές εργασίες (ψεκαστικό, λιπασματοδιανομέας, σπαρτική, στελεχοκόπτης). Η κάθε μέτρηση διαρκούσε τουλάχιστον 10 s. Στο χρόνο αυτό καταγράφονταν 10.000 δείγματα τιμών (καθότι η συχνότητα δειγματοληψίας ήταν 1 kHz). Από τις τιμές αυτές και για κάθε δυναμοκυψέλη, προέκυπτε ένας μέσος όρος.



Σχήμα 5.3. Η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή του σήματος των δυναμοκυψελών.

Για την μετατροπή των δεδομένων σε μονάδες δύναμης (kN) προηγήθηκε βαθμονόμηση της κάθε δυναμοκυψέλης ξεχωριστά. Η βαθμονόμηση αυτή έγινε στο εργαστήριο ασκώντας γνωστά φορτία στα άκρα και μετρώντας κάθε φορά την ένδειξη που καταγράφονταν στον υπολογιστή. Η λειτουργία των δυναμοκυψελών για το εύρος των φορτίων που χρησιμοποιήθηκαν βρέθηκε γραμμική. Το εύρος αυτό ήταν από 0-30 kN και κάλυπτε το εύρος των φορτίων που αναπτύσσονται κατά την μέτρηση των δυνάμεων στον αγρό. Στον πίνακα 5.1 φαίνεται η συσχέτιση της ένδειξης από κάθε δυναμοκυψέλη με τη πραγματικά ασκούμενη δύναμη. Επίσης φαίνεται η συσχέτιση της ένδειξης του οργάνου της ροπής με την πραγματικά ασκούμενη ροπή.

Πίνακας 5.1. Βαθμονόμηση των δυναμοκυψελών. y = δύναμη σε Newton, x = ένδειξη οργάνου.

	εξίσωση συμμεταβολής	συντελεστής συσχέτισης (R^2)
δυναμοκυψέλη 1	$y = 127.27x - 147.26$	0,9981
δυναμοκυψέλη 2	$y = 126.81x + 31.083$	0,9994
δυναμοκυψέλη 3	$y = 127.4x - 142.28$	0,9984
δυναμοκυψέλη 4	$y = 128.09x - 120.75$	0,9997
δυναμοκυψέλη 5	$y = 124.31x - 107.62$	0,9980
δυναμοκυψέλη 6	$y = 246.11x + 475.88$	0,9989
Όργανο μέτρησης της ροπής	$y = 2,5807x - 0,2716$	0,9985

Για τον προσδιορισμό της αντίστασης στην έλξη χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές των τριών πρώτων δυναμοκυψελών οι οποίες ήταν παράλληλες με τη διεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα. Η συνολική αντίσταση ($F_{ΕΛΞ}$) σε kN προκύπτει από τη σχέση:

$$F_{ΕΛΞ} = F1+F2+F3 \quad (5.1)$$

Όπου:

- F1 η μέση δύναμη σε kN που μετρήθηκε στην δυναμοκυψέλη 1
- F2 η μέση δύναμη σε kN που μετρήθηκε στην δυναμοκυψέλη 2.
- F3 η μέση δύναμη σε kN που μετρήθηκε στην δυναμοκυψέλη 3.

Οι θετικές τιμές σήμαιναν εφελκυσμό ενώ οι αρνητικές συμπίεση.

Με βάση την αντίσταση στην έλξη υπολογίστηκε και η ειδική αντίσταση (SR) του εδάφους σε kN/m² για κάθε μηχανήμα από τη σχέση:

$$SR = F_{ΕΛΞ} / A \quad (5.2)$$

Όπου A = το μέτωπο κοπής του κάθε εργαλείου που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$A = w_t \cdot d_t \quad (5.3)$$

Όπου w_t = το πλάτος εργασίας σε m (πίνακες 6.1.2 & 6.1.3) και

d_t = το μέσο βάθος εργασίας σε m του κάθε μηχανήματος

Στη συνέχεια και με βάση την μέση ταχύτητα εργασίας (v) σε m/s του κάθε μηχανήματος υπολογίστηκε η πραγματική απορροφόμενη ισχύς στην έλξη ($P_{ΕΛΞ}$) σε kW από τα παρελκόμενα μηχανήματα σύμφωνα με τη σχέση:

$$P_{ΕΛΞ} = F_{ΕΛΞ} \cdot v \quad (5.4)$$

Για τον περιστροφικό σκαπτικό υπήρχε μια επιπλέον κατανάλωση ενέργειας μέσω του δυναμοδότη. Η πραγματική απορροφόμενη ισχύς στον δυναμοδότη ($P_{ΔΥΝ}$) σε kW υπολογίζεται από την σχέση:

$$P_{ΔΥΝ} = M \omega \quad (5.5)$$

Όπου: M = η ροπή στον δυναμοδοτικό άξονα σε kN m

ω = η γωνιακή ταχύτητα του δυναμοδότη ίση με $2\pi n$ (όπου n η συχνότητα περιστροφής σε στροφές/s).

Η συνολική απορροφόμενη ισχύς στην περίπτωση αυτή δίδεται από τη σχέση:

$$P_{ΟΛ} = P_{ΕΛΞ} + P_{ΔΥΝ} \quad (5.6)$$

Κατά την απόδοση ωστόσο της ισχύος που παράγει ο κινητήρας του ελκυστήρα τόσο στην έλξη όσο και στον δυναμοδότη υφίστανται απώλειες ισχύος. Οι απώλειες κατά την μετάδοση της ισχύος στον δυναμοδότη οφείλονται κυρίως στις τριβές των μηχανικών μερών στην γραμμική μετάδοση της κίνησης καθώς και στην ισχύ που απορροφάται από λειτουργικά μέρη του ελκυστήρα όπως είναι οι αντλίες, τα υδραυλικά κυκλώματα, η ηλεκτρογεννήτρια κ.α. (Τσατσαρέλης, 1995). Οι απώλειες κατά την μετάδοση της ισχύος στην έλξη όμως είναι πολύ μεγαλύτερες καθώς στις παραπάνω αιτίες προστίθενται και απώλειες ισχύος που οφείλονται στην ολίσθηση των τροχών του ελκυστήρα και στην αντίσταση που προβάλλει το έδαφος κατά την κύλιση των τροχών (Τσατσαρέλης, 1995).

Σύμφωνα με την τυποποίηση EP496.2 της ASAE (2002) ο συντελεστής μετάδοσης της ισχύος στον δυναμοδότη κυμαίνεται μεταξύ 0,87 και 0,90. Για τις ανάγκες των υπολογισμών χρησιμοποιήθηκε η κατώτερη τιμή 0,87. Αντίθετα όμως με τον συντελεστή μετάδοσης της ισχύος στον δυναμοδότη, ο συντελεστής μετάδοσης της ισχύος στην έλξη παρουσιάζει μεγάλη παραλλακτικότητα εξαρτώμενος από το βάρος του ελκυστήρα, τον αριθμό των κινητήριων τροχών, τον τύπο και την κατάσταση των ελαστικών, την ολίσθηση, το είδος της έλξης (ελαφρά ή βαριά) καθώς και από τον τύπο και την φυσική κατάσταση του εδάφους (Τσατσαρέλης, 1995). Ο συντελεστής αυτός συνηθίζεται να αναφέρεται ως το κλάσμα της πραγματικής απορροφώμενης ισχύος στην έλξη προς την ισοδύναμη ισχύ στον δυναμοδότη του ελκυστήρα (Τσατσαρέλης, 1995):

$$C_p = \frac{P_{EΛΞ}}{PI_{EΛΞ}} \quad (5.7)$$

Όπου: C_p = ο συντελεστής μετάδοσης της ισχύος στην έλξη
 $P_{EΛΞ}$ = η πραγματική απορροφώμενη ισχύς στην έλξη
 $PI_{EΛΞ}$ = η ισοδύναμη στον δυναμοδότη ισχύς έλξης του ελκυστήρα η οποία ισούται με $P_{KIN} \times 0,87$ με P_{KIN} την ισχύ που αποδίδεται στον στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα.

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν συντελεστές μετάδοσης της ισχύος στην έλξη που μετρήθηκαν την περίοδο 2000-2002 από το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (αδημοσίευτα στοιχεία). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τον ίδιο γεωργικό ελκυστήρα στους ίδιους πειραματικούς αγρούς χρησιμοποιώντας τα ίδια γεωργικά μηχανήματα. Η διαδικασία υπολογισμού των συντελεστών περιγράφεται στο παράρτημα 10.2. Για βαριά έλξη σε συμπαγές έδαφος υπολογίστηκε ότι αξιοποιείται στην έλξη το 52% με 53% της ισοδύναμης ισχύος στον δυναμοδότη ενώ για ελαφρά έλξη σε καλλιεργημένο έδαφος αξιοποιείται περίπου το 29-35% της ισχύος στο δυναμοδότη (πίνακες 6.1.6 και 6.1.7). Παρά το γεγονός ότι η φυσική κατάσταση του εδάφους δεν ήταν ακριβώς η ίδια και ότι η φυσιολογική φθορά των ελαστικών του ελκυστήρα πιθανόν να είχε προκαλέσει μεταβολή στην ελκτική ικανότητα του ελκυστήρα, οι συντελεστές αυτοί αντιπροσωπεύουν πολύ καλύτερα τις συνθήκες στις οποίες πραγματοποιήθηκε το πείραμα. Οι συντελεστές που υπολογίστηκαν για βαριά έλξη κυμαίνονται στα όρια που αναφέρονται στην βιβλιογραφία (Τσατσαρέλης, 1995). Οι συντελεστές όμως που υπολογίστηκαν για την ελαφρά έλξη ήταν σημαντικά μικρότεροι από αυτούς που αναφέρονται στην βιβλιογραφία. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι για τις επεμβάσεις αυτές χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος γεωργικός ελκυστήρας που χρησιμοποιήθηκε και στην βαριά έλξη. Κατά συνέπεια η φόρτιση του κινητήρα του ελκυστήρα ήταν μικρή και η ειδική κατανάλωση καυσίμου αυξημένη.

Κατά την εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών στο πείραμα υπήρχαν οι εξής δύο βασικοί περιορισμοί:

- 1) Το μέγεθος των πειραματικών τεμαχίων δεν επέτρεπε την επίτευξη μεγαλύτερης ταχύτητας με αποτέλεσμα να μην υπάρχει σε όλες τις περιπτώσεις πλήρης αξιοποίηση της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα που χρησιμοποιήθηκε για τις επεμβάσεις και

- 2) Το σύστημα της δυναμομέτρησης είχε εγκατασταθεί σε ένα μεγάλο γεωργικό ελκυστήρα (82 kW) ο οποίος αναγκαστικά χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση των δυνάμεων και στις ελαφρύτερες εργασίες. Ως αποτέλεσμα και πάλι υπήρχε μικρή αξιοποίηση της ισχύος του ελκυστήρα.

Για να ξεπεραστούν οι πιο πάνω δυσκολίες και να διαπιστωθούν οι διαφορές που θα προέκυπταν αν κατά τις καλλιεργητικές εργασίες είχε αξιοποιηθεί μεγαλύτερο ποσοστό της ισχύος του ελκυστήρα έγιναν οι δύο παρακάτω υποθέσεις.

- 1) Για τις ελαφρύτερες εργασίες (δευτερογενής προετοιμασία του εδάφους, σπορά, λίπανση, ψεκασμοί κ.λ.π.) υποτέθηκε ότι χρησιμοποιήθηκε ένας μικρότερος γεωργικός ελκυστήρας. (επιλέχθηκε ο τύπος SAME CORSARO μέγιστης ισχύος κινητήρα 51 kW τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οποίου προέκυψαν από το δελτίο δοκιμής E804 του Ι.Γ.Ε.Μ.Κ.).
- 2) Οι επεμβάσεις υποτέθηκε ότι γίνονταν με μεγαλύτερη ταχύτητα ώστε να αξιοποιείται το 80% της ισχύος του κινητήρα και για τους δύο γεωργικούς ελκυστήρες (Ένα ποσοστό 20% περίσσειας φορτίου θεωρείται απαραίτητο για την αντιμετώπιση των υπερφορτίσεων στον αγρό (Τσατσαρέλης, 1995). Εξαιρέση σε αυτή την δεύτερη παραδοχή αποτέλεσαν οι δευτερεύουσες καλλιεργητικές εργασίες (λίπανση, σπορά, ψεκασμοί) οι οποίες παρουσίαζαν πολύ μικρές απαιτήσεις σε ελκτική δύναμη και σε ροπή στον δυναμοδότη. Κατά συνέπεια για να υπάρξει 80% αξιοποίηση της ισχύος ακόμη και για τον μικρότερο γεωργικό ελκυστήρα θα έπρεπε αυτός να κινείται με ταχύτητες μη εφικτές ιδίως μέσα στον αγρό. Σε αυτή την περίπτωση λήφθηκαν υπόψη οι μέγιστες ταχύτητες εργασίας που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση των προκειμένων εργασιών σύμφωνα με τα ASAE D497.4 Standards. Επίσης εξαιρέθηκε το περιστροφικό σκαπτικό διότι εξαιτίας του ενεργητικού τρόπου δράσης, μια μεταβολή στην ταχύτητα θα επέφερε και μεταβολή της κατανάλωσης ενέργειας. Η αξιοποίηση της ισχύος του ελκυστήρα ωστόσο με το εν λόγω μηχάνημα ήταν μεγαλύτερη από 80% καθότι παρουσίαζε πολύ υψηλή απορρόφηση ισχύος από τον δυναμοδότη.

Σύμφωνα με τα τις παραπάνω δύο παραδοχές και παράλληλα με τον κύκλο των υπολογισμών που πραγματοποιήθηκε για τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν έγινε και ένας δεύτερος κύκλος υπολογισμών υποθέτοντας ότι υπάρχει μέχρι και 80% αξιοποίηση της ισχύος δύο γεωργικών ελκυστήρων.

Η συνολική ισοδύναμη ισχύς στον δυναμοδότη ($PI_{\Delta YN}$) που απορροφάται από τα παρελκόμενα γεωργικά μηχανήματα ισούται με το άθροισμα της ισοδύναμης στον δυναμοδότη ισχύος έλξης και της απορροφόμενης απ' ευθείας μέσω του δυναμοδότη ισχύος:

$$PI_{\Delta YN} = PI_{EL\Xi} + P_{\Delta YN} \Rightarrow PI_{\Delta YN} = P_{EL\Xi} / C_P + P_{\Delta YN} = (F_{EL\Xi} \times v) / C_P + M \omega \quad (5.8)$$

Για να παραχθεί η εν λόγω ισχύς ο κινητήρας του ελκυστήρα θα πρέπει να καταναλώσει μια ορισμένη ποσότητα καυσίμου. Ο Bowers (1992) αναφέρει ότι 1ℓ πετρελαίου αποδίδει 38,66 MJ ή 10,74 kWh πρωτογενούς ενέργειας. Κατά την μετατροπή της ενέργειας αυτής σε ωφέλιμο έργο το μεγαλύτερο τμήμα αποβάλλεται με την μορφή θερμότητας από τον κινητήρα του ελκυστήρα. Η διαδικασία αυτή θεωρείται απαραίτητη για την εκτέλεση του θερμοδυναμικού κύκλου της μηχανής.

Ένα άλλο τμήμα της ενέργειας του καυσίμου χάνεται με τις τριβές των μηχανικών μερών και τέλος ένα μέρος απορροφάται για την λειτουργία των διαφόρων λειτουργικών μερών του ελκυστήρα. Ο βαθμός απόδοσης της ισχύος στον δυναμοδοτικό άξονα του κινητήρα ενός γεωργικού ελκυστήρα μεταβάλλεται καθώς μεταβάλλεται το φορτίο στον κινητήρα. Για τον γεωργικό ελκυστήρα που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα η μεταβολή αυτή βρέθηκε ότι περιγράφεται από την πιο κάτω σχέση (Η διαδικασία υπολογισμού της σχέσης περιγράφεται στο παράρτημα 10.2):

$$SFC = 0,0609x^2 - 9,6118x + 659,51 \quad (5.9)$$

Όπου SFC = η ειδική κατανάλωση καυσίμου (σε ℓ/kWh)
 x = το ποσοστό (%) φόρτισης του ελκυστήρα στον δυναμοδότη, δηλαδή ο λόγος της ισοδύναμης στον δυναμοδότη ισχύος που απαιτείται για την εκτέλεση μιας εργασίας προς την μέγιστη διαθέσιμη ισχύ στον δυναμοδότη

Η μέγιστη διαθέσιμη ισχύς στον δυναμοδότη για το ελκυστήρα που χρησιμοποιήθηκε ήταν σύμφωνα με τα στοιχεία του κατασκευαστή 72 kW. Εκτιμώντας για κάθε καλλιεργητική επέμβαση το ποσοστό φόρτισης του ελκυστήρα (ως το λόγο της ισοδύναμης ισχύος στον δυναμοδότη όπως αυτή υπολογίστηκε από τη σχέση 5.8 προς την μέγιστη διαθέσιμη ισχύ στον δυναμοδότη) εκτιμήθηκε από τη σχέση 5.9 η ειδική κατανάλωση καυσίμου (SFC). Πολλαπλασιάζοντας στην συνέχεια την ισοδύναμη στον δυναμοδότη ισχύ με την ειδική κατανάλωση υπολογίστηκε η κατανάλωση καυσίμου (FC) σε ℓ/h .

$$FC = PI_{\Delta YN} \times SFC \quad (5.10)$$

Θεωρώντας το ενεργειακό ισοδύναμο του καυσίμου που αναφέρει ο Bowers (1992) (10,74 kWh/ ℓ) υπολογίστηκε η ισχύς του καταναλισκόμενου καυσίμου ($P_{KAY\Sigma}$) (ίση με την ενέργεια του καυσίμου που καταναλώνεται σε μια ώρα συνεχούς λειτουργίας του γεωργικού ελκυστήρα).

$$P_{KAY\Sigma} = 10,74 \times FC \quad (5.11)$$

Στην συνέχεια με βάση την ταχύτητα (v), σε m/s, και το πλάτος εργασίας (w), σε m του εκάστοτε παρελκόμενου μηχανήματος, σε m υπολογίστηκε η θεωρητική στρεμματική απόδοση για κάθε μηχανήμα σύμφωνα με την σχέση:

$$\Theta\Sigma A = 12.96 w v \quad (5.12)$$

Όπου $\Theta\Sigma A$ = η μέση θεωρητική στρεμματική απόδοση σε στρ/h.
 Για κάθε μηχανήμα, με βάση την θεωρητική στρεμματική απόδοση και την απορροφόμενη ισχύ στην έλξη και στον δυναμοδότη, υπολογίστηκε η απορροφόμενη ενέργεια στην έλξη ($E_{E\Lambda E}$) και στον δυναμοδότη ($E_{\Delta YN}$) σε MJ/στρ κατά την εργασία σε μια επιφάνεια ενός στρέμματος.

$$E_{E\Lambda E} = 3,6 \frac{P_{E\Lambda E}}{\Theta\Sigma A} \quad (5.13)$$

και

$$E_{\Delta YN} = 3,6 \frac{P_{\Delta YN}}{\Theta \Sigma A} \quad (5.14)$$

Επίσης υπολογίστηκε η απορροφόμενη ισοδύναμη ενέργεια στον δυναμοδότη ($EI_{\Delta YN}$) σύμφωνα τη σχέση:

$$EI_{\Delta YN} = 3,6 \frac{PI_{\Delta YN}}{\Theta \Sigma A} \quad (5.15)$$

καθώς και η ενέργεια του καυσίμου που καταναλώνεται όταν τα παρελκόμενα γεωργικά μηχανήματα παράγουν αποκλειστικά ωφέλιμο έργο ($E(u)_{KAY\Sigma}$):

$$E(u)_{KAY\Sigma} = 3,6 \frac{P_{KAY\Sigma}}{\Theta \Sigma A} \quad (5.16)$$

Μια εναλλακτική προσέγγιση ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας σε όσα αναρτώμενα μηχανήματα λειτουργούσαν ανασηκωμένα από το έδαφος (ψεκαστικό, λιπασματοδιανομέας κ.λ.π). Τα μηχανήματα αυτά δεν ασκούσαν αντίσταση έλξης και η μόνη απορροφόμενη ενέργεια που μετρήθηκε ήταν μέσω του δυναμοδότη. Στην περίπτωση αυτή ωστόσο υπήρχε μια κατανάλωση ενέργειας η οποία οφειλόνταν στην αντίσταση κύλισης των τροχών του ελκυστήρα και η οποία δεν ήταν δυνατό να εκτιμηθεί μέσω της χρήσης των συντελεστών μετάδοσης της ισχύος στην έλξη, όπως έγινε με τα μηχανήματα που ασκούσαν κάποια αντίσταση έλξης.

Σύμφωνα με την τυποποίηση D497.4 της ASAE (2002) η αντίσταση κύλισης (MR) για έναν τροχό που κινείται στο έδαφος μπορεί να υπολογισθεί από την σχέση:

$$MR = F_w \left(\frac{1,2}{B_n} + 0,04 + \frac{0,5 \cdot sl}{\sqrt{B_n}} \right) \quad (5.17)$$

όπου: F_w = το κατακόρυφο φορτίο στον τροχό

B_n = αδιάστατος συντελεστής που για συμπαγή εδάφη είναι ίσος με 55 και για κατεργασμένα ίσος με 40 (D497.4, ASAE 2002).

sl = ο συντελεστής ολίσθησης (για τα συμπαγή εδάφη θεωρήθηκε ίσος με 5% ενώ για τα κατεργασμένα ίσος με 10%)

Με βάση το βάρος κάθε αναρτώμενου μηχανήματος υπολογίστηκε η μετατόπιση του κατακόρυφου φορτίου από τους εμπρόσθιους στους οπίσθιους τροχούς του ελκυστήρα. Για τα μηχανήματα που πληρούνταν με κάποιο φορτίο (ψεκαστικό, λιπασματοδιανομέας) λήφθηκε υπόψη το ήμισυ του βάρους του μηχανήματος με πλήρες φορτίο. Στην συνέχεια από τη σχέση 5.17 υπολογίστηκε η αντίσταση στην κύλιση για τους εμπρόσθιους και για τους οπίσθιους τροχούς του ελκυστήρα. Το άθροισμα αυτών των δυο ήταν η συνολική αντίσταση στην κύλιση όλων των τροχών του ελκυστήρα.

Πολλαπλασιάζοντας την αντίσταση στην κύλιση με την ταχύτητα (v) υπολογίστηκε η απορροφόμενη ισχύς για την κύλιση των τροχών του γεωργικού ελκυστήρα. Η ισχύς αυτή αποδίδεται από τον κινητήρα του ελκυστήρα στους άξονες

των κινητήριων τροχών. Σύμφωνα με την τυποποίηση EP496.2 της ASAE (2002), μεταξύ της ισοδύναμης ισχύος κύλισης στον δυναμοδότη ($PI_{KY\Lambda}$) και της αποδιδόμενης ισχύος στον άξονα των τροχών ($P_{A\Xi}$) ισχύει η σχέση (ASAE 2002, EP496.2):

$$P_{A\Xi} = (0,95 \pm 0,01) \times PI_{KY\Lambda} \Rightarrow PI_{KY\Lambda} = (1,05 \pm 0,01) \times P_{A\Xi} \quad (5.18)$$

Στην ποσότητα αυτή προστίθεται και η ισχύς που απορροφάται από τα παρελκόμενα μηχανήματα μέσω του δυναμοδότη (όπως αυτή προκύπτει από τις μετρήσεις της ροπής και της γωνιακής ταχύτητας). Η συνολική φόρτιση του ελκυστήρα επομένως (σε συνολική ισοδύναμη ισχύ δυναμοδότη) είναι ίση με το άθροισμα της ισοδύναμης στον δυναμοδότη ισχύος για την κύλιση ($PI_{KY\Lambda}$) και της ισχύος ($P_{\Delta YN}$) που απορροφάται απ ευθείας μέσω του δυναμοδότη από τα παρελκόμενα μηχανήματα:

$$PI_{\Delta YN} = PI_{KY\Lambda} + P_{\Delta YN} \Rightarrow PI_{\Delta YN} = (1,05 \pm 0,01) \times P_{A\Xi} + M \omega \quad (5.19)$$

Όπου: $PI_{\Delta YN}$ = η ισοδύναμη στον δυναμοδότη συνολική απορροφόμενη ισχύς

$P_{A\Xi}$ = η απορροφόμενη ισχύς για την κύλιση των τροχών

ω = η γωνιακή ταχύτητα και

M = η ροπή στον δυναμοδότη

Με βάση τη φόρτιση του ελκυστήρα εκτιμήθηκε και πάλι από τη σχέση 5.9 η ειδική κατανάλωση καυσίμου (SFC) και από τις σχέσεις 5.10 και 5.11 η κατανάλωση (FC) και η ισχύς ($P_{KAY\Xi}$) του καυσίμου.

Στην συνέχεια με βάση την θεωρητική στρεμματική απόδοση ($\Theta\Sigma A$) του κάθε μηχανήματος, όπως αυτή προκύπτει από την σχέση 5.12, υπολογίστηκε από τις σχέσεις 5.15 και 5.16 η απορροφόμενη ισοδύναμη ενέργεια στον δυναμοδότη ($EI_{\Delta YN}$) καθώς και η θεωρητική ενέργεια του καταναλισκόμενου καυσίμου ($E(u)_{KAY\Xi}$).

Η πραγματική όμως στρεμματική απόδοση ($II\Sigma A$) κατά την εργασία στο χωράφι ενός γεωργικού μηχανήματος διαφέρει από την θεωρητική ($\Theta\Sigma A$) καθώς συμβαίνουν καθυστερήσεις οι οποίες οφείλονται σε διάφορους αστάθμητους παράγοντες και κυρίως στις νεκρές διαδρομές που διανύει ο ελκυστήρας. Κατά την διάρκεια αυτών των διαδρομών τα παρελκόμενα μηχανήματα ανασηκώνονται από το έδαφος και η ενέργεια που καταναλώνεται σχετίζεται κυρίως με την αντίσταση κύλισης που προβάλλει το έδαφος στους τροχούς του ελκυστήρα. Όταν το μηχάνημα είναι ελκόμενο (π.χ. η δισκοσβάρνα), συνήθως φέρει βοηθητικούς τροχούς με τους οποίους ανασηκώνεται από το έδαφος δίχως να φορτίζει τους τροχούς του ελκυστήρα. Στην περίπτωση αυτή η ενέργεια που καταναλώνεται σχετίζεται με την αντίσταση κύλισης που προβάλλει το έδαφος τόσο στους τροχούς του ελκυστήρα όσο και στους βοηθητικούς τροχούς του ελκόμενου μηχανήματος. Για την εκτίμηση της ενέργειας που καταναλώνεται στις νεκρές διαδρομές ακολουθήθηκε μια διαδικασία ανάλογη με αυτή που περιγράφηκε για την εκτίμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας σε μηχανήματα που εργάζονται στην ανασηκωμένη θέση.

Αρχικά για κάθε παρελκόμενο μηχάνημα στην ανασηκωμένη θέση υπολογίστηκε η μεταβολή του κατακόρυφου φορτίου στους άξονες των τροχών του ελκυστήρα. Στην συνέχεια από τη σχέση 5.17 υπολογίστηκε η αντίσταση στην κύλιση (MR) των τροχών. Για τα ελκόμενα μηχανήματα όπως η περίπτωση της δισκοσβάρνας υπολογίστηκε επιπλέον η αντίσταση στην κύλιση για τους δυο βοηθητικούς τροχούς.

Η μέση ταχύτητα κατά τις νεκρές διαδρομές θεωρήθηκε ότι ήταν 8 km/h. Πολλαπλασιάζοντας την ταχύτητα μετακίνησης στις νεκρές διαδρομές με την αντίσταση στην κύλιση των τροχών υπολογίστηκε η απορροφώμενη ισχύς για την κύλιση των τροχών ($P_{KY\Lambda}$). Στην συνέχεια από τη σχέση 5.18 υπολογίστηκε η ισοδύναμη στον δυναμοδότη απορροφώμενη ισχύς κύλισης ($PI_{KY\Lambda}$). Εκτιμώντας το ποσοστό φόρτισης του ελκυστήρα υπολογίστηκε από την σχέση 5.9 η ειδική κατανάλωση καυσίμου (SFC). Τέλος από τις σχέσεις 5.10 και 5.11 υπολογίστηκε η κατανάλωση (FC) και η ισχύς ($P(w)_{KAY\Sigma}$) του καταναλισκόμενου καυσίμου στις νεκρές διαδρομές.

Από τους συντελεστές απόδοσης της εργασίας (FE) για κάθε μηχανήμα, όπως αυτοί δίδονται στην τυποποίηση D497.4, της ASAE (2002) (πίνακες 6.1.2 & 6.1.3), υπολογίστηκε ο επιπλέον χρόνος ($t_{(πρ)}$) που απαιτείται για την ολοκλήρωση της εργασίας σε μια έκταση ενός στρέμματος. Υποθέτοντας ότι το 50% του χρόνου αυτού αναλώνεται σε νεκρές διαδρομές, και το υπόλοιπο σε ρυθμίσεις των μηχανημάτων, στάσεις κ.λ.π. υπολογίστηκε η ενέργεια του καταναλισκόμενου καυσίμου ($EN_{KAY\Sigma}$) που αντιστοιχεί στις νεκρές διαδρομές από τη σχέση:

$$E(w)_{KAY\Sigma} = 0,5 t_{(πρ)} \times P(w)_{KAY\Sigma} \quad (5.20)$$

Όπου: $P(w)_{KAY\Sigma}$ = η ισχύς του καταναλισκόμενου στις νεκρές διαδρομές καυσίμου (ίση με την ενέργεια σε kWh που καταναλώνεται σε μια ώρα νεκρών διαδρομών).

Η ενέργεια του συνολικά καταναλισκόμενου καυσίμου ($E(t)_{KAY\Sigma}$) επομένως που απαιτείται για την εργασία με ένα μηχανήμα σε μια έκταση ενός στρέμματος είναι:

$$E(t)_{KAY\Sigma} = E(u)_{KAY\Sigma} + E(w)_{KAY\Sigma} \quad (5.21)$$

Ωστόσο πριν χρησιμοποιηθεί το πετρέλαιο θα πρέπει να υποστεί άντληση, επεξεργασία και μεταφορά. Σύμφωνα με τον Pimentel (1992), η ενέργεια που απαιτείται για την άντληση, την επεξεργασία και την μεταφορά του πετρελαίου είναι κατά 19% μεγαλύτερη από το ενεργειακό ισοδύναμο του πετρελαίου. Η ολική ενέργεια του καυσίμου ($E(i)_{KAY\Sigma}$) επομένως συμπεριλαμβανομένης και της ενέργειας που χρειάζεται για την απόκτησή του είναι:

$$E(i)_{KAY\Sigma} = 1,19 E(t)_{KAY\Sigma} \quad (5.22)$$

Για την λειτουργία του κινητήρα του ελκυστήρα όμως απαιτείται επίσης και μια ποσότητα λιπαντικού η ενέργεια του οποίου σύμφωνα με τον Bowers (1992) μπορεί να εκτιμηθεί ως το 4% της ενέργειας του καταναλισκόμενου καυσίμου. Η συνολική ενέργεια επομένως που εσωκλείεται στα μεταβλητά στοιχεία ($E_{M\Sigma}$) που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του ωφέλιμου μηχανικού έργου περιλαμβάνει την ενέργεια του καυσίμου ($E(i)_{KAY\Sigma}$) και την ενέργεια των λιπαντικών ($E_{\Lambda\Pi\Pi}$) και ισούται με:

$$E_{M\Sigma} = E(i)_{KAY\Sigma} + E_{\Lambda\Pi\Pi} \quad (5.23)$$

Εκτός από τις άμεσες εισροές ενέργειας, κατά την χρήση γεωργικών μηχανημάτων πρέπει να υπολογιστεί και μια έμμεση κατανάλωση ενέργειας η οποία σχετίζεται με την απόσβεση της ενέργειας που εσωκλείεται στα σταθερά στοιχεία των

μηχανημάτων. Ως “*ενέργεια σταθερών στοιχείων*” ορίζεται η ενέργεια που καταναλώθηκε για την κατασκευή των μηχανημάτων, δηλαδή η ενέργεια των υλικών και η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία και συναρμολόγησή τους, η ενέργεια για την μεταφορά και διανομή των μηχανημάτων στον παραγωγό και τέλος η ενέργεια που προστίθεται σε αυτά κατά την διάρκεια της συντήρησης και των επισκευών (Bowers, 1992). Οι Pimantel et al. το 1973 (αναφορά από Bowers, 1992) εκτίμησαν ότι για την κατασκευή των γεωργικών μηχανημάτων καταναλώνεται ενέργεια, περίπου ίση με 86,77 MJ/kg τελικού προϊόντος. Η ποσότητα αυτή αφορά την ενέργεια που εσωκλείεται στην πρώτη ύλη καθώς και την ενέργεια για την συναρμολόγηση. Σύμφωνα πάλι με τον Bowers (1992), οι Loewer et al. (1977), υπολόγισαν μια επιπλέον ποσότητα 8,8 MJ/kg για τη μεταφορά και διανομή των προϊόντων. Τέλος, ο Bowers (1992) αναφέρει τιμές ενέργειας που καταναλώνεται για την επισκευή και συντήρηση διαφόρων γεωργικών μηχανημάτων. Η ποσότητα αυτή εκφράζεται ως ποσοστό της ενέργειας κατασκευής (πίνακας 6.1.1).

Αρχικά, με βάση το βάρος των μηχανημάτων και τους συντελεστές που προτείνει ο Bowers (1992) υπολογίστηκε η ενέργεια κατασκευής (E_{KAT}), μεταφοράς (E_{MET}) επισκευών και συντήρησης ($E_{EΠ}$) των γεωργικών μηχανημάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Η συνολική ενέργεια των σταθερών στοιχείων ($E_{ΣΣ}$) για κάθε μηχανήμα είναι:

$$E_{ΣΣ} = E_{KAT} + E_{MET} + E_{EΠ} \quad (5.24)$$

Στη συνέχεια με βάση την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής (LT), (Hunt, 1995, Τσατσαρέλης, 1995, Μυγδάκος και λοιποί, 2003) (πίνακες 6.1.2 & 6.1.3) και την θεωρητική στρεμματική απόδοση ($\Theta\Sigma A$) κάθε μηχανήματος κατεργασίας υπολογίστηκε η απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων (σε MJ/στρ) κατά την χρήση του μηχανήματος σύμφωνα με την σχέση:

$$\text{Απόσβεση } E_{ΣΣ} = \frac{E_{ΣΣ}}{LT * \Theta\Sigma A} \quad (5.25)$$

Επιπλέον, σύμφωνα με την προηγούμενη σχέση, υπολογίστηκε και η απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων του γεωργικού ελκυστήρα που έφερε το μηχανήμα. Στην περίπτωση αυτή, ως στρεμματική απόδοση θεωρήθηκε η πραγματική στρεμματική απόδοση ($\Pi\Sigma A$) του χρησιμοποιούμενου κάθε φορά παρελκόμενου μηχανήματος.

Η συνολική απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων σε κάθε επέμβαση υπολογίστηκε ως το άθροισμα της απόσβεσης της ενέργειας των σταθερών στοιχείων του μηχανήματος κατεργασίας και των σταθερών στοιχείων του ελκυστήρα.

Τέλος, η συνολική ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε κατά την λειτουργία των μηχανημάτων κατεργασίας υπολογίστηκε ως το άθροισμα της ενέργειας των μεταβλητών στοιχείων και της απόσβεσης της ενέργειας των σταθερών στοιχείων του ελκυστήρα και του μηχανήματος.

5.3. Ενέργεια για την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων και παρασιτοκτόνων

Για κάθε μέθοδο κατεργασίας εκτιμήθηκε τόσο η ενσωματωμένη ενέργεια στα χρησιμοποιούμενα για κάθε καλλιέργεια σκευάσματα όσο και η ενέργεια των γεωργικών μηχανημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή των σκευασμάτων

Η ενσωματωμένη στα σκευάσματα ενέργεια περιλαμβάνει (Helsel, 1992):

1. την ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή των δραστικών ουσιών, δηλαδή την ενέργεια των συστατικών των δ.ο. καθώς και την ενέργεια που καταναλώνεται κατά τις διαδικασίες της παραγωγής τους.
2. την ενέργεια που χρησιμοποιείται για την μορφοποίηση των δ.ο. με την μορφή είτε υδατοδιαλυτού ελαίου, είτε βρέξιμης σκόνης είτε κοκκώδους σκευάσματος.
3. την ενέργεια που ενσωματώνεται στα σκευάσματα κατά τα στάδια της συσκευασίας, της μεταφοράς και της διατήρησης των δικτύων διανομής.

Στοιχεία για την ενέργεια παρασκευής των δ.ο. των χρησιμοποιηθέντων ζιζανιοκτόνων παρουσιάζονται στον πίνακα 6.2.3 (Helsel, 1992). Για τα ζιζανιοκτόνα που δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία χρησιμοποιήθηκε η τιμή 264 MJ kg^{-1} δ.ο. που είναι ο μέσος όρος από τις τιμές που δίνει ο Helsel (1992). Επίσης στον πίνακα 6.2.6 περιλαμβάνονται οι ενέργειες παρασκευής για τα υπόλοιπα παρασιτοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν στις καλλιέργειες. Για τα μεν μυκητοκτόνα χρησιμοποιήθηκε το μέσο ενεργειακό ισοδύναμο των 168 MJ/kg δ.ο. για τα δε εντομοκτόνα 214 MJ/kg δ.ο. (Helsel, 1992).

Οι ενέργειες που λήφθηκαν υπόψη για την μορφοποίηση των δ.ο. ήταν οι εξής (Helsel, 1992):

υδατοδιαλυτά έλαια = 20 MJ/kg δ.ο.,

βρέξιμες σκόνες = MJ/kg δ.ο.

κοκκώδη σκευάσματα = 15 MJ/kg δ.ο..

Τέλος, για την συσκευασία και τη μεταφορά των φυτοφαρμάκων στον χώρο χρησιμοποιήσεώς θεωρήθηκε ότι απαιτούνται 4 MJ/kg δ.ο. (Helsel, 1992) ενώ για τη λειτουργία και τη διατήρηση του δικτύου διανομής και πωλήσεων θεωρήθηκε ότι απαιτείται ενέργεια ίση με 7,5% της συνολικής ενέργειας παρασκευής (Helsel, 1992).

Τα γεωργικά μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων ήταν ένα ψεκαστικό χωρητικότητας 500 l με ιστό συνολικού πλάτους ψεκασμού 12 m καθώς επίσης και ένας γεωργικός ελκυστήρας. Για τα μηχανήματα αυτά υπολογίσθηκε η ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων και η απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 5.2.

5.4 Ενέργεια για τη λίπανση

Εκτιμήθηκε η ενέργεια που εμπεριέχεται στις χρησιμοποιούμενες ποσότητες λιπασμάτων καθώς και η ενέργεια που καταναλώνεται από τα γεωργικά μηχανήματα για την εφαρμογή τους.

Για τα λιπάσματα χρησιμοποιήθηκαν οι ενεργειακές περιεκτικότητες που προτείνει ο Helsel (1992) (πίνακας 6.2.5). Στις τιμές αυτές περιλαμβάνονται η

ενέργεια των συστατικών των λιπασμάτων, η ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή των συστατικών καθώς και η ενέργεια που δαπανήθηκε κατά τα στάδια της συσκευασίας και της μεταφοράς. Στην συνέχεια με βάση τις δόσεις λίπανσης σε κάθε καλλιέργεια εκτιμήθηκε η αντίστοιχη εισροή ενέργειας.

Τα γεωργικά μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή της λίπανσης ήταν ο λιπασματοδιανομέας και ο γεωργικός ελκυστήρας. Η κατανάλωση ενέργειας που αντιστοιχεί στην χρήση τους αφορά την ενέργεια μεταβλητών στοιχείων (καύσιμα, λιπαντικά) και την απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων όπως αυτές υπολογίζονται στην παράγραφο 5.2.

5.5. Η ενέργεια για την σπορά

Για την σπορά εκτιμήθηκε για κάθε καλλιέργεια η ενέργεια που περιλαμβάνεται στην χρησιμοποιούμενη ποσότητα του σπόρου καθώς και η ενέργεια που καταναλώνεται κατά την διαδικασία της σποράς με την σπαρτική.

Η ενέργεια που περιλαμβάνεται στον σπόρο υπολογίστηκε με βάση την χρησιμοποιούμενη ποσότητα και τα ενεργειακά ισοδύναμα για την παραγωγή, την τυποποίηση και την διανομή του σπόρου που δίνουν οι Heichel (1980) και Chancellor *et al.* (1980) (πίνακας 6.3).

Η ενέργεια μεταβλητών και σταθερών στοιχείων του ελκυστήρα με της σπαρτικής κατά την διαδικασία της σποράς υπολογίστηκε με την διαδικασία που περιγράφεται στην παράγραφο 5.2.

5.6. Ενέργεια για την άρδευση

Ο υπολογισμός της ενέργειας που καταναλώνεται για την άρδευση έγινε με βάση την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιήθηκε για κάθε καλλιέργεια σε κάθε καλλιεργητική περίοδο και την εξίσωση (Sloggett, 1992):

$$DE_{\sigma\pi\rho} = \frac{EU}{EF_p \times EF_l} \times \frac{RQ_{\sigma\pi\rho}}{EF_c} \times TDH \quad (5.26)$$

Όπου:

$DE_{\sigma\pi\rho}$ = οι άμεσες εισροές ενέργειας που απαιτούνται για την άρδευση ενός στρέμματος.

EU = η ενέργεια που απαιτείται για την ανύψωση (άντληση), 1000 m³ νερού από βάθος 1 m (κάλυψη της επιφάνειας ενός στρέμματος του εδάφους με μια στήλη νερού 1 m).

EF_p = ο βαθμός απόδοσης της ενέργειας στη μονάδα ισχυοδότησης της αντλίας.

EF_l = ο βαθμός απόδοσης της αντλίας.

$RQ_{\sigma\pi\rho}$ = η συνολική ποσότητα του νερού (σε m στρ⁻¹) που χρησιμοποιήθηκε σε μια πλήρη καλλιεργητική περίοδο και για κάθε καλλιέργεια.

EF_c = ο συντελεστής απόδοσης του συστήματος διανομής και μεταφοράς του νερού.

TDH = το συνολικό μανομετρικό ύψος του νερού (σε m).

Παρακάτω σχολιάζεται ο τρόπος που χρησιμοποιήθηκαν οι συντελεστές της εξίσωσης 5.26 για τον υπολογισμό των ενεργειακών εισροών με την άρδευση για κάθε καλλιέργεια.

Ενέργεια ανύψωσης (EU): Δεδομένου ότι η πυκνότητα του νερού είναι 1 g/cm^3 , τα 1000 m^3 νερού ζυγίζουν 10^6 kg . Για να μετακινηθεί όλος αυτός ο όγκος απαιτείται δύναμη $F = 10^6 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/sec}^2 = 9,81 \text{ MN}$. Το έργο που απαιτείται για να ανυψωθεί αυτή η ποσότητα κατά 1 m είναι:

$$EU = 9,81 \text{ MN} \times 1 \text{ m} = 9,81 \text{ MJ}$$

Βαθμός απόδοσης της ενέργειας στη μονάδα ισχυοδότησης της αντλίας (EF_p): Ο βαθμός αυτός αναφέρεται στις απώλειες που υφίστανται από το στάδιο της παραγωγής της ενέργειας μέχρις ότου αυτή αποδοθεί στην αντλία.

Η αντλία του Αγροκτήματος που χρησιμοποιήθηκε για την άρδευση των καλλιεργειών ισχυοδοτούνταν από έναν ηλεκτροκινητήρα ισχύος 12 kW ο οποίος λειτουργούσε με ηλεκτρική ενέργεια από την ΔΕΗ. Ο βαθμός απόδοσης της ενέργειας (EF_p) στους ηλεκτροκινητήρες, προκύπτει από την εξίσωση (Sloggett, 1992):

$$EF_p = GE \times TE \times ME \quad (5.27)$$

Όπου:

GE = Ο συντελεστής απόδοσης του ηλεκτροκινητήρα που σύμφωνα με τον Sloggett (1992), ισούται με $0,825$.

TE = συντελεστής μετατροπής της εκάστοτε πρωτογενούς πηγής ενέργειας (ορυκτή, πυρηνική ή υδροδυναμική) σε ηλεκτρική. Στην Ελλάδα η ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται κυρίως από την ορυκτή. Ο συντελεστής απόδοσης (TE) κατά την μετατροπή της ορυκτής ενέργειας σε ηλεκτρική είναι $0,25$ (Bowers, 1992).

ME = ο βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας που σύμφωνα με τον Sloggett (1992) κυμαίνεται στο 85% .

Αντικαθιστώντας τις παραπάνω τιμές στην εξίσωση 5.27 προκύπτει ότι ο βαθμός απόδοσης της ενέργειας για τον ηλεκτροκινητήρα της αντλίας του Αγροκτήματος ήταν:

$$EF_p = 0,25 \times 0,85 \times 0,85 = 0,18 = 18\%$$

Βαθμός απόδοσης της αντλίας (EF_i): Τα κύρια χαρακτηριστικά μιας αντλίας είναι το ολικό μανομετρικό και η παροχή. Το βάθος αντλήσεως στην περιοχή του Αγροκτήματος ήταν στα 80 m ενώ η αντλία είχε παροχή $20 \text{ m}^3/\text{h}$. Σύμφωνα με τον Sloggett (1992) ο μέσος συντελεστής απόδοσης (EF_i) αυτών των αντλιών είναι 76% .

Η συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόζεται με την άρδευση ($PQ_{στρ}$): Η ποσότητα του νερού που απαιτείται για την άρδευση ενός στρέμματος εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας, τον τύπο του εδάφους, το κλίμα της περιοχής και άλλους παράγοντες. Για την παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν οι ετήσιες δόσεις άρδευσης για κάθε έτος σε κάθε καλλιέργεια (πίνακας 6.2.9)

Συντελεστής απόδοσης του συστήματος διανομής και μεταφοράς του νερού (EF_c): Η συνολική ποσότητα του νερού που θα πρέπει να αντληθεί για να καλυφθούν οι ανάγκες της καλλιέργειας αλλά και οι απώλειες καθορίζεται και από την απόδοση του συστήματος διανομής και μεταφοράς. Η εξάτμιση, η διήθηση και οι διαρροές αποτελούν παράγοντες απώλειας του νερού κατά την διακίνησή του. Η *Διεθνής Ένωση Αρδεύσεων και Στραγγίσεων* (ICID) ορίζει ως σύστημα διανομής και μεταφοράς το δίκτυο που μεσολαβεί από το σημείο άντλησης του νερού μέχρι το σημείο εναπόθεσής του στον αγρό (Sloggett, 1992). Η μεταφορά αναφέρεται στην διακίνηση του νερού μέσα από κύρια και δευτερεύοντα κανάλια ενώ η διανομή αναφέρεται σε αυλάκια ή αγωγούς που διακινούν το νερό μέσα στον αγρό. Ο συντελεστής απόδοσης (EF_c) ισούται με το γινόμενο του συντελεστή απόδοσης του δικτύου διανομής με τον συντελεστή απόδοσης του δικτύου μεταφοράς. Ο Sloggett (1992) αναφέρει ότι η απόδοση του δικτύου μεταφοράς, όταν η ροή του νερού είναι συνεχής κυμαίνεται από 87% μέχρι 95%. Επίσης η απόδοση του δικτύου μεταφοράς για την περίπτωση που χρησιμοποιούνται σταλακτηφόροι αγωγοί κυμαίνεται στο 98%. Λαμβάνοντας υπόψη μια μέση τιμή απόδοσης για το σύστημα διανομής ίση με 91% ο συντελεστής απόδοσης (EF_c) υπολογίζεται:

$$EF_c = 0,91 \times 0,98 = 0,89$$

Συνολικό μανομετρικό ύψος (TDH): Η αντλία τροφοδοτούσε με νερό ένα δίκτυο άρδευσης με σταλακτηφόρους αγωγούς και συνεπώς έπρεπε να αναπτύξει μια πίεση τουλάχιστον 2,5 atm (250 kPa) για να εξασφαλισθεί η ροή του νερού μέσα από τους αγωγούς. Το ύψος μιας στήλης νερού που αντιστοιχεί σε πίεση 2,5 atm είναι $2,5 \cdot 10,33211 = 25,8$ m. Το ολικό μανομετρικό ύψος του νερού λοιπόν ήταν:

$$TDH = 80 + 25,8 = 105,8 \text{ m}$$

Αντικαθιστώντας όλους τους πιο πάνω συντελεστές στην εξίσωση 5.27 και με βάση τις πραγματικές ανάγκες σε νερό (RQ_{στρ}) για κάθε καλλιέργεια, υπολογίζεται η ενέργεια που αντιστοιχεί στην άρδευση.

5.7. Ενέργεια για την συγκομιδή

Για την συγκομιδή των καλλιεργειών εκτιμήθηκε η ενέργεια σε μεταβλητά στοιχεία καθώς και η απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων των μηχανών συγκομιδής. Η ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων υπολογίστηκε από τα στοιχεία της κατανάλωσης καυσίμου ανά μονάδα έκτασης που αναφέρει ο Leach (1976). Η ενέργεια του καταναλισκόμενου καυσίμου ($E_{καυσ}$) είναι:

$$E(i)_{ΚΑΥΣ} = AFC \cdot 47,66 \quad (5.28)$$

Όπου: AFC = η κατανάλωση καυσίμου ανά μονάδα έκτασης (σε l/στρ)
 47,66 = το ενεργειακό ισοδύναμο του πετρελαίου (σε MJ/l)
 (συμπεριλαμβανομένης και της ενέργειας για την άντληση, επεξεργασία και διανομή του) (Pimentel, 1992).

Η ενέργεια που υπολογίστηκε με την πιο πάνω σχέση προσαυξήθηκε κατά 4% για να συνεκτιμηθεί η ενέργεια των χρησιμοποιούμενων λιπαντικών (Bowers, 1992). Επιπλέον, με βάση το βάρος της μηχανής συγκομιδής εκτιμήθηκε η ενέργεια για την κατασκευή, την μεταφορά, την συντήρηση και τις επισκευές όπως και στην περίπτωση των υπόλοιπων γεωργικών μηχανημάτων (παράγραφος 5.2). Τέλος με βάση την πραγματική στρεμματική απόδοση (ΠΣΑ) υπολογίστηκε η απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων ($E_{\Sigma\Sigma}$) από την σχέση:

$$\text{Απόσβεση } E_{\Sigma\Sigma} = E_{\Sigma\Sigma} / \text{ΠΣΑ} \quad (5.29)$$

Για τις καλλιέργειες του βαμβακιού και καλαμποκιού επιπλέον, εκτιμήθηκε με βάση τις μετρήσεις της ροπής στον δυναμοδότη, η κατανάλωση ενέργειας κατά την στελεχοκοπή. Στην ποσότητα αυτή προστέθηκε η αντίστοιχη απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων για τον στελεχοκόπτη και τον ελκυστήρα. Η ενέργεια αυτή αν και δεν ενσωματώνεται στα συγκομιζόμενα προϊόντα της καλλιέργειας, αποτελούσε μια έμμεση εισροή για την καλλιέργεια της επόμενης χρονιάς καθώς είναι προϋπόθεση για να επέλθει ο αγρός σε κατάσταση έτοιμη για να υποστεί κατεργασία.

5.8. Ενεργειακές εκροές

Προς αποφυγή υποτίμησης των δυνατοτήτων, η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από τον υπολογισμό των ενεργειακών εκροών και κατ' επέκταση από την κατάρτιση ενεργειακών ισοζυγίων καθώς η παραγωγή των καλλιεργειών δεν ήταν αυτή που θα λαμβάνονταν αν κατά την σπορά χρησιμοποιούταν καταλληλότερη σπαρτική.

Ζαχαρότευτλα

Στην Ελλάδα, το εμπορεύσιμο τμήμα των τεύτλων είναι οι ρίζες καθώς οι κορυφές συνήθως παραμένουν στο χωράφι και γι' αυτό δεν λαμβάνονται υπόψη ως εκροές. Το κύριο προϊόν κατά την επεξεργασία της ρίζας είναι η ζάχαρη ενώ τα υποπροϊόντα είναι ο πολτός και η μελάσα. Η ζάχαρη χρησιμοποιείται για την κάλυψη διατροφικών αναγκών του ανθρώπου ενώ ο πολτός και η μελάσα κυρίως για την κάλυψη διατροφικών αναγκών των ζώων. Για την εκτίμηση επομένως των εκροών ενέργειας χρησιμοποιήθηκε η αξία της αφομοιώσιμης, από τα ζώα ή τον άνθρωπο ενέργειας των προϊόντων.

Με βάση τον σακχαρικό τίτλο, για κάθε μέθοδο κατεργασίας, υπολογίστηκε το ποσό της ακατέργαστης ζάχαρης. Σύμφωνα με τον Σφήκα (1988), το ποσοστό της κρυσταλλικής ζάχαρης που εξάγεται από την ακατέργαστη κυμαίνεται στο 85%. Ο Leach (1976) αναφέρει ότι η θερμιδική αξία της κρυσταλλικής ζάχαρης ανέρχεται στα 3943 kcal/kg (= 16,51 MJ/kg). Η μελάσα ανέρχεται περίπου στο 25-35% της παραγόμενης ζάχαρης (Σφήκας, 1988). Οι Chancellor *et al.* (1980) λαμβάνουν υπόψη θερμιδική αξία για την μελάσα της τάξης των 2889 kcal/kg (= 12,65 MJ/kg). Τέλος, για τον αποξηραμένο πολτό, ο Σφήκας (1988) αναφέρει ότι ανέρχεται στο 5-6% της τευτλοπαραγωγής. Σύμφωνα με τους Chancellor *et al.* (1980), η θερμιδική αξία του πολτού ανέρχεται στα 3021 kcal/kg (= 12,1 MJ/kg). Η συνολική αξία της αφομοιώσιμης, από τα ζώα ή τον άνθρωπο, ενέργειας των τεύτλων υπολογίστηκε ως το άθροισμα της ενέργειας στη ζάχαρη, στον πολτό και την μελάσα.

Καλαμπόκι

Για την καλλιέργεια του καλαμποκιού, ως εκροή λήφθηκε μόνο ο σπόρος καθότι τα φυτικά υπολείμματα των στελεχών συνήθως παραμένουν στο χωράφι επιστρέφοντας στο σύστημα ως χλωρή λίπανση. Ο σπόρος του καλαμποκιού περιέχει κατά μέσο όρο 13,5% νερό, 61% άμυλο, 10% πρωτεΐνες, 4% λάδι, 7,5% πεπτόζες και εξόζες και 1,5% ανόργανα συστατικά (Γαλανοπούλου, 1993). Σύμφωνα με τον Fluck (1992) η θερμογόνο δύναμη του αποξηραμένου σπόρου του καλαμποκιού κυμαίνεται μεταξύ 18,43 MJ/kg και 23,24 MJ/kg. Για τον υπολογισμό των εκροών ενέργειας σε κάθε μέθοδο κατεργασίας, υπολογίστηκε το ξηρό βάρος του σπόρου και πολλαπλασιάστηκε με την μέση θερμογόνο δύναμη που είναι 20,83 MJ/kg.

Βαμβάκι

Τα κύρια προϊόντα της βαμβακοκαλλιέργειας τα οποία λαμβάνονται υπόψη ως εκροές είναι η ίνα και ο σπόρος σε αναλογία περίπου 1/3. Οι ίνες του βαμβακιού αποτελούνται από αλλεπάλληλα στρώματα κυτταρίνης. Τα χρησιμοποιούμενα συστατικά του σπόρου είναι το βαμβακέλαιο (σε ποσοστό 17%), και η βαμβάκοπιτα (η οποία περιλαμβάνει κυρίως πρωτεΐνες σε ποσοστό \approx 22% επί του συνολικού βάρους του σπόρου) (Γαλανοπούλου, 1993). Κατά την σύνταξη ενεργειακού ισοζυγίου για την καλλιέργεια του βαμβακιού, ο Tsatsarelis (1991) λαμβάνει υπόψη 15,5 MJ/kg περιεκτικότητα σε ενέργεια για την ίνα και 18 MJ/kg για τον σπόρο. Για τον υπολογισμό των εκροών ενέργειας στο βαμβάκι πολλαπλασιάστηκε για κάθε μέθοδο κατεργασίας η απόδοση σε ίνα και σπόρο, με την αντίστοιχη ενεργειακή περιεκτικότητα

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ και ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 Ενέργεια γεωργικών μηχανημάτων

Στον πίνακα 6.1.1, με βάση το βάρος, υπολογίζεται η ενέργεια για την κατασκευή και την μεταφορά των εργαλείων κατεργασίας καθώς και των υπόλοιπων μηχανημάτων που χρησιμοποιήθηκαν στις τρεις καλλιέργειες. Επίσης, υπολογίζεται η ενέργεια για τη συντήρηση και τις επισκευές σε όλη την διάρκεια της οικονομικής ζωής των μηχανημάτων. Το σύνολο των τριών επιμέρους ποσοτήτων αποτελεί την συνολική ενέργεια των σταθερών στοιχείων των μηχανημάτων.

Στους πίνακες 6.1.2 & 6.1.3 με βάση το πλάτος και την μέση ταχύτητα εργασίας υπολογίζεται η θεωρητική απόδοση των μηχανημάτων ενώ στην συνέχεια με βάση τον συντελεστή απόδοσης εργασίας υπολογίζεται η πραγματική απόδοση στον αγρό. Για τις κοινές επεμβάσεις στα δύο έτη χρησιμοποιήθηκε η μέση ταχύτητα εργασίας. Επίσης παρουσιάζεται η προβλεπόμενη διάρκεια οικονομικής ζωής των μηχανημάτων. Στους ίδιους πίνακες υπολογίζεται η ταχύτητα με την οποία θα έπρεπε να κινείται ο γεωργικός ελκυστήρας για να υπάρχει μέγιστη αξιοποίηση της ισχύος και ακολούθως η πραγματική στρεμματική απόδοση.

Πίνακας 6.1.1. Ενέργεια των σταθερών στοιχείων των μηχανημάτων.

	Βάρος $E_{RMT}^{(1)}$ (Kg)		Ενέργεια σταθερών στοιχείων			Σύνολο (MJ)
			Ενέργεια κατασκευής (MJ)	Ενέργεια μεταφοράς (MJ)	Ενέργεια επισκευών (MJ)	
1 Γεωργικός ελκυστήρας (110 HP)	4200	0,49	364.434	36.960	178.573	579.967
2 Γεωργικός ελκυστήρας (60 HP) ⁽³⁾	2520	0,49	218.660	22.176	107.144	347.980
Μηχανήματα κατεργασίας						
3 Άροτρο (4υνο)	500	0,97	43.385	4.400	42.083	89.868
4 Βαρύς καλλιεργητής (2,5 m)	370	0,51	32.105	3.256	16.373	51.734
5 Εδαφοσχιστής (1,8 m)	600	0,51	52.062	5.280	26.552	83.894
6 Περιστροφικό σκαπτικό (2,5 m)	720	0,59	62.474	6.336	36.860	105.670
7 Δισκοσβάρνα (Ημιβαρέως τύπου)	1050	0,61	91.109	9.240	55.576	155.925
8 Ελαφρύς καλλιεργητής (2,5 m)	280	0,51	24.296	2.464	12.391	39.150
Λοιπά μηχανήματα						
9 Σπαρτική πνευματική (4 σπαρτ μον)	350	0,43	30.370	3.080	13.059	46.508
10 Σπαρτική πνευματική (6 σπαρτ μον)	450	0,43	39.047	3.960	16.790	59.796
11 Στελεχοκόπτης	150	0,33	13.016	1.320	4.295	18.631
12 Ψεκαστικό (500 lt)	130	0,37	11.280	1.144	4.174	16.598
13 Λιπασματοδιανομέας (400 kg)	150	0,49	13.016	1.320	6.378	20.713
Μηχανές συγκομιδής						
14 Καλαμποκιού (5σειρη)	7000 ⁽²⁾	0,24	607.390	61.600	145.774	814.764
15 Βαμβakoσυλλεκτική (δίσειρη)	5500 ⁽²⁾	0,24	477.235	48.400	114.536	640.171
16 Τευτλοεξαγωγέας (μονόσειρος)	6500 ⁽²⁾	0,24	564.005	57.200	135.361	756.566

⁽¹⁾ E_{RMT} = Ποσοστό της ενέργειας κατασκευής που αναλογεί για επισκευές και συντήρηση (Bowers, 1992)

⁽²⁾ Για την εκτίμηση του βάρους των μηχανών συγκομιδής χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά γεωργικών μηχανημάτων που κυκλοφορούν στην Ελληνική αγορά.

⁽³⁾ Ο γεωργικός ελκυστήρας των 60 Hρ χρησιμοποιείται για ένα υποθετικό δεύτερο κύκλο υπολογισμών κατά τον οποίο υπάρχει μέγιστη αξιοποίηση της ισχύος

Πίνακας 6.1.2. Απόδοση και προβλεπόμενη διάρκεια οικονομικής ζωής των μηχανημάτων κατεργασίας του εδάφους.

	Πλάτος εργασίας (m)	Ταχύτητα εργασίας (km/h)	Θεωρ. στρεμ. απόδοση (στρ/h)	Συντελ. απόδοσης εργασίας ⁽¹⁾	Πραγμ στρεμ. απόδοση (στρ/h)	LT ⁽²⁾ (h)
Μηχανήματα κατεργασίας						
1 Άροτρο	1,2	3,2 (4,0)	3,9	0,85	3,3 (4,1)	2000
2 Βαρύς καλλιεργητής	2	4,1 (4,1)	8,2	0,85	7,0 (7,1)	2000
3 Εδαφοσχίστης	1,8	2,9 (3,4)	5,1	0,85	4,4 (5,2)	2000
4 περιστροφικό σκαπτικό	2,5	3,9	9,7	0,85	8,3 (8,3)	1500
5 Δισκοσβάρνα (1ο πέρασμα)	3	8,9 (11,1)	26,8	0,8	21,5 (26,6)	2000
6 Δισκοσβάρνα (2ο πέρασμα)	3	8,3 (10,2)	25,0	0,8	20,0 (24,4)	2000
7 Δισκοσβάρνα μετά από όργωμα (1η)	3	7,4 (10,3)	22,2	0,8	17,8 (24,7)	2000
8 Δισκοσβάρνα μετά από όργωμα (2η)	3	8,5 (12,0)	25,5	0,8	20,4 (28,8)	2000
9 Δισκοσβάρνα μετά από βαρ καλ (1η)	3	8,0 (12,1)	23,9	0,8	19,1 (29,0)	2000
10 Ελαφρ. καλ. μετά από όργωμα (1ος)	2,3	7,1 (7,8)	16,3	0,85	13,9 (15,3)	2000
11 Ελαφρ. καλ. μετά από όργωμα (2ος)	2,3	8,9 (9,7)	20,5	0,85	17,4 (19,0)	2000
12 Ελαφρ. καλ. μετά από βαρ καλ (1ος)	2,3	8,0 (8,2)	18,4	0,85	15,6 (16,0)	2000
13 Ελαφρ. καλ. μετά από βαρ καλ (2ος)	2,3	9,2 (9,5)	21,2	0,85	18,0 (18,6)	2000
14 Ελαφρ. καλ. μετά από περ καλ (1ος)	2,3	9,2 (9,2)	21,2	0,85	18,0 (18,1)	2000
15 Ελαφρ. καλ. μετά από δισκοσβ (1ος)	2,3	9,2 (10,2)	21,2	0,85	18,0 (20,0)	2000

Οι αριθμοί στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την ταχύτητα με την οποία θα έπρεπε να κινείται ο γεωργικός ελκυστήρας των 82 kW για να υπάρχει 80% αξιοποίηση της ισχύος του. Για τις επεμβάσεις 5-15 θεωρείται ότι χρησιμοποιήθηκε ένας μικρότερος ελκυστήρας μέγιστης ισχύος 51 kW. Με βάση την μέγιστη ταχύτητα υπολογίζεται η μέγιστη πραγματική στρεμματική απόδοση

⁽¹⁾ Στοιχεία από την τυποποίηση D497.4 της ASAE, 2002

⁽²⁾ LT = Προβλεπόμενη διάρκεια οικονομικής ζωής (στοιχεία από Hunt, 1995)

Πίνακας 6.1.3. Απόδοση και προβλεπόμενη διάρκεια οικονομικής ζωής των λοιπών μηχανημάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις τρεις χρονιές του πειράματος καθώς και των μηχανημάτων συγκομιδής.

	Πλάτος εργασίας (m)	Ταχύτητα εργασίας (km/h)	Θεωρ. στρεμ. απόδοση (στρ/h)	Συντελ. απόδοσης εργασίας ⁽⁴⁾	Πραγμ στρεμ. απόδοση (στρ/h)	LT ⁽⁵⁾ (h)
Γεωργικός ελκυστήρας						12000
Μηχανήματα λοιπών επεμβάσεων						
1 Σπαρτική πνευματική (καλαμπόκι)	3,2	7,1 (11,0)	22,6	0,65	14,7 (22,9)	1500
2 Σπαρτική πνευματική (βαμβάκι)	4,0	7,1 (11,0)	28,8	0,65	18,7 (28,6)	1500
3 Σπαρτική πνευματική (τεύτλα)	3,0	7,1 (11,0)	21,2	0,65	13,8 (21,5)	1500
4 Στελεχοκόπτης	1,6	8,0 (16,0)	12,8	0,8	10,2 (20,5)	1500
5 Ψεκαστικό	12,0	10,8 (11,5)	130	0,65	85 (90)	1500
6 Λιπασματοδιανομέας	10,0	10,8 (16,0)	90	0,7	63 (112)	1200
Μηχανές συγκομιδής						
7 Καλαμποκιού (5σειρη)	4,0 ⁽¹⁾	4,0	16,0	0,65	10,4	3000
8 Βαμβακοσυλλεκτική (δίσειρη)	1,9 ⁽²⁾	4,5	8,6	0,7	6,0	4500 ⁽⁶⁾
9 Τευτλοεξαγωγέας (μονόσειρος)	0,5 ⁽³⁾	8,0	4,0	0,6	2,4	2500 ⁽⁷⁾

Οι αριθμοί στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την μέγιστη δυνατή ταχύτητα με την οποία μπορεί να κινηθεί ο γεωργικός ελκυστήρας ισχύος 51 kW (σύμφωνα με τα ASAE Standards D497.4) ώστε να υπάρχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αξιοποίηση της ισχύος. Με βάση την μέγιστη ταχύτητα υπολογίζεται η μέγιστη πραγματική στρεμματική απόδοση

⁽¹⁾ Οι βαμβακοσυλλεκτικές που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ελλάδα είναι κυρίως δίσειρες με τους μηχανισμούς συλλογής τοποθετημένους ανά 0,95 cm.

⁽²⁾ Οι μηχανές συγκομιδής καλαμποκιού που χρησιμοποιούνται συλλέγουν 4 σειρές σε απόσταση 80 cm

⁽³⁾ Οι τευτλοεξαγωγείς που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ελλάδα είναι κυρίως παλιές τεχνολογίας και μονόσειροι

⁽⁴⁾ Στοιχεία από την τυποποίηση D497.4 της ASAE, 2002

⁽⁵⁾ LT = Προβλεπόμενη διάρκεια οικονομικής ζωής (στοιχεία από Hunt, 1995)

⁽⁶⁾ Στοιχεία από Μυγδάκο και λοιποί (2003)

⁽⁷⁾ Στοιχεία από Τασσαρέλη (1995)

Πίνακας 6.1.4 Απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων των μηχανημάτων κατά τις επεμβάσεις κατεργασίας.

	Απόσβεση ενέργειας σταθερών στοιχείων		
	Μηχάνηματος (MJ/στρ)	Ελκυστήρα (MJ/στρ)	ΣΥΝΟΛΟ (MJ/στρ)
Μηχανήματα κατεργασίας			
Άροτρο	13,63 #	14,66	28,30 (22,68)
Βαρύς καλλιεργητής	3,71 #	6,93	10,65 (10,52)
Εδαφοσχίστης	9,61 #	11,07	20,68 (17,35)
περιστροφικό σκαπτικό	8,51 #	5,84	14,34
Δισκοσβάρνα (1ο πέρασμα)	3,63 #	1,35	4,98 (4,03)
Δισκοσβάρνα (2ο πέρασμα)	3,90 #	1,45	5,35 (4,38)
Δισκοσβάρνα μετά από όργωμα (1η)	4,38 #	1,63	6,01 (4,33)
Δισκοσβάρνα μετά από όργωμα (2η)	3,82 #	1,42	5,25 (3,71)
Δισκοσβάρνα μετά από βαρ καλ (1η)	4,08 #	1,52	5,60 (3,68)
Ελαφρ. καλ. μετά από όργωμα (1ος)	1,41 #	2,09	3,50 (3,18)
Ελαφρ. καλ. μετά από όργωμα (2ος)	1,13 #	1,67	2,79 (2,55)
Ελαφρ. καλ. μετά από βαρ καλ (1ος)	1,25 #	1,85	3,11 (3,04)
Ελαφρ. καλ. μετά από βαρ καλ (2ος)	1,09 #	1,61	2,70 (2,61)
Ελαφρ. καλ. μετά από περ καλ (1ος)	1,09 #	1,61	2,70 (2,69)
Ελαφρ. καλ. μετά από δισκοσβ (1ος)	1,09 #	1,61	2,70 (2,43)

Οι αριθμοί στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την απόσβεση της ενέργειας εαν η ταχύτητα των εργασιών ήταν μεγαλύτερη ώστε να αξιοποιείται το 80% της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα και εαν για τις ελαφρύτερες εργασίες είχε χρησιμοποιηθεί ένας μικρότερος ελκυστήρας

Στους πίνακες 6.1.4 & 6.1.5 με βάση την συνολική ενέργεια των σταθερών στοιχείων από τον πίνακα 6.1.1, την πραγματική στρεμματική απόδοση και την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής για κάθε μηχάνημα (πίνακες 6.1.2 & 6.1.3) υπολογίζεται η απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων του μηχανήματος κατά την εργασία του στον αγρό. Επιπλέον, συνεκτιμάται η απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων του ελκυστήρα για κάθε ένα από τα μηχανήματα με τα οποία συνεργάζεται.

Πίνακας 6.1.5 Απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων των λοιπών μηχανημάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις τρεις χρονιές του πειράματος καθώς και των μηχανημάτων συγκομιδής.

	Απόσβεση ενέργειας σταθερών στοιχείων		
	Μηχάνηματος (MJ/στρ)	Ελκυστήρα (MJ/στρ)	ΣΥΝΟΛΟ (MJ/στρ)
Μηχανήματα λοιπών επεμβάσεων			
Σπαρτική πνευματική (καλαμπόκι)	2,11	1,97	4,08 (2,62)
Σπαρτική πνευματική (βαμβάκι)	1,66	1,55	3,21 (2,10)
Σπαρτική πνευματική (τεύτλα)	2,89	2,10	5,00 (3,21)
Στελεχοκόπτης	1,21	2,83	4,04 (2,02)
Ψεκαστικό	0,13	0,34	0,47 (0,45)
Λιπασματοδιανομέας	0,27	0,46	0,73 (0,41)
Μηχανές συγκομιδής			
Καλαμποκιού (5σειρη)	26,1		26,1
Βαμβακοσυλλεκτική (δίσειρη)	23,8		23,8
Τευλοξαγωγέας (μονόσειρος)	126,1		126,1

Οι αριθμοί στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την απόσβεση της ενέργειας εαν η ταχύτητα των εργασιών ήταν μεγαλύτερη ώστε να αξιοποιείται το 80% της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα και εαν για τις ελαφρύτερες εργασίες είχε χρησιμοποιηθεί ένας μικρότερος ελκυστήρας

Πίνακας 6.1.6. Υπολογισμός της απορροφόμενης ισχύος από εργαλεία που εργάζονται στο έδαφος.

	Ροπή		Απορροφόμενη ισχύς		C_p	Ισοδύναμη ισχύς στο PTO (KW)	Λόγος φόρτισης του ελκυστήρα	Ειδική κατανάλωση καυσίμου (L/kWh)	Κατανάλωση καυσίμου (L/h)
	Ελκτική δύναμη (KN)	στο PTO (kN*m)	στην έλξη (KW)	στο PTO (KW)					
Μηχανήματα κατεργασίας									
Άροτρο	27,9		25,0		0,53	47,4	0,64	0,36	17,2 (20,5)
Βαρύς καλλιεργητής	27,0		30,8		0,53	58,5	0,79	0,35	20,2 (20,5)
Εδαφοσχιστής	32,8		26,0		0,52	49,7	0,67	0,36	17,7 (20,5)
Περιστροφ σκαπτικό	5,7	0,90	6,2	50,8	0,49	63,4	0,86	0,35	22,2
Δισκοσβάρνα (1ο πέρ)	7,5		18,7		0,44	42,3	0,57	0,38	16,1 (13,0)
Δισκοσβάρνα (2ο πέρ)	7,2		16,7		0,41	40,9	0,55	0,39	15,9 (13,0)
Δισκ. - όργωμα (1η)	7,1		14,7		0,41	36,0	0,49	0,41	14,9 (13,0)
Δισκ. - όργωμα (2η)	6,1		14,4		0,41	35,4	0,48	0,42	14,8 (13,0)
Δισκ. - ΒΚ (1η)	6,1		13,4		0,41	32,9	0,44	0,44	14,3 (13,0)
Ελ. καλ. - όργωμα (1ος)	9,4		18,5		0,43	42,9	0,58	0,38	16,3 (13,0)
Ελ. καλ. - όργωμα (2ος)	7,5		18,7		0,43	43,3	0,58	0,38	16,3 (13,0)
Ελ. καλ. - ΒΚ (1ος)	9,0		19,9		0,43	46,3	0,63	0,37	16,9 (13,0)
Ελ. καλ. - ΒΚ (2ος)	7,7		19,7		0,43	45,6	0,62	0,37	16,8 (13,0)
Ελ. καλ. - ΠΣ (1ος)	7,9		20,3		0,43	47,0	0,64	0,36	17,1 (13,0)
Ελ. καλ. - Δισκ (1ος)	7,2		18,3		0,43	42,5	0,57	0,38	16,2 (13,0)
Σπαρτικές									
Σπαρτ. πνευμ. (καλ)	1,4		2,7	2,3	0,24	13,6	0,18	0,62	8,5 (6,6)
Σπαρτ. πνευμ. (βαμβ)	1,4		2,7	2,3	0,24	13,6	0,18	0,62	8,5 (6,6)
Σπαρτ. πνευμ. (τεύλα)	1,7		3,3	2,2	0,24	16,1	0,22	0,59	9,5 (7,2)

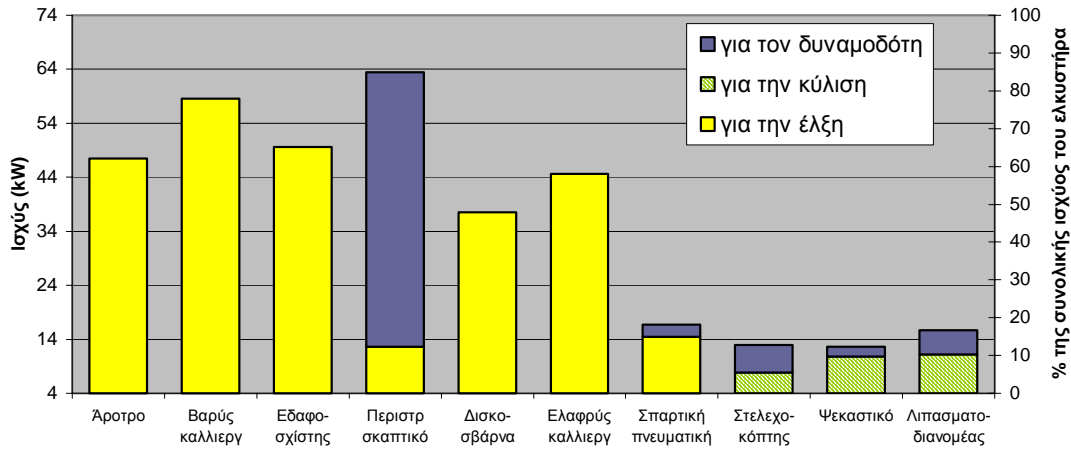
Οι αριθμοί στην παρένθεση υποδηλώνουν την κατανάλωση καυσίμου για 80% φόρτιση του ελκυστήρα των 82 kW για τις βαριές εργασίες και 80% φόρτιση ενός μικρότερου ελκυστήρα 51 kW για τις ελαφρύτερες εργασίες (εξαιρούνται οι εργασίες της σποράς όπου λόγω της μικρής απορροφόμενης ισχύος δεν μπορεί να επιτευχθεί μεγάλη φόρτιση του ελκυστήρα)
 C_p = συντελεστής απόδοσης της ισοδύναμης στον δυναμοδότη ισχύος στην έλξη (από μετρήσεις του Εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας, παράρτημα).

Στον πίνακα 6.1.6 με βάση την αντίσταση έλξης και την ροπή στον δυναμοδότη, υπολογίζεται η αντίστοιχη απορροφόμενη ισχύς. Στην συνέχεια και με βάση τους συντελεστές (C_p) απόδοσης της ισχύος στην έλξη (όπως αυτοί υπολογίζονται στο παράρτημα 7.2), υπολογίζεται η ισοδύναμη ισχύς στον δυναμοδότη. Για τα μηχανήματα που εργάζονται στην ανασηκωμένη θέση, (στελεχοκόπτης, ψεκαστικό λιπασματοδιανομέας) αντί της ισχύος στην έλξη χρησιμοποιήθηκε η απορροφόμενη ισχύς για την κύλιση των τροχών του ελκυστήρα (πίνακας 6.1.7). Η ισχύς αυτή διαιρούμενη με τον συντελεστή (C_{AE}) ανάγεται επίσης σε ισοδύναμη ισχύς στον δυναμοδότη. Στην συνέχεια με βάση το ποσοστό φόρτισης του ελκυστήρα εκτιμάται η ειδική και η ωριαία κατανάλωση καυσίμου. Στο σχήμα 6.1.1 παρουσιάζεται για όλα τα μηχανήματα η ισοδύναμη ισχύς στον δυναμοδότη.

Πίνακας 6.1.7. Υπολογισμός της απορροφόμενης ισχύος από εργαλεία που εργάζονται στην ανασηκωμένη θέση.

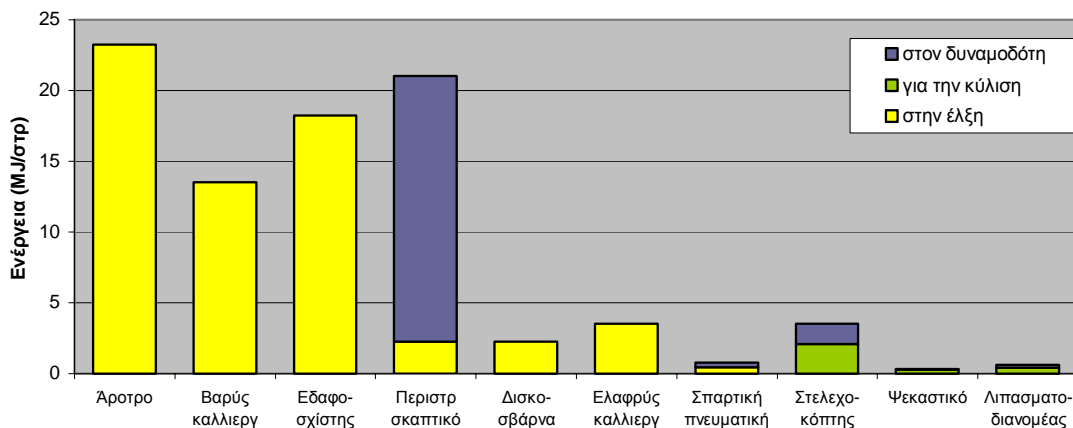
	Αντίσταση		Απορροφόμενη ισχύς		C_{AE}	Ισοδύναμη ισχύς στο PTO (KW)	Λόγος φόρτισης του ελκυστήρα	Ειδική κατανάλωση καυσίμου (L/kWh)	Κατανάλωση καυσίμου (L/h)
	κύλισης (KN)	στο PTO (kN*m)	κύλιση (KW)	στο PTO (KW)					
Στελεχοκόπτης	3,3	0,09	7,4	5,1	0,95	12,9	0,17	0,63	8,2 (8,1)
Ψεκαστικό	3,4	0,03	10,3	1,8	0,95	12,7	0,17	0,63	8,0 (6,2)
Λιπασματοδιανομέας	3,5	0,08	10,6	4,5	0,95	15,7	0,21	0,60	9,4 (8,2)

Οι αριθμοί στην παρένθεση υποδηλώνουν την κατανάλωση καυσίμου για έναν μικρότερο ελκυστήρα 60 kW
 C_{AE} = συντελεστής απόδοσης της ισοδύναμης στον δυναμοδότη ισχύος στον άξονα των τροχών (ASAE EP496.2)



Σχήμα 6.1.1. Ισοδύναμη στον δυναμοδότη απορροφόμενη ισχύς στην έλξη και στον δυναμοδότη.

Κατά την εργασία στον αγρό, εκτός από την φάση κατά την οποία ισχύς απορροφάται στην έλξη ή/και στον δυναμοδότη, μπορεί να διακριθεί και μια δεύτερη φάση φόρτισης του ελκυστήρα. Η φάση αυτή περιλαμβάνει την ισχύ που απορροφάται για την κύλιση των τροχών του ελκυστήρα και των ελκόμενων μηχανημάτων στις νεκρές διαδρομές στο χωράφι. Στην περίπτωση αυτή τα αναρτώμενα μηχανήματα βρίσκονται στην ανασηκωμένη θέση και δεν παράγουν έργο. Στον πίνακα 6.1.8 με βάση την κατανομή του βάρους στους τροχούς του ελκυστήρα και των ελκόμενων μηχανημάτων υπολογίζεται σύμφωνα με την σχέση 5.17 η συνολική αντίσταση κύλισης (ελκυστήρα και ελκόμενου μηχανήματος). Στην συνέχεια και ανάλογα με την ταχύτητα κίνησης στις νεκρές διαδρομές υπολογίζεται η απορροφόμενη ισχύς για την κύλιση των τροχών του ελκυστήρα και των ελκόμενων μηχανημάτων. Διαιρώντας με τον συντελεστή $C_{AE} = 0,95$ (ASAE EP496.2) εκτιμάται η ισοδύναμη ισχύς στον δυναμοδότη και στην συνέχεια ανάλογα με το ποσοστό φόρτισης του ελκυστήρα η ειδική και η πραγματική κατανάλωση καυσίμου.



Σχήμα 6.1.2. Πραγματική απορροφόμενη ενέργεια στην έλξη και στον δυναμοδότη.

Πίνακας 6.1.8. Υπολογισμός της απορροφόμενης ισχύος στην κύλιση των τροχών του ελκυστήρα και των ελκόμενων μηχανημάτων κατά τις νεκρές διαδρομές.

	Κατανομή βάρους			Αντίσ- ταση κύλι- σης (KN)	Απορ- ροφό- μενη ισχύς (kW)	Ισοδύ- ναμη ισχύς στο PTO (KW)	Λόγος φόρτι- σης ελκυσ- τήρα	Ειδική κατανά- λωση καυσίμο υ καυσίμου (L/kWh)	Κατανάλωση καυσίμου (L/h)
	Ελκυστήρας + αναρτώμενο		Ελκό- μενο (KN)						
	Πίσω (KN)	Εμπρός (KN)							
Μηχανήματα κατεργασίας									
Άροτρο	35,8	11,2		3,06	6,81	7,2	0,10	0,71	5,06
Βαρύς καλλιεργητής	33,3	12,4		2,98	6,62	6,97	0,09	0,71	4,94
Εδαφοσχίστης	37,7	10,3		3,13	6,95	7,32	0,10	0,70	5,15
Περιστροφ σκαπτικό	38,9	10,3		3,21	7,13	7,50	0,10	0,70	5,26
Δισκοσβάρνα (1η)	26,3	15,7	10,50	3,42	7,61	8,01	0,11	0,69	5,56 (3,70)
Δισκοσβάρνα (2η)	26,3	15,7	10,50	4,09	9,15	9,63	0,13	0,67	6,48 (3,79)
Ελαφρ καλλιερ. (2ος)	31,8	13,0		3,49	8,34	8,78	0,12	0,68	6,00 (4,22)
Μηχανήματα λοιπών επεμβάσεων									
Σπарт. πνευμ. (καλ)	34,0	12,2		3,60	8,01	8,43	0,11	0,69	5,81 (4,07)
Σπарт. πνευμ. (βαμβ)	34,0	12,2		3,60	8,01	8,43	0,11	0,69	5,81 (4,07)
(τεύτλα)	34,9	11,8		3,64	8,08	8,51	0,12	0,69	5,85 (4,17)
Στελεχοκόπτης	28,1	14,9		3,35	7,44	7,84	0,11	0,70	5,46 (3,80)
Ψεκαστικό	29,8	14,3		3,44	7,63	8,04	0,11	0,69	5,58 (3,92)
Λιπασματοδιανομέας	32,7	12,8		3,54	7,88	8,29	0,11	0,69	5,73 (4,06)

Στους αριθμούς στην παρένθεση υπολογίζεται η κατανάλωση καυσίμου στις νεκρές διαδρομές αν για τις ελαφρύτερες εργασίες είχε χρησιμοποιηθεί ένας μικρότερος ελκυστήρας 51 kW

Στους πίνακες 6.1.9 & 6.1.10, με βάση την θεωρητική στρεμματική απόδοση (από τους πίνακες 6.1.2 & 6.1.3) υπολογίζεται, για κάθε μηχάνημα, η πραγματική απορροφόμενη ενέργεια για την έλξη και για την λειτουργία του δυναμοδότη. Επίσης υπολογίζεται η ενέργεια που καταναλώνεται για την κύλιση των τροχών του ελκυστήρα και των μηχανημάτων στις νεκρές διαδρομές. Στην συνέχεια υπολογίζεται η ισοδύναμη στον δυναμοδότη κατανάλωση ενέργειας καθώς και η ενέργεια του καταναλισκόμενου καυσίμου και των λιπαντικών.

Τα αποτελέσματα από την εκτίμηση της πραγματικής απορροφόμενης ενέργειας (πίνακας 6.1.9 & σχήμα 6.1.2) διαφέρουν από αυτά των απαιτήσεων σε ισχύ λόγω της διαφορετικής στρεμματικής απόδοσης του κάθε μηχανήματος. Το άροτρο είχε τις υψηλότερες απαιτήσεις σε ενέργεια (≈ 23 MJ/στρ) κυρίως εξαιτίας του μικρού πλάτους εργασίας. Ο βαρύς καλλιεργητής αν και έχει αυξημένες απαιτήσεις σε ισχύ έλξης, αποδεικνύεται πιο οικονομικός από άποψη κατανάλωσης ενέργειας ($\approx 13,5$ MJ/στρ) διότι έχει πολύ μεγαλύτερο πλάτος εργασίας και επιπλέον εργάζεται με υψηλότερη ταχύτητα. Ο συντελεστής στρεμματικής απόδοσης για τον εδαφοσχίστη ήταν ελαφρώς υψηλότερος από του αρότρου. Σε συνδυασμό με την υψηλή αντίσταση έλξης το μηχάνημα παρουσίαζε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας (≈ 18 MJ/στρ). Υψηλά ποσά ενέργειας απαιτούνταν και για την λειτουργία του περιστροφικού σκαπτικού ($\approx 20,5$ MJ/στρ) γεγονός που σχετίζεται με τις υψηλές απαιτήσεις ισχύος στον δυναμοδότη. Τέλος, με την δισκοσβάρνα και τον ελαφρύ καλλιεργητή, όπου το πλάτος εργασίας ήταν μεγάλο και η ταχύτητα εργασίας υψηλή, η απορροφόμενη ενέργεια ήταν πολύ μικρή (2-2,5 MJ/στρ και 3-4 MJ/στρ αντίστοιχα).

Για τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τις υπόλοιπες καλλιεργητικές εργασίες η πραγματική απορροφόμενη ενέργεια είναι περιορισμένη (πίνακας 6.1.10 & σχήμα 6.1.2). Ιδίως για το ψεκαστικό και τον λιπασματοδιανομέα όπου το πλάτος εργασίας είναι πολύ μεγάλο (>10 m) και η ταχύτητα εργασίας υψηλή, η απορροφόμενη ενέργεια είναι ελάχιστη (0,1 – 0,2 MJ/στρ).

Εξετάζοντας την συνολική ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων που καταναλώνει ο γεωργικός ελκυστήρας διαπιστώνεται ότι αυτή είναι περίπου δέκα φορές περισσότερη από την ενέργεια που πραγματικά απορροφάται από τα μηχανήματα κατεργασίας του εδάφους (πίνακας 6.1.9). Τις υψηλότερες απαιτήσεις έχει το άροτρο (≈ 221 MJ/στρ) και ακολουθεί ο εδαφοσχίστης με περίπου 171 MJ/στρ και ο βαρύς καλλιεργητής με το περιστροφικό σκαπτικό με περίπου 112-122 MJ/στρ. Η δισκοσβάρνα απαιτούσε περίπου 32 MJ/στρ και ο ελαφρύς καλλιεργητής περίπου 41 MJ/στρ. Εάν η ταχύτητα εργασίας με το άροτρο και τον εδαφοσχίστη ήταν μεγαλύτερη, θα υπήρχε μια μείωση της ενέργειας της τάξης του 3,5-5%. Επίσης εάν οι εργασίες της δισκοσβάρνας και του ελαφρού καλλιεργητή γινόταν με ένα μικρότερο γεωργικό ελκυστήρα, η ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων θα ήταν περίπου 25-40% μικρότερη (πίνακας 6.1.9). Για τη σπαρτική τον στελεχοκόπτη, τον λιπασματοδιανομέα και το ψεκάστικό, η ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων είναι πάνω από είκοσι φορές μεγαλύτερη από την πραγματική απορροφόμενη ενέργεια (πίνακας 6.1.10). Το γεγονός αυτό οφείλονταν στο μεγάλο μέγεθος του γεωργικού ελκυστήρα που χρησιμοποιήθηκε για τις ανωτέρω επεμβάσεις όπου τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται έχουν μικρές απαιτήσεις σε απορροφόμενη ισχύ. Το μεγαλύτερο ποσοστό από το παραγόμενο έργο του κινητήρα στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνταν για την μετακίνηση του ίδιου του γεωργικού ελκυστήρα. Η συνολική ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων για την σπαρτική ήταν περίπου 25-28 MJ/στρ για τον στελεχοκόπτη περίπου 35 MJ/στρ ενώ για τον λιπασματοδιανομέα και το ψεκάστικό, εξαιτίας της υψηλής στρεμματικής απόδοσης 4-6 MJ/στρ. Εάν όμως είχε χρησιμοποιηθεί ένας μικρότερος γεωργικός ελκυστήρας για τις εν λόγω εργασίες, η κατανάλωση ενέργειας θα ήταν υπο-διπλάσια (πίνακας 6.1.10).

Πίνακας 6.1.9. Υπολογισμός της ενέργειας των μεταβλητών στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις επεμβάσεις κατεργασίας του εδάφους.

	Απορροφώ- μενη ενέργεια		Ισοδύναμη ενέργεια στο PTO (MJ/στρ)	Ενέργεια καυσίμου (MJ/στρ)	Ενέργεια λιπαν- τικών (MJ/στρ)	Συνολική ενέργεια μεταβλητών στοιχείων (MJ/στρ)
	στην έλξη (MJ/στρ)	στο PTO Ενέργεια στις v.δ. (MJ/στρ)				
Μηχανήματα κατεργασίας						
Άροτρο	23,2	1,1	45,2	212,21	8,49	220,7 (209,0)
Βαρύς καλλιεργητής	13,5	0,5	26,2	117,16	4,69	121,8 (121,8)
Εδαφοσχίστης	18,2	0,9	35,7	164,84	6,59	171,4 (165,3)
Περιστροφ σκαπτικό	2,3	18,8	23,9	107,84	4,31	112,2
Δισκοσβάρνα (1ο πέρ)	2,5	0,3	5,9	29,71	1,19	30,9 (19,8)
Δισκοσβάρνα (2ο πέρ)	2,4	0,3	6,2	31,83	1,27	33,1 (21,6)
Δισκ. - όργωμα (1η)	2,4	0,4	6,2	33,84	1,35	35,2 (21,4)
Δισκ. - όργωμα (2η)	2,0	0,3	5,3	29,33	1,17	30,5 (18,3)
Δισκ. - ΒΚ (1η)	2,0	0,3	5,3	30,37	1,21	31,6 (18,2)
Ελ. καλ. - όργωμα (1ος)	4,1	0,3	9,8	48,26	1,93	50,2 (36,2)
Ελ. καλ. - όργωμα (2ος)	3,3	0,3	7,9	38,64	1,55	40,2 (29,1)
Ελ. καλ. - ΒΚ (1ος)	3,9	0,3	9,4	44,50	1,78	46,3 (34,6)
Ελ. καλ. - ΒΚ (2ος)	3,3	0,3	8,0	38,40	1,54	39,9 (29,7)
Ελ. καλ. - ΠΣ (1ος)	3,5	0,3	8,3	39,06	1,56	40,6 (30,6)
Ελ. καλ. - Δισκ (1ος)	3,1	0,3	7,5	37,07	1,48	38,6 (27,7)

Οι αριθμοί στην παρένθεση υποδηλώνουν στην συνολική ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων εάν η ταχύτητα των εργασιών ήταν μεγαλύτερη ώστε να αξιοποιείται το 80% της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα και εάν για τις ελαφρύτερες εργασίες είχε χρησιμοποιηθεί ένας μικρότερος ελκυστήρας

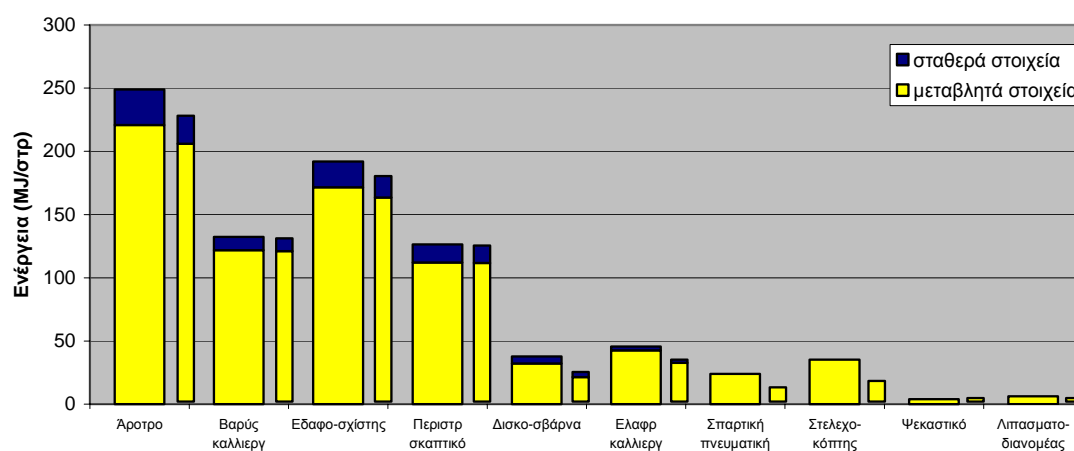
Πίνακας 6.1.10. Υπολογισμός της ενέργειας των μεταβλητών στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις υπόλοιπες καλλιεργητικές επεμβάσεις.

	Απορροφώ- μενη ενέργεια			Ισοδύναμη ενέργεια στο PTO (MJ/στρ)	Ενέργεια καυσίμου (MJ/στρ)	Ενέργεια λιπαν- τικών (MJ/στρ)	Συνολική ενέργεια μεταβλητών στοιχείων (MJ/στρ)
	στην έλξη (MJ/στρ)	στο PTO (MJ/στρ)	Ενέργεια στις v.δ. (MJ/στρ)				
Μηχανήματα λοιπών επεμβάσεων							
Σπарт. πνευμ. (καλ)	0,4	0,4	0,7	2,2	23,29	0,93	24,2 (11,8)
Σπарт. πνευμ. (βαμβ)	0,3	0,3	0,5	1,7	18,28	0,73	19,0 (9,4)
Σπарт. πνευμ. (τεύτλα)	0,6	0,4	0,7	2,7	27,23	1,09	28,3 (13,5)
		στο κύλιση PTO	σε v.δ.				
Στελεχοκόπτης	2,1	1,4	0,5	3,6	33,82	1,35	35,2 (16,7)
Ψεκαστικό	0,3	0,1	0,1	0,4	3,86	0,15	4,0 (2,8)
Λιπασματοδιανομέας	0,4	0,2	0,1	0,6	5,97	0,24	6,2 (2,9)

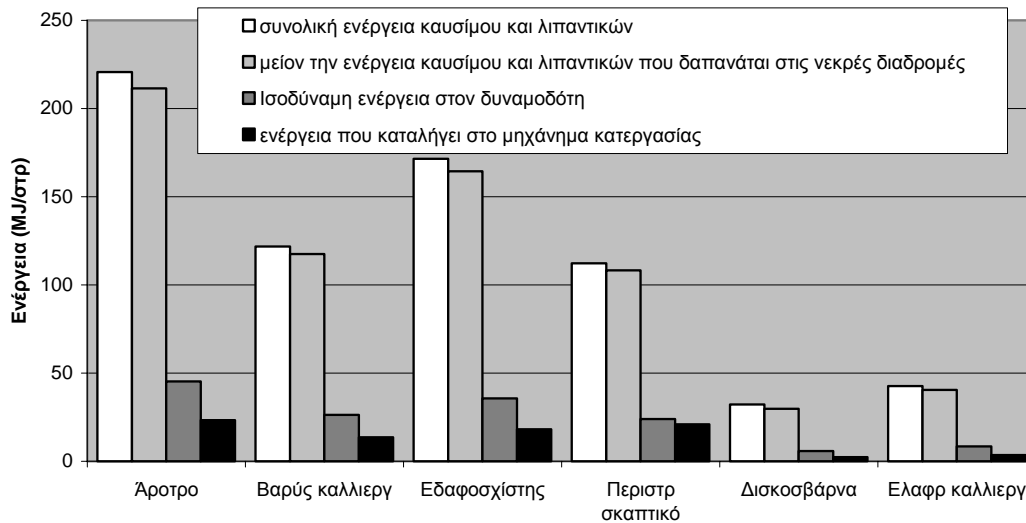
Οι αριθμοί στην παρένθεση υποδηλώνουν στην συνολική ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων εάν η ταχύτητα των εργασιών ήταν μεγαλύτερη ώστε να αξιοποιείται το 80% της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα και εάν για τις ελαφρύτερες εργασίες είχε χρησιμοποιηθεί ένας μικρότερος ελκυστήρας

Στο σχήμα 6.1.3 παρουσιάζεται η μέση ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων κατά την χρήση των μηχανημάτων καθώς και η ενέργεια που αντιστοιχεί στην απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, ο βαρύν και το περιστροφικό σκαπτικό παρουσιάζουν σχεδόν τις ίδιες απαιτήσεις σε ενέργεια. Στο σχήμα 6.1.2 όμως είχε διαπιστωθεί ότι το περιστροφικό σκαπτικό είχε υψηλότερη απορροφώμενη ενέργεια. Η μεταβολή αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι ο συντελεστής απόδοσης της ισχύος από τον δυναμοδότη είναι πολύ μεγαλύτερος (0,87 έναντι 0,61 στην έλξη για τον βαρύ καλλιεργητή). Τις υψηλότερες απαιτήσεις σε ενέργεια παρουσιάζουν και πάλι το άροτρο και στην συνέχεια ο εδαφοσχίστης.

Στο σχήμα 6.1.4 φαίνονται οι απώλειες ενέργειας στα διάφορα στάδια μετατροπής και μετάδοσής της για τα έξι μηχανήματα κατεργασίας του εδάφους. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, στο περιστροφικό σκαπτικό, υπήρχε πολύ αποτελεσματικότερη αξιοποίηση της ισοδύναμης ισχύος στον δυναμοδότη.



Σχήμα 6.1.3. Ενέργεια των σταθερών και των μεταβλητών στοιχείων που χρησιμοποιείται κατά τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις (Στις στενού πλάτους στήλες απεικονίζεται η ενέργεια που θα χρησιμοποιούταν εάν υπήρχε βέλτιστη αξιοποίηση της ισχύος του ελκυστήρα).



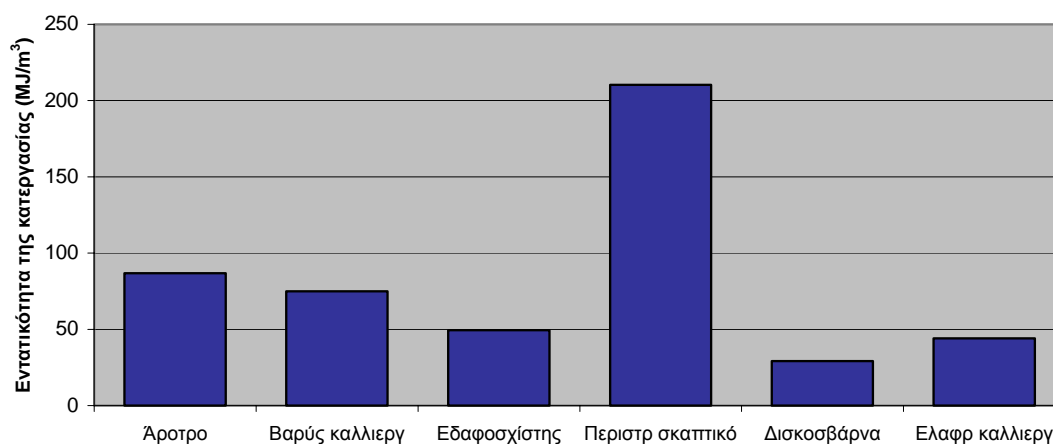
Σχήμα 6.1.4. Απώλειες της ενέργειας των αναλώσιμων στοιχείων κατά τα διάφορα στάδια μετατροπής και μετάδοσής της για τα πέντε μηχανήματα κατεργασίας του εδάφους.

Με βάση την ελκτική δύναμη που αναπτύσσει ο ελκυστήρας και το εμβαδόν του μετώπου κοπής των εργαλείων κατεργασίας (πλάτος × βάθος εργασίας) υπολογίζεται η ειδική αντίσταση κατά την κατεργασία του εδάφους (πίνακας 6.1.11). Η παράμετρος αυτή δεν εκτιμήθηκε για το περιστροφικό σκαπτικό διότι το έργο για την διάτμηση, τον θρυμματισμό και την αναμόχλευση του εδάφους αποδίδεται κυρίως μέσω του δυναμοδότη. Για το σκοπό αυτό, στον ίδιο πίνακα, με βάση την πραγματική απορροφώμενη ενέργεια από τα μηχανήματα κατεργασίας (στην έλξη και στον δυναμοδότη) και τον συνολικό όγκο του εδάφους ο οποίος υπόκειται σε κατεργασία, υπολογίζεται η εντατικότητα της χρήσης της ενέργειας στην κατεργασία του εδάφους.

Πίνακας 6.1.11. Ειδική αντίσταση και εντατικότητα της κατεργασίας του εδάφους

	Μέτωπο κοπής (m ²)	Ελκτική δύναμη (kN)	Πραγματική απορροφώμενη ενέργεια (MJ/στρ)	Ειδική αντίσταση του εδάφους (N/cm ²)	Εντατικότητα της χρήσης της ενέργειας στην κατεργασία (kJ/m ³)
Αροτρο	0,32	27,9	23,2	8,69	86,9
Βαρύς καλλιεργητής	0,36	27,0	13,5	7,51	75,1
Εδαφοσχίστης	0,66	32,8	18,2	4,95	49,5
περιστροφικό σκαπτικό	0,25	5,7	21,0	2,27	210,3
Δισκοσβάρνα (1ο πέρασμα)	0,24	7,5	2,5	3,14	31,4
Δισκοσβάρνα (2ο πέρασμα)	0,24	7,2	2,4	3,00	30,0
Δισκοσβάρνα μετά από όργωμα (1η)	0,24	7,1	2,4	2,97	29,7
Δισκοσβάρνα μετά από όργωμα (2η)	0,24	6,1	2,0	2,55	25,5
Δισκοσβάρνα μετά από βαρ καλ (1η)	0,24	6,1	2,0	2,53	25,3
Ελαφρ. καλ. μετά από όργωμα (1ος)	0,18	9,4	4,1	5,10	51,0
Ελαφρ. καλ. μετά από όργωμα (2ος)	0,18	7,5	3,3	4,10	41,0
Ελαφρ. καλ. μετά από βαρ καλ (1ος)	0,18	9,0	3,9	4,88	48,8
Ελαφρ. καλ. μετά από βαρ καλ (2ος)	0,18	7,7	3,3	4,18	41,8
Ελαφρ. καλ. μετά από περ καλ (1ος)	0,18	7,9	3,5	4,31	43,1
Ελαφρ. καλ. μετά από δισκοσβ (1ος)	0,18	7,2	3,1	3,90	39,0

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί και από το σχήμα 6.1.5, το περιστροφικό σκαπτικό ήταν το πιο εντατικό εργαλείο κατεργασίας του εδάφους καταναλώνοντας περίπου 210 MJ ανά κυβικό μέτρο εδάφους. Στην συνέχεια ήταν το άροτρο και ο βαρύς καλλιεργητής με 86 MJ και 75 MJ ανά κυβικό μέτρο εδάφους αντίστοιχα ενώ η δισκοσβάρνα ήταν το λιγότερο εντατικό εργαλείο κατεργασίας καταναλώνοντας περίπου 31 MJ/m³ κατά το πρώτο πέρασμα και περίπου 25-29 MJ/m³ κατά το δεύτερο.



Σχήμα 6.1.5. Εντατικότητα της χρήσης της ενέργειας κατά την κατεργασία του εδάφους

6.2. Ενεργειακές εισροές

6.2.1. Ενέργεια για την κατεργασία του εδάφους

Στον πίνακα 6.2.1 συνοψίζεται η πραγματική απορροφώμενη από τα γεωργικά μηχανήματα ενέργεια κατά την κατεργασία του εδάφους για κάθε μια από τις πέντε μεθόδους κατεργασίας. Όπως φαίνεται και από το σχήμα 6.2.1, η μέθοδος η οποία αποδίδει την υψηλότερη ποσότητα ενέργειας στον αγρό για την κατεργασία του εδάφους είναι η συμβατική κατεργασία. Η ενέργεια αυτή χρησιμεύει για την διάτμηση, το θρυμματισμό, την αναμόχλευση και την ανύψωση του εδάφους καθώς και για την υπερνίκηση των δυνάμεων τριβής του εργαλείου κατεργασίας με το έδαφος. Από αυτή την άποψη επομένως, η μέθοδος της συμβατικής κατεργασίας μπορεί να χαρακτηριστεί ως η πλέον εντατική. Σημαντικά ενεργοβόρος ήταν και η μέθοδος ΒΚ όταν κατά το τρίτο έτος για την κατεργασία του εδάφους χρησιμοποιήθηκε εδαφοσχίστης. Να σημειωθεί ωστόσο ότι το βάθος της κατεργασίας στην περίπτωση αυτή ήταν μεγαλύτερο από το βάθος άροσης. Στην συνέχεια είναι η μέθοδος του περιστροφικού σκαπτικού το οποίο αν και κατεργάζεται το έδαφος σε ένα σημαντικά μικρότερο βάθος, αποδίδει σε αυτό υψηλά ποσά ενέργειας. Ακόμη λιγότερο εντατική είναι η μέθοδος ΒΚ όταν για την κατεργασία χρησιμοποιείται βαρύς καλλιεργητής. Στην περίπτωση αυτή η εντατικότητα της κατεργασίας κυμαίνεται περίπου στα 2/3 της συμβατικής κατεργασίας. Τέλος, σημαντικά μειωμένη είναι η εντατικότητα στην μέθοδο της δισκοσβάρνας ενώ για την μέθοδο της ακαλλιέργειας δεν χρησιμοποιείται καθόλου ενέργεια για την κατεργασία του εδάφους.

Πίνακας 6.2.1. Πραγματική απορροφώμενη από τα εργαλεία κατεργασίας του εδάφους ενέργεια η οποία αποδίδεται στο έδαφος. Σύγκριση των πέντε συστημάτων κατεργασίας για τα τρία έτη.

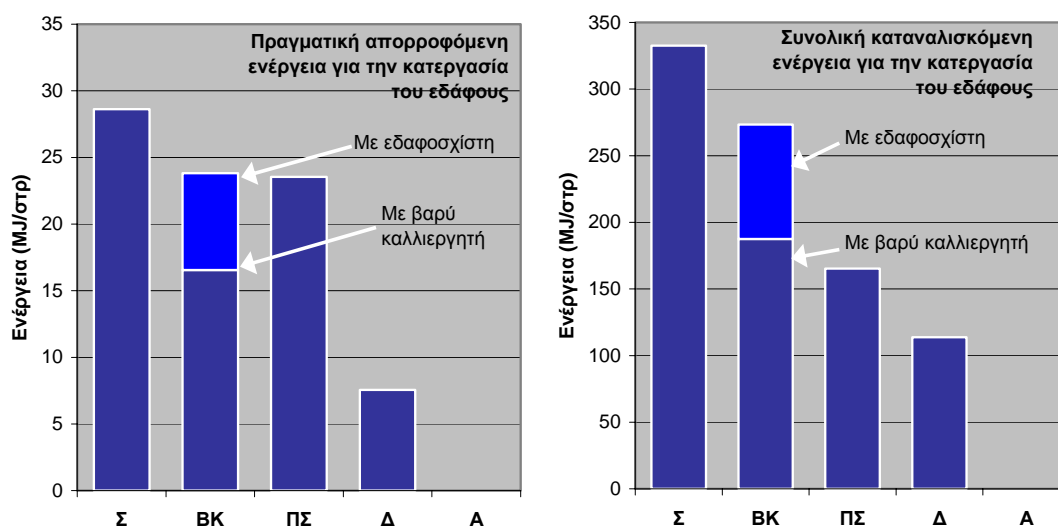
Συστήμ κατεργ:	1997					1998					1999				
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α
	(MJ/στρ)					(MJ/στρ)					(MJ/στρ)				
Αροτρο	23,2					23,2					23,2				
Βαρύς καλλιεργ		13,5					13,5								
Εδαφοσχίστης													18,2		
Περιστροφ σκαπτικό			21,0					21,0					21,0		
Δισκοσβάρνα (1η)	2,4	2,0	2,0	2,5		2,4	2,0		2,5						2,5
Δισκοσβάρνα (2η)	2,0	2,0	2,0	2,4		2,0			2,4						2,4
Δισκοσβάρνα (3η)				2,4											
Δισκοσβάρνα (4η)				2,4											
Ελαφρ καλ (1ος)											4,1	3,9	3,5	3,1	
Ελαφρ καλ (2ος)											3,3	3,3			
ΣΥΝΟΛΟ	27,6	17,6	25,1	9,7	0,0	27,6	15,5	21,0	4,9	0,0	30,6	25,5	24,5	8,0	0,0

Πίνακας 6.2.2 Συνολικές εισροές ενέργειας κατά την κατεργασία του εδάφους. Σύγκριση των πέντε συστημάτων κατεργασίας για τα τρία έτη.

Συστήμ κατεργ:	1997					1998					1999				
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α
	(MJ/στρ)					(MJ/στρ)					(MJ/στρ)				
Αρότρο	249					249					249				
Βαρύς καλλιεργ		132					132								
Εδαφοσχίστης													192		
Περιστροφ σκαπτικό			127					127					127		
Δισκοσβάρνα (1η)	41	37	37	36		41	37		36					36	
Δισκοσβάρνα (2η)	36	36	36	38		36			38					38	
Δισκοσβάρνα (3η)				38											
Δισκοσβάρνα (4η)				38											
Ελαφρ καλ (1ος)											54	49	43	41	
Ελαφρ καλ (2ος)											43	43			
ΣΥΝΟΛΟ	326 (279)	205 (176)	199 (170)	151 (102)	0 (0)	326 (279)	170 (154)	127 (127)	74 (50)	0 (0)	346 (303)	284 (253)	170 (160)	116 (80)	0 (0)

Οι αριθμοί στην παρένθεση υποδηλώνουν την συνολική κατανάλωση ενέργειας για κάθε μέθοδο εάν η ταχύτητα εργασίας ήταν τόση ώστε να αξιοποιείται το 80% της ισχύος του ελκυστήρα και εάν για τις ελαφρύτερες εργασίες χρησιμοποιούταν ένας μικρότερος ελκυστήρας

Στον πίνακα 6.2.2 παρουσιάζονται οι συνολικές εισροές ενέργειας (σταθερών και μεταβλητών στοιχείων) κατά την κατεργασία του εδάφους για κάθε μέθοδο κατεργασίας. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί και από το σχήμα 6.2.1, η συμβατική μέθοδος, εξαιτίας της χρήσης του αρότρου, είναι η πιο ενεργοβόρος μέθοδος. Ακολουθεί η μέθοδος ΒΚ με εδαφοσχίστη ενώ σημαντικά μικρότερη κατανάλωση ενέργειας υπάρχει όταν η μέθοδος ΒΚ εφαρμόζεται με βαρύ καλλιεργητή. Η μέθοδος του περιστροφικού σκαπτικού παρουσιάζει σχεδόν την μισή κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με την συμβατική κατεργασία και έπεται η μέθοδος της δισκοσβάρνας. Για την μέθοδο της ακαλλιέργειας ασφαλώς δεν υπάρχουν εισροές ενέργειας για την κατεργασία του εδάφους.



Σχήμα 6.2.1. Σύγκριση της πραγματικής απορροφώμενης (από τα μηχανήματα) και της συνολικής καταναλισκώμενης (σταθερών και μεταβλητών στοιχείων) ενέργειας κατά την κατεργασία του εδάφους για τα πέντε συστήματα κατεργασίας Σ = συμβατική κατεργασία, ΒΚ = βαρύς καλλιεργητής, ΠΣ = περιστροφικό σκαπτικό, Δ = δισκοσβάρνα και Α = ακαλλιέργεια.

6.2.2. Ενέργεια για την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων - παρασιτοκτόνων

Στον πίνακα 6.2.3, με βάση την χημική σύσταση των ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε καλλιέργεια, εκτιμάται η ενεργειακή περιεκτικότητα της δραστικής ουσίας των σκευασμάτων (ενέργεια για την παραγωγή, την μορφοποίηση, την συσκευασία, την μεταφορά και την διατήρηση του δικτύου διανομής).

Στην συνέχεια, στον πίνακα 6.2.4 με βάση την ποσότητα της δραστικής ουσίας από κάθε σκεύασμα που χρησιμοποιήθηκε στο σύνολο των επεμβάσεων και την αντίστοιχη ενεργειακή περιεκτικότητα της δραστικής ουσίας, υπολογίζεται η εισροή της ενέργειας μέσω των χημικών συστατικών των ζιζανιοκτόνων. Επίσης, με βάση το πλήθος των ψεκασμών, υπολογίζεται η ενέργεια που απαιτείται από το ψεκαστικό για την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων.

Για κάθε καλλιέργεια υπολογίζονται οι συνολικές εισροές ενέργειας μέσω των ζιζανιοκτόνων. Επιπλέον, για την περίπτωση της ακαλλιέργειας, υπολογίζεται η εισροή της ενέργειας που αντιστοιχεί στην εφαρμογή του *glyphosate*.

Πίνακας 6.2.3. Υπολογισμός της ενεργειακής περιεκτικότητας των χρησιμοποιούμενων σε κάθε καλλιέργεια ζιζανιοκτόνων.

Εμπορική ονομασία	Τύπος*	Δραστική ουσία	Ενέργεια				Σύνολο
			παρα- γωγής*	μορφο- ποίηση*	συσκευασίας & μεταφοράς*	διατήρησης δικτύου πώλησης*	
Ζαχαρότευτλα							
BETANAL	MO	Desmedipham	238,6	20	4	17,9	280,5
		Phenmedipham	238,6	20	4	17,9	280,5
NORTRON	MO	Ethofusate	238,6	20	4	17,9	280,5
GOLTIX	WP	Metamitron	238,6	30	4	17,9	290,5
SUNOIL	O	Parafinic Oil		20	4	1,5	25,5
GALLAND'S S	MO	Haloxytop	238,6	20	4	17,9	280,5
Καλαμπόκι							
LASSO AT	MO	Alachlor	278	20	4	20,9	322,9
		Atrazine	190	20	4	14,3	228,3
Βαμβάκι							
PROMETPINH	MO	Prometryne	264	20	4	19,8	307,8
LASSO	MO	Alachlor	278	20	4	20,9	322,9
KONTAL	MO	Prometryne	264	20	4	19,8	307,8
		Metolachlor	276	20	4	20,7	320,7
KOTOPAN	MO	Fluometuron	355	20	4	26,6	405,6
ROUNDAP	WP	Glyphosate	454	30	4	34,1	522

MO = υδατοδιαλυτό έλαιο, WP = βρέξιμη σκόνη, O = προσκολλητικό έλαιο

* στοιχεία από [Helsel. \(1992\)](#)

Πίνακας 6.2.4. Ενέργεια των χρησιμοποιούμενων για κάθε έτος και καλλιέργεια ζιζανιοκτόνων.

		Επεμ- βάσεις	Συνολική ποσότητα δ.ο. (kg/στρ)	Ενεργειακή περιεκτικό- τητα δ.ο. (MJ/kg)	Ενέργεια που χρησιμο- ποιήθηκε (MJ/στρ)	Ενέργεια ψεκαστικού (MJ/στρ)	Συνολική ενέργεια ψεκασμών (MJ/στρ)			
Ζαχαρότευτλα	1997 - 98	Μικροδόσεις	Desmedipham	0,01	307,8	1,85	8,97			
			Phenmedipham	0,01	307,8	1,85				
			Ethofusate	2	0,01	307,8			1,85	
			Metamitron	0,11	317,8	22,25				
			Parafinic Oil	0,15	25,5	2,55				
	Haloxyphop	1	0,01	307,8	2,66	4,48	46,4 (42,9)			
	ΣΥΝΟΛΟ				33,00	13,45 (9,9)				
	1999	Μικροδόσεις	Desmedipham	0,01	307,8	2,77	13,45			
			Phenmedipham	0,01	307,8	2,77				
			Ethofusate	3	0,01	307,8			2,77	
Metamitron			0,11	317,8	33,37					
Parafinic Oil			0,15	25,5	3,83					
Haloxyphop	2	0,01	307,8	5,32	8,97	73,2 (67,3)				
ΣΥΝΟΛΟ				50,82	22,42 (16,4)					
Καλαμπόκι	1997 - 98 - 99	Alachlor	1	0,15	322,9	48,81	4,48 (3,3)	68,1 (66,9)		
		Atrazine	1	0,06	228,3	14,79				
		ΣΥΝΟΛΟ				63,61				
Βαμβάκι	1997 - 98	Prometryne	1	0,10	307,8	30,78	4,48 (3,3)	97,3 (96,1)		
		Alachlor	1	0,19	322,9	61,99				
	ΣΥΝΟΛΟ				92,77					
	1999	Prometryne	1	0,12	307,8	36,94			4,48	
		Metolachlor	1	0,12	320,7	38,48				
		Fluometuron	1	0,20	405,6	81,13				
ΣΥΝΟΛΟ				156,55	8,97 (6,6)					
Glyphosate	1	0,34	522,1	175,41	4,48 (3,3)	179,9 (178,7)				

Οι αριθμοί στην παρένθεση υποδηλώνουν την ενέργεια που θα είχε χρησιμοποιηθεί εάν για τον ψεκασμό είχε χρησιμοποιηθεί ένας μικρότερος γεωργικός ελκυστήρας ισχύος 51 kW

Από τις τρεις καλλιέργειες του πειράματος, η μόνη που δέχτηκε εφαρμογή παρασιτοκτόνων ήταν τα ζαχαρότευτλα όπου ακολουθήθηκε το πρόγραμμα προληπτικών ψεκασμών για την κερκόσπορα από την EBZ. Επίσης, στην ίδια καλλιέργεια, τις δύο από τις τρεις χρονιές πραγματοποιήθηκε ψεκασμός με *ULTRACID* για την καταπολέμηση επιβλαβών εντόμων. Στον πίνακα 6.2.5 εκτιμάται η ενεργειακή περιεκτικότητα της δραστικής ουσίας των σκευασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Στην συνέχεια, στον πίνακα 6.2.6 με βάση την συνολική χρησιμοποιούμενη ποσότητα της δραστικής ουσίας για κάθε σκεύασμα και κάθε χρονιά, υπολογίζεται η εισροή της ενέργειας στο σύστημα της παραγωγής. Επίσης, με βάση το πλήθος των ψεκασμών που πραγματοποιήθηκαν, υπολογίζεται η ενέργεια που απαιτείται από το ψεκαστικό για την εφαρμογή των παρασιτοκτόνων.

Πίνακας 6.2.5. Υπολογισμός της ενεργειακής περιεκτικότητας παρασιτοκτόνων.

Εμπορική ονομασία	Τύπος	Δραστική ουσία	Ενέργεια				Σύνολο
			παρα- γωγής*	μορφο- ποίηση*	συσκευασίας & μεταφοράς*	διατ δικτύου πώλησης*	
			(MJ/kg δ.ο.)				
TRIMASTAN	WP	Maneb	168,0	30	4	12,60	204,3
ULTRACID	MO	Methidathion	214,0	20	4	16,05	254,1

MO = υδατοδιαλυτό έλαιο, WP = βρέξιμη σκόνη, O = προσκολλητικό έλαιο

* στοιχεία από *Helsel. (1992)*

Πίνακας 6.2.6 Εισροές ενέργειας από την εφαρμογή παρασιτοκτόνων στα ζαχαρότευτλα.

	Επεμ- βάσεις	Συνολική ποσότητα δ.ο. (kg/στρ)	Ενεργειακή περιεκτικό- τητα δ.ο. (MJ/kg)	Ενέργεια που χρησιμο- ποιήθηκε		Ενέργεια ψεκαστικού (MJ/στρ)	Συνολική ενέργεια ψεκασμών (MJ/στρ)
				(MJ/στρ)	(MJ/στρ)		
1997	Maneb	6	1,20	254,1	245,5	26,9	272,4
	Methidathion	1	0,20	204,3	50,8	4,5	55,3
	ΣΥΝΟΛΟ				296,3	31,4 (23,0)	327,7 (319,3)
1998	Maneb	4	0,80	254,1	172,0	17,9	189,9
	ΣΥΝΟΛΟ				172,0	17,9 (13,2)	189,9 (185,1)
1999	Maneb	5	1,00	254,1	204,6	22,4	227,0
	Methidathion	1	0,20	204,3	50,8	4,5	55,3
	ΣΥΝΟΛΟ				255,4	26,9 (19,7)	282,3 (275,1)

Οι αριθμοί στην παρένθεση υποδηλώνουν την ενέργεια που θα είχε χρησιμοποιηθεί εάν για τον ψεκασμό είχε χρησιμοποιηθεί ένας μικρότερος γεωργικός ελκυστήρας ισχύος 51 kW

6.2.3. Ενέργεια για την λίπανση

Στον πίνακα 6.2.7 με βάση τις λιπαντικές μονάδες που εφαρμόστηκαν σε κάθε καλλιέργεια και για κάθε χρονιά και την ενεργειακή περιεκτικότητα των τριών βασικών θρεπτικών στοιχείων (ενέργεια για την παραγωγή, συσκευασία και διανομή των λιπασμάτων) υπολογίζονται οι εισροές ενέργειας μέσω των λιπασμάτων. Στον ίδιο πίνακα παρουσιάζεται η ενέργεια που απαιτείται από τον λιπασματοδιανομέα για την εφαρμογή των λιπασμάτων και υπολογίζεται η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται για την λίπανση (ενέργεια λιπασμάτων + ενέργεια για την εφαρμογή αυτών).

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, από τις τρεις καλλιέργειες, η πιο ενεργειακά δαπανηρή, λόγω των αυξημένων απαιτήσεων σε αζωτούχο λίπανση, είναι η καλλιέργεια του καλαμποκιού. Συγκρινόμενη με τις καλλιέργειες του βαμβακιού και των τεύτλων, απαιτεί σχεδόν διπλάσιες εισροές ενέργειας μέσω των λιπασμάτων.

Η ενέργεια για την εφαρμογή των λιπασμάτων με τον λιπασματοδιανομέα αποτελεί ένα πολύ μικρό ποσοστό επί της συνολικής ενέργειας για την λίπανση.

Πίνακας 6.2.7. Ενέργεια των χρησιμοποιούμενων σε κάθε καλλιέργεια λιπασμάτων.

		Ποσότητα λιπάσματος (kg/στρ)			Ενεργειακή περιεκτικότητα λιπάσματος* (MJ/kg)	Ενέργεια στο λίπασμα (MJ/στρ)			Ενέργεια για την εφαρμογή (MJ/στρ)	Συνολική ενέργεια κατά την λίπανση (MJ/στρ)		
		97	98	99		97	98	99		97	98	99
Τεύτλα	Αζωτο	8,5	14	14	76,6	651	1072	1072				
	Φώσφορος	14	7	7	16	224	112	112				
	Κάλιο	30	2	7	12,8	384	26	90				
	ΣΥΝΟΛΟ					1259	1210	1274	6,95 (3,35)	1266 (1262)	1217 (1213)	1281 (1277)
Καλαμπόκι	Αζωτο	22,5	26	26	76,6	1724	1992	1992				
	Φώσφορος	12	7	10	16	192	112	160				
	Κάλιο	35	2	10	12,8	448	26	128				
	ΣΥΝΟΛΟ					2364	2129	2280	6,95 (3,35)	2370 (2367)	2136 (2133)	2287 (2283)
Βαμβάκι	Αζωτο	12	14	16	76,6	919	1072	1226				
	Φώσφορος	10	7	8	16	160	112	128				
	Κάλιο	32,5	2	8	12,8	416	26	102				
	ΣΥΝΟΛΟ					1495	1210	1456	6,95 (3,35)	1502 (1499)	1217 (1213)	1463 (1459)

Οι αριθμοί στην παρένθεση υποδηλώνουν την ενέργεια που θα είχε χρησιμοποιηθεί εάν για την εφαρμογή του λιπάσματος είχε χρησιμοποιηθεί ένας μικρότερος γεωργικός ελκυστήρας ισχύος 51 kW

* στοιχεία από [Helsel. \(1992\)](#)

6.2.4 Ενέργεια για την σπορά

Στον πίνακα 6.2.8 με βάση την χρησιμοποιούμενη ποσότητα σπόρου σε κάθε καλλιέργεια και την αντίστοιχη ενεργειακή περιεκτικότητα, υπολογίζεται η εισροή ενέργειας μέσω των σπόρων που χρησιμοποιούνται. Στην ποσότητα αυτή προστίθεται το ποσό της ενέργειας που αναλογεί για την λειτουργία της σπαστικής και εκτιμάται η συνολική ενέργεια για την σπορά κάθε καλλιέργειας.

Πίνακας 6.2.6. Εισροές ενέργειας κατά την σπορά των καλλιέργειών

	Ποσότητα σπόρου (kg/στρ)	Ενεργειακή περιεκτικότητα του σπόρου* (MJ/kg)	Ενέργεια σπόρου (MJ/στρ)	Ενέργεια σπαστικής (MJ/στρ)	Συνολική ενέργεια για τη σπορά (MJ/στρ)
Τεύτλα	0,6	54,2	32,5	33,3 (16,7)	65,9 (49,3)
Καλαμπόκι	2,8	103,9	290,8	28,3 (14,4)	319,1 (305,2)
Βαμβάκι	4	44,3	177,3	22,2 (11,5)	199,5 (188,8)

Οι αριθμοί στην παρένθεση υποδηλώνουν την ενέργεια που θα είχε χρησιμοποιηθεί εάν για την σπορά είχε χρησιμοποιηθεί ένας μικρότερος γεωργικός ελκυστήρας ισχύος 51 kW

* στοιχεία από [Heichel \(1980\)](#) και [Chancellor et al. \(1980\)](#)

6.2.5 Ενέργεια για την άρδευση

Στον πίνακα 6.2.9, για κάθε έτος, με βάση τη συνολική ποσότητα του νερού που εφαρμόστηκε για την άρδευση της κάθε καλλιέργειας και το ολικό μανομετρικό ύψος, υπολογίζεται η καθαρή ενέργεια που απαιτείται για την άρδευση ενός στρέμματος. Στην συνέχεια με βάση τον ολικό συντελεστή απόδοσης της ενέργειας υπολογίζονται οι πραγματικές εισροές ενέργειας για την άρδευση.

Πίνακας 6.2.9. Υπολογισμός των εισροών ενέργειας για την άρδευση των καλλιεργειών.

		Συνολική ποσότητα νερού για την άρδευση mm	Ολικό Μανομετρικό ύψος m	Πραγματική ενέργεια για την άντληση του νερού MJ/στρ	Συντελεστής απόδοσης της ενέργειας ⁽¹⁾	Συνολικές εισροές ενέργειας MJ/στρ
Ζαχαρότευτλα	1997	560	105,8	581	0,12	4.670
	1998	520	105,8	540	0,12	4.337
	1999	520	105,8	540	0,12	4.337
Καλαμπόκι	1997	560	105,8	581	0,12	4.670
	1998	540*	105,8	561	0,12	4.503
	1999	540	105,8	561	0,12	4.503
Βαμβάκι	1997	420	105,8	436	0,12	3.503
	1998	370	105,8	384	0,12	3.086
	1999	440	105,8	457	0,12	3.669

⁽¹⁾ = συντελεστής απόδοσης του ηλεκτροκινητήρα x συντελεστή απόδοσης της αντλίας x συντελεστή απόδοσης του δικτύου διανομής και μεταφοράς του νερού

* η ποσότητα του νερού για την άρδευση του καλαμποκιού το 1998 αφορά μόνο τον πειραματικό αγρό 2 καθότι στον αγρό 1 σημειώθηκε πρόβλημα με την αντλία

6.2.6 Ενέργεια για την συγκομιδή

Για τα μηχανήματα συγκομιδής, καθότι δεν μετρήθηκε η κατανάλωση ενέργειας στον αγρό, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου (σε l/στρ). Στον πίνακα 6.2.10, πολλαπλασιάζοντας την ειδική κατανάλωση καυσίμου με το ενεργειακό ισοδύναμο του πετρελαίου (47,66 MJ/l) υπολογίζεται η ενέργεια του καταναλισκόμενου καυσίμου και στην συνέχεια, η ενέργεια των χρησιμοποιούμενων λιπαντικών. Αθροίζοντας και την απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων, όπως αυτή υπολογίστηκε στον πίνακα 6.1.5, υπολογίζεται η συνολική ενέργεια που χρησιμοποιείται για την συγκομιδή των καλλιεργειών.

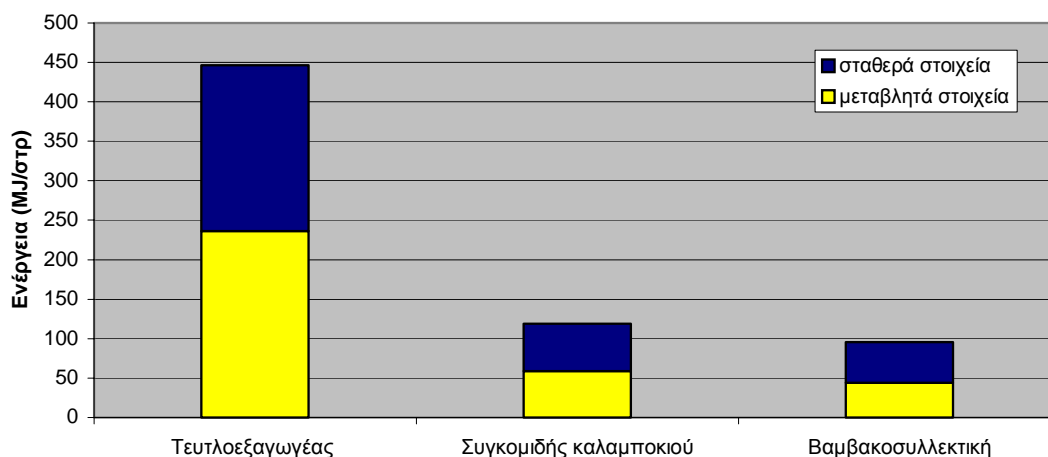
Στο σχήμα 6.2.2 φαίνεται η ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων και η απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων των μηχανών συγκομιδής. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, η κατανάλωση ενέργειας με τον τευτλοεξαγωγέα είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των υπολοίπων μηχανών συγκομιδής. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην μικρή στρεμματική απόδοση του τευτλοεξαγωγέα.

Πίνακας 6.2.10. Υπολογισμός της ενέργειας των μεταβλητών στοιχείων των μηχανών συγκομιδής.

	Ειδική κατανάλωση καυσίμου ⁽¹⁾ (L/στρ)	Ενέργεια μεταβλητών στοιχείων		Απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων (MJ/στρ)	Συνολική ενέργεια (MJ/στρ)
		καυσίμου (MJ/στρ)	λιπαντικών (MJ/στρ)		
Μηχανές συγκομιδής					
1 Τευτλοεξαγωγέας	5,87	227,03	9,08	210,16	446,27
2 Συγκ. καλαμποκιού	1,46	56,47	2,26	60,26	118,99
3 Βαμβακοσυλλεκτική	1,10	42,54	1,70	50,93	95,18

⁽¹⁾ Στοιχεία από Leach (1976)

Αντίθετα με ότι συνέβαινε με τα υπόλοιπα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στον αγρό (σχήμα 6.1.3), στις μηχανές συγκομιδής, η απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα (περίπου 50%) της συνολικής δαπανόμενης ενέργειας. Αυτό οφείλεται στην περιορισμένη διάρκεια οικονομικής ζωής των μηχανών αυτών σε συνδυασμό με την υψηλή αξία των σταθερών στοιχείων λόγω μεγάλης μάζας.



Σχήμα 6.2.2. Ενέργεια των σταθερών και των μεταβλητών στοιχείων που δαπανάται κατά την λειτουργία των μηχανών συγκομιδής.

6.3 Ενεργειακές εκροές

6.3.1. Ζαχαρότευτλα

Στον πίνακα 6.3.1, για τις τέσσερις από τις πέντε μεθόδους κατεργασίας και για κάθε έτος, με βάση την απόδοση της καλλιέργειας σε νωπό βάρος ριζών και τον αντίστοιχο σακχαρικό τίτλο, υπολογίστηκε η απόδοση σε ακατέργαστη ζάχαρη και στην συνέχεια το ποσοστό της κρυσταλλικής ζάχαρης που εξάγεται. Επιπλέον, εκτιμήθηκαν το ποσοστό του αποξηραμένου πολτού και της μελάσας. Με βάση τις ενεργειακές περιεκτικότητες των τριών προϊόντων, υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες εκροές ενέργειας και ακολούθως οι συνολικές εκροές. Η μέθοδος της ακαλλιέργειας αποκλείστηκε από τον υπολογισμό των εκροών ενέργειας καθώς δεν έδωσε αντιπροσωπευτικές αποδόσεις.

Οι συνολικές εκροές της ενέργειας στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή ήταν από 17% μικρότερες σε σχέση με την συμβατική κατεργασία μέχρι και 1% υψηλότερες. Στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας όμως οι εκροές ενέργειας ήταν κατά 19-41% μικρότερες σε σχέση με την συμβατική κατεργασία.

Πίνακας 6.3.1. Ενεργειακές εκροές στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων για τα τέσσερα από τα πέντε συστήματα κατεργασίας του εδάφους.

ΤΕΥΤΛΑ	σακ- χαρικός τίτλος	Απόδοση				Εκροές ενέργειας			
		νωπές ρίζες	κρυστ. ζάχαρη (kg/στρ)	ξηρός πολτός	μελάσα	κρυστ. ζάχαρη	ξηρός πολτός	μελάσα	συν- ολική
1997									
Σ	14,68	6.557	818	361	245	13.503	4.362	3.104	20.970
ΒΚ	14,79	6.078	764	334	229	12.618	4.044	2.900	19.562
ΠΣ	14,90	5.264	667	290	200	11.007	3.502	2.530	17.040
Δ	14,82	5.218	657	287	197	10.851	3.471	2.494	16.816
A									
1998									
Σ	13,45	6.619	757	364	227	12.491	4.403	2.871	19.765
ΒΚ	13,74	6.542	764	360	229	12.616	4.352	2.900	19.868
ΠΣ	13,69	5.225	608	287	182	10.035	3.476	2.307	15.817
Δ	13,76	5.158	603	284	181	9.958	3.431	2.289	15.678
A									
1999									
Σ	12,42	6.378	673	351	202	11.116	4.243	2.555	17.914
ΒΚ	12,58	5.809	621	319	186	10.258	3.865	2.358	16.481
ΠΣ	12,17	4.193	434	231	130	7.159	2.790	1.645	11.594
Δ	12,37	4.380	461	241	138	7.604	2.914	1.748	12.265
A									

6.3.2 Καλαμπόκι

Στον πίνακα 6.3.2, με βάση την απόδοση της καλλιέργειας (σε ξηρό βάρος σπόρου) για τις τέσσερις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους και για κάθε έτος υπολογίζονται οι αντίστοιχες εκροές ενέργειας. Όπως και για τα ζαχαρότευτλα, η μέθοδος της ακαλλιέργειας αποκλείστηκε από τον υπολογισμό των εκροών ενέργειας καθώς δεν έδωσε αντιπροσωπευτικές αποδόσεις εξαιτίας του κακού φυτρώματος.

Πίνακας 6.3.2. Ενεργειακές εκροές στην καλλιέργεια του καλαμποκιού για τα τέσσερα από τα πέντε συστήματα κατεργασίας του εδάφους.

ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	Απόδοση (ξηρό βάρος) (kg/στρ)	Ενεργειακή περιεκτικότητα του σπόρου (MJ/kg)	Εκροές ενέργειας (MJ/στρ)
1997			
Σ	813,0	20,83	16.935
ΒΚ	757,6	20,83	15.780
ΠΣ	651,2	20,83	13.564
Δ	626,5	20,83	13.050
Α			
1998*			
Σ	773,8	20,83	17.123
ΒΚ	623,1	20,83	16.018
ΠΣ	419,8	20,83	11.184
Δ	462,5	20,83	11.146
Α			
1999			
Σ	796,2	20,83	16.585
ΒΚ	776,8	20,83	16.182
ΠΣ	435,2	20,83	9.066
Δ	437,4	20,83	9.112
Α			

(* Για το 1998 χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα αποτελέσματα από τον πειραματικό αγρό 2)

Ακολουθώντας την απόδοση, οι ενεργειακές εκροές, για την μέθοδο του βαρύ καλλιιεργητή ήταν μειωμένες κατά 4-7% σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού κατά 20-46% μικρότερες και στην μέθοδο της δισκοσβάρνας κατά 23-46% μικρότερες. Οι μεγαλύτερες απώλειες σημειώθηκαν κατά το τρίτο έτος όπου και οι διαφορές στην απόδοση μεταξύ των καλλιιεργειών ήταν μεγαλύτερες.

6.3.3 Βαμβάκι

Στον πίνακα 6.3.3, με βάση την απόδοση της καλλιέργειας σε σπόρο και σε ίνα και τις αντίστοιχες ενεργειακές περιεκτικότητες, υπολογίζονται οι εκροές ενέργειας στον σπόρο και στην ίνα και ακολούθως οι συνολικές εκροές ενέργειας για τις τέσσερις από τις πέντε μεθόδους κατεργασίας (εξαιρείται και πάλι η ακαλλιέργεια).

Οι ενεργειακές εκροές στην μέθοδο του βαρύ καλλιιεργητή ήταν από 6% μικρότερες, σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, για τα δύο πρώτα έτη μέχρι και 5% υψηλότερες για το τρίτο έτος. Στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας οι εκροές ήταν κατά 19-23% μικρότερες σε σχέση με την συμβατική κατεργασία.

Πίνακας 6.3.3. Ενεργειακές εκροές στην καλλιέργεια του βαμβακιού για τα τέσσερα από τα πέντε συστήματα κατεργασίας του εδάφους.

ΒΑΜΒΑΚΙ	Απόδοση		Ενεργειακή περιεκτικότητα		Εκροές ενέργειας		
	σπόρο	ίνα	σπόρου	ίνας	σπόρου	ίνας	συνολική
	(kg/στρ)		(MJ/kg)		(MJ/στρ)		
1997							
Σ	226,3	129,5	18,00	15,50	4.074	2.008	6.082
ΒΚ	204,0	133,6	18,00	15,50	3.673	2.071	5.744
ΠΣ	178,1	109,2	18,00	15,50	3.206	1.693	4.899
Δ	179,4	110,5	18,00	15,50	3.230	1.713	4.943
Α							
1998							
Σ	180,2	122,0	18,00	15,50	3.244	1.890	5.134
ΒΚ	167,7	115,5	18,00	15,50	3.018	1.791	4.809
ΠΣ	139,2	92,4	18,00	15,50	2.506	1.432	3.938
Δ	145,4	92,1	18,00	15,50	2.618	1.427	4.045
Α							
1999							
Σ	194,4	133,1	18,00	15,50	3.499	2.063	5.563
ΒΚ	188,4	129,9	18,00	15,50	3.392	2.014	5.406
ΠΣ	144,0	90,1	18,00	15,50	2.593	1.397	3.990
Δ	145,8	88,7	18,00	15,50	2.624	1.375	3.999
Α							

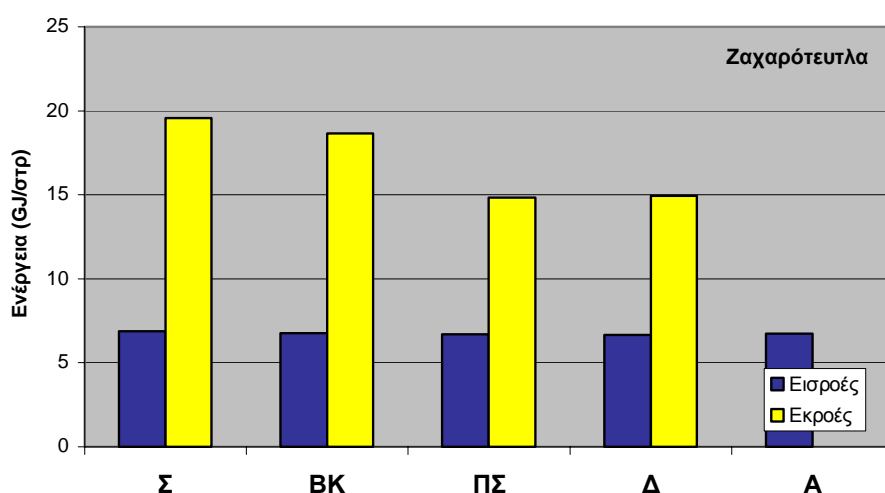
6.4 Ενεργειακά ισοζύγια

6.4.3 Ζαχαρότευτλα

Στον πίνακα 6.4.1, για κάθε μέθοδο κατεργασίας του εδάφους και για κάθε έτος, συνοψίζονται όλες οι εισροές της ενέργειας κατά τις διάφορες επεμβάσεις της παραγωγικής διαδικασίας. Στον ίδιο πίνακα περιλαμβάνονται οι ενεργειακές εκροές της καλλιέργειας και υπολογίζεται ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας. Επίσης, με βάση την απόδοση της καλλιέργειας (σε νωπό βάρος ριζών) υπολογίζεται η ενεργειακή παραγωγικότητα για κάθε μέθοδο κατεργασίας. Από τους τελευταίους υπολογισμούς εξαιρείται η μέθοδος της ακαλλιέργειας

Εξετάζοντας το σύνολο των εισροών, διαπιστώνεται ότι η εξοικονόμηση της ενέργειας που προκύπτει από την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους, είναι μικρές. Κατά μέσο όρο για τα τρία έτη, σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή υπάρχει εξοικονόμηση των εισροών ενέργειας κατά 1,6%, στην μέθοδο της ακαλλιέργειας κατά 2,2%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού εξοικονόμηση κατά 2,4% και στην μέθοδο της δισκοσβάρνας κατά 3,2%.

Στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων, από την συνολικό νωπό βάρος του φυτού είναι εμπορικά εκμεταλλεύσιμο πάνω από το 20% αυτού. Λόγω της μεγάλης μάζας των ριζών, οι εκροές της ενέργειας είναι πολύ μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες εισροές (σχήμα 6.4.1). Κατά συνέπεια, ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας είναι μεγαλύτερος από την μονάδα για όλες τις μεθόδους κατεργασίας (πίνακας 6.4.1). Ο υψηλότερος συντελεστής αποδοτικότητας παρατηρείται στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και στην συνέχεια στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή ενώ ο μικρότερος παρατηρείται στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού. Ομοίως, συγκρίνοντας την ενεργειακή παραγωγικότητα, διαπιστώνεται ότι είναι υψηλότερη στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή και μικρότερη στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας (πίνακας 6.4.1).



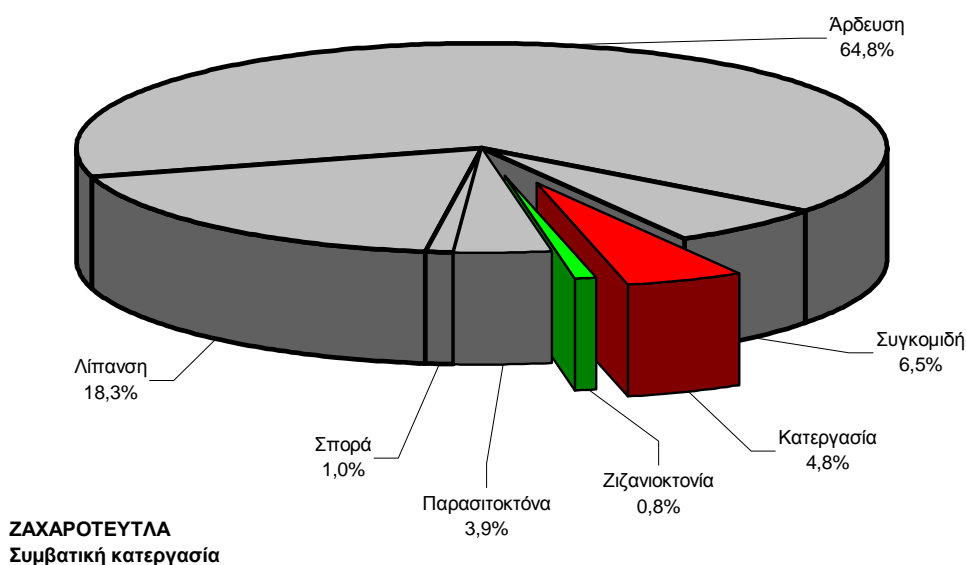
Σχήμα 6.4.1. Σύγκριση των εισροών και εκροών ενέργειας για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων.

Πίνακας 6.4.1. Ενεργειακά ισοζύγια για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στην καλλιέργεια των ζαχαρωτευτών

ΤΕΥΤΛΑ	1997							1998							1999							ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ						
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α			
Εισροές ενέργειας (MJ/στρ)	326	205	199	151	0	326	170	127	74	0	346	284	170	116	0	333	220	165	114	0								
1 κατεργασία	46	46	46	46	226	46	46	46	46	226	73	73	73	73	253	55	55	55	55	235								
2 ζιζανιοκτονία	328	328	328	328	328	190	190	190	190	190	282	282	282	282	282	267	267	267	267	267								
3 παρασιτοκτονία	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66								
4 σπορά	1.266	1.266	1.266	1.266	1.266	1.217	1.217	1.217	1.217	1.217	1.281	1.281	1.281	1.281	1.281	1.255	1.255	1.255	1.255	1.255								
5 λίπανση	4.670	4.670	4.670	4.670	4.670	4.337	4.337	4.337	4.337	4.337	4.337	4.337	4.337	4.337	4.337	4.448	4.448	4.448	4.448	4.448								
6 άρδευση	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446								
7 συγκομιδή	7.149	7.028	7.022	6.974	7.002	6.628	6.472	6.429	6.376	6.482	6.831	6.769	6.655	6.601	6.665	6.869	6.756	6.702	6.650	6.717								
σύνολο	(7.070)	(6.967)	(6.961)	(6.892)	(6.969)	(6.553)	(6.428)	(6.400)	(6.323)	(6.452)	(6.755)	(6.705)	(6.612)	(6.532)	(6.631)	(6.792)	(6.700)	(6.658)	(6.583)	(6.684)								
Απόδοση (νωπές ρίζες) (kg/στρ)	6.557	6.078	5.264	5.218		6.619	6.542	5.225	5.158		6.378	5.809	4.193	4.380		6.518	6.143	4.894	4.918									
Εκροές ενέργειας (MJ/στρ)	20.970	19.562	17.040	16.816		19.765	19.868	15.817	15.678		17.914	16.481	11.594	12.265		19.550	18.637	14.817	14.920									
Συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας	2.93	2.78	2.43	2.41		2.98	3.07	2.46	2.46		2.62	2.43	1.74	1.86		2.85	2.76	2.21	2.24									
	(2.97)	(2.81)	(2.45)	(2.44)		(3.02)	(3.09)	(2.47)	(2.48)		(2.65)	(2.46)	(1.75)	(1.88)		(2.88)	(2.79)	(2.22)	(2.27)									
Ενεργειακή παραγωγικότητα (kg/MJ)	0.92	0.86	0.75	0.75		1.00	1.01	0.81	0.81		0.93	0.86	0.63	0.66		0.95	0.91	0.73	0.74									
	(0.93)	(0.87)	(0.76)	(0.76)		(1.01)	(1.02)	(0.82)	(0.82)		(0.94)	(0.87)	(0.63)	(0.67)		(0.96)	(0.92)	(0.74)	(0.75)									

Οι τιμές στην παρένθεση υποδηλώνουν τις συνολικές εισροές ενέργειας και ακολούθως τους συντελεστές ενεργειακής αποδοτικότητας και ενεργειακής παραγωγικότητας εάν για τις καλλιέργειες εργασίες είχαν χρησιμοποιηθεί δύο γεωργικοί ελκυστήρες (ένας 82 kW και ένας 51 kW) οι οποίοι θα εργάζονταν με ταχύτητα που να υπάρχει μέχρι και 80% αξιοποίηση της ισχύος.

Η μέθοδος της ακαλιέργειας εξιφρέθηκε από τον υπολογισμό των εκροών ενέργειας και κατ' επέκταση από τον υπολογισμό των ενεργειακών συντελεστών διότι οι αποδόσεις ήταν περιορισμένες εξαιτίας του μη αποτελεσματικού φυτώματος



Σχήμα 6.4.2. Ποσοστιαία αναλογία των εισροών ενέργειας κατά τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις στην συμβατική μέθοδο της κατεργασίας για την καλλιέργεια των ζαχαροτευτλών.

Στο σχήμα 6.4.2 αναπαριστώνται γραφικά, τα μερίδια των εισροών ενέργειας που αντιστοιχούν στις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις, στην περίπτωση της συμβατικής κατεργασίας, χρησιμοποιώντας τους μέσους όρους από τους δύο αγρούς. Όπως φαίνεται η κατεργασία του εδάφους καταλαμβάνει μόνο το 4,8% των συνολικών εισροών ενέργειας κατά την παραγωγική διαδικασία. Το μεγαλύτερο μερίδιο (64,8%) καταλαμβάνει η άρδευση και ακολουθούν με φθίνουσα κατάταξη η λίπανση, η συγκομιδή, η εφαρμογή φυτοφαρμάκων και τέλος η σπορά.

Στον πίνακα 6.4.2, με βάση την ενέργεια του καταναλισκόμενου καυσίμου, από τους πίνακες 6.1.9 & 6.1.10, υπολογίζονται για κάθε μέθοδο κατεργασίας του εδάφους, οι εισροές της ενέργειας που αντιστοιχούν στην χρήση του πετρελαίου για τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις. Στην συνέχεια, με βάση το ενεργειακό ισοδύναμο του πετρελαίου (38,66 MJ/ℓ) υπολογίζεται η συνολική κατανάλωση καυσίμου στον αγρό, για κάθε ένα από τα πέντε συστήματα κατεργασίας του εδάφους. Διαιρώντας την κατανάλωση καυσίμου με την απόδοση σε κάθε αγρό και κάθε μέθοδο, υπολογίζεται η εντατικότητα της χρήσης του καυσίμου.

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του πίνακα, στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους υπάρχει μια σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή υπάρχει εξοικονόμηση 2,4 ℓ/στρ, ποσοστό 16%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού εξοικονόμηση 3,7 ℓ/στρ, ποσοστό 24%, στην μέθοδο της δισκοσβάρνας 4,9 ℓ/στρ, ποσοστό 32,5% και τέλος στην μέθοδο της ακαλλιέργειας 7,3 ℓ/στρ, ποσοστό 48,2%.

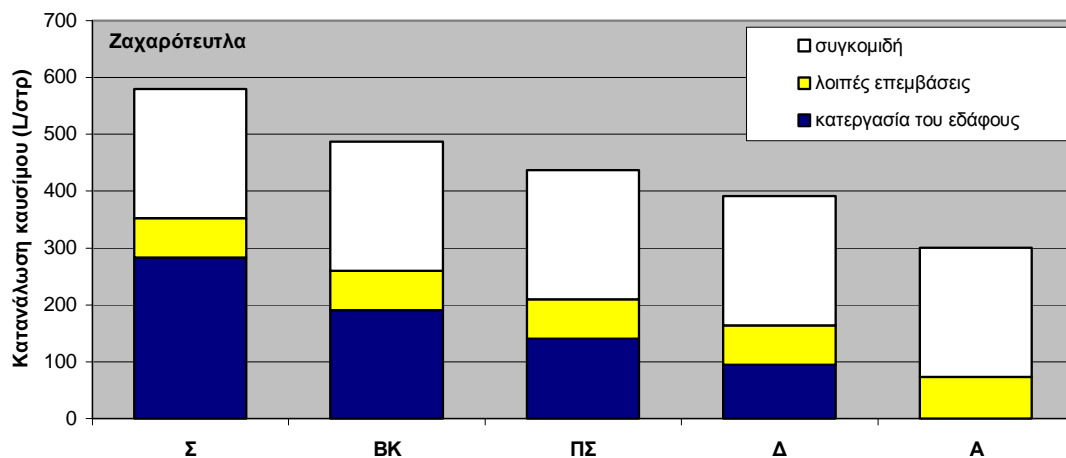
Όπως μπορεί να διαπιστωθεί και από το σχήμα 6.4.3, στην συμβατική μέθοδο, η κατεργασία του εδάφους ευθύνεται για το 48,9% των συνολικών εισροών ενέργειας μέσω του πετρελαίου. Στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή το ποσοστό αυτό είναι 39,2%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού 32,2%, στην μέθοδο της δισκοσβάρνας 24,3% ενώ στην μέθοδο της ακαλλιέργειας για την κατεργασία του εδάφους δεν καταναλώνεται ενέργεια πετρελαίου αλλά καταναλώνεται ένα επιπλέον 1,3% για την εφαρμογή με το ψεκαστικό του *glyphosate*.

Πίνακας 6.4.2. Υπολογισμός της ενέργειας που αντιστοιχεί στην χρήση του πετρελαίου στον αγρό για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων.

ΤΕΥΤΛΑ	Εισροές ενέργειας μέσω του πετρελαίου (MJ/στρ)				
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α
Κατεργασία του εδάφους					
1 Πρωτογενής κατεργασία	212,2	133,1	107,8	50,9	
2 Δευτερογενής κατεργασία	71,1	57,7	32,9	44,2	
3 Λίπανση	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
4 Σπορά	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2
5 Ψεκάσμοι	36,0	36,0	36,0	36,0	39,8
6 Συγκομιδή	227,0	227,0	227,0	227,0	227,0
Σύνολο	579,5 (515,7)	486,9 (437,6)	437,0 (397,7)	391,3 (330,9)	300,1 (271,1)
Κατανάλωση καυσίμου (L/στρ)	15,0 (13,3)	12,6 (11,3)	11,3 (10,3)	10,1 (8,6)	7,8 (7,0)
Απόδοση (kg/στρ)	6518	6143	4894	4918	
Εντατικότητα της χρήσης καυσίμου (ml/kg)	2,3 (2,0)	2,1 (1,9)	2,3 (2,1)	2,1 (1,8)	

Οι αριθμοί στην παρένθεση υποδηλώνουν την κατανάλωση καυσίμου και ενέργειας καυσίμου καθώς και την εντατικότητα χρήσης του καυσίμου εάν κατά τις καλλιεργητικές επεμβάσεις υπήρχε βέλτιστη αξιοποίηση της ισχύος του ελκυστήρα

Η εντατικότητα της χρήσης του καυσίμου παρουσίαζε επίσης σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των μεθόδων κατεργασίας (πίνακας 6.4.2). Την υψηλότερη εντατικότητα εμφάνιζε η μέθοδος του περιστροφικού σκαπτικού και ακολουθούσε η μέθοδος της συμβατικής κατεργασίας. Η μικρότερη εντατικότητα χρήσης του καυσίμου σημειώθηκε στη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή.



Σχήμα 6.4.3. Κατανάλωση καυσίμου κατά την χρήση των γεωργικών μηχανημάτων στον αγρό για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων.

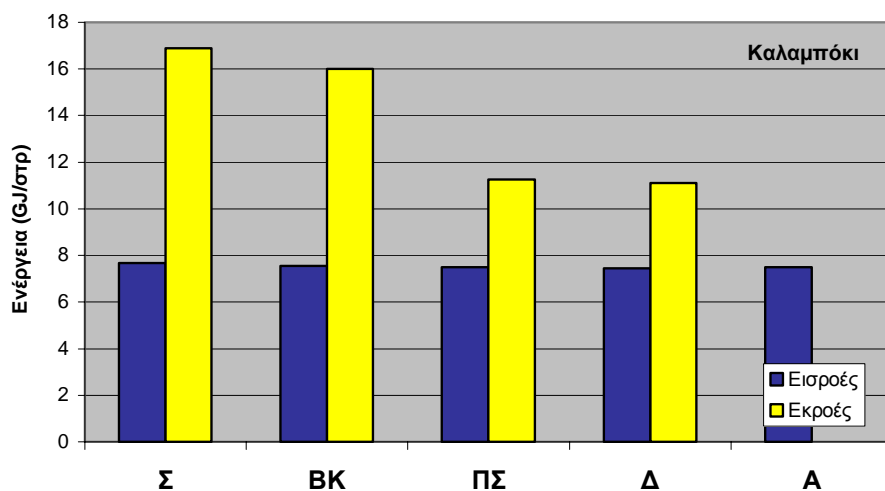
6.4.2 Καλαμπόκι

Στον πίνακα 6.4.3 παρουσιάζονται για κάθε μέθοδο κατεργασίας του εδάφους και για κάθε έτος χωριστά, οι εισροές της ενέργειας κατά τις διάφορες επεμβάσεις στον αγρό. Στην συνέχεια υπολογίζεται ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας. Επίσης, με βάση την απόδοση της καλλιέργειας (σε σπόρο υγρασίας 15,5%) υπολογίζεται η ενεργειακή παραγωγικότητα. Οι εκροές ενέργειας και οι ενεργειακοί συντελεστές δεν υπολογίστηκαν για την μέθοδο της ακαλλιέργειας η οποία έδωσε πολύ μικρές αποδόσεις εξαιτίας του μειωμένου φυτρώματος

Κατά μέσο όρο, για τα τρία έτη, σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή υπάρχει εξοικονόμηση των συνολικών εισροών ενέργειας της τάξης 1,5%, στην μέθοδο της ακαλλιέργειας της τάξης του 2%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού της τάξης του 2,2% και στην μέθοδο της δισκοσβάρνας της τάξης του 2,9%.

Σε οποιαδήποτε περίπτωση ωστόσο, η μείωση των ενεργειακών εκροών εξαιτίας της σημαντικά μειωμένης απόδοσης στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας είναι πολύ μεγαλύτερες από την εξοικονόμηση της ενέργειας (σχήμα 6.4.4).

Εξετάζοντας τον συντελεστή ενεργειακής αποδοτικότητας (πίνακας 6.4.3) διαπιστώνεται ότι αυτός ήταν υψηλότερος στην συμβατική κατεργασία (2,22). Ο συντελεστής ήταν μειωμένος κατά 3,8% στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή, κατά 31,7% στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού και κατά 32,3% στην μέθοδο της δισκοσβάρνας. Ομοίως η ενεργειακή παραγωγικότητα, ήταν μέγιστη στη συμβατική κατεργασία και ελάχιστη στην δισκοσβάρνα.



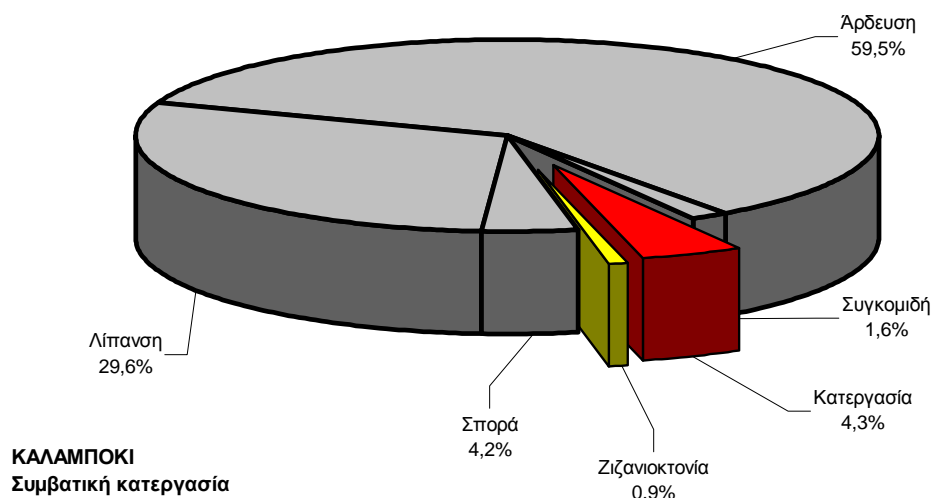
Σχήμα 6.4.4. Σύγκριση των εισροών και εκροών ενέργειας στην καλλιέργεια του καλαμποκιού για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους. Μέσοι όροι για τα τρία έτη.

Πίνακας 6.4.3. Ενεργειακά ισοζύγια για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στην καλλιέργεια του καλαμποκιού.

ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	1997				1998*				1999				μέσος όρος							
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α					
Εισροές ενέργειας (ΜJ/στρ)																				
1 κατεργασία	326	205	199	151	0	326	170	127	74	0	346	284	170	116	0	333	220	165	114	0
2 ζιζανιοκτονία	68	68	68	68	248	68	68	68	68	248	68	68	68	68	248	68	68	68	68	248
3 σπορά	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319
4 λίπανση	2.370	2.370	2.370	2.370	2.370	2.136	2.136	2.136	2.136	2.136	2.287	2.287	2.287	2.287	2.287	2.264	2.264	2.264	2.264	2.264
5 άρδευση	4.670	4.670	4.670	4.670	4.670	4.503	4.503	4.503	4.503	4.503	4.503	4.503	4.503	4.503	4.503	4.559	4.559	4.559	4.559	4.559
6 συγκομιδή	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
σύνολο	7.873 (7.808)	7.752 (7.704)	7.746 (7.699)	7.698 (7.630)	7.727 (7.707)	7.472 (7.407)	7.315 (7.281)	7.272 (7.254)	7.220 (7.177)	7.326 (7.306)	7.642 (7.580)	7.580 (7.530)	7.466 (7.437)	7.412 (7.357)	7.476 (7.456)	7.662 (7.598)	7.549 (7.505)	7.495 (7.463)	7.443 (7.388)	7.510 (7.490)
Απόδοση (σπόρο) (Κg/στρ)	959	893	768	739		913	735	495	545		939	916	513	516		937	848	592	600	
Εκροές ενέργειας (ΜJ/στρ)	16.935	15.780	13.564	13.050		17.123	16.018	11.184	11.146		16.585	16.182	9.066	9.112		16.881	15.993	11.271	11.103	
Συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας	2,15 (2,17)	2,04 (2,05)	1,75 (1,76)	1,70 (1,71)		2,29 (2,31)	2,19 (2,20)	1,54 (1,54)	1,54 (1,55)		2,17 (2,19)	2,13 (2,15)	1,21 (1,22)	1,23 (1,24)		2,20 (2,22)	2,12 (2,13)	1,50 (1,51)	1,49 (1,50)	
Ενεργειακή παραγωγικότητα (g/MJ)	121,8 (122,8)	115,2 (116,0)	99,1 (99,7)	96,0 (96,8)		122,1 (123,2)	100,4 (100,9)	68,1 (68,3)	75,5 (76,0)		122,9 (123,9)	120,9 (121,7)	68,7 (69,0)	69,6 (70,1)		122,3 (123,3)	112,3 (112,8)	79,0 (79,0)	80,6 (81,0)	

Οι τιμές στην παρένθεση υποδηλώνουν τις συνολικές εισροές ενέργειας και ακολούθως τους συντελεστές ενεργειακής αποδοτικότητας και ενεργειακής παραγωγικότητας εάν για τις καλλιερητικές εργασίες είχαν χρησιμοποιηθεί δύο γεωργικοί εκυστήρες (έναν 82 kW και έναν 51 kW) οι οποίοι θα εργάζονταν με ταχύτητα που να υπάρχει μέχρι και 80% αξιοποίηση της ισχύος. Η μέθοδος της ακαλιέργειας εξαιρέθηκε από τον υπολογισμό των εκροών ενέργειας και κατ' επέκταση από τον υπολογισμό των ενεργειακών συντελεστών διότι οι αποδόσεις ήταν περιορισμένες εξαιτίας του μη αποτελεσματικού φυτρώματος.

* Τα στοιχεία για το 1998 προέρχονται μόνο από τον πειραματικό αγρό 2



Σχήμα 6.4.5. Ποσοστιαία αναπαράσταση των εισροών ενέργειας κατά τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις στην συμβατική μέθοδο της κατεργασίας για την καλλιέργεια του καλαμποκιού.

Ενδεικτικά και πάλι, στο σχήμα 6.4.5 παρουσιάζονται για την καλλιέργεια του καλαμποκιού, τα μερίδια των εισροών ενέργειας που αντιστοιχούν στις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις, στην περίπτωση της συμβατικής κατεργασίας.

Στον πίνακα 6.4.4, με βάση την ενέργεια του καταναλισκόμενου καυσίμου, από τους πίνακες 6.1.9 & 6.1.10, υπολογίζονται για κάθε μέθοδο κατεργασίας του εδάφους, οι εισροές της ενέργειας που αντιστοιχούν στην χρήση του πετρελαίου για τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις. Στην συνέχεια, με βάση το ενεργειακό ισοδύναμο του πετρελαίου (38,66 MJ/ℓ) υπολογίζεται η συνολική κατανάλωση καυσίμου στον αγρό, για κάθε ένα από τα πέντε συστήματα κατεργασίας του εδάφους.

Όπως διαπιστώθηκε και για τα ζαχαρότευτλα, στα καλαμπόκι υπάρχει επίσης μια σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους. Η εξοικονόμηση όμως αυτή είναι πολύ μεγαλύτερη διότι το μερίδιο των εισροών ενέργειας που αντιστοιχούν στη συγκομιδή της καλλιέργειας είναι πολύ μικρότερο. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή η εξοικονόμηση είναι της τάξης του 24,8%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού της τάξης του 38,2%, στην μέθοδο της δισκοσβάρνας της τάξης του 50,5% και τέλος στην μέθοδο της ακαλλιέργειας, της τάξης του 74,9%.

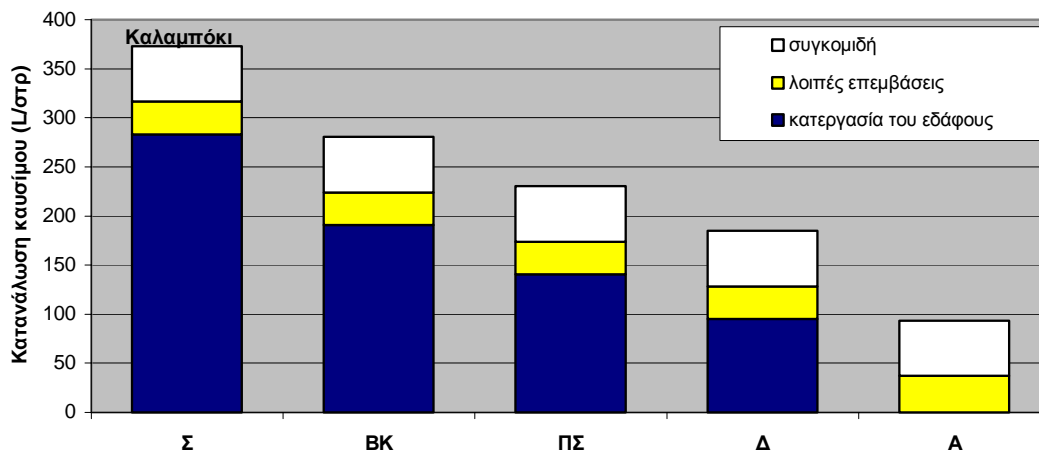
Όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.4.6, στην συμβατική μέθοδο, η κατεργασία του εδάφους ευθύνεται για το 76% των συνολικών εισροών ενέργειας μέσω του πετρελαίου. Στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή το ποσοστό αυτό είναι 68%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού 61,1%, στην μέθοδο της δισκοσβάρνας 51,5% ενώ στην μέθοδο της ακαλλιέργειας για την κατεργασία του εδάφους δεν καταναλώνεται ενέργεια πετρελαίου αλλά καταναλώνεται ένα επιπλέον 4,1% για την εφαρμογή με το ψεκαστικό του *glyphosate*.

Πίνακας 6.4.4. Υπολογισμός της ενέργειας που αντιστοιχεί στην χρήση του πετρελαίου στον αγρό για την καλλιέργεια του καλαμποκιού και για τα συστήματα κατεργασίας του εδάφους κατά το 1996.

ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	Εισροές ενέργειας μέσω του πετρελαίου (MJ/στρ)				
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α
Κατεργασία του εδάφους					
1 Πρωτογενής κατεργασία	212,2	133,1	107,8	50,9	
2 Δευτερογενής κατεργασία	71,1	57,7	32,9	44,2	
3 Λίπανση	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
4 Σπορά	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3
5 Ψεκασμοί	3,9	3,9	3,9	3,9	7,7
6 Συγκομιδή	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5
Σύνολο	372,9 (320,7)	280,3 (242,6)	230,4 (202,7)	184,7 (135,9)	93,4 (76,1)
Κατανάλωση καυσίμου (L/στρ)	9,6 (8,3)	7,3 (6,3)	6,0 (5,2)	4,8 (3,5)	2,4 (2,0)
Απόδοση (kg/στρ)	950	899	634	627	
Εντατικότητα της χρήσης καυσίμου (ml/kg)	10,2 (8,7)	8,1 (7,0)	9,4 (8,5)	7,6 (5,7)	

Οι αριθμοί στην παρένθεση υποδηλώνουν την κατανάλωση καυσίμου και ενέργειας καυσίμου καθώς και την εντατικότητα χρήσης του καυσίμου εάν κατά τις καλλιεργητικές επεμβάσεις υπήρχε βέλπστη αξιοποίηση της ισχύος του ελκυστήρα

Η εντατικότητα της χρήσης του καυσίμου (πίνακας 6.4.4) ήταν μεγαλύτερη στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και μικρότερη στην μέθοδο της δισκοσβάρνας όπου η κατανάλωση καυσίμου ήταν η μικρότερη.



Σχήμα 6.4.6. Κατανάλωση καυσίμου κατά την χρήση των γεωργικών μηχανημάτων στον αγρό για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στην καλλιέργεια του καλαμποκιού για το έτος 1996.

6.4.3 Βαμβάκι

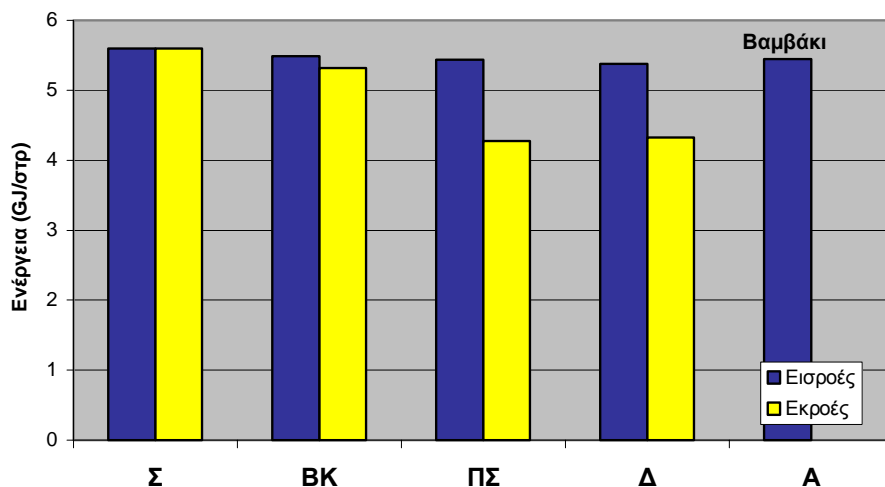
Στον πίνακα 6.4.5 συνοψίζονται για κάθε μέθοδο κατεργασίας του εδάφους, όλες οι εισροές της ενέργειας κατά τις διάφορες επεμβάσεις στον αγρό. Στην συνέχεια με βάση τις ενεργειακές εκροές υπολογίζεται ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας. Επίσης, με βάση την απόδοση της καλλιέργειας (σε σύσπορο βαμβάκι) υπολογίζεται η ενεργειακή παραγωγικότητα. Εξαιρέθηκε και πάλι η μέθοδος της ακαλλιέργειας διότι έδωσε μη αντιπροσωπευτικές αποδόσεις.

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του πίνακα, κατά μέσο όρο για τα τρία έτη, σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή υπάρχει εξοικονόμηση των συνολικών εισροών ενέργειας κατά 2%, στην μέθοδο της ακαλλιέργειας εξοικονόμηση κατά 2,7%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού εξοικονόμηση κατά 3% και στην μέθοδο της δισκοσβάρνας εξοικονόμηση κατά 3,9%.

Λόγω της μικρής αναλογίας του εμπορικά εκμεταλλεύσιμου τμήματος του φυτού (σπόρος και ίνα) οι εκροές της ενέργειας είναι περιορισμένες. Κατά την εφαρμογή μάλιστα μεθόδων μειωμένης κατεργασίας όπου προκύπτει σημαντική μείωση των αποδόσεων, οι εκροές μπορεί να είναι μικρότερες από τις εισροές (σχήμα 6.4.7). Σύμφωνα με τον (Fluck, 1992b) για φυτά των οποίων το εμπορεύσιμο μέρος είναι οι ίνες, όπως το βαμβάκι, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται ο συντελεστής της ενεργειακής παραγωγικότητας.

Εξετάζοντας ωστόσο τον συντελεστή ενεργειακής αποδοτικότητας (πίνακας 6.4.5) διαπιστώνεται ότι αυτός ήταν ίσος περίπου με την μονάδα για τις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή ενώ στις υπόλοιπες τρεις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ήταν μικρότερος από την μονάδα. Ομοίως, συγκρίνοντας την ενεργειακή παραγωγικότητα, (πίνακας 6.4.5) διαπιστώνεται ότι είναι υψηλότερη στις μεθόδους της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή εξαιτίας των υψηλότερων αποδόσεων και μικρότερη στις μεθόδους της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού σκαπτικού.

Ενδεικτικά, στο σχήμα 6.4.8 παρουσιάζονται και πάλι τα μερίδια των εισροών ενέργειας που αντιστοιχούν στις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις, στην περίπτωση της συμβατικής κατεργασίας.



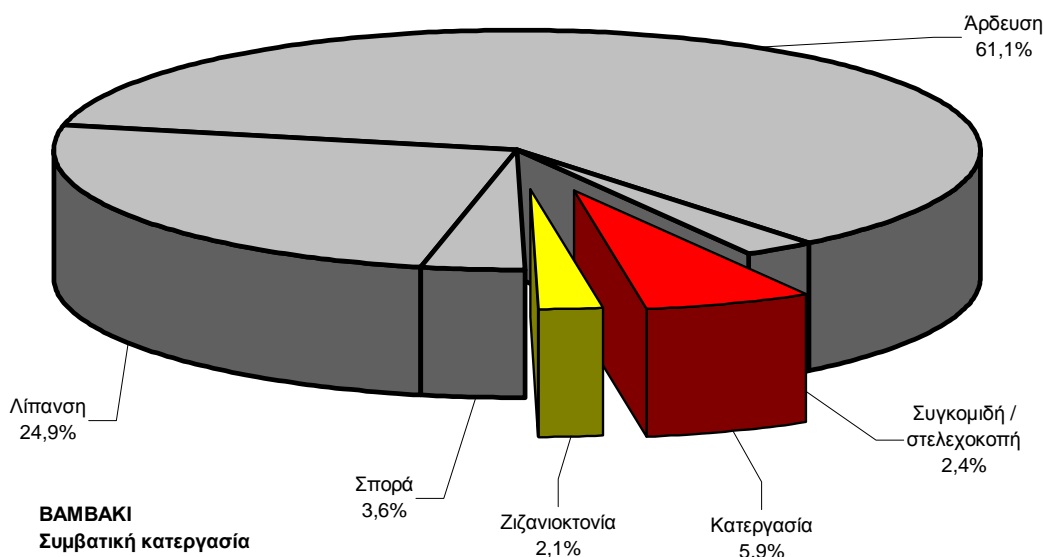
Σχήμα 6.4.7. Σύγκριση των εισροών και εκροών ενέργειας στην καλλιέργεια του βαμβακιού για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους. Μέσοι όροι για τα τρία έτη

Πίνακας 6.4.5. Ενεργειακά ισοζύγια για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στην καλλιέργεια του βαμβακιού

ΒΑΜΒΑΚΙ	1997			1998			1999			Μέσος όρος						
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	
Εισροές ενέργειας (MJ/στρ)																
1 κατεργασία	326	205	199	151	0	326	170	127	74	0	346	284	170	116	0	
2 ζιζανιοκτονία	97	97	97	97	277	97	97	97	97	277	166	166	166	166	345	
3 σπορά	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
4 λίπανση	1.502	1.502	1.502	1.502	1.502	1.217	1.217	1.217	1.217	1.217	1.463	1.463	1.463	1.463	1.463	
5 άρδευση	3.503	3.503	3.503	3.503	3.503	3.086	3.086	3.086	3.086	3.086	3.669	3.669	3.669	3.669	3.669	
6 συγκομιδή	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	
7 στελεχοκοπή	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	
σύνολο	5.762 (5.679)	5.641 (5.576)	5.635 (5.570)	5.587 (5.502)	5.616 (5.579)	5.060 (4.977)	4.903 (4.852)	4.860 (4.824)	4.808 (4.748)	4.914 (4.877)	5.977 (5.897)	5.916 (5.847)	5.802 (5.754)	5.747 (5.675)	5.812 (5.773)	5.600 (5.518)
Απόδοση (σύσπορο) (Kg/στρ)	356	338	287	290		302	283	232	238		328	318	234	235		329
Εκροές ενέργειας (MJ/στρ)	6.082	5.744	4.899	4.943		5.134	4.809	3.938	4.045		5.563	5.406	3.990	3.999		5.593
Συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας	1,06 (1,07)	1,02 (1,03)	0,87 (0,88)	0,88 (0,90)		1,01 (1,03)	0,98 (0,99)	0,81 (0,82)	0,84 (0,85)		0,93 (0,94)	0,91 (0,92)	0,69 (0,69)	0,70 (0,70)		1,00 (1,02)
Ενεργειακή παραγωγικότητα (g/MJ)	61,8 (62,7)	59,9 (60,6)	51,0 (51,6)	51,9 (52,7)		59,7 (60,7)	57,8 (58,4)	47,7 (48,0)	49,4 (50,0)		54,8 (55,5)	53,8 (54,4)	40,4 (40,7)	40,8 (41,3)		58,7 (59,6)

Οι τιμές στην παρένθεση υποδηλώνουν τις συνολικές εισροές ενέργειας και ακολούθως τους συντελεστές ενεργειακής αποδοτικότητας και ενεργειακής παραγωγικότητας εάν για τις καλλιερητικές εργασίες είχαν χρησιμοποιηθεί δύο γεωργικοί ελκυστήρες (έναν 82 kW και έναν 51 kW) οι οποίοι θα εργάζονταν με ταχύτητα που να υπέρχει μέχρι και 80% αξιοποίηση της ισχύος

Η μέθοδος της ακαλιέργειας εξαιρέθηκε από τον υπολογισμό των εκροών ενέργειας και κατ' επέκταση από τον υπολογισμό των ενεργειακών συντελεστών διότι οι αποδόσεις ήταν περιορισμένες εξαιτίας του μη αποτελεσματικού φυτρώματος



Σχήμα 6.4.8. Ποσοστιαία αναλογία των εισροών ενέργειας κατά τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις στην συμβατική μέθοδο της κατεργασίας για την καλλιέργεια του βαμβακιού.

Στον πίνακα 6.4.6, με βάση την ενέργεια του καταναλισκόμενου καυσίμου, από τους πίνακες 6.1.9 & 6.1.10, υπολογίζονται για κάθε μέθοδο κατεργασίας του εδάφους και κάθε αγρό, οι εισροές της ενέργειας που αντιστοιχούν στην χρήση του πετρελαίου για τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις. Στην συνέχεια, με βάση το ενεργειακό ισοδύναμο του πετρελαίου (38,66 MJ/l) υπολογίζεται η συνολική κατανάλωση καυσίμου, για κάθε ένα από τα πέντε συστήματα κατεργασίας του εδάφους.

Όπως διαπιστώθηκε και για την καλλιέργεια του καλαμποκιού, στο βαμβάκι υπάρχει επίσης μια σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή η εξοικονόμηση ήταν της τάξης του 23,8%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού της τάξης του 36,6%, στην μέθοδο της δισκοσβάρνας της τάξης του 48,4% και τέλος στην μέθοδο της ακαλλιέργειας, της τάξης του 71,8%.

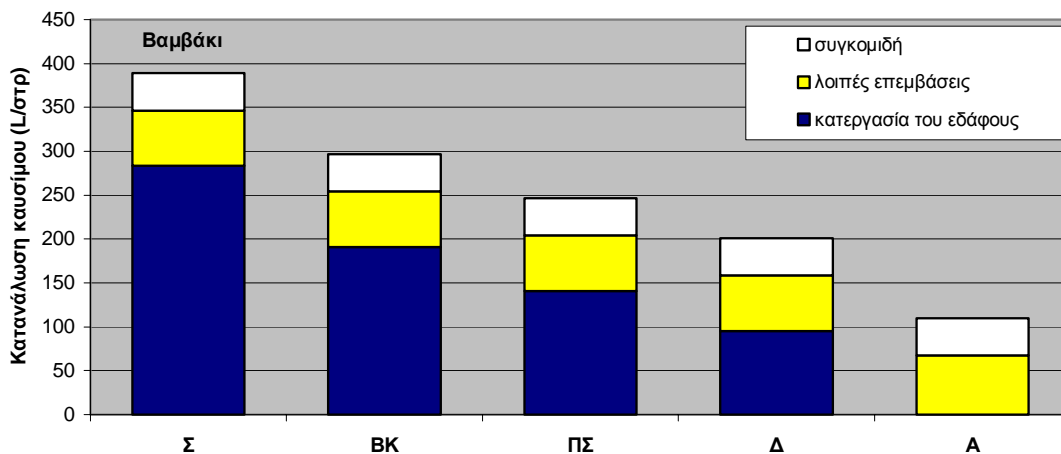
Όπως μπορεί να διαπιστωθεί και από το σχήμα 6.4.9, στην συμβατική μέθοδο, η κατεργασία του εδάφους ευθύνεται για το 72,8% των συνολικών εισροών ενέργειας μέσω του πετρελαίου. Στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή το ποσοστό αυτό είναι 64,3%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού 57,1%, στην μέθοδο της δισκοσβάρνας 47,4% ενώ στην μέθοδο της ακαλλιέργειας για την κατεργασία του εδάφους δεν καταναλώνεται ενέργεια πετρελαίου αλλά καταναλώνεται ένα επιπλέον 3,5% για την εφαρμογή με το ψεκαστικό του *glyphosate*.

Παρά την μείωση των αποδόσεων της καλλιέργειας, η εντατικότητα της χρήσης του καυσίμου στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ήταν μειωμένη (πίνακας 6.4.6). Όπως και στην καλλιέργεια του καλαμποκιού, η υψηλότερη εντατικότητα χρήσης καυσίμου διαπιστώθηκε για την συμβατική κατεργασία (30,6 ml/kg σύσπορου προϊόντος. Ακολουθούν οι μέθοδοι του περιστροφικού και του βαρύ καλλιεργητή με 25,4 ml/kg και 24,5 ml/kg αντίστοιχα και στη συνέχεια η μέθοδος της δισκοσβάρνας με 20,5 ml/kg.

Πίνακας 6.4.6. Υπολογισμός της ενέργειας που αντιστοιχεί στην χρήση του πετρελαίου στον αγρό για την καλλιέργεια του βαμβακιού. Σύγκριση των συστημάτων κατεργασίας του εδάφους

BAMBAKI	Εισροές ενέργειας μέσω του πετρελαίου (MJ/στρ)				
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α
Κατεργασία του εδάφους					
1 Πρωτογενής κατεργασία	212,2	133,1	107,8	50,9	
2 Δευτερογενής κατεργασία	71,1	57,7	32,9	44,2	
3 Λίπανση	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
4 Σπορά	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3
5 Ψεκασμοί	5,1	5,1	5,1	5,1	9,0
6 Συγκομιδή	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5
7 στελεχοκοπή	33,8	33,8	33,8	33,8	33,8
Σύνολο	389,0 (321,5)	296,5 (243,4)	246,5 (203,5)	200,9 (136,7)	109,6 (76,9)
Κατανάλωση καυσίμου (L/στρ)	10,1 (8,3)	7,7 (6,3)	6,4 (5,3)	5,2 (3,5)	2,8 (2,0)
Απόδοση (kg/στρ)	329	313	251	254	
Εντατικότητα της χρήσης καυσίμου (ml/kg)	30,6 (25,4)	24,5 (20,1)	25,4 (21,1)	20,5 (13,9)	

Οι αριθμοί στην παρένθεση υποδηλώνουν την κατανάλωση καυσίμου και ενέργειας καυσίμου καθώς και την εντατικότητα χρήσης του καυσίμου εάν κατά τις καλλιεργητικές επεμβάσεις υπήρχε βέλτιστη αξιοποίηση της ισχύος του ελκυστήρα

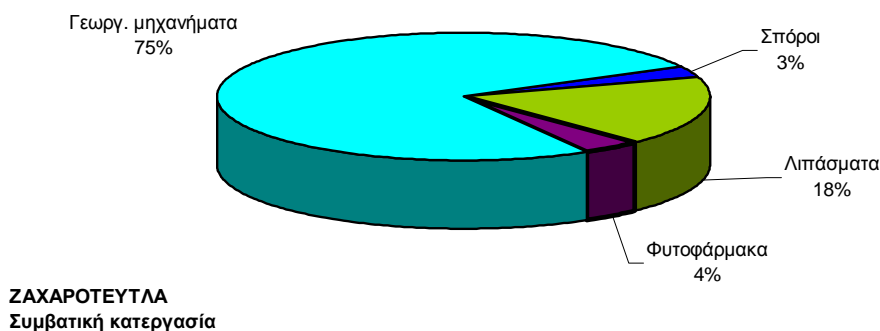


Σχήμα 6.4.9. Κατανάλωση καυσίμου κατά την χρήση των γεωργικών μηχανημάτων στον αγρό για τις μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στην καλλιέργεια του βαμβακιού.

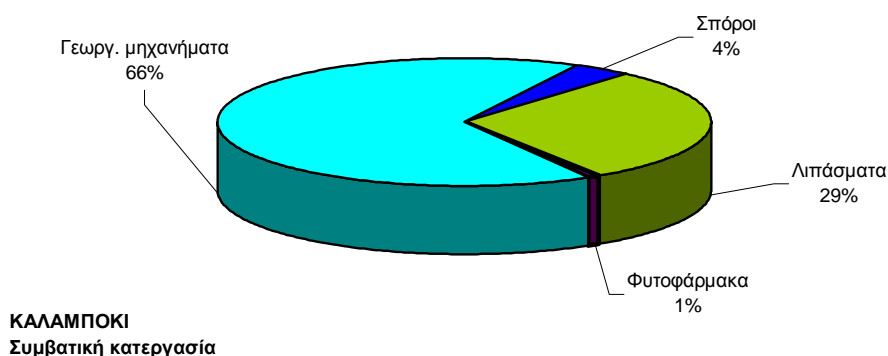
Στα σχήματα 6.4.10, 6.4.11 & 6.4.12 υπάρχει μια διαφορετική κατανομή των ενεργειακών εισροών από αυτή που παρουσιάστηκε στα αντίστοιχα σχήματα 6.4.2, 6.4.5 & 6.4.6. Στα σχήματα αυτά η κατάταξη των εισροών γίνεται με κριτήριο την κατηγορία των συντελεστών παραγωγής και όχι με βάση το είδος της καλλιεργητικής επέμβασης. Στην κατηγορία των γεωργικών μηχανημάτων περιλαμβάνεται η ενέργεια για την κατεργασία του εδάφους, την εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, την σπορά, την συγκομιδή καθώς και η ενέργεια για την άρδευση.

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί και για τις τρεις καλλιέργειες, το υψηλότερο μερίδιο στις εισροές ενέργειας (66-75%) κατέχουν τα γεωργικά μηχανήματα. Από τα ποσοστά αυτά το μεγαλύτερο μερίδιο (59-64%) αφορά την άρδευση. Ακολουθούν τα λιπάσματα μέσω των οποίων εισρέει στο σύστημα της παραγωγής το 18-29% της ενέργειας και έπονται οι σπόροι και τα φυτοφάρμακα με ποσοστά μικρότερα από 4%.

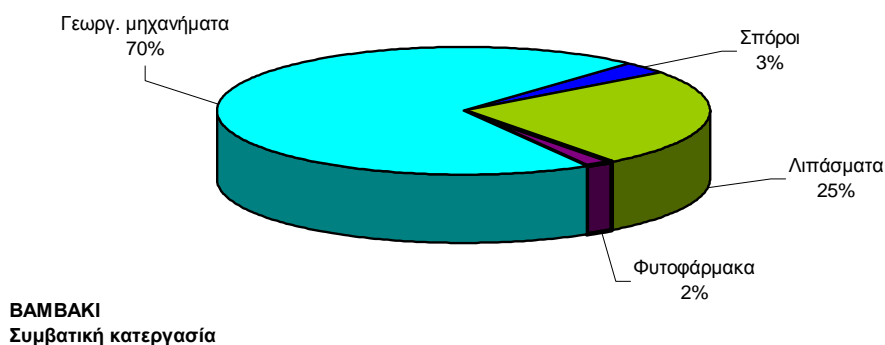
Στα σχήματα είναι εμφανής η μεγάλη συμβολή της εκμηχάνισης της γεωργίας στην αυξημένη εισροή ενέργειας στην Ελληνική Γεωργία. Η διεθνής βιβλιογραφία δίνει για τα μηχανήματα περίπου ίδια ποσοστά ενέργειας με την λίπανση (π.χ. ο Helsel, 1992 αναφέρει ότι τα γεωργικά μηχανήματα αντιπροσωπεύουν περίπου το 50% των ενεργειακών εισροών στην γεωργία). Η εφαρμογή όμως της άρδευσης με άντληση υπογείων υδάτων δημιουργεί μια σημαντική πρόσθετη επιβάρυνση των ενεργειακών εισροών για την Ελληνική Γεωργία. (σχήματα 6.4.2, 6.4.5 & 6.4.8).



Σχήμα 6.4.10. Ποσοστιαία αναλογία των εισροών ενέργειας με βάση τους συντελεστές παραγωγής στην συμβατική μέθοδο της κατεργασίας για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων.



Σχήμα 6.4.11. Ποσοστιαία αναλογία των εισροών ενέργειας με βάση τους συντελεστές παραγωγής στην συμβατική μέθοδο της κατεργασίας για την καλλιέργεια του καλαμποκιού.



Σχήμα 6.4.12. Ποσοστιαία αναλογία των εισροών ενέργειας με βάση τους συντελεστές παραγωγής στην συμβατική μέθοδο της κατεργασίας για την καλλιέργεια του βαμβακιού.

Συζήτηση

Ένας από τους βασικούς στόχους του πειράματος ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας εξοικονόμησης ενέργειας κατά τη χρήση των γεωργικών μηχανημάτων για την κατεργασία του εδάφους. Σύμφωνα με τον Helsel (1992) από την συνολική ενέργεια που χρησιμοποιείται στην γεωργία το 51% αφορά την κατασκευή και την λειτουργία των γεωργικών μηχανημάτων. Ωστόσο τα αποτελέσματα από σχετικές μελέτες παρουσιάζουν μια πολύ μεγάλη παραλλακτικότητα τόσο από καλλιέργεια σε καλλιέργεια όσο και από περιοχή σε περιοχή. Η παραλλακτικότητα αυτή σχετίζεται με τις απαιτήσεις της εκάστοτε καλλιέργειας, την εντατικότητα της γεωργίας σε κάθε περιοχή, καθώς και από τον τρόπο χρήσης και τις μορφές της χρησιμοποιούμενης ενέργειας.

Στην παρούσα μελέτη διαπιστώθηκε ότι από το σύνολο των εισροών ενέργειας που χρησιμοποιούνται στην παραγωγική διαδικασία και για τις τρεις καλλιέργειες, το σημαντικότερο μερίδιο αφορούσε την άρδευση. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς, κατά μέσο όρο στα τρία έτη, για την καλλιέργεια του βαμβακιού καταναλώθηκαν 3.419 MJ/στρ, για την καλλιέργεια του καλαμποκιού 4.559 MJ/στρ και για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων 4.448 MJ/στρ. Στην συμβατική μέθοδο κατεργασίας, η άρδευση καταλάμβανε το 61,1% των συνολικών εισροών για την καλλιέργεια του βαμβακιού, το 59,5% για την καλλιέργεια του καλαμποκιού, και το 64,8% για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων.

Αν για τον υπολογισμό των εισροών ενέργειας για την άρδευση χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία των πραγματικών απαιτήσεων των καλλιεργειών με βάση την εξατμισιοδιαπνοή που υπολογίζει η Σακελαρίου-Μακραντωνάκη (1996) για την περιοχή της Θεσσαλίας (για την καλλιέργεια του καλαμποκιού $511 \text{ m στρ}^{-1} \text{ έτος}^{-1}$, για το βαμβάκι $505 \text{ στρ}^{-1} \text{ έτος}^{-1}$ και για τα ζαχαρότευτλα $597 \text{ στρ}^{-1} \text{ έτος}^{-1}$) διαπιστώνεται ότι για την καλλιέργεια του βαμβακιού απαιτούνται 4.221 MJ/στρ και η άρδευση αποτελεί 66,1% των συνολικών εισροών. Για την καλλιέργεια του καλαμποκιού απαιτούνται 4.273 MJ/στρ και η άρδευση αποτελεί το 58,1% των συνολικών εισροών ενώ για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων απαιτούνται 4.993 MJ/στρ καταλαμβάνοντας το 67,6% των συνολικών εισροών.

Στην περίπτωση του πειράματος το νερό αντλούνταν από ένα βάθος 80 m. Με την υπεράντληση ωστόσο που υφίσταται στην γεωργική παραγωγή, το βάθος άντλησης κάθε χρόνο αυξάνει δραματικά και σήμερα (2003) το μέσο βάθος στην περιοχή της Θεσσαλίας κυμαίνεται στα 150 m (προσωπική επικοινωνία με τον κ. Γκοντισόπουλο από το ΤΟΕΒ Στεφανοβικείου). Στην περίπτωση αυτή η ενέργεια που θα απαιτούνταν για την άρδευση θα ήταν 5.680 MJ/στρ για τις καλλιέργειες του βαμβακιού, 7.297 MJ/στρ για την καλλιέργεια του καλαμποκιού και 7.389 MJ/στρ για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων καταλαμβάνοντας αντίστοιχα το 73,3%, 68,6% και 75,6% των συνολικών εισροών σε κάθε καλλιέργεια.

Ιδιαίτερα σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί όταν χρησιμοποιείται νερό από αρδευτικά κανάλια για την άρδευση. Στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται ότι για την καλλιέργεια του βαμβακιού θα απαιτούνταν μόλις 834 MJ/στρ, για την καλλιέργεια του καλαμποκιού 1.072 MJ/στρ και για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων 1.085 MJ/στρ. Η άρδευση στην καλλιέργεια του βαμβακιού θα αποτελούσε το 29% των συνολικών εισροών ενέργειας, στην καλλιέργεια του καλαμποκιού το 24,3% ενώ στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων το 32%. Στην περίπτωση αυτή, και για τις τρεις καλλιέργειες, η άρδευση θα αποτελούσε τον δεύτερο σημαντικότερο παράγοντα εισροών μετά την λίπανση.

Για τις ισχύουσες συνθήκες του πειράματος ωστόσο, το δεύτερο σημαντικότερο μερίδιο στις ενεργειακές εισροές καταλάμβανε η λίπανση. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην ιδιαίτερα υψηλή ενεργειακή περιεκτικότητα του αζώτου. Στην καλλιέργεια του καλαμποκιού όπου οι ανάγκες σε αζωτούχο λίπανση είναι αυξημένες, η λίπανση αποτελούσε το 29,6% των συνολικών ενεργειακών εισροών. Για το βαμβάκι η λίπανση αποτελεί το 24,9% των συνολικών εισροών ενώ για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων το 18,3%.

Η κατεργασία του εδάφους αποτελούσε το τρίτο σημαντικότερο κομμάτι εισροών ενέργειας για την καλλιέργεια του καλαμποκιού και του βαμβακιού και το τέταρτο για τη καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων. Στα ζαχαρότευτλα το τρίτο σημαντικότερο μερίδιο (6,5%) καταλάμβανε η συγκομιδή, κυρίως εξαιτίας της μικρής στρεμματικής απόδοσης των τευτλοεξαγωγέων. Αντίθετα στις καλλιέργειες του καλαμποκιού και του βαμβακιού όπου η απόδοση των μηχανών συγκομιδής είναι πολύ μεγαλύτερη, η συγκομιδή αποτελεί το 1,6% και 2,4% αντίστοιχα των συνολικών εισροών.

Η κατεργασία του εδάφους αποτελούσε το 4,3% των συνολικών εισροών ενέργειας για την καλλιέργεια του καλαμποκιού, το 4,8% για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων και το 5,9% για την καλλιέργεια του βαμβακιού. Ο Tsatsarelis (1992) υπολογίζει την ενέργεια που αντιστοιχεί στην κατεργασία του εδάφους για μια αρδευόμενη καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων στο 3,7% των συνολικών εισροών, συμπεριλαμβάνοντας όμως στις εισροές τις μετακινήσεις από και προς τον αγρό καθώς και την μεταφορά των τεύτλων στο εργοστάσιο. Οι Chancellor *et al.* (1980) υπολογίζουν ότι η ενέργεια που αντιστοιχεί στην χρήση γεωργικών μηχανημάτων στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων κυμαίνεται μεταξύ 18% και 27% επί των συνολικών εισροών, συμπεριλαμβάνοντας όμως στα πιο πάνω ποσοστά και την ενέργεια για τις υπόλοιπες καλλιεργητικές εργασίες καθώς και την ενέργεια για την συγκομιδή και μεταφορά των τεύτλων. Όπως αναφέρθηκε, στην προκειμένη εργασία η αξιοποίηση της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα δεν ήταν βέλτιστη σε όλες τις περιπτώσεις. Εάν κατά τις καλλιεργητικές εργασίες υπήρχε μέχρι 80% αξιοποίηση της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα (με την αύξηση της ταχύτητας εργασίας και την χρησιμοποίηση ενός δεύτερου μικρότερου γεωργικού ελκυστήρα για τις ελαφρύτερες εργασίες) τα παραπάνω ποσοστά θα ήταν μειωμένα κατά 0,5-0,7%.

Οι εισροές ενέργειας για την κατεργασία του εδάφους προκύπτουν από την κατανάλωση μεταβλητών στοιχείων που είναι κυρίως το πετρέλαιο ντήζελ και τα λιπαντικά και από την απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων των γεωργικών μηχανημάτων. Για τα μηχανήματα που έχουν μικρή μάζα και μεγάλη διάρκεια ζωής, όπως είναι τα μηχανήματα κατεργασίας του εδάφους, το μερίδιο που αντιστοιχεί στην χρήση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων είναι της τάξης του 10-12% της συνολικής χρησιμοποιούμενης ενέργειας. Αντίθετα, για τα μηχανήματα που έχουν μεγάλη μάζα και μικρή διάρκεια ζωής, όπως είναι οι μηχανές συγκομιδής, το κόστος της χρήσης των σταθερών στοιχείων μπορεί να αποτελεί μέχρι και το 50% της συνολικής χρησιμοποιούμενης ενέργειας. Το γεγονός αυτό επιβάλλει την πλήρη αξιοποίηση των μηχανών αυτών για τη μεγιστοποίηση του οικονομικού οφέλους καθώς και την επιμελή και τακτική συντήρηση για την συγκράτηση του κόστους επισκευών και συντήρησης.

Η ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων, ήταν περίπου δέκα φορές μεγαλύτερη από την πραγματική απορροφόμενη ενέργεια από τα μηχανήματα κατεργασίας η οποία μετατρέπονταν σε ωφέλιμο έργο. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στον μικρό συντελεστή απόδοσης της ενέργειας του πετρελαίου στον κινητήρα εσωτερικής καύσης του ελκυστήρα.

Για τις καλλιέργειες του καλαμποκιού και του βαμβακιού, η πέμπτη σημαντικότερη εργασία μέσω της οποίας εισέρχεται η ενέργεια στα γεωργικά συστήματα της παραγωγής ήταν η σπορά. Στο καλαμπόκι αντιπροσώπευε ποσοστό 4,2% επί των συνολικών εισροών και στο βαμβάκι ποσοστό 3,6%. Αντίθετα για τα ζαχαρότευτλα, λόγω της μικρής ποσότητας του χρησιμοποιούμενου σπόρου η σπορά αντιπροσώπευε ένα ποσοστό 1% επί των συνολικών εισροών ενέργειας.

Οι εισροές της ενέργειας για τις υπόλοιπες καλλιεργητικές επεμβάσεις, (εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, παρασιτοκτόνων) είναι σχετικά μικρές αποτελώντας το 0,9% στην καλλιέργεια του καλαμποκιού, το 2,1% στην καλλιέργεια του βαμβακιού και το 4,7% στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων όπου η χρήση μεταφωσφωρικών ζιζανιοκτόνων αλλά και προϊόντων φυτοπροστασίας για την πρόληψη της κερκόσπορας είναι εντατικότερη.

Υπολογίζοντας την συνολική απορροφώμενη ενέργεια από τα μηχανήματα κατεργασίας διαπιστώνεται ότι, από τα συστήματα κατεργασίας που δοκιμάστηκαν, η πλέον εντατική μέθοδος ήταν η συμβατική κατεργασία. Ακολουθούσαν με φθίνουσα σειρά κατάταξης η μέθοδος του περιστροφικού σκαπτικού, η μέθοδος BK όταν χρησιμοποιούταν εδαφοσχίστης, η μέθοδος BK όταν χρησιμοποιούταν βαρύς καλλιεργητής, η μέθοδος της δισκοσβάρνας και η μέθοδος της ακαλλιέργειας. Όταν όμως υπολογίστηκε η συνολική χρήση της ενέργειας (σταθερών και μεταβλητών στοιχείων), η σειρά κατάταξης ήταν: Συμβατική κατεργασία → BK με εδαφοσχίστη → Περιστροφικό σκαπτικό → BK με βαρύ καλλιεργητή → Δισκοσβάρνα → Ακαλλιέργεια. Η αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση της ενέργειας στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού οφείλεται στον υψηλότερο βαθμό απόδοσης της ισχύος μέσω του δυναμοδότη.

Κατά μέσο όρο για τα τρία έτη, η συνολική κατανάλωση ενέργειας για την συμβατική κατεργασία του εδάφους υπολογίστηκε στα 333 MJ/στρ. Άλλοι ερευνητές αναφέρουν ότι η ενέργεια για την κατεργασία του εδάφους ισούται με 325 - 453 MJ/στρ (Leach, 1976), 353 MJ/στρ (Tsatsarelis, 1991) 402 MJ/στρ (Tsatsarelis, 1992). Η εξοικονόμηση της ενέργειας που προκύπτει με την μείωση της εντατικότητας της κατεργασίας του εδάφους είναι 62 MJ/στρ στην περίπτωση της εφαρμογής της μεθόδου BK με εδαφοσχίστη και 138 MJ/στρ στην περίπτωση της εφαρμογής της μεθόδου με βαρύ καλλιεργητή. Στην περίπτωση της εφαρμογής της μεθόδου του περιστροφικού σκαπτικού η εξοικονόμηση ενέργειας ήταν ίση με 167 MJ/στρ στην περίπτωση της δισκοσβάρνας ίση με 219 MJ/στρ και στην περίπτωση της ακαλλιέργειας ίση με 333 MJ/στρ. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας ωστόσο, υπήρχε μια επιπλέον κατανάλωση ενέργειας της τάξης των 180 MJ/στρ για την χρήση και την εφαρμογή του *glyphosate*. Το καθαρό όφελος επομένως που προκύπτει ισούται με $333 - 180 = 153$ MJ/στρ.

Όπως αναφέρθηκε, η εκμετάλλευση της ισχύος του ελκυστήρα δεν ήταν μέγιστη σε όλες τις περιπτώσεις εξαιτίας του μικρού μεγέθους των πειραματικών τεμαχίων τα οποία δεν επέτρεπαν την ανάπτυξη υψηλότερων ταχυτήτων και εξαιτίας της χρήσης ενός και μόνο μεγάλου γεωργικού ελκυστήρα για την πραγματοποίηση όλων των εργασιών. Στο σχήμα 6.1.1 φαίνεται η ισοδύναμη στον δυναμοδότη απορροφώμενη ισχύς με καθένα από τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στις καλλιεργητικές εργασίες. Δεδομένου ότι η μέγιστη διαθέσιμη ισχύς στον δυναμοδότη για τον γεωργικό ελκυστήρα FORD 8210 ήταν σύμφωνα με τα στοιχεία του κατασκευαστή 74 kW προκύπτει ότι η αξιοποίηση της ισχύος με το περιστροφικό σκαπτικό ήταν περίπου 85%, με τον βαρύ καλλιεργητή περίπου 80% ενώ με το άροτρο και τον εδαφοσχίστη κυμαίνονταν στο 65%. Με τον ελαφρύ καλλιεργητή και την

δισκοσβάρνα αξιοποιήθηκε το 50-60% της ισχύος του ελκυστήρα ενώ με τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τις λοιπές καλλιεργητικές φροντίδες η αξιοποίηση της ισχύος ήταν πολύ μικρή (κάτω από 20%) γεγονός που οφείλονταν στις περιορισμένες απαιτήσεις σε ισχύ για τις εν λόγω εργασίες. Για το λόγο αυτό και για να διαπιστωθούν οι διαφορές που θα προέκυπταν εάν υπήρχε ιδανική εκμετάλλευση της ισχύος του ελκυστήρα πραγματοποιήθηκε ένας δεύτερος κύκλος υπολογισμών με την υπόθεση ότι η κατεργασία με άροτρο, βαρύ καλλιεργητή και εδαφοσχίστη γίνονταν με τον γεωργικό ελκυστήρα των 82 kW αλλά με ταχύτητα τόση ώστε να αξιοποιείται το 80% της διαθέσιμης ισχύος. Σύμφωνα με στοιχεία της βιβλιογραφίας (Koolen and Kuipers, 1983) μικρές μεταβολές στην ταχύτητα εργασίας κατά την κατεργασία του εδάφους με παθητικά μηχανήματα έχουν μικρή επίδραση στην ελκτική δύναμη του ελκυστήρα. Αντίθετα, για το περιστροφικό σκαπτικό, εξαιτίας του ενεργητικού τρόπου δράσης του εργαλείου, μια μεταβολή στην ταχύτητα εργασίας θα μετέβαλε σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας. Για το λόγο αυτό η ταχύτητα εργασίας του μηχανήματος αυτού αφέθηκε ως έχει. Για τις ελαφρύτερες εργασίες υποτέθηκε ότι χρησιμοποιήθηκε ένας μικρότερος γεωργικός ελκυστήρας 51 kW ο οποίος κινούταν επίσης με ταχύτητα τόση ώστε να αξιοποιείται το 80% της διαθέσιμης ισχύος του. Εξαιρέση αποτέλεσαν οι εργασίες της σποράς, της λίπανσης, των ψεκασμών και της στελεχοκοπής οι οποίες λόγω των περιορισμένων απαιτήσεων σε ισχύ δεν ήταν δυνατό να καλύψουν την διαθέσιμη ισχύ ούτε για τον μικρότερο γεωργικό ελκυστήρα. Τα αποτελέσματα από τον δεύτερο κύκλο υπολογισμών παρουσιάζονται στους αριθμούς σε παρένθεση στους πίνακες, δίπλα από τα αποτελέσματα των αρχικών υπολογισμών.

Εάν λοιπόν τα μηχανήματα είχαν χρησιμοποιηθεί με τρόπο ώστε να αξιοποιείται το 80% της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα θα υπήρχε μικρότερη κατανάλωση ενέργειας μεταβλητών στοιχείων και μικρότερη απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων. Στην περίπτωση αυτή στην συμβατική κατεργασία η συνολική κατανάλωση ενέργειας θα ανέρχονταν στα 287 MJ/στρ (μειωμένη κατά 14%). Με την μέθοδο BK με εδαφοσχίστη η εξοικονόμηση ενέργειας θα ήταν ίση με 50 MJ/στρ ενώ με βαρύ καλλιεργητή 114 MJ/στρ. Με την μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού η εξοικονόμηση ενέργειας θα ήταν ίση με 135 MJ/στρ, με την μέθοδο της δισκοσβάρνας 210 MJ/στρ και με την μέθοδο της ακαλλιέργειας 287 MJ/στρ (-178 MJ/στρ για την εφαρμογή του glyphosate). Σε αυτή την περίπτωση η εξοικονόμηση ενέργειας θα ήταν επίσης μειωμένη κατά 14-19% εκτός από την περίπτωση της δισκοσβάρνας όπου η διαφορά ανέρχεται στο 4%.

Στο σύνολο των εισροών, η εξοικονόμηση της ενέργειας με την μέθοδο BK όταν χρησιμοποιείται εδαφοσχίστης είναι της τάξης του 0,8-1% και όταν χρησιμοποιείται βαρύς καλλιεργητής της τάξης του 1,8-2,6%, ανάλογα με την καλλιέργεια. Στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού η εξοικονόμηση της ενέργειας είναι της τάξης του 2,2-3%, στην μέθοδο της δισκοσβάρνας της τάξης του 2,9-3,9% και στην μέθοδο της ακαλλιέργειας της τάξης του 2-2,8% ανάλογα με την καλλιέργεια. Τα παραπάνω ποσοστά θα ήταν μειωμένα κατά 0,2-0,6% εάν κατά το όργωμα και τις υπόλοιπες εργασίες υπήρχε υψηλότερη αξιοποίηση της ισχύος του ελκυστήρα. Οι Borin *et al.* (1997) υπολόγισαν ότι με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας με αναχώματα σε καλλιέργειες καλαμποκιού, κριθαριού και σόγιας προέκυπτε μια εξοικονόμηση των συνολικών εισροών ενέργειας της τάξης του 10%. Όταν εφαρμόζονταν ακαλλιέργεια η εξοικονόμηση της ενέργειας ανέρχονταν στο 32%. Στην μελέτη τους αυτή ωστόσο οι καλλιέργειες ήταν μη αρδευόμενες και το ενεργειακό κόστος από τη χρήση του γεωργικού εξοπλισμού για την προετοιμασία του εδάφους αντιστοιχούσε στο 24% των συνολικών εισροών ενέργειας.

Ωστόσο με την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας διαπιστώθηκε ότι προκύπτει επίσης μια απώλεια στην απόδοση. Εξετάζοντας το συντελεστή ενεργειακής αποδοτικότητας στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων, όταν ως εκροές υπολογίζεται η θερμιδική αξία της κρυσταλλικής ζάχαρης, του αποξηραμένου πολτού και της μελάσας, διαπιστώνεται ότι για την συμβατική κατεργασία ο συντελεστής ήταν ίσος με 2,85(2,88), για την μέθοδο του ΒΚ όταν γινόταν χρήση βαρύ καλλιεργητή ίσος με 2,80(2,83) και όταν γινόταν χρήση εδαφοσχίστη ίσος με 2,66(2,68). Για τις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας οι αντίστοιχες τιμές ήταν 2,21(2,23) και 2,24(2,27). Στους αριθμούς στην παρένθεση παρουσιάζεται η ενεργειακή αποδοτικότητα των συστημάτων αν υπήρχε βέλτιστη αξιοποίηση της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα. Όπως διαπιστώνεται, η ενεργειακή αποδοτικότητα για όλα τα συστήματα κατεργασίας ήταν μεγαλύτερη από την μονάδα. Επίσης θα υπήρχε μια ελαφρά βελτίωση του συντελεστή κατά 0,20-0,30 μονάδες εάν υπήρχε καλύτερη αξιοποίηση της ισχύος. Σύμφωνα με τον Leach (1976) τα ζαχαροτεύτλα παρουσιάζουν ένα υψηλό συντελεστή ενεργειακής αποδοτικότητας (4,30) σε σχέση με άλλες καλλιέργειες γεγονός που οφείλεται στην υψηλή φωτοσυνθετική αποτελεσματικότητα των φυτών. Επιπλέον όμως για την Μ. Βρετανία όπου αναφέρεται ο Leach, η καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων είναι μη αρδευόμενη. Οι Chancellor *et al.* (1980) αναφέρουν ένα συντελεστή ενεργειακής αποδοτικότητας για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων στην Μ. Βρετανία ίσο με 1,14, συμπεριλαμβάνοντας όμως και την ενέργεια για την μεταφορά και την μεταποίηση. Όταν όμως τα “όρια” του συστήματος τίθενται στο επίπεδο του “αγρού” ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας υπολογίζεται, σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατίθενται, ίσος με 5,16. Κατά παρόμοιο τρόπο, σύμφωνα με στοιχεία των Chancellor *et al.* (1980) για μια αρδευόμενη καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων στην Καλιφόρνια ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας, όταν τα όρια τίθενται στον “αγρό” υπολογίζεται ίσος με 2,52. Για την Ελλάδα, ο Tsatsarelis (1992) υπολογίζει την ενεργειακή αποδοτικότητα για μια αρδευόμενη καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων, όπου το νερό αντλείται από ένα βάθος 80 m με έναν πετρελαιοκινητήρα, ίση με 1,42, λαμβάνοντας υπόψη ως εκροές το νωπό βάρος ριζών

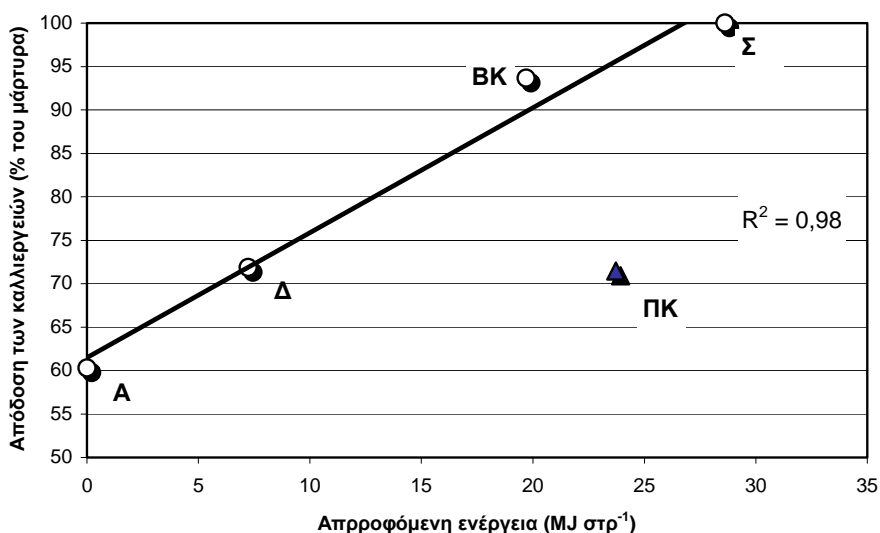
Για την καλλιέργεια του καλαμποκιού, ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας, λαμβάνοντας ως εκροές την θερμιδική αξία των σπόρων, διαπιστώνεται ότι ήταν ίσος με 2,20(2,22) για την συμβατική κατεργασία. Σύμφωνα με στοιχεία των Pimentel and Burgess (1980) ο μέσος συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας για μια αρδευόμενη καλλιέργεια καλαμποκιού στις Η.Π.Α. υπολογίζεται ίσος με 1,72 ενώ για μια μη αρδευόμενη καλλιέργεια είναι 3,23. Ο Leach (1976) υπολογίζει έναν συντελεστή ενεργειακής αποδοτικότητας για μια μη αρδευόμενη καλλιέργεια καλαμποκιού στην Μ. Βρετανία, ίσο με 2,34. Για την μέθοδο ΒΚ οι τιμές της ενεργειακής αποδοτικότητας ήταν 2,09(2,10) όταν γινόταν χρήση εδαφοσχίστη και 2,17(2,19) όταν γινόταν χρήση βαρύ καλλιεργητή. Για τις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας οι αντίστοιχες τιμές ήταν 1,49-1,50(1,50-1,51). Στους αριθμούς στην παρένθεση παρουσιάζεται η ενεργειακή αποδοτικότητα των συστημάτων εάν υπήρχε βέλτιστη αξιοποίηση της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα. Όπως διαπιστώνεται και πάλι η διαφοροποίηση είναι πολύ μικρή. Οι Borin *et al.* (1997) υπολογίζουν ότι η ενεργειακή αποδοτικότητα για το μη αρδευόμενο καλαμπόκι είναι ίση με 3,06 όταν για την κατεργασία του εδάφους εφαρμόζεται όργωμα, 2,89 όταν εφαρμόζεται μειωμένη κατεργασία με αναχώματα και 2,44 όταν εφαρμόζεται ακαλλιέργεια.

Τέλος, για το βαμβάκι, λαμβάνοντας υπόψη την θερμιδική αξία του σπόρου και της ίνας, ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας για την συμβατική κατεργασία,

κατά μέσο όρο για τα τρία έτη, ήταν ίσος με 1,00(1,01). Την ίδια τιμή είχε ο συντελεστής για την μέθοδο του ΒΚ όταν χρησιμοποιούταν βαρύς καλλιεργητής και ελαφρώς μικρότερη, 0,92(0,93) όταν χρησιμοποιούταν εδαφοσχίστης. Για τις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας οι αντίστοιχες τιμές ήταν 0,79(0,79) και 0,80(0,82). Όπως προκύπτει από τους αριθμούς στην παρένθεση, εάν η αξιοποίηση της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα ήταν βέλτιστη, θα υπήρχε μια ελαφρά βελτίωση της τάξεως των 0,10-0,20 μονάδων για τον συντελεστή. Ο Tsatsarelis (1991) υπολόγισε την ενεργειακή αποδοτικότητα σε μια αρδευόμενη από γεώτρηση καλλιέργεια βαμβακιού σε 0,67 λαμβάνοντας υπόψη ως εκροές τον σπόρο και την ίνα.

Ανάλογα ήταν τα αποτελέσματα για την ενεργειακή παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Στην συμβατική κατεργασία αυτή ήταν ίση με 0,95(0,96) kg/MJ για τα ζαχαρότευτλα (απόδοση σε νωπό βάρος ριζών), 122,3(123,3) g/MJ για το καλαμπόκι (απόδοση σε σπόρο υγρασίας 15,5%) και 58,67(59,54) g/MJ για το βαμβάκι (απόδοση σε σύσπορο). Στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή η ενεργειακή παραγωγικότητα των καλλιεργειών ήταν μειωμένη κατά 2,7-4,2%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού μειωμένη κατά 21,2-31,7% και στην μέθοδο της δισκοσβάρνας μειωμένη κατά 19,5-32,1%. Η μεγαλύτερη μείωση σημειώθηκε στην καλλιέργεια του καλαμποκιού και η μικρότερη στο βαμβάκι. Το γεγονός αυτό σχετίζεται με ανάλογες διαφορές στις αποδόσεις.

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, η πλέον ενεργειακά συμφέρουσα αποδεικνύεται η μέθοδος της συμβατικής κατεργασίας διότι επιστρέφει μεγαλύτερες εκροές ενέργειας και υψηλότερη παραγωγή ανά μονάδα αποδιδόμενης ενέργειας. Σαν εναλλακτική πρόταση μπορεί να συστηθεί η εφαρμογή της μεθόδου ΒΚ με την χρήση βαρύ καλλιεργητή διότι οι συντελεστές της ενεργειακής αποδοτικότητας και παραγωγικότητας είναι ελάχιστα μικρότεροι από αυτούς που υπολογίζεται για την συμβατική κατεργασία.



Σχήμα 6.1. Συσχέτιση μεταξύ της πραγματικά απορροφόμενης ενέργειας από τα μηχανήματα για την κατεργασία του εδάφους σε κάθε μια από τις πέντε μεθόδους κατεργασίας και της μέσης απόδοσης των τριών καλλιεργειών (εκφρασμένης ως % της απόδοσης στον μάρτυρα) για τα τρία έτη του πειράματος.

Στο σχήμα 6.1. παριστάνεται η σχέση μεταξύ της πραγματικά απορροφώμενης ενέργειας από τα μηχανήματα για την κατεργασία του εδάφους σε κάθε μια από τις πέντε μεθόδους κατεργασίας και της μέσης απόδοσης των τριών καλλιεργειών (εκφρασμένης ως % της απόδοσης στον μάρτυρα) για τα τρία έτη του πειράματος. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί όσο αυξάνει η ενέργεια που καταναλώνεται για την κατεργασία του εδάφους, τόσο αυξάνει και η απόδοση των καλλιεργειών ($r^2 = 0.98$). Εξαιρέση αποτελεί η μέθοδος του περιστροφικού σκαπτικού όπου η εντατικότητα χρήσης της ενέργειας ανά μονάδα κατεργαζόμενης επιφάνειας ήταν ιδιαίτερα υψηλή (σχήμα 6.1.5) εξαιτίας της υψηλής συχνότητας περιστροφής των σκαπτικών εργαλείων. Όπως διαπιστώθηκε και στο σχήμα 3.2.16 η ενέργεια που καταναλώνεται για την κατεργασία του εδάφους ήταν ανάλογη με την χαλάρωση που προκαλούταν στο έδαφος (αντιστρόφως ανάλογη με την αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση). Από το σχήμα 3.5.1 διαπιστώνεται επίσης ότι η αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση ήταν αντιστρόφως ανάλογη με την απόδοση των καλλιεργειών. Κατά συνέπεια μια υψηλή συσχέτιση της ενέργειας για την κατεργασία του εδάφους και της απόδοσης των καλλιεργειών ήταν αναμενόμενη.

Για τις καλλιέργειες του καλαμποκιού και του βαμβακιού, η συμβατική μέθοδος της κατεργασίας του εδάφους ευθύνεται για το 72,8-76,0% (76,9-77,1%) περίπου του συνολικού πετρελαίου που καταναλώνεται σε μια πλήρη καλλιεργητική περίοδο στον αγρό, ενώ για την καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων, το ποσοστό αυτό ήταν 48,9%(48,0%). Με την μέθοδο (BK) με χρήση βαρύ καλλιεργητή προέκυψε μια εξοικονόμηση πετρελαίου 3(2,5) ℓ /στρ ετησίως ενώ με την χρήση εδαφοσχίστη η εξοικονόμηση ήταν 1,3(1,1) ℓ /στρ. Με την μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού υπήρχε μια εξοικονόμηση πετρελαίου 3,7(3,1) ℓ /στρ, με την μέθοδο της δισκοσβάρνας 4,9(4,8) ℓ /στρ και με την μέθοδο της ακαλλιέργειας 7,2(6,3) ℓ /στρ ετησίως. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, η κατανάλωση καυσίμου στην μέθοδο BK με βαρύ καλλιεργητή ήταν μειωμένη κατά 19,3-31%, στην μέθοδο BK με εδαφοσχίστη μειωμένη κατά 8,2-13,2%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού μειωμένη κατά 24,6-38,2%, στην μέθοδο της δισκοσβάρνας μειωμένη κατά 32,5-50,5% και τέλος στην μέθοδο της ακαλλιέργειας μειωμένη κατά 48,2-74,9%. Ελαφρώς μικρότερη (κατά 1-2%) θα ήταν η εξοικονόμηση καυσίμου με τις μεθόδους BK και ΠΚ αν στην συμβατική κατεργασία είχε αξιοποιηθεί μεγαλύτερο ποσοστό της ισχύος του ελκυστήρα και σημαντικά μεγαλύτερη κατά 3-9% στην μέθοδο Δ αν είχε χρησιμοποιηθεί μικρότερος γεωργικός ελκυστήρας. Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση πετρελαίου σημειώθηκε στις καλλιέργειες του καλαμποκιού και του βαμβακιού και η μικρότερη στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων όπου υπήρχε αυξημένη κατανάλωση πετρελαίου στο στάδιο της συγκομιδής και γι' αυτό το μερίδιο που αντιστοιχούσε στην κατεργασία του εδάφους ήταν μικρό. Οι Franzluebbbers and Francis (1995) αναφέρουν ότι η κατανάλωση πετρελαίου σε μια καλλιέργεια καλαμποκιού ήταν κατά 50% μειωμένη όταν αντί για συμβατική κατεργασία εφαρμόζεται ακαλλιέργεια. Για το επίσπορο καλαμπόκι, οι Λιθουργίδης και Τσατσαρέλης (2003) διαπίστωσαν εξοικονόμηση καυσίμου της τάξης του 6,2-11,3% κατά την απ' ευθείας σπορά σε σχέση με την συμβατική μέθοδο εγκατάστασης της καλλιέργειας.

Στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων, σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, η εντατικότητα της χρήσης του καυσίμου (σε ml/kg), ήταν μικρότερη κατά 10,0% στη μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή και κατά 15,0% στην μέθοδο της δισκοσβάρνας. Για την μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού όμως η εντατικότητα της χρήσης του καυσίμου ήταν υψηλότερη κατά 2,7%. Για τις άλλες δύο καλλιέργειες η εντατικότητα της χρήσης του καυσίμου ήταν μικρότερη σε όλες τις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας. Για το καλαμπόκι κατά 7,5% μικρότερη στην μέθοδο του

περιστροφικού σκαπτικού, κατά 20,6% μικρότερη στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή και κατά 24,9% μικρότερη στην μέθοδο της δισκοσβάρνας. Επίσης για την καλλιέργεια του βαμβακιού, η εντατικότητα της χρήσης του καυσίμου ήταν κατά 17,2% μικρότερη στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού, 20,6% μικρότερη στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή και 45,0% μικρότερη στην μέθοδο της δισκοσβάρνας.

Τα ζαχαρότευτλα σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας για το 2001 (Μηνιαίο Στατιστικό Δελτίο, Ιανουάριος 2003) καλλιεργούνται σε συνολική έκταση 442.000 στρεμμάτων. Λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση καυσίμου κατά την πλήρη αξιοποίηση της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα, η αντικατάσταση της συμβατικής κατεργασίας με την μέθοδο (BK) με χρήση βαρύ καλλιεργητή θα μπορούσε να επιφέρει μια εξοικονόμηση πετρελαίου της τάξης των 1.244 τόνων ετησίως ενώ με χρήση εδαφοσχίστη η εξοικονόμηση είναι της τάξης των 526 τόνων ετησίως. Η εφαρμογή δισκοσβάρνας θα μπορούσε να επιφέρει μια εξοικονόμηση της τάξης των 2.352 τόνων πετρελαίου ετησίως ενώ η εφαρμογή ακαλλιέργειας εξοικονόμηση της τάξης των 3.113 τόνων πετρελαίου ετησίως. Μη συμφέρουσα είναι η μέθοδος του περιστροφικού σκαπτικού όπου η εντατικότητα της χρήσης του καυσίμου, ήταν υψηλότερη από τη συμβατική κατεργασία.

Το καλαμπόκι σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας για το 2001 καλλιεργείται σε συνολική έκταση 2.067.000 στρεμμάτων. Με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας με την μέθοδο (BK) υπάρχει δυνατότητα εξοικονόμησης 5.245 τόνων πετρελαίου ετησίως όταν χρησιμοποιείται βαρύς καλλιεργητής και 2.184 τόνων ετησίως όταν χρησιμοποιείται εδαφοσχίστης. Με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας με περιστροφικό καλλιεργητή η εξοικονόμηση ανέρχεται στους 6.300 τόνους πετρελαίου ετησίως, με την μέθοδο της δισκοσβάρνας 9.865 τόνων ετησίως ενώ με την μέθοδο της ακαλλιέργειας στους 13.060 τόνους ετησίως.

Τέλος, η καλλιέργεια του βαμβακιού σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας το 2001 καταλάμβανε έκταση 4.031.000 στρεμμάτων. Με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας (BK) με βαρύ καλλιεργητή θα μπορούσε να προκύψει μια εξοικονόμηση πετρελαίου της τάξης των 10.387 τόνων ετησίως ενώ με εδαφοσχίστη η εξοικονόμηση ανέρχεται στους 4.290 τόνους ετησίως. Με την μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού η εξοικονόμηση καυσίμου είναι της τάξης των 12.442 τόνων ετησίως, με την μέθοδο της δισκοσβάρνας της τάξης των 19.482 τόνων ετησίως και με την μέθοδο της ακαλλιέργειας της τάξης των 25.791 τόνων ετησίως.

Εκτός από την άμεση εξοικονόμηση καυσίμου και ενέργειας, με την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους, είναι δυνατόν να προκύψει μια πολύ σημαντική έμμεση εξοικονόμηση ενέργειας. Η εξοικονόμηση αυτή σχετίζεται με την διατήρηση και την καλύτερη αξιοποίηση του εδαφικού νερού. Η άρδευση όπως διαπιστώθηκε αποτελεί ένα ιδιαίτερα ενεργοβόρο κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας. Από την άλλη πλευρά όμως, με την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας διαπιστώθηκε μια διατήρηση του εδαφικού νερού στα επιφανειακά 0-10 cm του εδάφους. Για παράδειγμα στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή, κατά την περίοδο Απριλίου - Μαΐου 1998, η μέση κατ όγκο υγρασία του εδάφους ήταν κατά 0,91% υψηλότερη από την μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας κατά 3,57% υψηλότερη, ενώ στην μέθοδο της ακαλλιέργειας κατά 5,26% υψηλότερη. Στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή υπήρχε στα επιφανειακά 10 cm του εδάφους 0,91 ℓ/m^2 περισσότερο νερό, στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας 3,57 ℓ/m^2 περισσότερο νερό και στην μέθοδο της ακαλλιέργειας 5,26 ℓ/m^2 περισσότερο νερό. Αν υποθεθεί ότι η ανάγκη άρδευσης ήταν για κάθε μέθοδο κατεργασίας αντίστοιχα μικρότερη, διαπιστώνεται ότι για ένα σύνολο 7 αρδεύσεων προκύπτει μια μείωση των

συνολικών απαιτήσεων σε νερό της τάξης των 7,3 mm για την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή, της τάξης των 28,5 mm για τις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας και της τάξης των 42,1 mm στην μέθοδο της ακαλλιέργειας. Η εξοικονόμηση ενέργειας στις περιπτώσεις αυτές είναι της τάξης των 102 MJ/στρ ετησίως για την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή, της τάξης των 339 MJ/στρ ετησίως για τις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας και της τάξης των 491 MJ/στρ για την μέθοδο της ακαλλιέργειας. Η εξοικονόμηση αυτή αποδεικνύεται πολύ πιο σημαντική ακόμη και από την εξοικονόμηση που προκύπτει μέσω του περιορισμού της χρήσης της ενέργειας κατά την κατεργασία του εδάφους. Οποσδήποτε όμως, για την εξαγωγή τεκμηριωμένων συμπερασμάτων απαιτείται η μελέτη της αλληλεπίδρασης διαφορετικών επιπέδων άρδευσης με τις διάφορες μεθόδους κατεργασίας μέσω της διαρκούς παρακολούθησης της υγρασίας σε όλο το βάθος της ριζόσφαιρας κάτι που ήταν εκτός αντικειμένου για την παρούσα εργασία.

Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας, κατά την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους είναι δυνατό να προκύψει και μια σημαντική εξοικονόμηση χρόνου για την πραγματοποίηση των εργασιών. Όπως αναφέρθηκε, η ανθρώπινη εργασία δεν συμπεριλήφθηκε στην κατάρτιση των ενεργειακών ισοζυγίων των καλλιεργειών. Με βάση την πραγματική στρεμματική απόδοση της κάθε εργασίας ωστόσο (από τους πίνακες 6.1.2 και 6.1.3) είναι δυνατό να εκτιμηθούν για τις τρεις καλλιέργειες οι εργατοώρες που απαιτούνται για την πραγματοποίηση των διαφόρων καλλιεργητικών εργασιών. Για το σκοπό αυτό λήφθηκαν υπόψη οι χρόνοι για μέγιστη αξιοποίηση της ισχύος του ελκυστήρα οι οποίοι προσεγγίζουν περισσότερο τις συνθήκες των παραγωγών.

Από τους υπολογισμούς αυτούς διαπιστώνεται ότι κατά το στάδιο που οριοθετείται από την έναρξη των εργασιών για την προετοιμασία του εδάφους μέχρι και την εγκατάσταση της καλλιέργειας, υπάρχει μια σημαντική εξοικονόμηση χρόνου για τις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους. Το στάδιο αυτό είναι και το πιο κρίσιμο καθώς πολλές φορές, λόγω αντίξωων καιρικών συνθηκών υπάρχει έντονη πίεση χρόνου για την έγκαιρη πραγματοποίηση των καλλιεργητικών εργασιών και η βελτίωση της αποδοτικότητας της εργασίας κατά την περίοδο αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική. Για την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή η εξοικονόμηση είναι της τάξης του 40-44%, για την μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού της τάξης του 41-45%, για την μέθοδο της δισκοσβάρνας της τάξης του 50-56% και τέλος για την μέθοδο της ακαλλιέργειας, της τάξης του 77-85%. Τα μικρότερα ποσοστά αντιστοιχούν στην καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων.

Αν υπολογιστεί ωστόσο το σύνολο των εργατοωρών που απαιτούνται σε μια πλήρη καλλιεργητική περίοδο διαπιστώνεται ότι η πιο πάνω κατάσταση ανατρέπεται. Αιτία για το γεγονός αυτό είναι ο αυξημένος χρόνος που απαιτούνταν για τα σκαλίσματα στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας όπου τα ζιζάνια ήταν αυξημένα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την μικρή αποδοτικότητα της ανθρώπινης εργασίας οδήγησαν σε σημαντική αύξηση της χρήσης της ανθρώπινης εργασίας στα συστήματα μειωμένης κατεργασίας. Οποσδήποτε όμως, η αύξηση αυτή αναμένεται να είναι μικρότερη αν για τα σκαλίσματα χρησιμοποιηθεί μηχανικό σκαλιστήρι κάτι που δεν ήταν εφικτό στο εν λόγω πείραμα εξαιτίας του μικρού μεγέθους των πειραματικών τεμαχίων. Για τις συνθήκες του πειράματος λοιπόν, στο σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου, οι συνολικές ανάγκες σε εργατοώρες για την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή, ήταν κατά 2,6-2,9% αυξημένες σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού αυξημένες κατά 24-27%, στην μέθοδο της δισκοσβάρνας αυξημένες κατά 29-32% και στην μέθοδο της ακαλλιέργειας, αυξημένες κατά 64-72%.

7. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης ήταν η σύγκριση πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους (συμβατική κατεργασία με όργωμα [Σ], κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή (BK), κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα [ΠΣ], κατεργασία με δισκοσβάρνα [Δ] και ακαλλιέργεια [Α]) σε συνδυασμό με την αμειψισπορά ανοιξιάτικων καλλιεργειών (ζαχαροτεύλων, καλαμποκιού και βαμβακιού) σε πραγματικές συνθήκες καλλιέργειας. Μελετήθηκε η επίδραση των παραπάνω παραγόντων στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, στην εξάπλωση των ζιζανίων και στην ανάπτυξη και την παραγωγή των καλλιεργειών. Επιπλέον μελετήθηκε η κατανάλωση ενέργειας και η αποτελεσματικότητα της χρήσης αυτής.

Έδαφος

Η εισαγωγή διαφορετικών μεθόδων κατεργασίας επέφερε μια σημαντική μεταβολή στις φυσικές ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Με τον περιορισμό του βάθους και της εντατικότητας της κατεργασίας προέκυψε μια αύξηση της συμπίκνωσης του εδάφους. Το έδαφος στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας παρουσίαζε αυξημένη ξηρή φαινομενική πυκνότητα, αυξημένη αντίσταση στην διείσδυση και αυξημένη αντοχή στην διάτμηση. Οι υψηλότερες τιμές διαπιστώθηκαν για την ακαλλιέργεια και ακολουθούσαν οι μέθοδοι της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού σκαπτικού ενώ ο βαρύς καλλιεργητής προκαλούσε χαλάρωση του εδάφους η οποία προσέγγιζε την χαλάρωση που προκαλούσε το άροτρο στην συμβατική κατεργασία. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι σύμφωνα με τα περισσότερα δεδομένα της βιβλιογραφίας η αύξηση της συμπίκνωσης του εδάφους είναι αναμενόμενη κατά τα πρώτα έτη της εφαρμογής μεθόδων μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας. Η βελτίωση της δομής του εδάφους και η ελάττωση της συμπίκνωσης αναμένεται να εμφανισθεί συνήθως μετά την πάροδο δέκα ετών από την εφαρμογή των μεθόδων. Το παρόν πείραμα ξεκίνησε το 1997 και συνεχίζεται στους ίδιους αγρούς με τις ίδιες μεταχειρίσεις μέχρι και σήμερα (2004). Τα αποτελέσματα ωστόσο από τον 7^ο χρόνο και έπειτα δείχνουν μια ελάττωση της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας για την ακαλλιέργεια ($\mu.o. < 1,5 \text{ g/cm}^3$). Επίσης η αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση κυμαίνεται σε επίπεδα μικρότερα από τις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι έχει αρχίσει να διαφαίνεται μια βελτίωση της δομής του εδάφους για την μεταχείριση της ακαλλιέργειας η οποία οφείλεται στην αύξηση της οργανικής ουσίας (μέχρι και 1,5%, Gemtos et al., 2002) και ενδεχομένως στην ανάπτυξη ενός σταθερού δικτύου καναλιών από τις αποσυντιθέμενες ρίζες και από την δράση των ζωικών οργανισμών.

Το έδαφος στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας διατηρούσε επίσης ένα σημαντικό υψηλότερο ποσοστό υγρασίας στην περιοχή της σποροκλίνης. Η μη

αναστροφή του εδάφους είχε ως συνέπεια την παραμονή των φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους (ακαλλιέργεια) είτε την ελαφρά ενσωμάτωσή αυτών στην ανώτερη στρώση (βαρύς καλλιεργητής περιστροφικό σκαπτικό, δισκοσβάρνα). Τα φυτικά υπολείμματα περιόριζαν την εξάτμιση του νερού βοηθώντας την διατήρησή του στο έδαφος. Εξαίρεση ωστόσο αποτελούσε η ακαλλιέργεια κατά την περίοδο που υπήρχε έντονη προσβολή από ζιζάνια. Στην περίπτωση αυτή τα ζιζάνια καλύπτοντας την επιφάνεια του εδάφους περιόριζαν τις απώλειες από εξάτμιση και παράλληλα αντλώντας εδαφική υγρασία μέσω της διαδικασίας της διαπνοής οδηγούσαν στην μείωση των υδατικών αποθεμάτων. Έτσι, αντίθετα με ότι συνέβαινε όταν το έδαφος ήταν καλυμμένο μόνο με νεκρά φυτικά υπολείμματα, όταν υπήρχαν ζωντανά ζιζάνια, η υγρασία στην περιοχή της σποροκλίνης για την ακαλλιέργεια ήταν μικρότερη..

Αντίθετα με την υγρασία του εδάφους, η επίδραση από την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας στην μέση θερμοκρασία του εδάφους στην περιοχή της σποροκλίνης ήταν ελάχιστη. Φαίνεται ότι, για το ήπιο Μεσογειακό κλίμα της Ελλάδος με την έντονη ηλιοφάνεια, η εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας δεν οδηγεί σε σημαντική καθυστέρηση της θέρμανσης του εδάφους κάτι που αναφέρεται ότι συμβαίνει σε βορειότερες χώρες Αν και η μέση ημερήσια θερμοκρασία στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας ήταν μέχρι και 0,6 °C υψηλότερη σε σχέση με την ακαλλιέργεια, το γεγονός αυτό δεν είχε σημαντική επίδραση στον χρόνο που απαιτείται για την συμπλήρωση των απαραίτητων θερμομονάδων για το φύτρωμα των καλλιεργειών. Η μόνη επίδραση που διαπιστώθηκε ήταν μια ελάττωση της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας.

Η επίδραση των συστημάτων αμειψισποράς στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους ήταν μικρή. Μια διαπίστωση ήταν ότι η συμπύκνωση του εδάφους στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ήταν ελαφρώς υψηλότερη μετά από την καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων. Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι στην καλλιέργεια των τεύτλων, εξαιτίας της υψηλής εντατικότητας της μετακίνησης της μηχανής συγκομιδής μέσα στον αγρό και μάλιστα σε υγρό έδαφος προέκυψε συμπίεση και υποβάθμιση της δομής του εδάφους. Επίσης διαπιστώθηκε ότι τα φυτικά υπολείμματα του καλαμποκιού ασκούσαν μια πολύ μεγαλύτερη επίδραση στην διατήρηση της υγρασίας του εδάφους.

Ζιζάνια

Με την κατάργηση του οργώματος και της αναστροφής του εδάφους διαπιστώθηκε μια σταδιακή αύξηση του πληθυσμού των ζιζανίων. Το πρόβλημα ήταν μεγαλύτερο για την μέθοδο της ακαλλιέργειας. Αντίθετα στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή, αν και υπήρχε σημαντική επιβίωση ζιζανίων αμέσως μετά την πρωτογενή κατεργασία (εξαιτίας των μεγάλων αποστάσεων μεταξύ των υνιών) αυτά καταστρέφονταν με τις δευτερογενείς επεμβάσεις με αποτέλεσμα η μέθοδος κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου να παρουσιάζει την δεύτερη μικρότερη προσβολή από ζιζάνια μετά την συμβατική κατεργασία.

Ο συνδυασμός των πέντε μεθόδων κατεργασίας με διαφορετικά συστήματα αμειψισποράς δεν επέφερε τα αναμενόμενα οφέλη όσο αναφορά την διαχείριση των ζιζανίων. Μια πιθανή αιτία είναι ότι τα συστήματα αμειψισποράς που μελετήθηκαν περιελάμβαναν αποκλειστικά εαρινές καλλιέργειες (εκτός από το πρώτο έτος στον έναν από τους δύο πειραματικούς αγρούς όπου υπήρχε η αμειψισπορά “σιτάρι-βαμβάκι”). Στην τελευταία περίπτωση, φάνηκε ότι μπορεί να υπάρξει μια άμβλυνση του προβλήματος. Τα αποτελέσματα αυτά ωστόσο θα πρέπει να ληφθούν υπόψη με

επιφύλαξη καθότι προέρχονται από ένα μόνο έτος και για ένα μόνο αγρό. Η εφαρμογή αμειωσιπορών με καλαμπόκι φαίνεται ότι επίσης μπορεί να συμβάλει σε μια ελαφρά άμβλυνση του προβλήματος με τα ζιζάνια. Το καλαμπόκι ως προηγούμενη καλλιέργεια αφήνει ένα μεγάλο όγκο φυτικών υπολειμμάτων. Στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας όπου δεν γίνεται αναστροφή του εδάφους τα φυτικά υπολείμματα αφήνονται στην επιφάνεια του εδάφους όπου και παρεμποδίζουν το φύτεμα των ζιζανίων. Ακόμη όμως και ως τρέχουσα καλλιέργεια το καλαμπόκι, εξαιτίας του ταχύτερου ρυθμού ανάπτυξης, έδειξε να έχει την ικανότητα να ανταγωνίζεται αποτελεσματικότερα τα ζιζάνια. Αν στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας υπάρξει ικανοποιητικός έλεγχος μέχρι το κρίσιμο στάδιο της έναρξης της ταχείας βλαστικής ανάπτυξης, ο ανταγωνισμός από τα ζιζάνια αναμένεται να είναι μειωμένος. Προϋπόθεση γι' αυτό είναι να έχει επιτευχθεί ικανοποιητικός πληθυσμός κατά το φύτεμα της καλλιέργειας.

Καλλιέργειες

Από τα τρία έτη του πειράματος διαπιστώθηκε μια σημαντική επίδραση της κατεργασίας του εδάφους στο φύτεμα, την ανάπτυξη και την απόδοση των τριών καλλιεργειών. Με την μείωση του βάθους και της εντατικότητας της κατεργασίας υπήρχε και μια μείωση του ρυθμού ανάπτυξης και των τελικών αποδόσεων. Αυτό ίσχυε και για τα τρία έτη και τους δύο πειραματικούς αγρούς. Τα αποτελέσματα που αφορούν την εξέλιξη του φυτρώματος όμως παρουσίαζαν ασυνέχεια από έτος σε έτος και από αγρό σε αγρό. Τη χρονιά όπου κατά την περίοδο του φυτρώματος επικρατούσαν υγρές καιρικές συνθήκες, το φύτεμα φάνηκε να ευνοείται στην συμβατική μέθοδο κατεργασίας. Η χαλαρή επιφάνεια του εδάφους στην περίπτωση αυτή προφανώς βοηθούσε στην επίτευξη ενός ομοιόμορφου βάθους σποράς, στην καλύτερη επικάλυψη του σπόρου και πιθανώς διευκόλυνε την έξοδο του βλαστίδιου από το έδαφος. Αντίθετα, όταν κατά την περίοδο του φυτρώματος επικρατούσε ξηρασία, το φύτεμα ευνοήθηκε στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και του βαρύ καλλιεργητή όπου η υγρασία του εδάφους ήταν υψηλότερη. Η μέθοδος της ακαλλιέργειας αν και διατηρούσε την υψηλότερη εδαφική υγρασία γενικά παρουσίαζε το μικρότερο και το πιο ανομοιόμορφο φύτεμα. Στην περίπτωση αυτή, τα φυτικά υπολείμματα που παρέμεναν στην επιφάνεια του εδάφους δυσχέραιναν τους μηχανισμούς επικάλυψης του σπόρου της σπαρτικής Επιπλέον το ιδιαίτερα συνεκτικό έδαφος εμπόδιζε την διείσδυση των μηχανισμών διάνοιξης της αυλακίας της συμβατικής σπαρτικής. Κατά συνέπεια μεγάλο ποσοστό από τον σπόρο παρέμεινε ακάλυπτο μέσα σε μια ρηχή αυλακία και τελικά δεν φύτεωσε. Για την βελτίωση της αποτελεσματικότητας του φυτρώματος των καλλιεργειών η εισαγωγή και χρήση ειδικών σπαρτικών για ακαλλιέργεια κρίνεται απαραίτητη..

Η παρουσία ενός συνεκτικού και συμπυκνωμένου εδάφους στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας σε συνδυασμό με τον αυξημένο αριθμό των ζιζανίων είχε ως συνέπεια την ανάσχεση του ρυθμού ανάπτυξης των καλλιεργειών. Ακόμη και όταν στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας έχει προηγηθεί πρωιμότερο φύτεμα με συνέπεια η αρχική ανάπτυξη των φυτών να είναι καλύτερη, η ανάπτυξη αναχαιτίζεται όταν οι ρίζες φτάσουν στο κατώτερο όριο της κατεργασίας διότι δυσκολεύονται να διαπεράσουν το συνεκτικό υπέδαφος. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας οι ρίζες δυσκολεύονται να διεισδύσουν στο έδαφος από τα πρώτα κίονες στάδια κάτι που γίνεται αντιληπτό από την περιορισμένη βλαστική ανάπτυξη. Τα παραπάνω συμπεράσματα προέκυψαν από τις μετρήσεις της ανάπτυξης της ρίζας των ζαχαροτεύλων και εικάζεται ότι κάτι ανάλογο ενδεχομένως συμβαίνει με τις καλλιέργειες του καλαμποκιού και του βαμβακιού..

Ως συνέπεια της περιορισμένης ανάπτυξης, η απόδοση των καλλιεργειών στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ήταν επίσης περιορισμένη. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία η μείωση της απόδοσης στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή κυμαίνονταν από 4,7-6,6%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού από 23,6-34,7% και στην μέθοδο της δισκοσβάρνας από 22,7-34,2%. Εξαιτίας του μη αντιπροσωπευτικού φυτρώματος, η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από τις συγκρίσεις όσον αφορά την απόδοση των καλλιεργειών. Από τις τρεις καλλιέργειες, τις υψηλότερες απώλειες στην απόδοση παρουσίασε το καλαμπόκι. Αντίθετα με ότι συνέβαινε με τις άλλες δυο καλλιέργειες, η απόδοση του καλαμποκιού βρέθηκε σε άμεση συσχέτιση με τον πληθυσμό που επιτεύχθηκε κατά το φύτεμα. Στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους όπου το φύτεμα ήταν μειωμένο, η απόδοση ήταν επίσης μειωμένη.

Στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας διαπιστώθηκε επίσης για όλες τις καλλιέργειες μια οψίμηση της παραγωγής.

Ενέργεια

Από τα αποτελέσματα της ενεργειακής ανάλυσης διαπιστώθηκε ότι για τις αρδευόμενες αροτριάες καλλιέργειες της Ελλάδος η κατεργασία του εδάφους αποτελεί τον τρίτο με τέταρτο σημαντικότερο τομέα εισροής ενέργειας στην διαδικασία της παραγωγής. Ο κυριότερος τομέας είναι η άρδευση όπου, ανάλογα με την καλλιέργεια, μπορεί να χρησιμοποιείται 8-13 φορές περισσότερη ενέργεια σε σχέση με την κατεργασία του εδάφους και ακολουθεί η λίπανση για την οποία χρησιμοποιείται 4-7 φορές περισσότερη ενέργεια. Καθότι όμως η συμμετοχή της κατεργασίας του εδάφους στην διαμόρφωση των συνολικών ενεργειακών εισροών είναι μικρή (αποτελεί περίπου το 4,3-5,9% των συνολικών εισροών), τα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας από την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας είναι περιορισμένα. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία του εδάφους, η εξοικονόμηση ενέργειας για την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή ήταν της τάξης του 1,5-2% για την μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού της τάξης του 2,2-3%, για την μέθοδο της δισκοσβάρνας της τάξης του 2,9-3,9% και για την μέθοδο της ακαλλιέργειας της τάξης του 2-2,7%. Τα υψηλότερα ποσοστά εξοικονόμησης αφορούσαν την καλλιέργεια του βαμβακιού όπου οι συνολικές εισροές ενέργειας ήταν μικρότερες. Τα ποσοστά αυτά δεν μεταβάλλονταν σημαντικά αν οι συνθήκες του πειράματος επέτρεπαν αποτελεσματικότερη αξιοποίηση της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα.

Να σημειωθεί ωστόσο ότι η ενέργεια που εξοικονομείται αφορά άμεσες εισροές στον αγρό και παράγεται αποκλειστικά από το πετρέλαιο το οποίο αποτελεί μια μη ανανεώσιμη μορφή ενέργειας τα φυσικά αποθέματα της οποίας είναι περιορισμένα. Η κατεργασία του εδάφους ευθύνεται για το 49-76% του συνολικού πετρελαίου που καταναλώνεται στο χωράφι (η συνολική κατανάλωση πετρελαίου σε μια πλήρη καλλιεργητική περίοδο με την συμβατική μέθοδο κατεργασίας ανέρχεται περίπου στα 9,6-10,1 l/στρ για τις καλλιέργειες του βαμβακιού και του καλαμποκιού και στα 15 l/στρ για τα ζαχαρότευτλα). Με την μείωση της εντατικότητας της κατεργασίας είναι δυνατόν να προκύψει σημαντική εξοικονόμηση πετρελαίου. Με την μέθοδο (BK) μπορεί να προκύψει μια εξοικονόμηση της τάξης των 3 l/στρ και 1,3 l/στρ (για χρήση βαρύ καλλιεργητή και εδαφοσχίστη αντίστοιχα), στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού της τάξης των 3,7 l/στρ με την μέθοδο της δισκοσβάρνας της τάξης των 4,9 l/στρ και με την μέθοδο της ακαλλιέργειας της τάξης των 7,2 l/στρ ετησίως. Μια σχετική ανεξάρτητη επομένως της γεωργικής παραγωγής από τις διακυμάνσεις των τιμών της αγοράς του πετρελαίου θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στην σταθεροποίηση του εισοδήματος των παραγωγών.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα τρία έτη του πειράματος διαπιστώθηκε μια μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών για όλες τις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία η μείωση της απόδοσης στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή κυμαίνονταν από 4,7-6,6%, στην μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού από 23,6-34,7% και στην μέθοδο της δισκοσβάρνας από 22,7-34,2%. Στην μέθοδο της ακαλλιέργειας υπήρχε μια μείωση των αποδόσεων της τάξεως του 33-50% η οποία ωστόσο κατά κύριο λόγο οφείλονταν στο μη αποτελεσματικό φύτευμα διότι για την σπορά χρησιμοποιήθηκε μια κοινή σπαρτική γραμμικών καλλιεργειών. Από τις τρεις καλλιέργειες, τις υψηλότερες απώλειες στην απόδοση παρουσίασε το καλαμπόκι.

Εκτός από το μειωμένο φύτευμα, άλλες αιτίες που προκάλεσαν την μείωση των αποδόσεων στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ήταν: 1) η αυξημένη συμπύκνωση του εδάφους (στο πείραμα έγινε προσπάθεια προσομοίωσης των πραγματικών συνθηκών αγρού με αποτέλεσμα να υπάρχει σημαντική συμπίεση από την μετακίνηση των γεωργικών μηχανημάτων) και 2) ο υψηλός ανταγωνισμός από τα ζιζάνια.

Ο συνδυασμός των μεθόδων κατεργασίας με διαφορετικά συστήματα αμειψισποράς δεν επέφερε τα επιθυμητά οφέλη όσον αναφορά τον έλεγχο των ζιζανίων διότι τα συστήματα αμειψισποράς περιελάμβαναν εαρινές καλλιέργειες. Ωστόσο όταν στο σύστημα της αμειψισποράς παρεμβάλλονταν καλαμπόκι διαπιστώθηκε μια μικρή μείωση των ζιζανίων που οφείλονταν στην μεγαλύτερη ικανότητα της καλλιέργειας να ανταγωνίζεται τα ζιζάνια και στην δυσμενή επίδραση που είχαν στο φύτευμα των σπόρων τα φυτικά υπολείμματα.

Το έδαφος στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας παρουσίαζε ένα αυξημένο επίπεδο υγρασίας στην περιοχή της σποροκλίνης. Το γεγονός αυτό επιτάχυνε την έναρξη του φυτρώματος των καλλιεργειών σε περιόδους όπου μετά την σπορά δεν σημειώθηκε βροχόπτωση. Εξαιρέση αποτελούσε η μέθοδος της ακαλλιέργειας στην οποία όταν υπήρχαν πολλά ζιζάνια, η υγρασία του εδάφους ήταν περιορισμένη διότι προφανώς αυτά αντλούσαν το εδαφικό νερό με την λειτουργία της διαπνοής.

Η εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας δεν είχε επίδραση στην μέση θερμοκρασία του εδάφους στην περιοχή της σποροκλίνης. Η μόνη επίδραση που διαπιστώθηκε ήταν μια ελάττωση του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας. Αντίθετα με ότι αναφέρεται σε βορειότερες χώρες, φαίνεται ότι για το Μεσογειακό κλίμα της Ελλάδος, η εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας δεν οδηγεί σε σημαντική καθυστέρηση της θέρμανσης του εδάφους.

Από την κατάρτιση ενεργειακών ισοζυγίων διαπιστώθηκε ότι τα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας με την μείωση της εντατικότητας της κατεργασίας του εδάφους είναι περιορισμένα. Για τις τρεις καλλιέργειες που περιλαμβάνονταν στα συστήματα αμειψισποράς, η κατεργασία του εδάφους αντιπροσώπευε μόνο το 5-6% των συνολικών ενεργειακών εισροών κατά το στάδιο της παραγωγής. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών που διαπιστώθηκε στα συστήματα μειωμένης κατεργασίας οδήγησε στην μείωση των

συντελεστών της ενεργειακής παραγωγικότητας και της ενεργειακής αποδοτικότητας των συστημάτων.

Ωστόσο με την μείωση της εντατικότητας της κατεργασίας προέκυψε μια σημαντική εξοικονόμηση του πετρελαίου που καταναλώνονταν άμεσα στο χωράφι διότι η κατεργασία του εδάφους ευθύνονταν για το 49-76% της άμεσης κατανάλωσης πετρελαίου στον αγρό. Μια σχετική ανεξάρτηση της γεωργικής παραγωγής από τις διακυμάνσεις των τιμών της αγοράς του πετρελαίου θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στην σταθεροποίηση του εισοδήματος των παραγωγών.

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι η πλέον προσοδοφόρος μέθοδος για την διαχείριση του εδάφους ήταν η συμβατική κατεργασία. Από τις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας που δοκιμάστηκαν, η πλέον βιώσιμη εναλλακτική πρόταση για την υποκατάσταση του αρότρου στην Ελληνική γεωργία ήταν η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή. Στην μέθοδο αυτή σημειώθηκε η μικρότερη μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών και μια μικρή ελάττωση των συντελεστών ενεργειακής παραγωγικότητας και ενεργειακής αποδοτικότητας. Τα παραπάνω στοιχεία σε συνδυασμό με τη δυνατότητα αειφορικής διαχείρισης του εδάφους καθιστούν την μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή ως μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική μέθοδο για την διαχείριση των εδαφών στα πλαίσια της τήρησης των κανόνων της Ορθής Γεωργικής Πρακτικής.

9. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Τα αποτελέσματα των τριών ετών του πειράματος αναδεικνύουν τις βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις από την μετάβαση σε μεθόδους μειωμένης κατεργασίας. Η διεθνής βιβλιογραφία ωστόσο αναφέρει ότι τα πραγματικά οφέλη από την μείωση της εντατικότητας της κατεργασίας του εδάφους αναδεικνύονται σε μακροχρόνιο διάστημα (πολλές φορές μετά από 10 έτη). Τα οφέλη αυτά σχετίζονται με την σταδιακή βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους η οποία οδηγεί στην βελτίωση των αποδόσεων των καλλιεργειών. Για το λόγο αυτό προτείνεται η συνέχιση της έρευνας ώστε να αναδειχθούν τυχόν μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες ωφέλειες από την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας. Επίσης προτείνεται η μέτρηση και άλλων παραμέτρων όπως είναι η οργανική ουσία του εδάφους, η εδαφική υγρασία σε μεγαλύτερα βάθη, η δραστηριότητα των γαιοσκωλήκων, η μελέτη του τρόπου ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών κ.α. Το παρόν πείραμα συνεχίζεται για 8^ο έτος και τα τελευταία έτη έχουν επιπλέον μετρηθεί η οργανική ουσία του εδάφους, η ξηρή φαινομενική πυκνότητα και η υγρασία του εδάφους σε βάθος μέχρι 20 cm, η σύνθεση της χλωρίδας των ζιζανίων (πληθυσμοί, βιομάζα ανά είδος ζιζανίου).

Η μη κατεργασία του εδάφους ή η κατεργασία αυτού σε περιορισμένο βάθος οδήγησε στην σταδιακή αύξηση της συμπίκνωσης του εδάφους με δυσμενείς επιπτώσεις στην ανάπτυξη και την αποδοτικότητα των καλλιεργειών. Στα πλαίσια της επανόρθωσης της συμπίκνωσης ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη των επιπτώσεων από την εφαρμογή βαθιάς κατεργασίας σε περιοδικά διαστήματα κατά εφαρμογή συστημάτων μειωμένης κατεργασίας.

Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν με την παρούσα έρευνα αποδεικνύεται ότι η κατεργασία του εδάφους σε ένα βάθος τουλάχιστον 20-25 cm είναι απαραίτητη για την επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων. Ενδιαφέρον επομένως παρουσιάζει η δοκιμή και άλλων μηχανημάτων βαθιάς κατεργασίας του εδάφους όπως εδαφοσχίστες και καλλιεργητές με διαφορετική διάταξη υνιών.

Μία από τις βασικές αιτίες της μείωσης των αποδόσεων των καλλιεργειών στην ακαλλιέργεια ήταν το μειωμένο φύτρωμα. Το γεγονός αυτό οφείλονταν στο ότι για την σπορά χρησιμοποιήθηκε συμβατική σπαρτική. Η εφαρμογή της μεθόδου με την χρήση ειδικών σπαρτικών μηχανών για ακαλλιέργεια είναι πιθανόν να αλλάζει την κατάσταση.

Όπως φαίνεται από την βιβλιογραφία, ένα από τα σημαντικότερα οφέλη που προκύπτουν με την μείωση της εντατικότητας της κατεργασίας του εδάφους και την διατήρηση εδαφοκάλυψης στην επιφάνεια αυτού, είναι ο περιορισμός της διάβρωσης. Η παρούσα μελέτη αφορούσε την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας σε επίπεδη έκταση όπου η διάβρωση ήταν μηδαμινή. Δεδομένου όμως ότι ένα μεγάλο ποσοστό των γεωργικών εκτάσεων στην χώρα μας βρίσκεται σε επικλινείς περιοχές, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η εφαρμογή ανάλογων συστημάτων σε επικλινείς εκτάσεις και η μελέτη της μετακίνησης του εδάφους υπό την επίδραση των σταγόνων της βροχής και της άρδευσης.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που προέκυψαν με την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους ήταν μια ραγδαία εξάπλωση των ζιζανίων. Αιτία ήταν το γεγονός ότι τα συστήματα αμειψισποράς που μελετήθηκαν περιελάμβαναν εαρινές καλλιέργειες. Για το λόγο αυτό και παρά το γεγονός ότι οι χειμερινές καλλιέργειες σε ετήσια βάση είναι πολύ λιγότερο προσοδοφόρες, είναι ενδιαφέρουσα η μελέτη της δυνατότητας ελέγχου των ζιζανίων μέσω της παρεμβολής χειμερινών και πολυετών χορτοδοτικών καλλιεργειών στα συστήματα της αμειψισποράς και η διερεύνηση τυχόν άλλων ωφελειών (π.χ. εξοικονόμηση αρδευτικού νερού, περιορισμός της διάβρωσης και της ρύπανσης του υπεδάφους, περιορισμένο μακροπρόθεσμο κόστος παραγωγής κ.λ.π). Επίσης ενδιαφέρουσα θα ήταν η παρεμβολή καλλιεργειών φυτοκάλυψης κατά την χειμερινή περίοδο με σκοπό τον έλεγχο των ζιζανίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Acharya, C.L., Kapur, O.C. and Dixit, S.P. (1998). **Moisture conservation for rainfed wheat production with alternative mulches and conservation tillage in the hills of north-west India**, *Soil and Tillage Research*, Volume 46, Issues 3-4, 2 Pages 153-163
- Alakukku, L. (1996a). Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. **I. Short-term effects on the properties of clay and organic soils**. *Soil and Tillage Research* 37, pp 211-222.
- Alakukku, L. (1996b) Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. **II. Long-term effects on the properties of fine textured and organic soils**. *Soil and Tillage Research* 37, pp 223-238.
- Amemiya M. (1977). **Conservation tillage in the western Corn Belt**. *Journal of soil and water conservation*. Vol 32.. pp 29-36.
- Arvidsson, J. and Hakansson, I. (1996). **Do effects of soil compaction persist after ploughing?** Results from 21 long-term experiments in Sweden. *Soil and Tillage Research*. 39. pp. 175-197.
- ASAE Standard D241.4 (2002). **Density, Specific gravity, and Mass-Moisture relationships of grain for storage**. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph Michigan.
- ASAE 2002 Standard D497.4. **Agricultural machinery management data**. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph Michigan.
- ASAE 2002 Standard EP496.2. **Agricultural machinery management** American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph Michigan.
- ASAE 2002 Standard S313.2. **Soil Cone penetrometer**. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph Michigan.
- ASAE 2002 Standard S352.2. **Moisture measurement - Underground grain and seeds**. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph Michigan.
- ASAE 2002 Standard S358.2. **Moisture measurement – Forages**. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph Michigan
- ASAE 2002 Standard EP 291.2. **Terminology and definitions for soil tillage and soil tool relationships**. *American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph Michigan.
- Arshad, M.A. Franzluebbers, A.J. and Azooz, R.H. (1999). **Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada**, *Soil and Tillage Research*, Volume 53, Issue 1, Pages 41-47
- Azooz, R.H., Lowery, B. and Daniel, T.C. (1995). **Tillage and residue management influence on corn growth**, *Soil and Tillage Research*, Volume 33, Issues 3-4, Pages 215-227
- Ball-Coelho, B.R., Roy, R.C. and Swanton, C.J. (1998). **Tillage alters corn root distribution in coarse-textured soil**, *Soil and Tillage Research*, Volume 45, Issues 3-4, 18, Pages 237-249
- Bas, H.G. (1971). Introduction to engineering measurements. *McGraw-Hill. International Book Company*.

- Basic, F. Kisic, I. Butorac, A. Nestroy, O. and Mesic, M. (2001). **Runoff and soil loss under different tillage methods on Stagnic Luvisols in central Croatia**, *Soil and Tillage Research, Volume 62, Issues 3-4, Pages 145-151*
- Bennie, A. (1996). **Growth and mechanical impedance**. In Waisel, Y., Eshel, A. and Kafkafi, U. (editors), *Plant Roots, The Hidden Half*. 2nd edn. Marcel Decker, Inc. New York. pp. 453-470.
- Berntsen, R. and Berre, B. (2002). **Soil fragmentation and the efficiency of tillage implements**, *Soil and Tillage Research, Volume 64, Issues 1-2, Pages 137-147*
- Bilalis, D., Efdimiadis, P. and Sidiras, N. (2001). **Effect of three tillage systems on weed flora in a 3-year rotation with four crops**. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186 p135-141
- Blaise, D. and Ravindran, C.D. (2003). **Influence of tillage and residue management on growth and yield of cotton grown on a vertisol over 5 years on a semi-arid region of India**. *Soil and tillage research*, 70 pp 163-173.
- Boizard, H., Richard, G. Roger-Estrade, J. Dürr, C. and Boiffin, J. (2002). **Cumulative effects of cropping systems on the structure of the tilled layer in northern France**, *Soil and Tillage Research, Volume 64, Issues 1-2, Pages 149-164*
- Borin, M., Menini, C. and Sartori, L. (1997). **Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy**, *Soil and Tillage Research, Volume 40, Issues 3-4, Pages 209-226*
- Borresen, T. (1999). **The effect of straw management and reduced tillage on soil properties and crop yields of spring-sown cereals on two loam soils in Norway**, *Soil and Tillage Research, Volume 51, Issues 1-2, July 1999, Pages 91-102*
- Boström, U. (1999). **Type and time of autumn tillage with and without herbicides at reduced rates in southern Sweden; 1. Yields and weed quantity**, *Soil and Tillage Research, Volume 50, Issues 3-4, Pages 271-281*
- Bowers W. (1992). Agricultural field equipment. In: R.C. Fluck (Editor), **Energy in Farm Production**. Energy in world agriculture, 6. Elsevier, Amsterdam, pp.117-129.
- Brown, A.D., Dexter, A.R., Charmen, W.C.T., and Spoor, G. (1996). **Effect of soil macroporosity and aggregate size on seed-soil contact**. *Soil and Tillage Research*. 38. pp.203-216.
- Brown, B.A., Hayes, R.M., Tyler, D.D. and Mueller, T.C. (1994). **Effect of tillage and cover crop on fluometuron absorption and degradation under controlled conditions**. *Weed Science*, 42. pp. 629-634.
- Brown, L.R. and Wolf, E.C. (1984). **Soil Erosion. Quiet crisis in the world economy**. *Worldwatch paper 60*. Worldwatch Institute, 1776 Massachusetts Avenue, N.W., Washington, DC 20036, pp. 49.
- Brown, S.M. and Whitwell, T. (1985). **Weed control programs for minimum-tillage cotton (*Gossypium hirsutum*)**. *Weed Science*, 33. pp 843-847.
- Brown, S.M., Chandler, J.M. and Morrison, J.E. (1987). **Weed Control in a conservation tillage rotation in the Texas blacklands**. *Weed Science*, 35. pp 695-699.
- Burke, W., Gabriels, D. and Bouma, J. (1986). **Soil Structure Assesment**. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands.
- Burmester, C.H., Patterson, M.G., Reeves, D.W. (1997). **Effect of tillage herbicide program and row spacing on cotton growth and yield in two conservation tillage systems**. *Proceedings of the 1997 Beltwide Cotton Confernces*. Memphis 1997, pp 626-628.
- Buschiazzo, D.E., Panigatti, J.L. and Unger, P.W. (1998). **Tillage effects on soil properties and crop production in the subhumid and semiarid Argentinean Pampas**, *Soil and Tillage Research, Volume 49, Issues 1-2, 17 Pages 105-116*

- Cantero-Martinez, C., O'Leary, G.J. and Connor, D.J. (1995). **Stubble retention and nitrogen fertilisation in a fallow-wheat rainfed cropping system. 1. Soil water and nitrogen conservation, crop growth and yield**, *Soil and Tillage Research, Volume 34, Issue 2, Pages 79-94*
- Cameira, M.R., Fernando, R.M. and Pereira, L.S. (2003). **Soil macropore dynamics affected by tillage and irrigation for a silty loam alluvial soil in southern Portugal**. *Soil and Tillage Research*, 70 pp 131-140.
- Campbell, R.B., Sojka R.E. and Karlen, D.L. (1982). **Residue management, cropping systems and an overview of no-till and conservation tillage research**. In the coastal plains. *Proceedings of 5th annual Southeastern no-till systems conference*, Florence 1982. 603-14.
- Campbell, C.A. McConkey, B.G. Zentner, R.P., Dyck, F.B., Selles, F. and Curtin, D. (1996a). **Carbon sequestration in a Brown Chernozem as affected by tillage and rotation**. *Canadian Journal of Soil Science*, 75: pp 449-458.
- Campbell, C.A. McConkey, B.G. Zentner, R.P., Selles, F. and Curtin, D. (1996b). **Tillage and crop rotation effects on soil organic C and N in a coarse-textured typic haploboroll** In southwestern Saskatchewan. *Soil and Tillage research*, 37 pp 3-14.
- Carter, M.R., Sanderson, J.B., Ivany, J.A. and White, R.P. (2002). **Influence of rotation and tillage on forage maize productivity, weed species, and soil quality of a fine sandy loam in the cool-humid climate of Atlantic Canada**. *Soil and Tillage Research*. 67 pp 85-98.
- Chamen, W.C.T., Cope, R.E., Longstaff, D.J., Patterson, D.E. and Richardson, C.D. (1996). **The energy efficiency of seedbed preparation following mouldboard ploughing**. *Soil and Tillage Research*, 39 pp 13-30.
- Chan, K.Y. (2001). **An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity - implications for functioning in soils**, *Soil and Tillage Research*, Volume 57, Issue 4, Pages 179-191.
- Chan, K.Y., Heenan, D.P. and Oates A. (2002). **Soil carbon fractions and relationship to soil quality under different tillage and stubble management**, *Soil and Tillage Research, Volume 63, Issues 3-4, 133-139*.
- Chancellor W. J. (1977). **Compaction of soil by agricultural equipment**. *University of California. Division of Agricultural sciences*. Bulletin 1881.
- Chancellor, W.J., Avlani, P.K., Cervinka V. and Alexander, J.T. (1980). **Energy requirements for sugar beet production and processing**. In: D. Pimentel (Editor), *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*, Boca Raton, FL: CRC Press. pp. 137-153.
- Clements, D.R. Weise, S.F., Brown, R. Stonehouse, D.P. Hume, D.J. and Swanton, C.J. (1995). **Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management systems**, *Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 52, Issues 2-3, Pages 119-128*
- Cochran, V.L., Elliot, L.F. and Papendick, R.I. (1977). **The production of phytotoxins from surface crop residue**. *Soil Science Society American Journal*, 41. p 903-908.
- Colbach, N., Estrade, J.R., Chauvel, B. and Caneill, J. (2000). **Modelling vertical and lateral seed bank movements during mouldboard ploughing**, *European Journal of Agronomy, Volume 13, Issues 2-3, July 2000, Pages 111-124*
- Cooke, D.A. and Scott, R.K. (1993). **The Sugar Beet Crop**. *Science into practice*. University Press, Cambridge, Britain.
- Danalatos, N. (1993) **Quantified analysis of selected land use systems in the Larissa region Greece**. Ph Thesis, Wageningen University.
- Dani Or and Ghezzehei, T.A. (2002) **Modeling post-tillage soil structural dynamics: a review**, *Soil and Tillage Research*, Volume 64, Issues 1-2, Pages 41-59

- Das, B.M. (1979). **Introduction to soil mechanics**. Iowa State University Press / Ames. pp 123-150.
- Deibert, E.J., Giles, J.F. and Enz, J. (1979). **Reduced tillage sugarbeet production**. *Sugarbeet Research and Extension Reports*, Vol 10, pp. 105-110.
- Deibert, E.J., Giles, J.F., Enz, J. and Lizotte, D. (1981). **Reduced tillage sugarbeet production**. *Sugarbeet Research and Extension Reports*. Vol 12 pp 123-27.
- DeMaria, I.C., Nnabude, P.C. and de Castro, O.M. (1999). **Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil**, *Soil and Tillage Research, Volume 51, Issues 1-2, Pages 71-79*
- Denton, H.P. and Tyler D.D. (1997). **Surface residue cover in West Tennessee no-till cotton fields**. *Proceedings of the 1997 Beltwide Cotton Conference. National Cotton Council of America*. pp 623-626.
- Dick W.A., McCoy E.L., Edwards W.M. & Lal R. (1991). **Continuous application of No-Tillage to Ohio Soils**. *Agronomy Journal* Vol 83, no 1 (p. 65-73).
- Doebelin, D.O. (1983). **Measurement systems. Application and design** 3d edn. *International student edition, McGraw-Hill. International Book Company*.
- Dragovic, S. (1982). **Effect of tillage depth, with and without subsoiling, and different levels of nitrogen fertilization and irrigation on the yield and quality of sugarbeet grown on the soils of heavy texture**. *Proceedings of the 9th Conference of the International Soil Tillage Research Organization*. Osijek 1982. pp 340-345.
- Duiker, S.W. and Lal, R. (1999). **Crop residue and tillage effects on carbon sequestration in a Luvisol in central Ohio**, *Soil and Tillage Research, Volume 52, Issues 1-2, p 73-81*
- Ekeberg, E. and Riley, H.C.F. (1997). **Tillage intensity effects on soil properties and crop yields in a long-term trial on morainic loam soil in southeast Norway**, *Soil and Tillage Research, Volume 42, Issue 4, Pages 277-293*
- Emmerling, C., Udelhoven, T. and Schröder, D. (2001). **Response of soil microbial biomass and activity to agricultural de-intensification over a 10 year period**, *Soil Biology and Biochemistry, Volume 33, Issue 15, 2001, Pages 2105-2114*.
- Evett, S.R. (2000). **Energy and water balances at soil-plant-atmosphere interfaces**. In Sumner, M.E (editor), *Handbook of soil science*. CRC Press, pp A129-A182.
- Faidley, J.W. (1992). **Energy and agriculture**. In: R.C. Fluck (Editor), *Energy in Farm Production*. Energy in world agriculture, 6. Elsevier, Amsterdam, pp.117-129.
- Ferreras, L.A., Costa, J.L., Garcia, F.G. and Pecorari, C. (2000). **Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampa" of Argentina**, *Soil and Tillage Research, Volume 54, Issues 1-2, Pages 31-39*
- Fluck, R.C. (1985). **Energy sequestered in repairs and maintenance of agricultural machinery**. *Trans. ASAE*, 28: 738-744.
- Fluck, C.R. (1992a). **Energy of human labor**. In: R.C. Fluck (Editor), *Energy in Farm Production*. Energy in world agriculture, 6. Elsevier, Amsterdam, pp.31-36.
- Fluck R.C. (1992b). **Energy of agricultural products**. In: R.C. Fluck (Editor), *Energy in Farm Production*. Energy in world agriculture, 6. Elsevier, Amsterdam, pp 39-43
- Fluck, R.C. (1992c). **Energy analysis for agricultural systems** In: R.C. Fluck (Editor), *Energy in Farm Production*. Energy in world agriculture, 6. Elsevier, Amsterdam, pp.45-51
- Fluck, R.C. (1992d). **Energy conservation in agricultural transportation** In: R.C. Fluck (Editor), *Energy in Farm Production*. Energy in world agriculture, 6. Elsevier, Amsterdam, pp.171-176.
- Franzluebbers, A.J. and Francis, C.A. (1995). **Energy output:input ratio of maize and sorghum management systems in eastern Nebraska**, *Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 53, Issue 3, May 1995, Pages 271-278*

- Franzuluebbbers, A.J. and Hons, F.M. (1996). **Soil-profile distribution of primary and secondary plant-available nutrients under conventional and no-tillage.** *Soil & Tillage Research* 39, pp 229-239.
- Galanopoulou – Sendouka, S., Kontsiotou, E., Gertsis, A. and Gemtos, T.A. (1998). **Effects of previous cultivation of sugarbeet on the subsequent cultivation of cotton.** *Proceedings world cotton research conference -2, Athens 1998*, p. 373-76.
- Gantzer, C.J. and Blake, G.R. (1978). **Physical characteristics of Le Sueur clay loam soil following no-till and conventional tillage.** *Agronomy Journal*. 70. pp 853-857.
- Gaynor, J.D., MacTavish, D.C., and Labaj, A.B. (1998). **Atrazine and metolachlor residues in brookston CL following conventional and conservation tillage culture,** *Chemosphere*, Volume 36, Issue 15, Pages 3199-3210
- Gemtos T.A. and Lellis Th. (1997). **Effects of soil compaction, water and organic matter contents on emergence and initial plant growth of cotton and sugar beet.** *Journal of Agricultural Engineering Research*. 66. pp.121-134.
- Gemtos, T.A., Galanopoulou, St., and Kavalaris, C. (1998). **Wheat establishment after cotton with minimal tillage.** *European Journal of Agronomy*. 8 (1998), pp 137-147.
- Gemtos, T.A. and Tsirikoglou, Th. (1999). **Harvesting of cotton residue for energy production. Biomass and Bioenergy**, 16. pp 51-59.
- Gemtos, T.A., Goulas, C. and Lellis, T. (2000). **Sugar beet genotype response to soil compaction stress.** *European Journal of Agronomy*, 12 (2000) pp. 201-209.
- Gemtos, T.A., Alexandrou, A. and Pateras, D. (2002). **Soil tillage, irrigation and fertilization effects in cotton crop.** *Applied Engineering in Agriculture* Vol 18(3): pp 269-76
- Gemtos, T.A., Cavalaris, C., Demis, VI, Pateras, D. and Tsidari. Chr. (2002). **Effect of changing tillage practices after four years of continuous reduced tillage.** *ASAE Annual International Meeting / CIGR World Congress*. July 2002, Chicago Paper No 021135.
- Ghersa, C.M. and Martínez-Ghersa, M.A. (2000). **Ecological correlates of weed seed size and persistence in the soil under different tilling systems: implications for weed management,** *Field Crops Research, Volume 67, Issue 2, 1 July 2000, Pages 141-148*
- Gill, K.S. and M. A. Arshad, M.A. (1995). **Weed flora in the early growth period of spring crops under conventional, reduced, and zero tillage systems on a clay soil in northern Alberta, Canada,** *Soil and Tillage Research, Volume 33, Issue 1, Pages 65-79*
- Gill, K.S., Gajri, P.R., Chaudhary, M.R. and Baldev Singh (1996). **Tillage, mulch and irrigation effects on corn (*Zea mays* L.) in relation to evaporative demand,** *Soil and Tillage Research, Volume 39, Issues 3-4, 30 Pages 213-227*
- Giles, J. F., Cattanach, A.W., Cattanach, N.R. (1995). **Effect of seedbed moisture management on sugar beet stand establishment, yield and quality.** *Proceedings of the 58th Winter Congress of the International Institution of Sugar Beet* pp.521-522.
- Girma, T. (1998). **Effect of cultivation on physical and chemical properties of a vertisol in Middle Awash Valley, Ethiopia.** *Community of Soil Scientific Plant Analysis*, 29(5&6), pp 587-598.
- Gomez, E., Ferreras, L., Toresani, S., Ausilio, A. and Bisaro, V. (2001). **Changes in some soil properties in a Vertic Argiudoll under short-term conservation tillage,** *Soil and Tillage Research, Volume 61, Issues 3-4, Pages 179-186*
- Govindasamy, R. Cochran, M.J. McClelland, M. and Frans, R. (1994). **Economics of alternative tillage prtices in Arkansas.** *Proceedings of the 1994 Cotton Research Meeting*. pp191-93.
- Grant, R.F., Izaurralde, R.C. and Chanasyk, D.S. (1995). **Soil temperature under different surface managements: testing a simulation model,** *Agricultural and Forest Meteorology, Volume 73, Issues 1-2, Pages 89-113*

- Grant, R.F. (1997). **Changes in soil organic matter under different tillage and rotation: Mathematical modeling in ecosys.** *Soil Science Society American Journal*. 61, 1159-1175.
- Gregory, P.J. (1988a). **Growth and functioning of plant roots.** In: (Alan Wild, Editor) *Russell's Soil Conditions and Plant Growth*. 11th edn. Longman Group UK Limited pp. 113-67.
- Griffith D.R, Mannering, J.V, Moldenhauer W.C. (1977). **Conservation tillage in the eastern Corn Belt.** *Journal of soil and water conservation*. Vol 32. pp 20-26.
- Guérif, J., Richard, G., Dürr, C., Machet, J.M., Recous, S., and Roger-Estrade, J. (2001). **A review of tillage effects on crop residue management, seedbed conditions and seedling establishment,** *Soil and Tillage Research, Volume 61, Issues 1-2, Pages 13-32*
- Gysi, M. (2001). **Compaction of a Eutric Cambisol under heavy wheel traffic in Switzerland; Field data and a critical state soil mechanics model approach,** *Soil and Tillage Research, Volume 61, Issues 3-4 Pages 133-142*
- Haiquan Zhang, Hartge, K.H. and Ringe, H. (1997). **Effectiveness of organic matter incorporation in reducing soil compactibility.** *Soil Science Society American Journal*. 61. pp.239-245.
- Hajabbasi, M.A. and Hemmat, A. (2000). **Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran,** *Soil and Tillage Research, Volume 56, Issues 3-4, Pages 205-212*
- Hamblin, A. (1987). **The effect of tillage on soil physical conditions.** In: P.E. Cornish and J.E. Pratley (Editors), *Tillage: New Directions in Australian Agriculture*, Chap. 6, pp. 128-63. Inkata Press, Melbourne.
- Hao, X. Chang, Larney, F.J. Nitschelm, J. and Regitnig, P. (2000). **Effect of minimum tillage and crop sequence on physical properties of irrigated soil in southern Alberta,** *Soil and Tillage Research, Volume 57, Issues 1-2, Pages 53-60*
- Hao, X., Chang, C., Conner, R.L. and Bergen P. (2001). **Effect of minimum tillage and crop sequence on crop yield and quality under irrigation in a southern Alberta clay loam soil,** *Soil and Tillage Research, Volume 59, Issues 1-2, Pages 45-55.*
- Harman, W.L., Michels, G.J. and Wiese, A.F. (1989). **A conservation tillage system for profitable cotton production in the Central Texas high plains.** *Agronomy Journal*. 81. pp.615-618.
- Hatfield, J.L. and Karlen, D.L. (1992). **Sustainable Agriculture Systems.**
- Hayhoe, H.N., Dwyer, L.M. Stewart, D.W., White, R.P. and Culley, J.L.B (1996). **Tillage, hybrid and thermal factors in corn establishment in cool soils,** *Soil and Tillage Research, Volume 40, Issues 1-2, Pages 39-54*
- Heichel, G.H. (1973). **Comparative efficiency of energy use in crop production.** Conn. Agricultural Experimental Station, Bulletin, 739 pp 26.
- Heichel, G.H. (1980). **Assessing the fossil energy costs of propagating agricultural crops.** In: D. Pimentel (Editor), *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*, Boca Raton, FL: CRC Press. pp. 27-33.
- Helms T.C, Deckard E.L, Gregoire P.A. (1997) **Corn, sunflower, and soybean emergence influenced by soil temperature and soil water content.** *Agronomy Journal*. 89 pp. 59-63.
- Helsel, R.Z. (1992). **Energy and alternatives for fertilizer and pesticide use.** In: R.C. Fluck (Editor), *Energy in Farm Production. Energy in world agriculture*, 6. Elsevier, Amsterdam, pp.177-201.
- Hernanz, J.L., Giron, V.S. and Cerisola, C. (1995). **Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain,** *Soil and Tillage Research, Volume 35, Issue 4, Pages 183-198*

- Hillel, D. (1980). **Fundamentals of Soil Physics**. Academic Press, INC. San Diego, California.
- Hunt, D. (1995). **Cost Determination**. In: **Farm Power and Machinery Management**. Iowa State University Press
- Hussain, I., Olson, K.R. and Ebelhar, S.A. (1999). **Impacts of tillage and no-till on production of maize and soybean on an eroded Illinois silt loam soil**, *Soil and Tillage Research*, Volume 52, Issues 1-2, Pages 37-49
- Ishaq, M., Ibrahim, M. and Lal, R. (2002). **Tillage effects on soil properties at different levels of fertilizer application in Punjab, Pakistan**. *Soil and Tillage research*, 68 p 93-99
- James, E.B. and Russell, B. (1996). **The effect of surface cover on infiltration and soil erosion**. In: Agasi, M. (editor), *Soil Erosion, Consevation, and Rehabilitation*. Marcel Dekker, Inc. N.Y. pp. 107-20.
- Janovicek K.J, Vyn T.J, Voroney R.P. (1997). **No-Till corn response to crop rotation and in-row residue placement**. *Agronomy Journal* 89. 588-596
- Kandeler, E., Palli, S., Stemmer, M. and Gerzabek, M.H. (1999). **Tillage changes microbial biomass and enzyme activities in particle-size fractions of a Haplic Chernozem**, *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 31, Issue 9, Pages 1253-1264
- Karunatilake, U., van Es, H.M. and Schindelbeck R.R. (2000). **Soil and maize response to plow and no-tillage after alfalfa-to-maize conversion on a clay loam soil in New York**, *Soil and Tillage Research*, Volume 55, Issues 1-2, Pages 31-42
- Keisling, T.C., McClelland, M. and Frans, R.E. (1993). **Reduced tillage for cotton production in Arkansas**. *Arkansas Experimental Station Special Report* 162. pp 135-39.
- Kladivko, E.J. (2001). **Tillage systems and soil ecology**, *Soil and Tillage Research*, Volume 61, Issues 1-2, Pages 61-76
- Koch, H.J. and Marlander, B. (1994). **Wetchen Beitrag Kann die Bodenbearbeitung zum integrierten Anbau von Zuckerruben leisten?** *Proceedings of the 57th Winter Congress of the International Institution of Sugar Beet Research*. pp.1-22.
- Konig, H.P., Stockfish, N. and Koch, H.J. (2002). **Yield and yield components of sugar beet and winter cereals in the hrstle long term tillage experiment**. *Proceedings of the 65th IIRB Congress. Brussels 2002*. pp 461-65.
- Koolen, A.J. and Kuipers, H. (1983). **Agricultural soil mechanics**. Springer-Verlag, Berlin Heiderberg New York Tokyo.
- Kosutic S, Filipovic D, Gospodaric Z. (1998). **Two years experiment with various tillage systems in Maize (Zea mays) production in Croatia**. *Proceedings of the International Congress of European Agricultural Engineers*, Oslo 24-27 Aug. 1998.
- Kouwenhoven, J.K., Perdok, U.D., Boer, J. and Oomen, G.J.M. (2002). **Soil management by shallow mouldboard ploughing in The Netherlands**, *Soil and Tillage Research*, Volume 65, Issue 2, Pages 125-139
- Kromp, B. (1999). **Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement**, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 74, Issues 1-3, Pages 187-228
- Langmaack, M. Schrader St., Rapp-Bernhardt U. and Karin Kotzke K. (2002). **Soil structure rehabilitation of arable soil degraded by compaction**, *Geoderma*, Volume 105, Issues 1-2, Pages 141-152
- Lapen, D.R., Topp, G.C., Hayhoe, H.N., Gregorich, E.G. and Curnoe, W.E. (2001). **Stochastic simulation of soil strength/compaction and assessment of corn yield risk using threshold probability patterns**, *Geoderma*, Volume 104, Issues 3-4, Pages 325-343
- Larney, F.J., Fortune, R.A. and Collins, J.F. (1988). **Intrinsic soil physical parameters influencing intensity of cultivation procedures for sugar beet seedbed preparation**. *Soil and Tillage Research*.12. pp.253-67.

- Larney, F.J. and Lindwall, C.W. (1995) **Rotation and tillage effects on available soil water for winter wheat in a semi-arid environment**, *Soil and Tillage Research*, Volume 36, Issues 3-4, December 1995, Pages 111-127
- Leach, G. (1976). **Energy and food production**. IPC Business Press Limited, England.
- Liljedahl, J.B., Turnquist, P.K. Smith, D.W. and Makoto H. (1989). **Tractors test and performance**. In: *Tractors and their power units*. pp 437.
- Linden, D.R., Clapp, G.E. and Dowdy, R.H. (2000). **Long-term corn grain and stover yields as a function of tillage and residue removal in east central Minnesota**, *Soil and Tillage Research*, Volume 56, Issues 3-4 Pages 167-174
- Lopez, M.V., Arrue, J.L. and Sanchez-Giron, V. (1996). **A comparison between seasonal changes in soil water storage and penetration resistance under conventional and conservation tillage systems in Aragon**. *Soil and tillage research* 37: pp 251-271.
- Lopez-Bellido L, Lopez-Garrido F.L, Fuentes M, Castillo J.E, Fernandez E.J (1997). **Influence of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on soil organic matter and nitrogen under rain-fed Mediterranean conditions**. *Soil and Tillage Research* 43. Pages 277-293.
- López, M.V. and Arrúe, J.L. (1997). **Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semi-arid region of Spain**, *Soil and Tillage Research*, Volume 44, Issues 1-2, 1, Pages 35-54
- López, M.V., Gracia, R. and Arrúe, J.L. (2000). **Effects of reduced tillage on soil surface properties affecting wind erosion in semiarid fallow lands of Central Aragón**, *European Journal of Agronomy*, Volume 12, Issues 3-4, Pages 191-199
- Loveland, P. and Webb, J. (2003). **Is there a critical level of organic matter in the agriculturak soils of temperate regions: a review**. *Soil and Tillage Research*, 70 pp 1-18.
- Lupwayi N.Z., Rice, N.R. and Clayton, G.W. (1998). **Soil microbial diversity and community structure under wheat as influenced by tillage and crop rotation**, *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 30, Issue 13, Pages 1733-1741
- Lupwayi, N.Z., Arshad, M.A., Rice, W.A. and Clayton, G.W. (2001). **Bacterial diversity in water-stable aggregates of soils under conventional and zero tillage management**, *Applied Soil Ecology*, Volume 16, Issue 3, Pages 251-261.
- Mahboubi A.A. and Lai R. (1998). **Long term tillage effects on changes in structural properties of two soils in central Ohio**. *Soil and Tillage Research* 45 pp. 107-118.
- Marlen D. Eve, Mark Sperow, Keith Paustian and Ronald F. Follett (2002). **National-scale estimation of changes in soil carbon stocks on agricultural lands**. *Environmental Pollution*, Volume 116, Issue 3, March 2002, Pages 431-438
- McConnell, J.S., Baker, W.H., Rothrock, C.S. and Frizzell, B.S. (1994). **Reduced tillage and cover crops**. *Arkansas Experimental Station Special Report* 166, pp 27-30.
- McConnell, J.S., Baker, W.H., Rothrock, C.S. and Frizzell, B.S. (1995). **Effect of irrigation, reduced tillage and cover crops on cotton yields**. *Arkansas Experimental Station Special Report* 172, pp 111-114.
- McKyes, E. (1989). **Agricultural engineering soil mechanics**. Elsevier Science Publishers
- McLaughlin, N.B. Gregorich, E.G. Dwyer, L.M. and Ma, B.L. (2002). **Effect of organic and inorganic soil nitrogen amendments on mouldboard plow draft**, *Soil and Tillage Research*, Volume 64, Issues 3-4, Pages 211-219
- Medeiros, J.C., Serrano, R.E., Hernanz Martos, J.L. and Sánchez Girón, V. (1996). **Effect of various soil tillage systems on structure development in a Haploxeralf of central Spain**, *Soil Technology*, Volume 11, Issue 2, June 1997, Pages 197-204
- Miller, E.L. and Shrader, W.D. (1976). **Moisture conservation potential with conservation tillage treatments in the thick loess area of western Iowa**. *Agronomy Journal* 68, 374-78

- Miller, S.D. and Dexter, A.G. (1983). **No-tillage sugarbeet production**. *Sugarbeet Research and Extension Reports*. Vol 21 pp 124-25.
- Mohammadreza Ghaffarzadeh, Fernando Garcia Prechac and Richard M. Cruse (1997). **Tillage effect on soil water content and corn yield in a strip intercropping system**. *Agronomy Journal* 89: pp 893-899.
- Moreno, F., Pelegrín, F., Fernández, J.E. and Murillo, J.M. (1997). **Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain**, *Soil and Tillage Research, Volume 41, Issues 1-2, Pages 25-42*
- Mrbabet, R., Saber, N., El-Brahli, A., Lahlou, S. and Bessam, F. (2001). **Total, particulate organic matter and structural stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco**, *Soil and Tillage Research, Volume 57, Issue 4, Pages 225-235*.
- Munkholm, L.J., Schjonning, P., Rasmussen, K.J. and Tanderup, K. (2003). **Spatial and temporal effects of direct drilling on soil structure in the seedling environment**. *Soil and Tillage Research* 71, pp 163-173.
- Mygdakos, E., Aygulas, C., Patsialis, K. and Kotoulas, E. (2000). **Comparison between conventional, reduced tillage and no-till systems on cotton growing in Greece – Economic results of three year experimentation**. *4th European Symposium on European Farming and Rural Systems Research and Extension into the next Millenium*. Volos, Greece 2000.
- Nagler, P.L., Daughtry, C.S.T and Goward, S.N. (2000). **Plant Litter and Soil Reflectance, Remote Sensing of Environment, Volume 71, Issue 2, Pages 207-215**
- Nasr, H.M. and Selles, F. (1995) **Seedling emergence as influenced by aggregate size, bulk density, and penetration resistance of the seedbed**, *Soil and Tillage Research, Volume 34, Issue 1, Pages 61-76*
- Negi, S.C, Raghavan G.S.V, McKyes E, Taylor F. (1990). **The effect of compaction and minimum tillage on corn yields and soil properties**. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineering's*. 33(3) 744-748.
- Nidal H. Abu-Hamdeh (2000). **Effect of tillage treatments on soil thermal conductivity for some Jordanian clay loam and loam soils**, *Soil and Tillage Research, Volume 56, Issues 3-4, Pages 145-151*
- Nobuhisa Koga, Haruo Tsuruta, Hiroyuki Tsuji and Hiroshi Nakano (2003). **Fuel consumption-derived CO₂ emissions under conventional and reduced tillage cropping systems in northern Japan**. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (article in press)
- Novak, J.M., Watts, D.W. and Hunt, P.G (1996).. **Long-term tillage effects on atrazine and fluometuron sorption in Coastal Plain soils**, *Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 60, Issues 2-3, Pages 165-173*
- Nyakatawa, E.Z., Reddy, K.C. and Lemunyon, J.L. (2001a). **Predicting soil erosion in conservation tillage cotton production systems using the revised universal soil loss equation (RUSLE)**, *Soil and Tillage Research, Volume 57, Issue 4, Pages 213-224*.
- Nyakatawa, E.Z., Reddy, K.C. and Sistani, K.R. (2001b). **Tillage, cover cropping, and poultry litter effects on selected soil chemical properties**, *Soil and Tillage Research, Volume 58, Issues 1-2, Pages 69-79*
- O'Leary, G.J. (1996). **The effects of conservation tillage on potential groundwater recharge**, *Agricultural Water Management, Volume 31, Issues 1-2, Pages 65-73*
- Opoku G., Vyn T.J, Swanton C.J (1997). **Modified No-Till systems for corn following wheat on clay soils**. *Agronomy Journal* 89. 549-556
- Papamichail, D.M. (1998). **Studies on the effects of weeds and their control in cotton under various tillage systems**. *Ph Thesis, University of Reading*.

- Papendick, R.I. (1992). **Maintaining Soil Physical Conditions**. In: Greenland, D.J. and Szabolcs, I. (Editors), (1994). *Soil Resilience and Sustainable Land Use*. Cab international, Wallingford, Oxon, U.K. pp. 216-17.
- Payne, D. (1988). **Soil structure, tilth and mechanical behavior**. In: Alan Wild, (editor) *Russell's Soil Conditions and Plant Growth*. 11th edn. Longman Group UK pp. 378-448.
- Payne, D. and Gregory, P.J. (1988). **The temperature of the soil**. In: Alan Wild (Editor). *Russell's soil conditions & plant growth*. 11th edn. Longman Group UK Limited 1988.
- Pekrun, C., El Titi, A. and Claupein, W. (2003). **Implications of soil tillage for crop and weed seeds**. In: El Titi (editor), *Soil Tillage in Agroecosystems*. CRC Press. pp 115-146.
- Phillips S.H. and Young H.M.Jr. (1973). **No tillage farming**. Reisman Associates. Millwaukee, Winskonsin.
- Pimentel, D., (1980). **Energy inputs for the production, formulation, packaging and transport of various pesticides**. In: Pimentel D. (Editor), *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp 45 - 48.
- Pimentel, D. and Burgess, M. (1980). **Energy inputs in corn production**. In: Pimentel D. (Editor), *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*. CRC Press, pp 67-98.
- Pimentel, D. (1992). **Energy inputs in production agriculture**. In: R.C. Fluck (Editor), *Energy in Farm Production*. Energy in world agriculture, 6. Elsevier, Amst., pp.13-29.
- Porterfield, J.G. and Davidson, J.M. (1974). **Minimum tillage for cotton production**. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. pp.1121-1122.
- Pringas, Chr., Miller, H. and Koch, H-J. (2002). **Long term ploughless tillage in sugar beets – Formation of yield, pests and diseases**. *Proceedings of the 65th IIRB Congress*, February 2002 Brussels pp. 513-518.
- Rasmussen, K.J. (1999). **Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review**, *Soil and Tillage Research, Volume 53, Issue 1, Pages 3-14*
- Reeves, D.W. (1997). **The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems**, *Soil and Tillage Research, Volume 43, Issues 1-2, 1, Pages 131-167*
- Reuss, S.A., Buhler, D.D. and Gunsolus, J.L. (2001). **Effects of soil depth and aggregate size on weed seed distribution and viability in a silt loam soil**, *Applied Soil Ecology, Volume 16, Issue 3, Pages 209-217*
- Richard, G. and Guerif, J. (1992). **Influence of aeration conditions in the seedbed on sugar beet seed germination; experimental study and model**. *Proceedings of the 55th Winter Congress of the International Institution on the Sugar Beet Research* pp.103-108.
- Richard, G., Boiffin, J. and Duval, Y. (1995). **Direct drilling of sugar beet (Beta vulgaris L.) into a cover crop: effects on soil physical conditions and crop establishment**, *Soil and Tillage Research, Volume 34, Issue 3Pages 169-185*
- Salinas-Garcia, J.R., Matocha, J.E. and Hons, F.M. (1997). **Long-term tillage and nitrogen fertilization effects on soil properties of an Alfisol under dryland corn/cotton production**, *Soil and Tillage Research, Volume 42, Issues 1-2, Pages 79-93*
- Salinas-Garcia, J.R., Baez-Gonzalez, A.D. Tiscareno-Lopez, M., and Rosales-Robles, E. (2001). **Residue removal and tillage interaction effects on soil properties under rain-fed corn production in Central Mexico**, *Soil and Tillage Research, Volume 59, Issues 1-2, Pages 67-79*
- Schlesinger, W.H. (2000). **Carbon sequestration in soils: some cautions amidst optimism**, *Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 82, Issues 1-3, Pages 121-127*
- Scott, R.K., Wilcockson, S.J. and Moisey, F.R. (1979). **The effects of time of weed removal on growth and yield of sugar beet**, *Journal of Agricultural Sciences, Cambridge, Vol 93* Pages. 693-709.

- Selles, F., Kochhann, R.A., Denardin, J.E., Zentner, R.P. and Faganello, A. (1997). **Distribution of phosphorus fractions in a Brazilian Oxisol under different tillage systems**, *Soil and Tillage Research*, Volume 44, Issues 1-2, 1, Pages 23-34
- Sheikh El Din Abdel Gadir El-Awad (2000). **Effects of irrigation interval and tillage systems on irrigated cotton and succeeding wheat crop under a heavy clay soil in the Sudan**, *Soil and Tillage Research*, Volume 55, Issues 3-4, Pages 167-173
- Sharma, P.K. and Acharya, C.L. (2000). **Carry-over of residual soil moisture with mulching and conservation tillage practices for sowing of rainfed wheat (*Triticum aestivum* L.) in north-west India**, *Soil and Tillage Research*, Volume 57, Issues 1-2, Pages 43-52
- Shipitalo, M.J., Dick, W.A. and Edwards, W.M. (2000). **Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals**, *Soil and Tillage Research*, Volume 53, Issues 3-4, Pages 167-183
- Sidiras, N., Henklain, J.C. and Derpsh, R. (1982) **Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability, the soil and water conservation and the yields of soybean and wheat on an oxisol**. *Proceedings of the 9th Conference of the International Soil Tillage Research Organization* Osijek 1982 pp. 537-544.
- Sidiras, N. and kahnt G. (1988). **Biopores, rooting of maize and physical soil properties as influenced by tillage systems**. *Proceedings of the 11th International conference (ISTRO)* Edinburgh 1988.
- Sidiras, N. and Kendristakis, E. (1997). **Effects of two planting systems on soil structure and root growth of maize (*Zea mays* L.)** *Journal of Agronomy and Crop Science* 178, p 141- 47.
- Sidiras, N., Avgoulas, C., Bilalis, D. and Tsougrianis, N. (1999). **Effects of tillage and fertilization on biomass, roots, N-accumulation and nodule bacteria of vetch (*Vicia sativa* cv. Alexander)**. *Journal of agronomy and Crop Science* 182, p 209-16.
- Sidiras, N., Efthimiadis, P., Bilalis, D. and Takopoulos, N. (2000). **Effect of tillage system and fertilization on physical properties of soil in the seedbed and on the seedling emergence of winter barley (*Hordeum vulgare* cv. Niki)**. *Journal of Agronomy and Crop Science* 184. pp 287-296.
- Sidiras, N., Bilalis, D. and Vavoulidou, E. (2001). **Effects of tillage and fertilization on some selected physical properties of soil (0-30 cm depth) and on root growth dynamic of winter barley (*Hordeum vulgare* cv. Niki)**. *Journal of Agronomy and Crop Science* 187. pp 167-176.
- Sijtsma, C.H., Campbell, A.J. McLaughlin, N.B. and Carter, M.R. (1998). **Comparative tillage costs for crop rotations utilizing minimum tillage on a farm scale**, *Soil and Tillage Research*, Volume 49, Issue 3, 2 Pages 223-231
- Singer, J.W. and Cox, J.W. (1998). **Corn growth and yield under different crop rotation, tillage and management systems**. *Crop Science* 38: pp. 996-1003.
- Singh, B., Chanasyk, D.S. and McGill, W.B. (1998). **Soil water regime under barley with long-term tillage-residue systems**, *Soil and Tillage Research*, Volume 45, Issues 1-2, 11 Pages 59-74
- Singh, S. Singh, S. Pannu, C.J.S and Singh, J. (2000). **Optimization of energy input for raising cotton crop in Punjab**, *Energy Conversion and Management*, Volume 41, Issue 17, 1 Pages 1851-1861
- Sloggett, G. (1992). **Estimating energy use in world irrigation**. In: R.C. Fluck (Editor), *Energy in Farm Production. Energy in world agriculture*, 6. Elsevier, Amst. pp.203-217.
- Smith, J.A., Yonts, C.D., Biere, D.A. and Rath, M.D. (1995). **Field operation energy use for a Corn - Dry edible bean – Sugar beet rotation**. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 11(2) 219-234.

- Smith, J.A., Wilson, R.G., Binford, G.D. and Yonts, C.D. (2002). **Tillage systems for improved emergence and yield of sugarbeets.** *Applied Engineering in Agriculture* vol 18(6) pp 667-672.
- Stonehouse, D.P. (1997). **Socio-economics of alternative tillage systems,** *Soil and Tillage Research, Volume 43, Issues 1-2, 1 Pages 109-130*
- Stratilakis, S.N. and Goulas, C.K. (2003). **Yield performance at three nitrogen rates of a set of honeycomb vs traditional pedigree selected bread wheat varieties.** *European journal of Agronomy* vol. 19 pp 65-76.
- Streit, B., Rieger, S.B., Stamp, P. and Richner, W. (2001). **The effect of tillage intensity and time of herbicide application on weed communities and populations in maize in central Europe,** *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol 92 Issues 2-3 pp 211-224.
- Sturz, A.V. and Carter, M.R. (1995). **Conservation tillage systems, fungal complexes and disease development in soybean and barley rhizospheres in Prince Edward Island,** *Soil and Tillage Research, Volume 34, Issue 4, Pages 225-238*
- Sturz, A.V., Carter, M.R. and Johnston, H.W. (1997). **A review of plant disease, pathogen interactions and microbial antagonism under conservation tillage in temperate humid agriculture,** *Soil and Tillage Research, Volume 41, Issues 3-4, Pages 169-189*
- Sveistrup, T.E. Haraldsen, T.K. Engelstad, F. (1997). **Earthworm channels in cultivated clayey and loamy Norwegian soils.** *Soil and Tillage Research.* 43. pp.251-262.
- Subak, S. (2000). **Agricultural soil carbon accumulation in North America: considerations for climate policy,** *Global Environmental Change, Volume 10, Issue 3, Pages 185-195*
- Swan, J.B., Schneider, E.C., Moncrief, J.F. Paulson, W.H. and Peterson, A.E. (1987). **Estimating corn growth, yield, and grain moisture from air growing degree days and residue cover.** *Agronomy Journal.* Vol 79 pp 53-60.
- Swan, J.B., Kaspar, T.C. and Erbach, D.C. (1996). **Seed-row residue management for corn establishment in the northern US Corn Belt,** *Soil and Tillage Research, Volume 40, Issues 1-2, Pages 55-72*
- Tan, C.S., Drury, C.F., Gaynor, J.D. Welacky, T.W. and Reynolds, W.D. (2002). **Effect of tillage and water table control on evapotranspiration, surface runoff, tile drainage and soil water content under maize on a clay loam soil,** *Agricultural Water Management, Volume 54, Issue 3, 2, Pages 173-188*
- Tebrügge, F. and Düring, R.A. (1999). **Reducing tillage intensity - a review of results from a long-term study in Germany,** *Soil and Tillage Research, Volume 53, Issue 1, p 15-28*
- Theta Probe soil moisture sensor, **User manual.** Delta-T Devices Ltd. 128 Low Road, Burwell, Cambridge.
- Tompkins D.K., Fowler D.B. & Wright A.T. (1991). **Water use by No-tillage winter wheat. Influence of seed rate and row spacing.** *Agronomy Journal* Vol 83 no 4 (p. 766-769).
- Torbert, H.A., Potter, K.N. and Morrison, J.E. Jr. (1998). **Tillage intensity and crop residue effects on nitrogen and carbon cycling in a vertisol.** *Community of Soil Scientific Plant Analysis*, 29(5&6), pp 717-727.
- Tsatsarelis, C.A. (1991). **Energy requirements for cotton production in central Greece.** *Journal of Agricultural Engineering Research*, 50, pp 239-246.
- Tsatsarelis, C.A. (1992). **Energy flow in sugarbeet production in Greece.** *Applied Engineering in Agriculture*, ASAE Vol 8, No 5: pp 585-589.
- Uri, N.D (1998a). **Conservation tillage and the use of energy and other inputs in US agriculture,** *Energy Economics*, Volume 20, Issue 4, 1, Pages 389-410
- Uri, N.D. (1998b). **Energy and the use of conservation tillage in US agriculture,** *Energy Policy, Volume 27, Issue 5, Pages 299-306*

- Uri, N.D., Atwood, J.D. and Sanabria, J. (1998). **An evaluation of the environmental costs and benefits of conservation tillage**, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 18, Issue 6 Pages 521-550
- Uri, N.D. and Bloodworth, H. (2000). **Global climate change and the effect of conservation practices in US agriculture**, *Global Environmental Change*, Volume 10, Issue 3 Pages 197-209
- Usowicz B., Kossowski J. and Baranowski P. (1996). **Spatial variability of soil thermal properties in cultivated fields**. *Soil and Tillage Research* 39 pp 85-100.
- Vacek, S.G. and Mutocha, J.E. (1997). **Cotton response to reduced tillage management and nitrogen fertilization**. 1997 *Proc. Beltwide Cotton Conferences*, pp 633-635.
- Van Heemst, H.D.J. (1988). **Plant data values required for simple growth simulation models**. Review and bibliography. *Simulation reports* Cabo TT. Agricultural University, Wageningen.
- Varsa, E.C., Chong, S.K. Abolaji, J.O. Farquhar, D.A. (1997). **Effect of deep tillage on soil physical characteristics and corn (*Zea mays* L.) root growth and productivity**. *Soil and Tillage Research* 43, pp 219-228.
- Vavoulidou, Ev., Rombke, J., Sidoras, N., Bilalis, D. and Tsigou, R. (1999). **Effects of three different soil cultivation and fertilization treatments on earthworms and enchytraeids**. *Proceedings of the 3rd International Symposium on Enchytraeidae*, Osnabruk Germany 1998, pp 91-98.
- Vilde, A. (1998). **Energy consumption for soil tillage and ways of their reduction**. *Proceedings of the International Congress of European Agricultural Engineers*, Oslo 24-27 Aug. 1998.
- Waldron, L.J. and Dakessian, S. (1981). **Soil reinforcement by roots. Calculation of increased soil shear resistance from root properties**. *Soil Science* 132. pp 427-435.
- Watts, C.W., Eich, S. and Dexter, A.R. (2000). **Effects of mechanical energy inputs on soil respiration at the aggregate and field scales**, *Soil and Tillage Research*, Volume 53, Issues 3-4, Pages 231-243
- Webster, R., Hodge, C.A.H. Draycott, A.P. and Durrant, M.J. (1977). **The effect of soil type and related factors on sugar beet yield**. *Journal of Agricultural Science*. Cambridge 1977, 88 pp. 455-469.
- Wegener, U., Koch, H.J. and Miller, H. (2002). **Effect of long term reduced tillage on the energy balance of sugar beet and winter wheat crops**. *Proceedings of the 65th IIRB Congress*, February 2002, Brussels. pp 455-60.
- Weise, A.F., Harman, W.L. and Regier, C. (1994). **Economic evaluation of conservation tillage systems for dryland and irrigated cotton (*Gossypium hirsutum*) in the Southern Great Plains**. *Weed Science*, 42. pp.316-321.
- West, T.O. and Marland G. (2002). **Net carbon flux from agricultural ecosystems: methodology for full carbon cycle analyses**, *Environmental Pollution*, Vol 116, p. 439-444
- Whalley, W.R. (1993). **Considerations on the use of the time-domain reflectometry (TDR) for measuring soil moisture content**. *Journal of soil science*. Vol. 44, pp 1-9.
- White, I., Knight, J.H., Zegelin, S.J. and Tropp, G.C. (1994). **Comments on 'Considerations on the use of the time-domain reflectometry (TDR) for measuring soil moisture content'** by W.R. Whalley. *Journal of soil science*. Vol. 45, pp 503-508.
- Yang, X-M and Wander, M.M. (1999). **Tillage effects on soil organic carbon distribution and storage in a silt loam soil in Illinois**, *Soil and Tillage Research*, Volume 52, Issues 1-2, Pages 1-9
- Yang, X.M. and Kay, B.D. (2001). **Rotation and tillage effects on soil organic carbon sequestration in a typic Hapludalf in Southern Ontario**. *Soil and Tillage Research*, Volume 59, Issues 3-4, Pages 107-114

- Yoo, K.H., Touchton, J.T. and Walker, R.H. (1988). **Runoff, sediment and nutrient losses from various tillage systems of cotton.** *Soil and Tillage. Research.* 12. pp.13-24.
- Γαλανοπούλου – Σενδούκα Σ. (1993). **Ειδική γεωργία I & II**, Σημειώσεις. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Γέμτος, (1992). **Η παραγωγή υπολειμμάτων καλλιεργειών στην Ελλάδα και η δυνατότητα χρήσης τους.** ΤΕΙ Πειραιά. Επιστημονική επετηρίδα εφαρμοσμένης έρευνας. Τόμος 1, Νο 1. σελ 216-241.
- Γέμτος, (1994). **Σημειώσεις γεωργικής μηχανολογίας.** Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος.
- Γέμτος, Θ.Α. και Τσιρικόγλου Θ.Ι. (1995). **Ο σχεδιασμός και η διαμόρφωση ενός συστήματος μέτρησης και καταγραφής των εξασκούμενων δυνάμεων από γεωργικό ελκυστήρα σε αναρτημένα γεωργικά μηχανήματα.** *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα* 4, 89-96.
- Γέμτος θ.Α., Μπλάνας, Ν. Νικάκης, Αθ. και Εξάρχου, Β. (1998). **Η σύνθεση του μηχανολογικού εξοπλισμού των γεωργικών εκμεταλλεύσεων του νομού Λάρισας και στοιχεία αξιοποίησής του: Μελέτη των γεωργικών εκμεταλλεύσεων που εντάχθηκαν στον κανονισμό 797/95.** *Γεωτεχνικά επιστημονικά θέματα*, τόμος 9, τεύχος 2/98, σ. 20-31.
- Δουνδουλακάκης Γ. (1992). **Καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων υπό σιτοκάλυψη.** *Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης. Ετήσια πρακτικά* 1992.
- Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος, (Ιανουάριος 2003). **Μηνιαίο στατιστικό δελτίο** Τόμος 48-Νο1.
- Καρατάγλης, Σ. (1992). **Φυσιολογία φυτών.** Εκδόσεις Art of Text. Θεσ/νίκη 1992.
- Λιθουργίδης, Α.Σ. και Τσατσαρέλης, Κ.Α. (2003). **Επίδραση καλλιεργητικών τεχνικών στην απόδοση και το ενεργειακό κόστος του επίσπορου αραβοσίτου.** *Πρακτικά 3^ο Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής.* Θεσ/νίκη 2003. σελ. 119-26.
- Μήτσιοι, Ι.Κ., Πασχαλίδης, Χ.Δ. και Παγανιάς, Κ.Π. (1995). **Διάβρωση των εδαφών. Αντιδιαβρωτικά μέτρα προστασίας.** Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.
- Μπιλάλης, Δ., Σιδηράς, Ν. και Ευθυμιάδης, Π. (2000). **Επίδραση τριών συστημάτων εδαφοκατεργασίας σε εδαφικά και φυτικά χαρακτηριστικά σε καλλιέργεια βαμβακιού.** *Πρακτικά 2^ο Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής,* Βόλος 2000 σ 510-17
- Μυγδάκος, Ε., Κιτσοπανίδης, Γ. και Γέμτος, Θ.Α. (2003). **Άριστος χρόνος αντικατάστασης βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών.** *Πρακτικά 3^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής,* Θεσ/νίκη 2003 σελ.144-150
- Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ. (1996). **Συνολικές ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών του θεσσαλικού κάμπου.** *Υδροτεχνικά.* Τόμος 6, σελ. 62-77.
- Σφήκας, Α.Γ. (1988). **Ειδική γεωργία II. Βιομηχανικά φυτά.**
- Τσατσαρέλης, Α. Κ. (1995). **Διαχείριση Γεωργικών Μηχανημάτων.** Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης. Υπηρεσία δημοσιευμάτων (σ. 134).
- Τσατσαρέλης, Κ.Α. (1991). **Ενεργειακό ισοζύγιο βαμβακοκαλλιέργειας στην περιοχή Καρδίτσας.** *Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Γεωπονίας του Α.Π.Θ.* Τόμος 28. σελ 249-268.
- Τσατσαρέλης, Κ.Α. (2000). **Αρχές μηχανικής κατεργασίας του εδάφους.** Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη.

10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

10.1. ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Πίνακας 10.1.1. Αποτελέσματα των αναλύσεων εδάφους που πραγματοποίησε η Ε.Β.Ζ.

		πειραματικός αγρός 1		πειραματικός αγρός 2	
		0-15 cm	15-30 cm	0-15 cm	15-30 cm
Αμμος	(%)	9,45	10,03	18,33	22,00
Ιλύς	(%)	41,30	40,83	33,33	32,00
Αργίλος	(%)	49,25	49,15	48,33	46,00
pH	(αιωρ.1:1)	8,06	8,01	7,90	7,90
CaCO ₃	(%)	7,30	7,53	6,20	6,75
C.E.C	(meg/100g)	37,04	34,30	28,65	27,52
Οργ. C	(%)	1,32	1,21	1,11	1,07
ΟΛ. N	(%)	0,13	0,12	0,12	0,11
Νιτρ. N	(ppm)	27,44	55,70	13,63	15,80
P	(ppm)	12,08	12,10	11,78	11,62
K	(ppm)	155,68	130,93	182,67	170,67
Na	(ppm)	43,15	49,00	49,67	54,00

Πίνακας 10.1.2. Ξηρά βιομάζα των ζιζανίων

	log ₁₀ ξηράς βιομάζας ζιζανίων (g/m ²)								
	1997			1998			1999		
	16/1	14/3	18/5	12/4	5/5	15/7	24/2	11/3	16/5
CV (%)	22,2	17,4	9,1	8,6	9,8	3,6	26,4	12,0	11,0
περιοχή αγρός 1	1,74	2,03	1,64	1,55	1,86	2,15	1,50	1,99	2,10
	1,04	1,39	1,11	1,37	1,63	1,99	0,87	1,76	1,82
	**	**	**	**	**	**	**	**	**
αμειψισπορά	1,67	2,01	1,67	1,60	1,93	2,14	1,10	1,93	1,93
	1,80	2,06	1,62	1,10	1,53	2,15	1,27	1,98	1,91
	1,90	2,18	1,43	1,63	1,76	1,86	1,13	1,61	2,02
	1,93	2,17	1,42	1,51	1,75	2,12	1,23	1,99	1,99
	**	ns	**	**	**	**	ns	**	ns
LSD (P = 95%)	0,16	-	0,10	0,07	0,10	0,04	-	0,12	-
LSD (P = 99%)	0,21	-	0,13	0,09	0,13	0,05	-	0,17	-
κατεργασία	0,67	0,99	0,87	0,51	1,23	1,51	0,68	1,27	1,42
	1,62	1,92	1,29	1,36	1,83	2,03	1,33	1,64	1,97
	1,29	1,56	1,45	1,57	2,16	2,21	0,91	2,05	2,32
	1,40	1,71	1,49	1,51	2,03	2,21	1,10	2,01	2,30
	1,95	2,37	1,80	2,33	1,48	2,38	1,90	2,41	1,79
	**	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD (P = 95%)	0,22	0,21	0,09	0,06	0,09	0,04	0,16	0,11	0,11
LSD (P = 99%)	0,29	0,28	0,12	0,08	0,11	0,05	0,21	0,15	0,14
αλληλεπί	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
	**	**	**	**	**	ns	**	**	**
	ns	ns	ns	**	**	**	*	ns	**

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα 95%

** = διαφορά σημαντική για πιθανότητα 99%

ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά

Πίνακας 10.1.3. Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους

		Ξηρή Φαινομενική Πυκνότητα του εδάφους (g/cm ³)											
		1997				1998				1999			
		0.5-3 cm		7.5-10 cm		0.5-3 cm		7.5-10 cm		0.5-3 cm		7.5-10 cm	
		26/3	20/4	26/3	20/4	22/4	25/5	22/4	25/5	11/3	16/5	11/3	16/5
CV (%)		9,7	10,0	5,8	6,1	9,9	9,9	7,8	7,9	9,5	9,3	6,6	6,4
περιοχή	αγρός 1	1,15	1,14	1,35	1,39	1,29	1,33	1,55	1,56	1,22	1,30	1,45	1,50
	αγρός 2	1,20	1,15	1,41	1,40	1,28	1,33	1,50	1,52	1,26	1,32	1,49	1,52
		ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns
αμειψισπορά	αμειψισπορά 1	1,14	1,12	1,34	1,41	1,28	1,33	1,53	1,55	1,26	1,32	1,49	1,51
	αμειψισπορά 2	1,17	1,17	1,36	1,38	1,26	1,32	1,50	1,52	1,25	1,32	1,47	1,53
	αμειψισπορά 3	1,12	1,19	1,30	1,37	1,28	1,33	1,51	1,53	1,22	1,29	1,46	1,49
	αμειψισπορά 4	1,16	1,18	1,29	1,35	1,32	1,35	1,55	1,56	1,22	1,30	1,45	1,50
			ns	ns	*	ns	**	**	**	**	ns	ns	ns
	LSD (P = 95%)	-	-	0,05	-	0,03	0,04	0,02	0,01	-	-	-	-
	LSD (P = 99%)	-	-	-	-	0,04	0,05	0,03	0,02	-	-	-	-
κατεργασία	συμβατική κατεργασία	1,09	1,04	1,27	1,31	1,17	1,26	1,43	1,44	1,09	1,19	1,36	1,41
	βαρύς καλλιεργητής	1,14	1,09	1,32	1,34	1,19	1,26	1,45	1,46	1,10	1,22	1,42	1,44
	περιστρ. σκαπτικό	1,18	1,17	1,41	1,39	1,29	1,32	1,55	1,57	1,27	1,32	1,49	1,54
	δισκοσβάρνα	1,16	1,13	1,41	1,45	1,28	1,32	1,57	1,59	1,26	1,33	1,48	1,55
	ακαλλιέργεια	1,30	1,30	1,50	1,50	1,49	1,49	1,62	1,62	1,47	1,49	1,59	1,61
			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	LSD (P = 95%)	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05
	LSD (P = 99%)	0,11	0,11	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,06
αλληλεπικ	περιοχή X αμειψισπορά	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	αμειψισπ X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα 95%,

** = διαφορά σημαντική για πιθανότητα 99%,

ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά

Πίνακας 10.1.4. Αντοχή του εδάφους στην διάτμηση

ημερομηνία: 23/5/97	Διατμητική τάση (kPa)															
	20/6/97			20/5/98			21/6/99			21/6/99						
	5 cm	10 cm	15 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm			
CV (%)	30,4	22,9	18,6	28,0	20,0	15,8	34,7	25,4	18,7	18,9	12,9	38,1	27,9	27,0	18,9	13,5
βάθος:	59,9	105,7	110,6	62,9	81,9	98,6	46,4	75,5	79,5	101,4	109,9	50,3	75,2	83,8	99,8	115,3
αγρός 1	51,7	121,0	119,6	64,3	111,4	124,3	60,8	108,7	117,7	123,5	130,2	64,1	96,0	109,1	126,6	133,3
αγρός 2	*	**	*	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
αμειψισπορά 1	54,9	107,4	112,9	70,4	82,2	102,5	56,5	90,7	98,8	111,9	113,8	59,4	84,3	93,4	108,9	123,7
αμειψισπορά 2	64,9	103,9	108,4	55,5	81,7	94,7	47,6	92,5	103,5	115,5	129,1	53,2	87,1	98,0	112,3	126,5
αμειψισπορά 3	44,4	103,9	110,4	64,8	82,1	102,5	55,8	91,8	96,0	111,3	116,5	54,9	84,5	95,7	114,7	125,8
αμειψισπορά 4	46,7	111,3	119,4	60,8	88,2	106,8	54,4	93,3	96,2	111,2	120,8	61,4	86,5	98,8	116,9	121,2
LSD (P = 95%)	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD (P = 99%)	9,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
συνδυαστική κατεργασία	44,1	100,8	103,6	53,2	85,5	99,7	26,9	49,4	61,0	72,2	83,7	28,1	49,6	60,8	79,1	99,0
βάρυς καλλιεργητής	51,9	107,7	110,5	55,4	84,6	105,0	36,1	64,2	79,8	107,1	129,4	35,3	54,9	74,6	96,8	116,6
περιστρ. σκαπτικό	54,6	111,4	118,3	66,8	97,0	121,4	65,0	119,0	121,2	133,5	133,5	66,8	107,9	116,8	128,1	136,2
διακοσβάρανα	56,6	116,7	121,3	60,9	103,7	112,9	48,8	119,5	118,1	130,2	129,0	60,4	101,9	114,5	132,4	140,6
ακαλλιέργεια	71,9	130,2	121,8	81,8	112,5	118,2	91,2	108,2	113,0	119,5	124,6	95,5	113,6	115,6	129,7	129,0
LSD (P = 95%)	**	*	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD (P = 99%)	12,1	18,5	-	12,7	13,7	12,5	9,2	11,6	9,2	10,6	7,7	10,9	11,9	12,9	10,7	8,3
περιοχή X αμειψισπορά	16,1	-	-	16,9	18,3	16,7	12,3	15,4	12,2	14,0	10,2	14,4	15,7	17,1	14,1	11,1
περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
αμειψιστ X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα 95%.

** = διαφορά σημαντική για πιθανότητα 99%.

ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά

Πίνακας 10.1.5 Αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση για δύο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1997

		Αντίσταση στην διείσδυση (kPa)																	
		20/7/97						20/7/97											
		5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm	40 cm	45 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm	40 cm	45 cm
πρώτες	ημερομηνία: 17/6/97	36,68	28,72	26,30	28,63	26,23	23,85	19,07	17,60	16,42	23,74	14,26	14,64	14,40	13,33	13,30	13,74	13,63	13,99
	βάθος:	1243	1935	2079	2006	2121	2331	2585	2648	2730	945	1491	1495	1543	1639	1866	2081	2124	2258
	CV (%)	1330	1740	1792	1863	2031	2158	2364	2578	2604	1443	1711	1623	1669	1744	1885	2116	2268	2369
		ns	ns	*	ns	*	*	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
αμειψισπορά	αμειψισπορά 1	1288	1908	2054	1892	1986	2123	2480	2631	2693	1040	1520	1520	1554	1606	1855	2068	2131	2228
	αμειψισπορά 2	1198	1961	2105	2120	2255	2540	2691	2665	2768	850	1461	1470	1532	1673	1876	2094	2118	2287
	αμειψισπορά 3	1288	1932	2059	2037	2022	2186	2372	2453	2535	1007	1485	1520	1590	1623	1803	1993	2091	2182
	αμειψισπορά 4	1118	2089	2251	2270	2387	2563	2508	2636	2841	1072	1519	1501	1698	1645	1868	2050	2155	2186
	LSD (P = 95%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	LSD (P = 99%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	141	-	-	-	-	-	-	-	-
κατργασία	συμβ κατργασία	942	1277	1335	1438	1596	1996	2475	2580	2658	993	1196	1252	1390	1528	1828	2017	2159	2328
	βαρύς καλλιέργ	1122	1499	1718	1868	2071	2260	2377	2558	2606	1030	1327	1376	1456	1614	1794	2004	2146	2236
	περιστ. σκαπτικό	1205	2295	2367	2212	2262	2382	2651	2741	2762	1168	1543	1720	1705	1784	1915	2112	2211	2324
	δισκοσβάρνα	1346	2124	2125	2115	2313	2341	2472	2670	2729	1182	1870	1702	1722	1754	1837	2147	2172	2315
	ακαλλιέργεια	1818	1991	2132	2039	2138	2243	2398	2515	2579	1596	1768	1744	1758	1779	2003	2212	2294	2365
	LSD (P = 95%)	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns
	LSD (P = 99%)	336	376	362	394	368	-	-	-	-	202	162	162	165	160	-	-	-	-
		448	501	484	526	517	-	-	-	-	269	217	217	220	214	-	-	-	-
αλληλεπίδ	περ Χ αμειψ	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	περ Χ κατεργ	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	αμειψ Χ κατεργ	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα 95%.

** = διαφορά σημαντική για πιθανότητα 99%.

ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά

Πίνακας 10.1.6. Αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση για δύο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1998

ημερομηνία: βάθος:	Αντίσταση στην διείσδυση (kPa)													
	10/6/98					18/7/98								
	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm
CV (%)	26,84	23,54	24,81	20,64	20,73	15,31	13,89	31,75	29,38	30,86	25,73	25,67	18,44	15,37
αγκρός 1	938	1520	1521	1563	1662	1834	1956	1049	1422	1520	1607	1682	1873	1944
αγκρός 2	1002	1532	1547	1587	1609	1815	1941	1102	1481	1584	1643	1692	1827	1963
	**	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	**	**	**	ns	*	ns
αμειψισπορά 1	951	1485	1478	1594	1655	1795	1933	1041	1433	1549	1618	1697	1874	1972
αμειψισπορά 2	959	1528	1573	1598	1662	1832	1991	1050	1442	1550	1636	1662	1838	1941
αμειψισπορά 3	941	1528	1566	1578	1617	1837	1924	1082	1447	1557	1623	1683	1833	1955
αμειψισπορά 4	1030	1562	1518	1531	1607	1835	1945	1130	1485	1553	1624	1705	1856	1947
	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD (P = 95%)	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD (P = 99%)	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
συμβ καταργασία	650	1027	1060	1184	1322	1672	1996	703	928	1093	1236	1308	1718	1968
βαρής καλλιέργη	762	1197	1294	1375	1561	1756	1846	907	1107	1256	1456	1674	1855	1933
περιστρ. σκαπτικό	1014	1715	1748	1782	1759	1831	1915	1127	1670	1823	1819	1792	1857	1932
δισκοβάρνα	1000	1971	1824	1814	1831	2001	2028	1101	1832	1796	1809	1830	1943	1963
ακαλλέργεια	1426	1720	1744	1720	1704	1864	1956	1541	1722	1793	1806	1832	1879	1972
	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	ns	ns
LSD (P = 95%)	129	178	189	162	169	139	-	170	212	238	208	215	-	-
LSD (P = 99%)	172	237	251	214	223	184	-	225	281	315	275	285	-	-
πτερ Χ αμειψ	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns
πτερ Χ κατεργ	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
αμειψ Χ κατεργ	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα 95%.

** = διαφορά σημαντική για πιθανότητα 99%.

ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά

Πίνακας 10.1.7. Αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση για δύο ημερομηνίες δειγματοληψίας κατά το 1999

		Αντίσταση στην διείσδυση (kPa)														
		15/11/99														
		15/11/99														
		βάθος:														
		5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm	40 cm
CV (%)		23,6	18,7	15,0	14,2	15,4	15,6	17,5	24,7	19,8	15,0	14,1	14,1	14,5	12,2	11,1
αγρός 1		692	1241	1493	1579	1678	1844	2023	463	1009	1406	1540	1626	1754	1890	2052
αγρός 2		724	1253	1561	1643	1764	1957	2176	486	1082	1472	1618	1707	1892	2146	2359
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	**
αμειψισπορά 1		728	1282	1533	1605	1724	1909	2060	469	998	1394	1566	1659	1848	2019	2174
αμειψισπορά 2		717	1263	1521	1586	1685	1876	2069	470	1064	1440	1541	1632	1797	2019	2179
αμειψισπορά 3		704	1198	1506	1602	1704	1883	2107	505	1098	1479	1601	1658	1787	1971	2183
αμειψισπορά 4		683	1246	1548	1651	1769	1936	2162	455	1024	1443	1609	1716	1859	2062	2286
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD (P = 95%)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LSD (P = 99%)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
συνβ καταργασία		592	1031	1265	1335	1450	1664	1906	391	831	1162	1290	1388	1556	1798	2021
βαρύς καλλιέργ		554	1011	1318	1468	1601	1774	1939	379	825	1199	1375	1504	1693	1876	2074
περιστ. σκαπτικό		808	1389	1679	1741	1831	2043	2217	521	1202	1618	1755	1807	1974	2152	2329
δισκοσβάρνα		688	1366	1686	1770	1846	1989	2240	445	1133	1595	1740	1805	1935	2130	2300
ακαλλιέργεια		898	1438	1688	1742	1875	2034	2196	639	1237	1622	1735	1826	1957	2132	2302
		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD (P = 95%)		83	116	114	113	132	148	183	58	103	108	110	116	131	122	122
LSD (P = 99%)		110	154	151	150	174	196	242	77	136	142	146	154	174	162	161
περ X αμειψ	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
περ X κατεργ	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
αμειψ X κατεργ	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα 95%.

** = διαφορά σημαντική για πιθανότητα 99%.

ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά

Πίνακας 10.1.8. Μέση % υγρασία του εδάφους για τα τρία έτη του πειράματος

πείραξη	υγρασία εδάφους (% κατ' όγκο)																								
	1997						1998						1999												
	26/3	20/4	8/5	7.5-10 cm	0.5-3 cm	21/4	30/4	8/5	12/5	15/5	25/5	21/4	30/4	8/5	12/5	15/5	25/5	11/3	17/4	16/5	7.5-10 cm	11/3	17/4	16/5	
CV (%)	12,8	12,2	13,1	9,9	9,9	10,0	10,4	9,6	9,6	15,8	13,0	11,9	5,9	6,3	6,6	7,0	7,4	7,5	13,8	12,7	14,0	11,2	9,4	10,5	
αγρός 1	26,01	20,31	20,80	28,17	22,14	21,85	9,44	20,18	19,25	26,85	20,51	21,62	19,66	25,43	24,23	31,61	27,19	26,87	18,77	19,37	19,91	26,86	28,94	28,12	
αγρός 2	23,72	18,01	17,86	26,88	21,85	21,63	8,34	8,53	18,28	25,97	19,16	20,06	18,17	17,02	23,39	30,11	25,72	25,49	17,74	18,67	19,04	26,60	28,77	27,97	
	**	**	*	**	ns	ns	**	**	*	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	
αμειψισπορά 1	23,21	20,88	21,21	31,99	26,52	26,06	8,57	13,93	18,53	26,65	19,62	20,39	18,81	21,07	23,67	30,62	26,34	26,09	18,24	19,32	19,10	27,14	28,68	27,70	
αμειψισπορά 1	23,02	20,27	20,88	31,53	26,68	26,34	9,52	15,12	19,38	26,41	20,30	21,38	19,25	21,10	23,91	30,91	26,48	26,34	17,94	18,30	20,04	26,54	28,60	28,49	
αμειψισπορά 1	22,70	20,84	21,66	31,66	25,98	26,34	8,33	13,91	18,31	26,54	19,48	20,56	18,70	21,31	23,72	31,01	26,41	26,26	18,54	19,17	18,80	26,46	29,34	27,69	
αμειψισπορά 1	23,39	22,54	20,90	32,16	26,69	26,33	9,15	14,46	18,84	26,05	19,95	21,02	18,88	21,42	23,95	30,91	26,58	26,02	18,29	19,29	19,97	26,78	28,79	28,29	
	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	
LSD (P = 95%)	-	0,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65	0,85	-	-	-
LSD (P = 99%)	-	1,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
συμβατική κατεργασία	22,00	16,37	16,20	30,48	25,90	25,22	5,59	9,69	14,74	23,30	16,43	17,51	16,09	19,10	22,28	30,02	25,44	24,38	11,43	16,86	17,03	21,87	26,31	25,52	
βαρύς καλλιεργητής	23,91	17,54	17,43	31,51	26,29	25,83	6,96	12,49	15,97	24,87	17,42	18,91	16,88	19,37	22,54	30,46	25,00	24,64	11,85	16,97	17,67	23,83	27,73	25,89	
περιστρ. σκαπτικό	26,41	19,89	19,66	33,26	26,02	26,54	11,57	15,89	19,36	27,90	20,36	20,97	20,36	21,98	24,42	30,90	26,77	26,85	21,30	21,29	20,77	28,22	30,34	29,68	
δικοσσοβάρνα	25,96	18,87	18,50	33,41	27,68	26,77	9,85	14,83	19,39	27,60	20,24	21,20	21,59	22,24	24,61	31,50	27,38	27,15	21,82	20,65	20,54	28,49	30,71	29,58	
ακαλλιέργεια	26,04	23,13	24,84	33,15	27,96	27,89	10,48	18,88	24,36	28,39	24,74	25,60	19,63	23,43	25,21	31,42	27,69	27,87	24,87	19,33	21,37	31,24	29,18	29,54	
	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	
LSD (P = 95%)	1,37	0,98	1,11	1,13	0,94	0,93	0,48	0,69	0,89	2,08	1,28	1,23	0,45	0,67	0,78	-	0,97	0,97	0,80	0,73	0,86	0,82	0,63	0,75	
LSD (P = 99%)	1,83	1,31	1,48	1,51	1,26	1,24	0,64	0,91	1,18	2,75	1,70	1,63	0,60	0,89	1,04	-	1,29	1,28	1,06	0,97	1,14	1,09	0,83	0,99	
περιοχή Χ αμειψισπορά	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
περιοχή Χ κατεργασία	ns	ns	**	**	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
αμειψιστ Χ κατεργασία	**	ns	ns	*	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	**	

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα 95%.

** = διαφορά σημαντική για πιθανότητα 99%.

ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά

Πίνακας 10.1.9. Μέσοι όροι της μέσης, μέγιστης, ελάχιστης καθώς και του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους για την περίοδο 13/2 - 27/3/97

	1997 θερμοκρασία του εδάφους (°C)							
	σιτάρι - τεύτλα				βαμβάκι - βαμβάκι			
	μέση	ελάχιστη	μέγιστη	εύρος	μέση	ελάχιστη	μέγιστη	εύρος
μέσος όρος	8,67	5,54	12,68	7,14	8,75	5,59	12,75	7,16
4 cm	8,74	5,07	13,67	8,59	8,80	5,03	13,77	8,74
8 cm	8,59	6,01	11,69	5,69	8,71	6,15	11,73	5,57
4 cm συμβ κατεργασία	8,96	4,29	15,82	11,53	9,10	4,52	15,62	11,11
βαρύς καλλιεργητής	8,87	4,64	14,66	10,02	8,92	4,91	14,78	9,87
περιστρ. σκαπτικό	8,68	5,26	13,56	8,30	8,65	5,13	12,94	7,80
δισκοσβάρνα	8,59	5,35	12,31	6,96	8,56	5,15	12,69	7,54
ακαλλιέργεια	8,59	5,82	11,99	6,16	8,77	5,44	12,82	7,37
8 cm συμβ κατεργασία	8,71	5,64	12,57	6,93	8,79	5,90	12,38	6,47
βαρύς καλλιεργητής	8,60	5,90	11,92	6,02	8,73	6,03	11,98	5,96
περιστρ. σκαπτικό	8,59	5,97	11,54	5,57	8,64	6,39	11,33	4,94
δισκοσβάρνα	8,54	6,30	11,06	4,76	8,59	6,33	11,19	4,86
ακαλλιέργεια	8,52	6,22	11,37	5,15	8,80	6,10	11,74	5,64

Πίνακας 10.1.10. Μέσοι όροι της μέσης, μέγιστης, ελάχιστης καθώς και του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους για την περίοδο 9/4 - 13/5/98

	1998 θερμοκρασία του εδάφους (°C)							
	βαμβάκι - τεύτλα				καλαμπόκι - τεύτλα			
	μέση	ελάχιστη	μέγιστη	εύρος	μέση	ελάχιστη	μέγιστη	εύρος
μέσος όρος	17,53	14,49	21,06	6,57	17,50	14,67	20,77	6,10
4 cm	17,63	14,16	21,71	7,55	17,58	14,45	21,23	6,78
8 cm	17,44	14,82	20,42	5,60	17,42	14,89	20,31	5,42
4 cm συμβ κατεργασία	17,96	13,74	23,32	9,58	17,97	14,08	22,80	8,71
βαρύς καλλιεργητής	17,83	14,01	22,47	8,46	17,72	14,03	22,26	8,23
περιστρ. σκαπτικό	17,41	14,16	21,14	6,98	17,35	14,35	20,77	6,42
δισκοσβάρνα	17,38	14,53	20,61	6,08	17,47	14,90	20,26	5,36
ακαλλιέργεια	17,57	14,37	21,00	6,63	17,37	14,92	20,07	5,16
8 cm συμβ κατεργασία	17,68	14,53	21,33	6,80	17,67	14,68	21,19	6,51
βαρύς καλλιεργητής	17,39	14,70	20,55	5,85	17,55	14,65	20,93	6,28
περιστρ. σκαπτικό	17,32	14,92	20,03	5,11	17,26	14,77	20,02	5,24
δισκοσβάρνα	17,30	15,10	19,79	4,69	17,34	15,28	19,55	4,27
ακαλλιέργεια	17,49	14,82	20,38	5,56	17,28	15,08	19,86	4,79

Πίνακας 10.1.11. Υπολογισμός της κατ' όγκο θερμοχωρητικότητας (C) του εδάφους για τις 5 μεθόδους κατεργασίας σε δύο βάθη και για τρεις ημερομηνίες όπου μετρήθηκε η εδαφική υγρασία κατά το 1998. Ο υπολογισμός έγινε με βάση την σχέση $C = 0,48fm + 0,60fo + fw$, όπου fm, fo και fw οι κατ' όγκο αναλογίες της ανόργανης, της οργανικής και της υγρής φάσης του εδάφους αντίστοιχα.

1998	Κατ' όγκο υγρασία						Κατ' όγκο θερμοχωρητικότητα (cal / cm ³ °C)						μ.ο.
	21/4	30/4	8/5	12/5	15/5	25/5	21/4	30/4	8/5	12/5	15/5	25/5	
0,5-3 cm													
συμβ κατεργασία	0,06	0,14	0,15	0,24	0,18	0,18	0,28	0,36	0,38	0,46	0,40	0,41	0,38
βαρύς καλλιεργητής	0,07	0,18	0,17	0,25	0,19	0,20	0,30	0,41	0,39	0,48	0,41	0,43	0,40
περιστρ. σκαπτικό	0,12	0,22	0,20	0,28	0,21	0,22	0,36	0,46	0,44	0,52	0,45	0,46	0,45
δισκοσβάρνα	0,10	0,21	0,20	0,28	0,21	0,22	0,34	0,45	0,44	0,52	0,45	0,46	0,44
ακαλλιέργεια	0,12	0,26	0,25	0,29	0,25	0,26	0,39	0,54	0,52	0,57	0,52	0,54	0,51
7,5-10 cm													
συμβ κατεργασία	0,17	0,24	0,23	0,31	0,26	0,25	0,43	0,50	0,49	0,57	0,53	0,51	0,51
βαρύς καλλιεργητής	0,17	0,25	0,23	0,31	0,26	0,25	0,43	0,51	0,50	0,58	0,52	0,52	0,51
περιστρ. σκαπτικό	0,22	0,26	0,25	0,32	0,28	0,27	0,50	0,54	0,53	0,60	0,56	0,56	0,55
δισκοσβάρνα	0,23	0,26	0,25	0,32	0,28	0,28	0,51	0,55	0,54	0,61	0,57	0,57	0,56
ακαλλιέργεια	0,20	0,26	0,26	0,32	0,28	0,29	0,50	0,56	0,55	0,62	0,58	0,58	0,56

Πίνακας 10.1.12. Κατ' όγκο περιεκτικότητα αέρα για τις 5 μεθόδους κατεργασίας σε δύο βάθη και για τρεις ημερομηνίες όπου μετρήθηκε η εδαφική υγρασία κατά το 1998. Ο υπολογισμός έγινε αφαιρώντας από τον συνολικό όγκο του εδάφους, των όγκο της στερεάς και της υγρής φάσης

1998	Κατ' όγκο περιεκτικότητα σε αέρα						μέσος όρος
	21/4/98	30/4/98	8/5/98	12/5/98	15/5/98	25/5/98	
0,5-3 cm							
συμβ κατεργασία	0,48	0,40	0,38	0,30	0,36	0,35	0,38
βαρύς καλλιεργητής	0,46	0,35	0,36	0,28	0,35	0,33	0,36
περιστρ. σκαπτικό	0,38	0,28	0,30	0,22	0,29	0,28	0,29
δισκοσβάρνα	0,40	0,29	0,30	0,22	0,29	0,28	0,30
ακαλλιέργεια	0,31	0,17	0,18	0,14	0,18	0,17	0,19
7,5-10 cm							
συμβ κατεργασία	0,28	0,21	0,23	0,15	0,19	0,20	0,21
βαρύς καλλιεργητής	0,29	0,21	0,22	0,14	0,20	0,20	0,21
περιστρ. σκαπτικό	0,20	0,16	0,17	0,10	0,14	0,14	0,15
δισκοσβάρνα	0,18	0,15	0,16	0,09	0,13	0,13	0,14
ακαλλιέργεια	0,19	0,13	0,13	0,06	0,10	0,10	0,12

Πίνακας 10.1.13. Μέσοι όροι της μέσης, μέγιστης, ελάχιστης καθώς και του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους για την περίοδο 6/3 – 16/3/99.

Π.1: (6/3 - 16/3/99)	θερμοκρασία του εδάφους (°C)								
	καλαμπόκι - τεύτλα				βαμβάκι - καλαμπόκι				
	μέση	ελάχιστη	μέγιστη	εύρος	μέση	ελάχιστη	μέγιστη	εύρος	
μέσος όρος	11,56	8,32	15,51	7,19	11,77	8,44	15,82	7,38	
4 cm	11,80	8,00	16,55	8,56	11,96	7,91	17,00	9,10	
8 cm	11,32	8,64	14,47	5,83	11,59	8,98	14,64	5,66	
4 cm	συμβ κατεργασία	12,18	7,09	19,26	12,17	12,23	6,98	19,39	12,40
	βαρύς καλλιεργητής	12,22	7,36	18,69	11,33	12,42	7,28	19,11	11,83
	περιστρ. σκαπτικό	11,68	8,60	15,22	6,63	11,73	8,39	15,77	7,38
	δισκοσβάρνα	11,57	8,30	15,52	7,22	11,71	8,13	15,82	7,69
	ακαλλιέργεια	11,32	8,64	14,07	5,43	11,72	8,76	14,93	6,18
8 cm	συμβ κατεργασία	11,47	8,48	15,48	7,00	11,75	8,87	15,45	6,58
	βαρύς καλλιεργητής	11,32	8,35	14,97	6,62	11,54	8,68	14,99	6,31
	περιστρ. σκαπτικό	11,31	8,87	13,92	5,05	11,68	9,27	14,31	5,04
	δισκοσβάρνα	11,35	8,73	14,25	5,52	11,42	8,90	14,09	5,20
	ακαλλιέργεια	11,14	8,76	13,73	4,97	11,54	9,18	14,34	5,15

Πίνακας 10.1.14. Μέσοι όροι της μέσης, μέγιστης, ελάχιστης καθώς και του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους για την περίοδο 17/3 – 6/4/99.

<u>Π.2: (17/3 - 6/4/99)</u>	θερμοκρασία του εδάφους (°C)							
	καλαμπόκι - τεύτλα				βαμβάκι - καλαμπόκι			
	μέση	ελάχιστη	μέγιστη	εύρος	μέση	ελάχιστη	μέγιστη	εύρος
μέσος όρος	10,60	8,32	13,57	5,25	10,63	8,26	13,84	5,58
4 cm	10,58	7,98	14,16	6,18	10,65	7,96	14,49	6,53
8 cm	10,62	8,66	12,98	4,32	10,62	8,56	13,19	4,62
4 cm συμβ κατεργασία	10,64	7,85	14,40	6,55	10,63	7,62	15,00	7,39
βαρύς καλλιεργητής	10,40	7,57	14,63	7,06	10,58	7,67	14,89	7,22
περιστρ. σκαπτικό	10,62	7,98	14,27	6,29	10,63	8,02	14,46	6,44
δισκοσβάρνα	10,60	8,12	14,06	5,94	10,67	8,04	14,18	6,14
ακαλλιέργεια	10,63	8,39	13,44	5,05	10,74	8,46	13,94	5,48
8 cm συμβ κατεργασία	10,61	8,69	12,92	4,23	10,63	8,39	13,40	5,01
βαρύς καλλιεργητής	10,64	8,51	13,18	4,67	10,57	8,34	13,49	5,15
περιστρ. σκαπτικό	10,60	8,52	13,16	4,65	10,56	8,52	13,10	4,57
δισκοσβάρνα	10,60	8,67	12,97	4,29	10,58	8,62	12,93	4,31
ακαλλιέργεια	10,64	8,93	12,68	3,75	10,73	8,95	13,03	4,08

Πίνακας 10.1.15. Μέσοι όροι της μέσης, μέγιστης, ελάχιστης καθώς και του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους για την περίοδο 7/4 – 4/5/99.

<u>Π.3: (7/4 - 4/5/99)</u>	θερμοκρασία του εδάφους (°C)							
	καλαμπόκι - τεύτλα				βαμβάκι - καλαμπόκι			
	μέση	ελάχιστη	μέγιστη	εύρος	μέση	ελάχιστη	μέγιστη	εύρος
μέσος όρος	18,42	14,73	22,89	8,16	18,74	15,20	23,49	8,29
4 cm	18,61	14,42	23,83	9,41	18,94	14,85	24,54	9,69
8 cm	18,23	15,04	21,95	6,91	18,55	15,56	22,44	6,88
4 cm συμβ κατεργασία	19,08	14,19	25,82	11,63	19,19	14,14	26,44	12,30
βαρύς καλλιεργητής	18,73	13,86	25,11	11,25	19,15	14,58	25,71	11,12
περιστρ. σκαπτικό	18,52	14,08	23,40	9,32	18,73	15,16	23,21	8,05
δισκοσβάρνα	18,44	14,71	23,09	8,38	18,79	15,14	23,69	8,55
ακαλλιέργεια	18,27	15,28	21,74	6,46	18,84	15,23	23,67	8,44
8 cm συμβ κατεργασία	18,32	14,80	22,78	7,99	18,67	15,15	23,66	8,51
βαρύς καλλιεργητής	18,15	14,95	22,05	7,10	18,51	15,42	22,82	7,40
περιστρ. σκαπτικό	18,25	14,86	21,83	6,97	18,40	15,73	21,72	5,98
δισκοσβάρνα	18,27	15,30	21,92	6,62	18,55	15,73	21,95	6,22
ακαλλιέργεια	18,16	15,29	21,18	5,89	18,59	15,75	22,05	6,30

Πίνακας 10.1.16. Μέσοι όροι της μέσης, μέγιστης, ελάχιστης καθώς και του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους για την περίοδο 5/5 – 31/5/99.

<u>Π.4: (5/5 - 31/5/99)</u>	θερμοκρασία του εδάφους (°C)							
	καλαμπόκι - τεύτλα				βαμβάκι - καλαμπόκι			
	μέση	ελάχιστη	μέγιστη	εύρος	μέση	ελάχιστη	μέγιστη	εύρος
μέσος όρος	22,48	18,72	27,01	8,30	22,49	18,64	27,17	8,53
4 cm	22,61	18,32	27,86	9,54	22,61	18,30	28,06	9,76
8 cm	22,34	19,12	26,17	7,05	22,37	18,98	26,28	7,30
4 cm συμβ κατεργασία	23,11	18,25	29,32	11,07	22,96	18,10	29,31	11,21
βαρύς καλλιεργητής	22,78	18,01	28,77	10,76	22,75	17,86	29,16	11,30
περιστρ. σκαπτικό	22,32	18,03	27,51	9,48	22,51	18,03	27,85	9,82
δισκοσβάρνα	22,49	18,59	26,96	8,37	22,36	18,39	27,40	9,01
ακαλλιέργεια	22,34	18,70	26,73	8,03	22,49	19,11	26,55	7,44
8 cm συμβ κατεργασία	22,55	19,28	26,67	7,40	22,56	18,96	26,79	7,83
βαρύς καλλιεργητής	22,23	18,83	26,41	7,58	22,41	18,76	26,71	7,95
περιστρ. σκαπτικό	22,29	19,00	26,02	7,02	22,21	18,77	26,10	7,33
δισκοσβάρνα	22,31	19,39	25,82	6,43	22,33	19,13	26,03	6,91
ακαλλιέργεια	22,33	19,09	25,91	6,82	22,32	19,29	25,79	6,50

Πίνακας 10.1.17. Συσχέτιση βιομάζας ζιζανίων - μέσης θερμοκρασίας εδάφους

X-variable = δεκαδικός λογάριθμος της ξηράς βιομάζας των ζιζανίων Y-variable = μέση θερμοκρασία του εδάφους (4 cm)												
	DF	X-BAR	Y-BAR	VAR,x	VAR,y	COVAR	r	a	b	s,b	t	P%
12/3/97	8	2,18	15,97	0,25	0,27	-0,22	-0,841	17,89	-0,88	0,2	-4,39	0,002
12/4/98	8	1,35	16,33	0,41	0,09	-0,14	-0,746	16,79	-0,34	0,107	-3,17	0,013
5/5/98	8	1,73	16,23	0,22	0,09	-0,08	-0,571	16,86	-0,36	0,186	-1,97	0,085
11/3/99	8	1,94	16	0,21	0,3	-0,2	-0,787	17,82	-0,94	0,26	-3,61	0,007
16/5/99	8	2,11	16	0,15	0,2	-0,12	-0,684	17,64	-0,78	0,294	-2,65	0,029
Total	48	1,86	16,1	0,32	0,2	-0,18	-0,725	17,16	-0,57	0,078	-7,3	0,000
Within Gr.	44			0,25	0,19	-0,15	-0,697	0	-0,61	0,094	-6,45	0,000
Between Gr.	3			1,13	0,27	-0,52	-0,955	0	-0,47	0,083	-5,59	0,011
ANALYSIS OF VARIANCE										P%		0,084

Πίνακας 10.1.18. Συσχέτιση βιομάζας ζιζανίων - ελάχιστης θερμοκρασίας εδάφους

X-variable = δεκαδικός λογάριθμος της ξηράς βιομάζας των ζιζανίων Y-variable = ελάχιστη θερμοκρασία του εδάφους (4 cm)												
	DF	X-BAR	Y-BAR	VAR,x	VAR,y	COVAR	r	a	b	s,b	t	P%
12/3/97	8	2,18	14,45	0,25	2,96	0,51	0,597	9,97	2,05	0,977	2,1	0,069
12/4/98	8	1,35	13,29	0,41	0,51	0,31	0,68	12,28	0,75	0,287	2,63	0,030
5/5/98	8	1,73	12,75	0,22	0,19	0,14	0,676	11,68	0,62	0,237	2,6	0,032
11/3/99	8	1,94	14,1	0,21	2,26	0,57	0,822	8,93	2,67	0,653	4,08	0,004
16/5/99	8	2,11	12,41	0,15	0,09	0,03	0,269	11,99	0,2	0,255	0,79	0,000
Total	48	1,86	13,4	0,32	1,71	0,35	0,465	11,41	1,07	0,295	3,64	0,001
Within Gr.	44			0,25	1,2	0,31	0,571	0	1,25	0,271	4,61	0,000
Between Gr.	3			1,13	7,5	0,71	0,244	0	0,63	1445	0,44	0,000
ANALYSIS OF VARIANCE										P%		0,027

Πίνακας 10.1.19. Συσχέτιση βιομάζας ζιζανίων - μέγιστης θερμοκρασίας εδάφους

X-variable = δεκαδικός λογάριθμος της ξηράς βιομάζας των ζιζανίων Y-variable = μέγιστη θερμοκρασία του εδάφους (4 cm)												
	DF	X-BAR	Y-BAR	VAR,x	VAR,y	COVAR	r	a	b	s,b	t	P%
12/3/97	8	2,18	18,44	0,25	7,69	-1,13	-0,814	28,29	-4,52	1140	-3,96	0,004
12/4/98	8	1,35	19,97	0,41	2,98	-0,85	-0,767	22,75	-2,06	0,609	-3,38	0,010
5/5/98	8	1,73	20,27	0,22	2,3	-0,48	-0,675	24,01	-2,16	0,835	-2,59	0,032
11/3/99	8	1,94	18,61	0,21	8,07	-1,09	-0,831	28,51	-5,1	1206	-4,23	0,003
16/5/99	8	2,11	20,22	0,15	2,55	-0,39	-0,617	25,51	-2,51	1133	-2,22	0,058
Total	48	1,86	19,5	0,32	5	-0,84	-0,663	24,36	-2,61	0,426	-6,13	0,000
Within Gr.	44			0,25	4,72	-0,79	-0,725	0	-3,14	0,45	-6,97	0,000
Between Gr.	3			1,13	8,13	-1,43	-0,473	0	-1,27	1367	-0,93	0,000
ANALYSIS OF VARIANCE										P%		0,008 0,081

Πίνακας 10.1.20. Συσχέτιση βιομάζας ζιζανίων - εύρους ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους

X-variable = δεκαδικός λογάριθμος της ξηράς βιομάζας των ζιζανίων Y-variable = εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους (4 cm)												
	DF	X-BAR	Y-BAR	VAR,x	VAR,y	COVAR	r	a	b	s,b	t	P%
12/3/97	8	2,18	8,98	0,25	7,8	-1,13	-0,807	18,81	-4,51	1167	-3,86	0,005
12/4/98	8	1,35	11,01	0,41	2	-0,68	-0,752	13,24	-1,66	0,513	-3,23	0,012
5/5/98	8	1,73	9,59	0,22	6,28	-0,78	-0,653	15,57	-3,45	1416	-2,44	0,041
11/3/99	8	1,94	8,64	0,21	10,55	-1,25	-0,83	19,94	-5,82	1384	-4,21	0,003
16/5/99	8	2,11	10,09	0,15	5,4	-0,46	-0,506	16,41	-3	1805	-1,66	0,136
Total	48	1,86	9,66	0,32	6,6	-0,97	-0,663	15,24	-3	0,489	-6,13	0,000
Within Gr.	44			0,25	6,41	-0,86	-0,677	0	-3,42	0,56	-6,11	0,000
Between Gr.	3			1,13	8,74	-2,18	-0,695	0	-1,94	1156	-1,68	0,192
ANALYSIS OF VARIANCE										P%		0,152 0,119

Πίνακας 10.1.21. Εξέλιξη του φουρώματος των τευλών για τα τρία έτη

	φυτά / m																							
	1997			1998			1999			2000			2001			2002								
ήμερομηνία:	3/4	6/4	9/4	12/4	16/4	21/4	24/4	27/4	30/4	3/5	6/5	9/5	12/5	15/5	18/5	21/5	23/3	26/3	29/3	1/4	4/4	8/4	12/4	
CV (%)	44,5	27,4	23,9	22,2	16,3	47,7	46,5	40,3	36,0	27,9	25,3	21,5	17,3	16,0	16,0	15,9	58,4	45,7	38,1	22,5	17,4	14,2	14,1	
αγράφ 1	1,77	3,23	5,00	6,25	7,27	2,97	3,20	3,96	4,41	6,45	6,59	6,68	6,87	6,88	6,88	6,88	2,78	4,16	5,59	7,06	7,81	8,13	8,13	
αγράφ 2	2,11	3,97	6,38	7,94	8,86	1,44	1,55	1,86	2,00	2,09	2,37	4,10	5,20	5,73	5,73	5,73	1,34	1,98	3,33	5,75	7,36	7,78	7,83	
	ns	ns	*	*	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns
αμειψισπορά 1	2,23	2,40	2,80	3,09	4,16	4,30	5,16	5,78	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	2,20	3,17	4,69	6,48	7,20	7,59	7,64	
αμειψισπορά 2	2,18	2,35	3,02	3,31	4,38	4,66	5,62	6,29	6,52	6,52	6,52	6,52	6,52	6,52	6,52	6,52	1,92	2,97	4,23	6,33	7,97	8,31	8,31	
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
RIH-ZOR	1,66	3,02	4,78	6,33	7,41	2,05	2,30	2,90	3,19	4,24	4,37	5,29	5,91	6,30	6,30	6,30	2,20	3,17	4,69	6,48	7,20	7,59	7,64	
TURBO	2,22	4,19	6,59	7,86	8,72	2,36	2,45	2,92	3,22	4,30	4,59	5,49	6,16	6,32	6,32	6,31	1,92	2,97	4,23	6,33	7,97	8,31	8,31	
	ns	*	**	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
συμβατική κατεργασία	1,84	3,06	4,97	6,66	7,91	0,44	0,52	1,08	1,17	3,25	3,50	5,44	6,48	6,89	6,89	6,89	1,63	2,97	4,16	6,81	8,38	8,69	8,69	
βαρύς καλλιερητής	1,94	3,88	6,03	7,75	8,28	2,36	2,59	3,16	3,56	4,91	5,06	5,92	6,22	6,59	6,59	6,59	1,41	2,22	3,75	6,22	7,66	8,41	8,44	
περιστροφικό σκαπτικό	1,81	3,44	5,56	6,69	7,69	3,92	4,17	4,52	4,64	4,84	4,98	5,17	6,06	6,36	6,36	6,34	2,38	3,31	5,00	6,47	7,00	7,19	7,19	
δισκοσβάρνα	2,16	4,03	6,19	7,28	8,38	2,09	2,22	2,89	3,44	4,08	4,36	5,03	5,38	5,39	5,39	5,39	2,84	3,78	4,94	6,13	7,31	7,53	7,59	
ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	1,72	3,44	5,38	6,53	7,53	0,03	0,14	0,19	1,63	2,83	3,05	3,91	4,64	6,14	6,14	6,14	1,03	1,53	4,22	7,31	8,59	8,88	8,88	
	ns	*	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**	**	*	ns	ns	*	**	**
LSD (P = 95%)	-	0,71	-	-	-	0,52	0,55	0,59	0,58	0,59	0,57	0,58	0,52	0,50	0,50	0,50	0,86	1,01	-	-	0,94	0,81	0,81	
LSD (P = 99%)	-	-	-	-	-	0,70	0,73	0,78	0,77	0,79	0,75	-	0,69	0,67	0,67	0,66	1,16	-	-	-	-	1,09	1,09	
περιοχή X κατεργασία	ns	*	*	ns	ns	**	**	**	*	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
αμειψισπ. X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ποικιλία X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

* = διαφορά στατιστικής σημαντικότητας για πιθανότητα P=95%

** = διαφορά στατιστικής σημαντικότητας για πιθανότητα P=99%

ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.

Πίνακας 10.1.22. Τεύλα. Φυλλική επιφάνεια

	1997				1998				1999						
	22/6	1/7	10/7	ημερομηνία:	22/5	2/6	12/6	22/6	2/7	3/5	10/5	19/5	28/5	6/6	15/6
Φυλλική επιφάνεια															
CV (%)	23,4	15,1	12,9		30,2	22,3	17,1	13,0	11,1	27,7	24,5	22,6	19,3	15,4	14,6
ανρός 1	3,21	4,33	4,94		0,37	1,07	1,80	2,01	2,41	0,52	0,96	1,72	2,11	3,36	4,15
ανρός 2	1,72	2,45	2,84		0,14	0,53	1,01	1,71	1,91	0,54	0,93	1,24	1,42	2,10	2,47
	**	**	**		**	**	**	ns	*	ns	ns	**	**	**	**
βαμβάκι - τεύλα					0,25	0,78	1,41	1,88	2,22						
καλαμπόκι - τεύλα					0,25	0,82	1,40	1,84	2,09						
					ns	ns	ns	ns	ns						
RIHZOR	2,45	3,28	3,76		0,23	0,76	1,35	1,81	2,14	0,54	0,94	1,47	1,73	2,68	3,23
TURBO	2,49	3,50	4,01		0,27	0,84	1,46	1,91	2,17	0,52	0,95	1,50	1,80	2,78	3,39
	ns	**	**		**	**	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
συμβατική κατεργασία	3,10	3,98	4,33		0,14	0,60	1,40	1,98	2,49	0,76	1,40	2,23	2,68	3,62	4,16
βαρύς καλλιεργητής	2,85	3,76	4,24		0,28	0,88	1,53	2,03	2,42	0,55	1,10	1,64	1,91	3,20	3,93
περιστροφικό σκαπτικό	2,19	3,04	3,64		0,31	0,85	1,35	1,71	1,89	0,42	0,59	1,01	1,22	2,01	2,49
δισκοσβάρνα	1,73	2,79	3,34		0,28	0,88	1,34	1,71	1,84	0,40	0,68	1,05	1,24	2,09	2,66
ακαλλέργεια ⁽¹⁾	1,63	1,97	2,58		0,08	0,37	0,95	1,30	1,62	0,40	0,61	1,08	1,32	2,27	2,72
	**	**	**		**	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD (P = 95%)	0,41	0,37	0,36		0,04	0,09	0,12	0,12	0,12	0,11	0,17	0,24	0,24	0,30	0,35
LSD (P = 99%)	0,56	0,49	0,48		0,05	0,12	-	0,16	0,16	0,14	0,22	0,32	0,33	0,40	0,47
αλόητζι.					**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
αμειψισπ Χ κατεργασία	*	ns	**		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ποικιλία Χ κατεργασία	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

* = διαφορά στατιστικά σημαντική για πιθανότητα P= 95%

** = διαφορά σημαντική για πιθανότητα P=99%,

ns = στατιστικός μη σημαντική διαφορά.

Πίνακας 10.1.23. Μορφολογικά χαρακτηριστικά της ρίζας των τεύτλων

ημερομηνία:	Μήκος ρίζας (cm)										Μέγιστη διάμετρος ρίζας (cm)											
	1998					1999					1998					1999						
	2/5	2/6	12/6	22/6	2/7	3/5	10/5	19/5	28/5	6/6	15/6	22/5	2/6	12/6	22/6	2/7	3/5	10/5	19/5	28/5	6/6	15/6
CV (%)	21,3	18,1	13,2	11,2	10,8	22,4	20,9	19,6	18,8	11,6	12,2	28,0	23,0	15,1	11,5	13,6	30,1	25,8	21,7	16,5	14,4	12,0
αγρός 1	8,43	11,35	12,89	17,50	20,07	6,92	10,09	14,63	18,00	21,52	24,87	1,54	2,06	3,01	4,25	5,58	1,17	1,64	3,51	5,03	6,67	8,32
αγρός 2	6,90	10,59	11,96	14,71	17,29	7,67	11,82	15,07	18,67	20,83	22,63	1,12	1,64	2,39	3,36	4,65	1,10	1,53	3,27	4,74	6,13	7,62
	**	*	**	**	**	ns	**	ns	ns	ns	*	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
βαμβάκι - τεύτλα	7,85	11,48	13,01	16,92	19,54							1,33	1,92	2,88	4,07	5,32						
καλαμπόκι - τεύτλα	7,48	10,45	11,84	15,29	17,82							1,33	1,78	2,52	3,55	4,91						
	ns	*	**	**	**							ns	ns	**	*	**						
RIHZOR	7,85	10,80	12,21	15,67	18,39	7,43	10,94	14,93	18,48	21,16	23,61	1,31	1,78	2,68	3,81	5,11	1,16	1,63	3,30	4,83	6,38	7,88
TURBO	7,48	11,14	12,63	16,54	18,97	7,15	10,97	14,76	18,20	21,18	23,89	1,35	1,93	2,72	3,81	5,12	1,11	1,55	3,48	4,94	6,42	8,06
	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
συμβατική κατεργασία	6,38	10,50	12,15	17,46	20,30	8,99	13,95	20,49	25,36	27,85	29,76	0,96	1,43	2,29	3,95	5,42	1,54	2,11	3,83	6,64	8,37	9,24
βαρύς καλλιεργητής	8,28	11,24	12,65	16,39	19,97	8,00	12,92	17,05	21,95	25,18	27,83	1,32	1,91	2,93	3,98	5,48	1,23	1,71	3,39	4,74	7,06	8,59
περιστροφικό σκαπτικό	8,10	11,09	12,23	15,28	17,41	5,78	7,91	10,57	12,94	16,02	18,74	1,45	1,87	2,78	3,64	5,04	0,91	1,26	2,94	4,01	5,15	6,96
δισκοσβάρνα	7,89	11,04	12,67	15,30	17,04	6,39	9,04	11,29	13,10	15,64	18,68	1,59	2,22	2,79	3,66	4,52	0,86	1,28	3,39	4,16	5,03	7,08
ακαλλιεργεία ⁽¹⁾	4,63	8,57	10,24	14,14	16,32	5,31	6,96	8,84	14,49	17,03	20,98	0,67	1,18	1,85	2,90	4,02	0,64	1,14	1,81	3,38	4,14	5,81
	**	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	**	**	**
LSD (P = 95%)	0,81	-	-	0,90	1,01	1,17	1,64	2,09	2,47	1,76	2,08	0,19	0,21	0,20	0,22	0,35	0,25	0,29	0,53	0,58	0,66	0,69
LSD (P = 99%)	1,08	-	-	1,20	1,34	1,57	2,20	2,81	3,31	2,36	2,79	0,25	0,28	0,27	0,29	0,46	0,33	0,39	-	0,78	0,89	0,92
περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns	**	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
αμειψισπ X κατεργασία	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ποικιλία X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιεργείας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

* = διαφορά στατιστικής σημαντικότητας για πιθανότητα P=95%

** = διαφορά στατιστικής σημαντικότητας για πιθανότητα P=99%

ns = στατιστικός μη σημαντικός διαφορά.

Πίνακας 10.1.24. Μορφολογικά χαρακτηριστικά της ρίζας των τεύτλων

ημερομηνία:	Βάθος ρίζας (cm)										Γωνία κλίσης της ρίζας (°)											
	1998					1999					1998					1999						
	22/5	2/6	12/6	22/6	2/7	3/5	10/5	19/5	28/5	6/6	15/6	22/5	2/6	12/6	22/6	2/7	3/5	10/5	19/5	28/5	6/6	15/6
CV (%)	18,5	16,9	15,3	17,5	12,0	22,3	21,2	17,5	17,6	15,0	10,1	200	55,9	51,4	36,6	27,8	106	50,9	43,7	30,3	26,8	19,6
αγρός 1	7,88	9,50	10,99	14,36	16,72	6,76	9,15	13,49	16,26	19,30	21,57	8,66	26,89	26,29	31,88	31,75	6,89	20,67	20,56	24,82	25,73	29,18
αγρός 2	6,80	8,97	10,38	12,21	14,59	7,45	10,83	13,65	16,47	18,28	19,74	2,66	27,51	25,91	30,45	30,01	9,97	20,72	23,79	27,48	28,94	29,21
	**	ns	*	**	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
βαμβάκι - τεύτλα	7,53	9,57	11,02	13,69	16,37							5,84	28,25	27,53	32,52	30,72						
καλαμπόκι - τεύτλα	7,15	8,90	10,35	12,89	14,96							5,48	26,15	24,67	29,80	31,04						
	*	*	*	*	**							ns	ns	ns	ns	ns						
RIHZOR	7,43	9,14	10,59	12,92	15,32	7,20	10,03	13,57	16,64	18,91	20,73	6,37	27,08	24,71	31,28	30,93	9,50	19,99	22,61	24,70	26,44	28,22
TURBO	7,25	9,32	10,78	13,66	16,00	7,01	9,96	13,57	16,09	18,67	20,58	4,95	27,32	27,50	31,04	30,83	7,36	21,40	21,74	27,59	28,23	30,17
	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
συμβατική κατεργασία	6,38	9,51	11,35	15,81	18,70	8,91	13,82	19,60	24,36	26,33	27,44	0,39	18,46	16,54	22,10	21,06	4,47	4,89	13,57	14,13	17,27	21,59
βαρύς καλλιεργητής	8,13	10,26	11,71	15,20	18,54	7,93	12,69	16,63	21,09	23,96	26,69	2,58	19,57	17,63	19,27	19,53	4,25	7,82	11,36	15,40	16,43	15,76
περιστροφικό σκαπτικό	7,56	8,82	9,84	11,28	13,21	5,62	6,26	8,84	9,69	12,93	14,29	9,92	33,36	33,83	40,01	39,59	8,29	33,92	30,16	38,58	35,64	39,87
διακοσβάρνα	7,29	8,35	9,83	10,86	12,18	5,96	7,19	9,21	10,32	11,94	14,20	9,75	37,41	36,40	43,27	43,32	16,71	36,15	33,60	36,48	40,00	39,57
ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	4,63	7,74	8,97	12,53	14,67	5,25	6,76	8,49	13,71	16,05	19,81	0,00	18,07	22,50	23,60	23,77	4,33	9,94	14,05	17,63	18,91	18,43
	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD (P = 95%)	0,68	0,78	0,81	1,16	0,94	1,14	1,52	1,70	2,07	2,02	1,50	5,66	7,59	6,69	5,69	4,29	6,40	7,56	6,94	5,69	5,26	4,11
LSD (P = 99%)	0,90	1,04	1,08	1,54	1,25	1,52	2,04	2,28	2,77	2,71	2,01	7,52	10,08	8,89	7,55	5,69	8,58	10,14	9,32	7,63	7,05	5,52
περιοχή X κατεργασία	**	ns	ns	*	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ποικιλία X κατεργασία	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(1) Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξιμείθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

* = διαφορά στατιστικής σημαντικότητας για πιθανότητα P=95%

** = διαφορά στατιστικής σημαντικότητας για πιθανότητα P=99%

ns = στατιστικός μη σημαντική διαφορά.

Πίνακας 10.1.25. Εξέλιξη του φυτόμορφου του καλαμποκιού για τα τρία έτη του πειράματος

μέτρο	1997												1998												1999											
	27/4	30/4	3/5	6/5	9/5	12/5	21/4	24/4	27/4	30/4	3/5	6/5	9/5	12/5	15/5	18/5	21/5	24/4	27/4	30/4	3/5	6/5	10/5	14/5	17/5	20/5	24/5									
CV (%)	18,7	14,5	13,5	14,6	15,6	15,1	46,9	37,3	40,4	45,9	37,5	29,8	27,9	21,7	21,2	17,5	14,7	84,3	73,9	47,0	35,3	26,7	24,8	16,5	15,2	15,0	15,0									
αγρός 1	1,91	4,13	5,47	6,38	6,84	7,14	1,82	2,00	2,10	2,17	3,64	4,49	4,84	4,92	4,92	5,03	5,10	0,72	1,06	2,16	2,93	3,79	4,46	5,64	6,05	6,09	6,09									
αγρός 2	1,94	3,91	5,13	6,09	6,63	6,88	0,61	0,80	0,93	0,99	1,11	1,15	1,18	2,26	2,75	3,93	4,76	0,96	1,21	2,28	3,23	3,97	4,47	5,17	5,37	5,39	5,39									
περιοχή	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns									
κατεργασία	2,44	5,00	6,13	6,81	7,13	7,38	0,65	0,71	0,73	0,73	1,65	2,56	2,90	3,54	3,90	4,81	5,69	1,34	1,64	2,97	4,42	4,70	5,21	6,29	6,55	6,56	6,56									
βαμβάκι - καλαμπόκι	2,56	5,25	6,50	7,00	7,38	7,56	1,35	1,48	1,69	1,83	2,60	3,17	3,40	3,94	4,27	5,06	5,44	0,86	1,30	3,03	3,65	4,22	4,69	5,69	5,96	5,97	5,97									
συμβατική κατεργασία	1,63	3,25	4,56	5,75	6,25	6,59	1,54	1,85	1,98	2,00	2,73	2,85	2,94	3,48	3,69	3,92	4,06	0,45	0,72	1,77	2,24	3,26	3,88	4,73	5,11	5,15	5,15									
περιστροφικό σκαπτικό	1,06	2,56	4,00	5,38	6,19	6,50	1,33	1,56	1,67	1,75	2,52	2,69	2,81	3,40	3,48	4,13	4,54	0,71	0,90	1,10	2,02	3,35	4,09	4,91	5,22	5,27	5,27									
διακοσβάρνα	1,25	2,50	3,63	4,50	4,81	5,28	0,04	0,06	0,06	0,19	0,54	0,79	1,33	1,83	2,13	2,52	2,69	0,29	0,29	0,30	0,48	0,79	0,99	1,92	2,65	2,93	2,93									
ακαλλιέργεια (1)	**	**	**	**	ns	ns	*	**	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**									
LSD (P=95%)	0,38	0,61	0,75	0,96	-	-	0,60	0,55	0,64	0,76	-	-	-	-	-	0,82	0,76	0,51	0,60	0,75	0,78	0,74	0,79	0,64	0,62	0,62	0,62									
LSD (P=99%)	0,52	0,84	1,03	1,31	-	-	-	0,75	0,88	-	-	-	-	-	-	-	1,05	0,68	-	1,00	1,05	1,00	1,07	0,86	0,83	0,83	0,83									
αλληλεπίδραση	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	**	**	**	**	ns	*	*	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns										
περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	**	**	**	**	ns	ns	*	*	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns									
αμειψισπ. X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	**	**	**	**	ns	ns	*	*	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns									

(1) Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

* = διαφορά στατιστικά σημαντική για πιθανότητα P=95%

** = διαφορά σημαντική για πιθανότητα P=99%

ns = στατιστικός μη σημαντική διαφορά.

Πίνακας 10.1.26. Ύψος του καλαμποκιού για τα τρία έτη

	Ύψος (cm)																		
	έτος: 1997			1998			1999			1999									
ημερομηνία:	30/5	10/6	19/6	2/7	25/5	1/6	9/6	17/6	25/6	2/7	10/7	17/7	24/7	6/6	15/6	24/6	4/7	15/7	24/7
πείραξη	7,8	7,2	9,8	7,5	15,1	14,9	14,9	15,6	19,0	17,7	11,6	12,1	12,1	16,0	18,4	13,5	9,6	7,5	7,3
αγρός 1	30,1	54,1	95,4	166,5	16,5	26,3	45,9	48,9	63,7	82,6	100,4	107,2	107,4	51,3	106,9	153,2	180,4	194,0	200,9
αγρός 2	31,8	51,3	83,8	152,1	11,1	20,2	35,5	41,5	47,0	70,4	101,5	116,8	125,2	36,6	80,6	134,6	157,7	167,8	173,0
	ns	ns	**	**	*	**	**	**	**	*	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**
αμείψι														41,3	92,5	144,9	173,5	186,4	193,3
τεύλα - καλαμπόκι														46,7	95,0	142,8	164,7	175,4	180,7
βαμβάκι - καλαμπόκι														ns	ns	ns	ns	ns	ns
κατεργασία														64,1	131,8	184,6	199,5	206,8	210,8
συμβατική κατεργασία	36,0	60,3	102,9	175,6	11,1	20,0	40,9	47,3	61,6	88,7	113,8	128,8	130,9	53,1	117,5	169,6	188,3	196,8	201,6
βαρύς καλιεργητής	33,0	57,0	99,4	167,9	14,9	25,5	43,6	47,9	59,8	84,2	109,1	117,0	124,5	28,4	55,5	104,3	137,6	155,4	163,8
περιστροφικό σκαπτικό	26,8	46,6	78,0	146,6	15,3	25,1	41,2	44,8	51,5	71,3	93,2	99,5	100,9	30,3	70,3	117,0	150,8	164,7	171,8
διακοσβάρνα	28,0	47,0	78,1	147,1	13,7	22,4	37,2	40,7	48,5	61,7	87,6	102,8	109,0	15,4	40,6	75,4	104,1	130,0	142,7
ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	26,8	43,3	66,6	132,9	11,2	20,3	35,7	40,4	48,5	63,1	88,0	98,5	109,3	**	**	**	**	**	**
	**	**	**	**	**	*	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD (P = 95%)	2,5	4,0	9,2	12,6	2,2	3,6	-	-	-	14,2	12,3	14,2	14,8	5,1	12,3	14,0	11,6	9,8	9,8
LSD (P = 99%)	3,5	5,5	12,7	17,3	3,0	-	-	-	-	19,5	16,9	19,5	20,3	6,8	16,6	18,8	15,6	13,1	13,2
αλληλε														**	**	ns	ns	ns	ns
περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
αμειψιστ X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=95%

** = διαφορά σημαντική για πιθανότητα P=99%

ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.

Πίνακας 10.1.27. Εξέλιξη του φουτρώματος του βαμβακιού για τα τρία έτη

ΠΕΡΙΟΧΗ	Φυτά / m																							
	1997			1998			1999			1998			1999			1999								
	8/5	10/5	12/5	13,3	16/5	20/5	30/4	3/5	6/5	9/5	12/5	15/5	18/5	21/5	24/5	1/6	4/6	6/5	10/5	14/5	17/5	20/5	24/5	28/5
CV (%)	18,2	14,7	13,3	13,7	12,4	134,2	100,1	65,1	40,4	33,1	28,3	19,6	19,0	15,2	15,0	15,0	15,0	53,1	32,0	30,7	30,2	16,8	17,3	16,7
αγκός 1	4,50	6,94	9,13	10,84	11,63	2,25	3,06	3,94	6,38	7,56	8,44	8,94	9,63	9,94	10,13	10,13	10,13	1,78	4,19	7,06	9,59	11,09	12,31	12,47
αγκός 2	13,38	15,34	16,06	16,69	17,81	0,00	0,19	0,50	0,63	0,75	4,00	6,31	7,81	8,50	8,50	8,50	8,50	1,84	3,94	6,16	7,75	9,16	9,94	10,13
	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**
σπάρι - βαμβάκι	3,69	5,41	7,56	8,94	10,44																			
βαμβάκι - βαμβάκι	4,50	6,75	9,13	10,84	11,63																			
	ns	ns	ns	ns	ns	ns																		
συμβατική κατεργασία	10,81	13,69	15,19	16,06	17,63	0,00	0,13	0,63	2,25	3,13	5,13	7,13	9,13	9,75	10,00	10,00	10,00	1,25	4,44	8,13	9,38	11,50	13,44	14,00
βαρύς καλλιεργητής	9,94	11,94	13,38	14,75	15,00	0,50	0,88	1,63	3,00	3,63	6,00	8,13	9,13	10,00	10,13	10,13	10,13	1,94	4,31	6,69	9,19	11,56	12,75	12,81
περιστροφικό σκαπτικό	7,06	8,94	10,13	11,25	12,25	2,88	3,63	4,38	4,88	5,38	7,00	7,75	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	2,44	3,75	5,94	7,94	8,81	9,00	9,00
διακοσβάρνα	7,94	10,00	11,69	13,00	14,00	1,13	1,88	2,25	3,88	4,50	6,75	7,50	8,25	8,75	8,75	8,75	8,75	1,63	3,75	5,69	8,19	8,63	9,31	9,38
ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	5,88	7,81	8,75	9,06	11,63	0,00	0,88	1,00	2,00	3,13	4,00	5,88	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	0,25	0,25	1,94	4,50	6,00	6,69	6,94
	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	ns	ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns	**	**	**
LSD (P = 95%)	1,71	1,72	1,77	1,97	1,91	1,59	1,71	1,52	1,49	1,45	-	-	-	-	1,47	1,47	1,47	-	-	-	-	1,78	2,02	1,98
LSD (P = 99%)	2,34	2,35	2,42	2,70	2,62	2,17	2,34	2,08	2,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,44	2,77	2,72
περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
αμειψισπ X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=95%

** = διαφορά σημαντική για πιθανότητα P=99%

ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.

Πίνακας 10.1.28. Εξέλιξη της βλαστικής ανάπτυξης του βαμβακιού για τα τρία έτη

μέτρο	κόμβοι / φυτό						μέσο ύψος (cm)																		
	1997		1998		1999		1997		1998		1999														
	10/6	17/7	5/8	31/8	30/6	15/7	1/8	30/8	4/7	17/7	30/7	22/8													
CV (%)	13,3	9,8	9,8	11,1	14,1	9,8	8,1	10,7	10,8	19,5	9,7	7,1	18,8	8,1	9,2	8,9	18,9	11,4	10,7	12,1	15,8	11,6	10,8	9,4	
αγρός 1	5,1	9,4	12,8	14,4	6,4	9,3	10,4	11,0	6,8	9,3	11,4	11,9	11,5	65,8	82,1	89,4	26,9	48,5	61,4	66,8	38,2	52,9	65,9	72,6	
αγρός 2	5,9	10,1	12,3	14,6	5,4	8,6	10,1	10,8	6,5	9,7	12,5	12,7	14,0	71,8	77,3	81,2	23,3	45,3	60,1	68,1	32,1	57,4	72,3	77,2	
	**	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	**	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
σπάρι - βαμβάκι	5,1	10,4	13,7	14,8									10,7	71,4	86,5	89,7									
βαμβάκι - βαμβάκι	5,0	9,4	12,8	14,6									11,5	65,8	82,1	89,4									
	ns	ns	*	ns									ns	*	ns	ns									
συμβατική κατεργασία	6,2	10,2	12,9	14,7	7,2	10,0	10,8	11,7	8,1	11,2	13,1	13,3	15,8	78,7	88,8	95,1	33,9	60,0	71,9	76,0	45,8	67,4	83,3	86,7	
βαρύν καλλιέργητής	5,5	10,5	13,4	15,3	6,4	9,4	10,3	10,8	7,3	10,3	12,2	12,7	12,7	72,0	81,7	85,6	27,3	50,0	63,0	69,7	39,2	57,8	72,4	80,3	
περιστροφικό σκαπτικό	5,0	9,8	12,5	14,4	5,3	8,5	10,4	10,7	5,7	9,2	11,7	11,9	11,3	63,8	76,4	83,4	20,8	39,8	54,5	61,6	29,5	53,3	62,4	67,2	
διακοσβάρνα	5,3	8,7	11,4	13,6	4,7	8,0	9,5	10,4	5,5	7,3	10,7	11,5	11,3	60,8	72,0	77,1	18,3	37,7	53,5	62,5	26,0	42,1	58,4	65,4	
ακαλλιέργεια ⁽¹⁾	4,7	8,5	11,2	13,5	4,8	8,0	9,5	10,2	4,5	6,8	9,2	10,1	10,0	53,0	69,4	77,6	20,4	38,4	51,5	59,0	17,2	29,4	44,2	52,0	
	*	*	*	ns	**	**	*	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD (P = 95%)	0,8	1,0	1,3	-	0,9	0,9	0,9	-	0,8	2,0	1,2	0,9	2,5	5,9	7,7	7,9	5,0	5,6	6,8	8,5	5,8	6,7	7,8	7,4	
LSD (P = 99%)	-	-	-	-	1,2	1,3	-	-	1,0	2,7	1,7	1,3	3,4	8,0	10,5	10,9	6,8	7,7	9,3	11,7	8,0	9,2	10,7	10,1	
περιοχή X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	
αμειψισπ X κατεργασία	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	

⁽¹⁾ Η μέθοδος της ακαλλιέργειας εξαιρέθηκε από την ανάλυση της παραλλακτικότητας της διακύμανσης

* = διαφορά στατιστικώς σημαντική για πιθανότητα P=95%

** = διαφορά σημαντική για πιθανότητα P=99%

ns = στατιστικώς μη σημαντική διαφορά.

10.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΞΗ

Η μελέτη των επιπτώσεων από την εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων κατεργασίας του εδάφους συνεχίστηκε από το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Π.Θ. και μετά το τέλος των πειραμάτων της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στους ίδιους πειραματικούς αγρούς την περίοδο 2000-2002 με στόχο να αναδειχθούν τυχόν μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες ωφέλειες από την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους. Κατά τα έτη αυτά λήφθηκαν και πάλι μετρήσεις των απορροφόμενων δυνάμεων στην έλξη καθώς και της ροπής και της γωνιακής ταχύτητας στον δυναμοδότη. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τον ίδιο γεωργικό ελκυστήρα ισχύος 80 KW (μέγιστη ισχύς στον δυναμοδότη 72 kW) και με τα ίδια γεωργικά μηχανήματα. Με μια διαδικασία ανάλογη με αυτή που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 5.2 υπολογίστηκε η απορροφόμενη ισχύς στην έλξη και η απορροφόμενη ισχύς στον δυναμοδότη (πίνακας 10.2.1).

10.2.1. Μετρήσεις στο εργαστήριο

Κατά τα έτη 2001 και 2002 στο κύκλωμα τροφοδοσίας του ελκυστήρα του ελκυστήρα παρεμβλήθηκε ένα όργανο μέτρησης της κατανάλωσης καυσίμου. Το όργανο έδινε ένα παλμικό σήμα το οποίο αποστέλλονταν στον φορητό Η/Υ που ήταν προσαρμοσμένος στον γεωργικό ελκυστήρα, μέσω ενός κατάλληλου λογισμικού (STREAMER) καταγραφόταν στην μνήμη του υπολογιστή. Η συχνότητα δειγματοληψίας ήταν 0,1 kHz.

Η βαθμονόμηση του οργάνου έγινε χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας και μετρώντας την πραγματική κατανάλωση καυσίμου από ένα εφεδρικό δοχείο που προσαρμόστηκε στον ελκυστήρα. Στον ελκυστήρα εφαρμόστηκαν διάφορα φορτία στον δυναμοδότη και για κάθε φορτίο μετρήθηκε η κατανάλωση καυσίμου ενώ παράλληλα καταγραφόταν σε φορητό Η/Υ οι παλμοί από το όργανο μέτρησης της κατανάλωσης. Η σχέση που βρέθηκε ήταν γραμμική της μορφής:

$$y = 0,597z \quad (R^2 = 0,989) \quad (10.1)$$

με y την κατανάλωση καυσίμου σε ml/s και z τον αριθμό των παλμών ανά s.

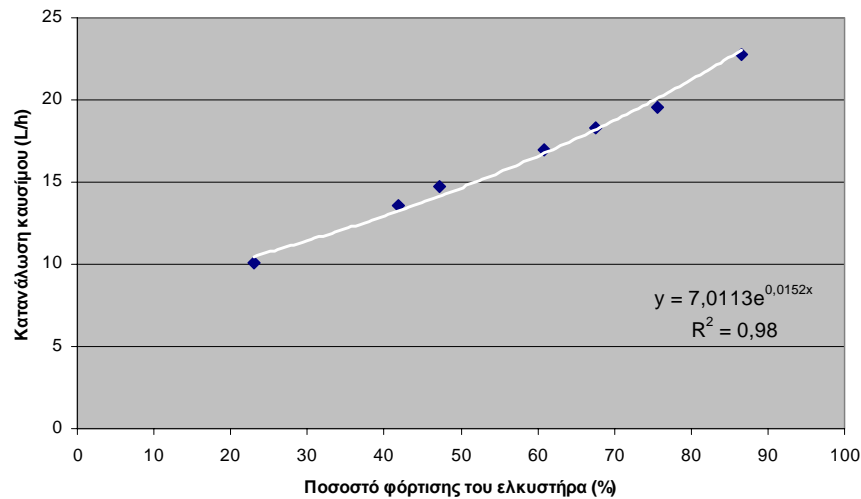
Επιπλέον κατά την διάρκεια της βαθμονόμησης, με το όργανο μέτρησης της ροπής και της γωνιακής ταχύτητας, μετρήθηκε η απορροφόμενη ισχύς στον δυναμοδότη του ελκυστήρα. Με τον τρόπο αυτό και λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέγιστη διαθέσιμη ισχύς στον δυναμοδότη σύμφωνα με τον κατασκευαστή του ελκυστήρα ήταν 72 kW προέκυψε το ποσοστό φόρτισης στον δυναμοδότη. Η σχέση που συνδέει την κατανάλωση καυσίμου με το ποσοστό φόρτισης του ελκυστήρα περιγράφεται από την εξίσωση:

$$FC = 7,0113e^{0,0152x} \quad (R^2 = 0,98) \quad (10.2)$$

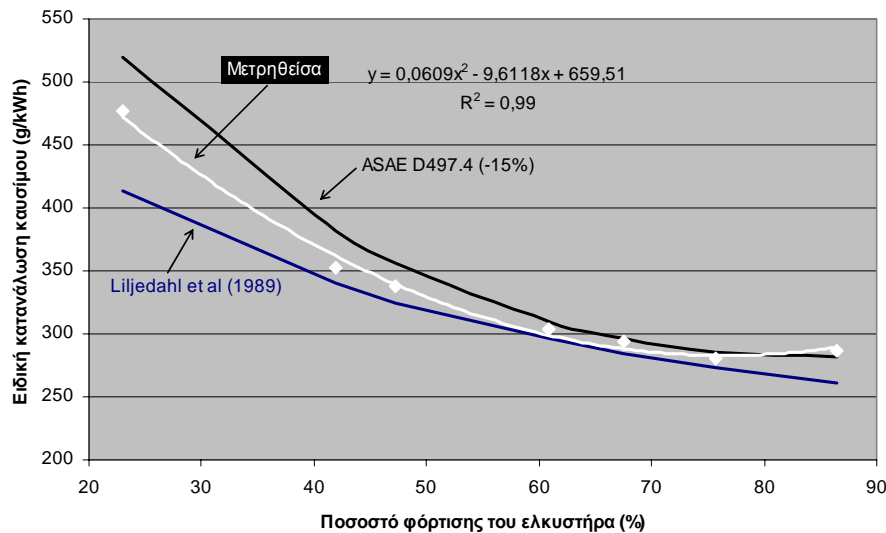
Όπου FC = η κατανάλωση καυσίμου (σε ℓ/h)

x = το ποσοστό (%) φόρτισης του ελκυστήρα στον δυναμοδότη.

Η γραφική απεικόνιση της παραπάνω σχέσης παρουσιάζεται στο σχήμα 10.2.1.



Σχήμα 10.2.1. Σχέση μεταξύ της κατανάλωσης καυσίμου και του ποσοστού φόρτισης του ελκυστήρα στον δυναμοδότη για τον γεωργικό ελκυστήρα Ford 8210 του Αγροκτήματος.



Σχήμα 10.2.2. Σύγκριση της καμπύλης της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου για τον γεωργικό ελκυστήρα Ford 8210 του Αγροκτήματος με τις θεωρητικές καμπύλες των Liljedahl et al (1989) καθώς και την καμπύλη που προκύπτει από την χρησιμοποίηση της σχέσης 10.3 (ASAE 2002 D4910.4) όταν τα αποτελέσματα μειωθούν κατά 15%.

Από τις παραπάνω μετρήσεις υπολογίστηκε επίσης η καμπύλη της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου (σχήμα 10.2.2). Όπως προκύπτει από το σχήμα η μετρηθείσα καμπύλη της κατανάλωσης καυσίμου προσεγγίζει την καμπύλη των Liljedahl et al. (1989) καθώς και την καμπύλη που προκύπτει από την εξίσωση (ASAE 2002 D4910.4)

$$SFC = 2,64X + 3,91 - 0,203\sqrt{738X + 173} \quad (10.3)$$

Όπου: SFC = η ειδική κατανάλωση καυσίμου σε (/kWh) και X = το ποσοστό (%) φόρτισης του ελκυστήρα στον δυναμοδότη, όταν στην παραπάνω εξίσωση τα αποτελέσματα ελαττωθούν κατά 15%¹.

¹ Η εξίσωση που δίνουν τα ASAE Standards D4910.4 (2002) εκτιμά την ειδική κατανάλωση καυσίμου για πετρελαιοκίνητους γ.ε. και τα αποτελέσματα είναι κατά 15% υψηλότερα από αυτά που προκύπτουν από τις εργαστηριακές μετρήσεις για να ανταποκρίνονται στις συνθήκες εργασίας στον αγρό.

Η εξίσωση που περιγράφει την καμπύλη της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου για τον γεωργικό ελκυστήρα FORD 8210 του Αγροκτήματος είναι:

$$SFC = 0,0609x^2 - 9,6118x + 659,51 \quad (R^2 = 0,99) \quad (10.4)$$

Όπου SFC = η ειδική κατανάλωση καυσίμου (σε l/kWh)

x = το ποσοστό (%) φόρτισης του ελκυστήρα στον δυναμοδότη.

10.2.2 Μετρήσεις στον αγρό

Τα έτη 2001 και 2002 κατά την διάρκεια των επεμβάσεων κατεργασίας, παράλληλα με τις δυναμομετρήσεις λήφθηκαν και μετρήσεις της κατανάλωσης καυσίμου (FC). Από την σχέση 10.2 υπολογίστηκε το ποσοστό φόρτισης του ελκυστήρα (x) και από τη σχέση 10.4 η ειδική κατανάλωση καυσίμου (SFC) στο εν λόγω φορτίο.

Διαιρώντας την πραγματική κατανάλωση (FC) με την ειδική κατανάλωση (SFC) προκύπτει η ισοδύναμη ισχύς στον δυναμοδότη ($P_{\Delta YN}$) (σχέση 5.10). Αφαιρώντας την ισχύ που απορροφάται από τον δυναμοδότη ($P_{\Delta YN}$) (όπως αυτή προσδιορίστηκε από τα στοιχεία των δυναμομετρήσεων) προκύπτει η ισοδύναμη ισχύς στον δυναμοδότη που διατίθεται για την έλξη ($P_{\text{ΕΛΞ}}$) (σχέση 5.8). Το κλάσμα της πραγματικής απορροφόμενης ισχύος στην έλξη προς την ισοδύναμη ισχύ στον δυναμοδότη που διατίθεται για την έλξη αποτελεί τον συντελεστή (C_p) απόδοσης της ισχύος στην έλξη (σχέση 5.7). Στον πίνακα 10.2.1 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι από μια σειρά μετρήσεων με κάθε ένα από τα παρελκόμενα μηχανήματα.

Πίνακας 10.2.1. Στοιχεία που προέρχονται από μετρήσεις του Εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας και που αφορούν την περίοδο 2001-2002. Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των συντελεστών απόδοσης της ισχύος στην έλξη για τα διάφορα παρελκόμενα μηχανήματα.

	Πραγματική απορροφόμενη ισχύς στην έλξη		Κατανάλωση καυσίμου (L/h)	Λογος φόρτισης του ελκυστήρα	SFC (L/kWh)	Ισοδύναμη ισχύς στο PTO (kW)	Ισχύς που διατίθεται για την έλξη (kW)	C_p
	(kW)	στο PTO						
Μηχανήματα κατεργασίας								
Αροτρο	28,73		19,09	0,71	0,35	54,47	54,47	0,53
Βαρύς καλλιεργητής	27,38		18,43	0,68	0,35	52,04	52,04	0,53
Υπεδαφοκαλλιεργητής	28,17		18,91	0,71	0,35	53,83	53,83	0,52
Περιστρ σκαπτικό	6,95	55,77	25,52	0,94	0,36	70,08	14,31	0,49
Δισκοσβάρνα (1η)	11,31		12,33	0,36	0,48	25,57	25,57	0,44
Δισκοσβάρνα (2η)	12,09		13,27	0,42	0,45	29,66	29,66	0,41
Ελαφρύς καλλιεργ (1ος)	13,64		13,71	0,45	0,43	31,63	31,63	0,43
Σπαρτική σκαλιστικών	1,76	2,25	9,57	0,16	0,64	14,88	12,63	0,14

⁽¹⁾ SFC = Ειδική κατανάλωση καυσίμου (l/kWh)

⁽²⁾ C_p = Συντελεστής απόδοσης της ισοδύναμης στον δυναμοδότη ισχύος, στην έλξη

10.3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

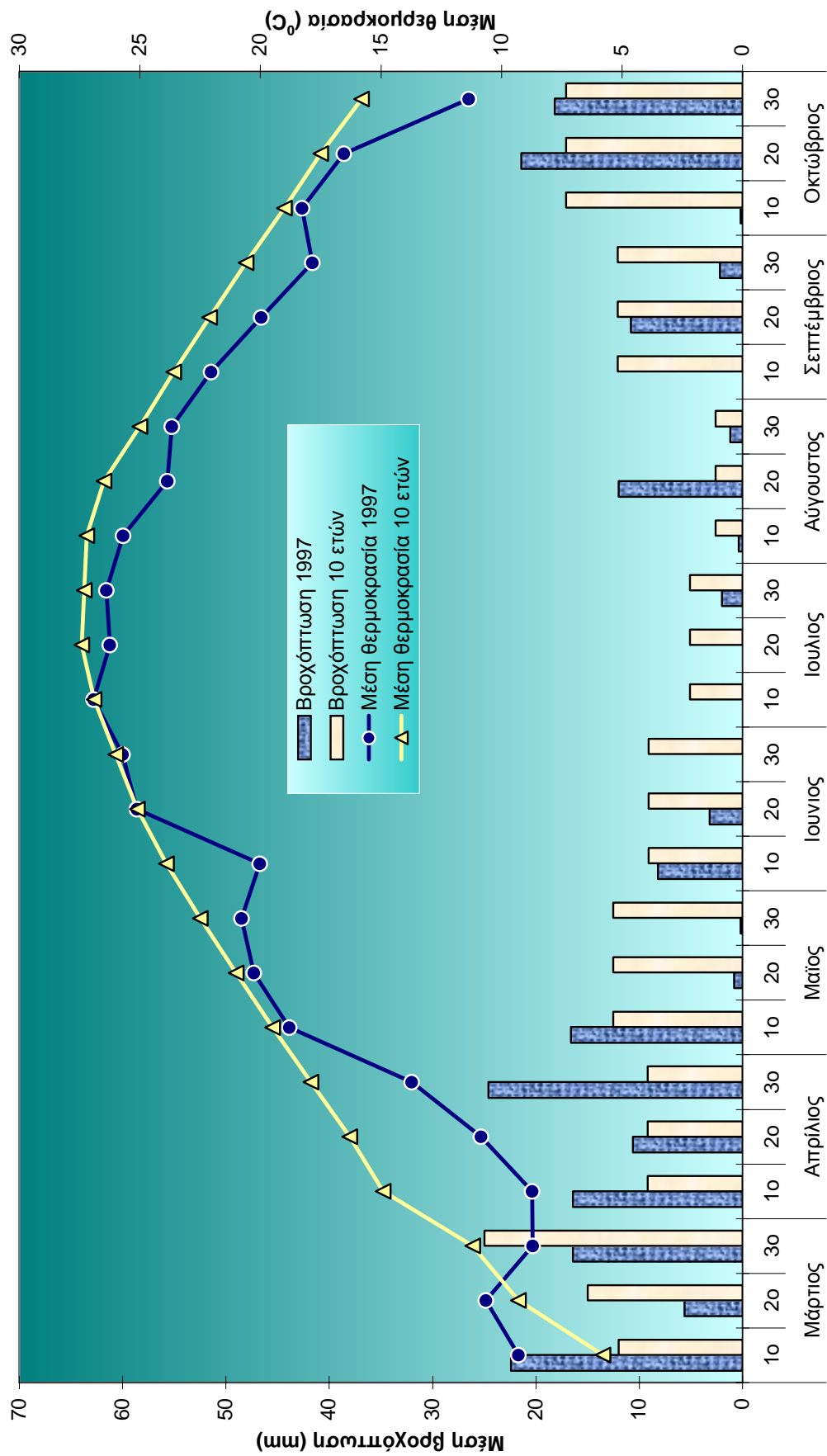
Στα σχήμα 10.3.1, 10.3.2 και 10.3.3 παρουσιάζεται η μέση ημερήσια θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και η συνολική βροχόπτωση ανά δεκαήμερο για τις καλλιεργητικές περιόδους (Μάρτιος – Οκτώβριος) των ετών 1997, 1998 και 1999. Επίσης παρουσιάζεται η μέση διακύμανση της θερμοκρασίας των προηγούμενων δέκα ετών καθώς και η μέση βροχόπτωση. Τα δεδομένα για τα έτη 1997 και 1998 προέρχονται από το Περιφερειακό Κέντρο Προστασίας Φυτών Βόλου και αφορούν την γειτονική περιοχή του Στεφανοβίκειου (7 χλμ από το Βελεστίνο) ενώ τα δεδομένα για το 1999 προέρχονται από μετεωρολογικό σταθμό που εγκατέστησε το Εργαστήριο Γεωργίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Αγρόκτημα του Βελεστίνου. Τα στατιστικά στοιχεία των προηγούμενων ετών προέρχονται από το Περιφερειακό Κέντρο Προστασίας Φυτών του Βόλου και αφορούν την περιοχή του Στεφανοβίκειου.

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί από το σχήμα 10.3.1, το 1997 χαρακτηρίζεται από μια μικρότερη θερμοκρασία σε σχέση με την μέση θερμοκρασία των 10 ετών, ιδίως κατά τους μήνες της άνοιξης. Η συνολική βροχόπτωση το διάστημα αυτό ήταν ικανοποιητική αλλά κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, (εκτός από το 2^ο δεκαήμερο του Αυγούστου) ήταν περιορισμένη. Επίσης η περίοδος του φθινοπώρου χαρακτηρίζεται από χαμηλότερες του μέσου όρου θερμοκρασίες και από σημαντικό ύψος βροχοπτώσεων.

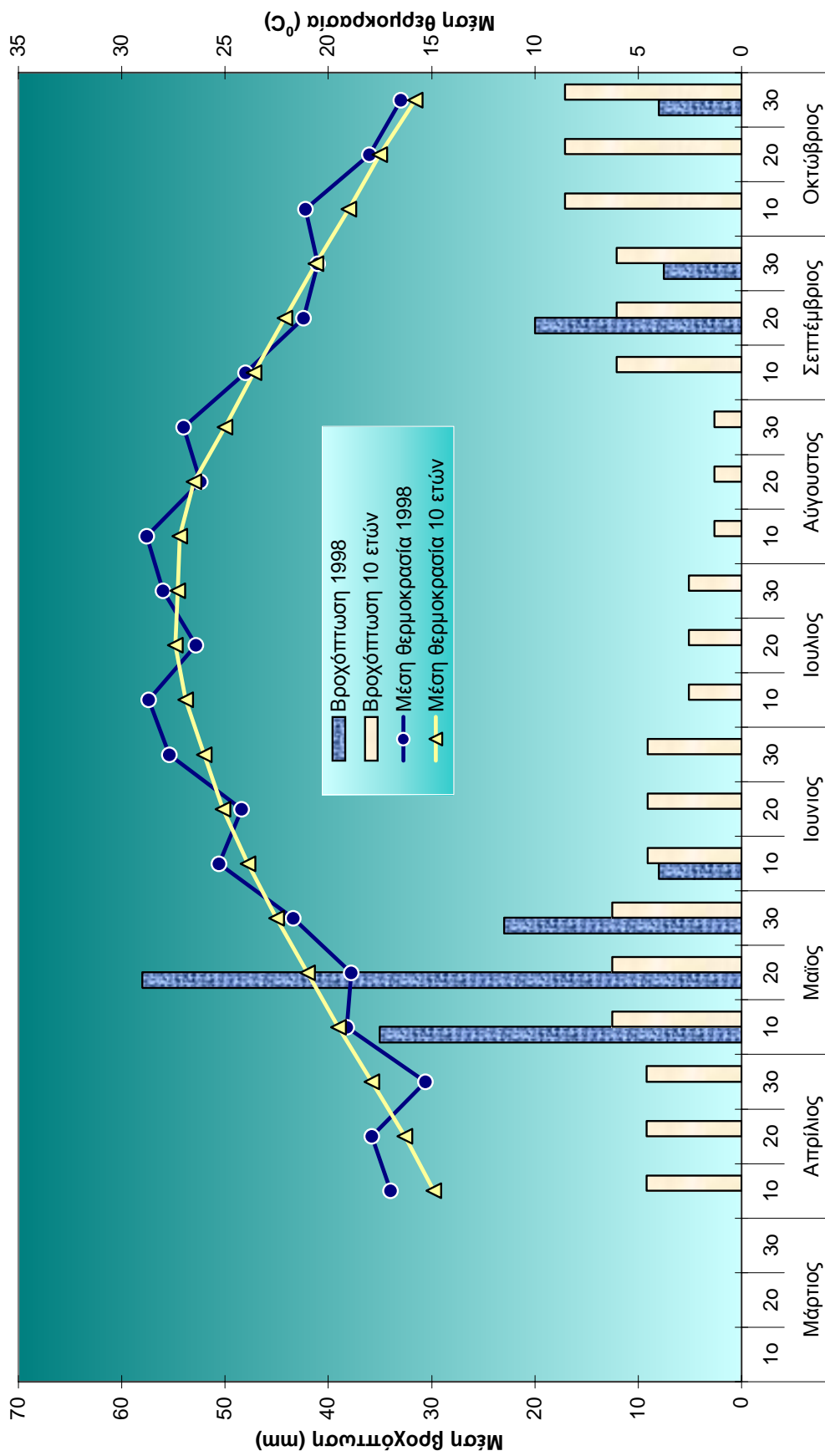
Το 1998 (σχήμα 10.3.2) χαρακτηρίζεται από την παντελή έλλειψη βροχοπτώσεων την περίοδο του Απριλίου και την παρουσία υψηλών επιπέδων βροχόπτωσης κατά τον Μάιο. Το καλοκαίρι ήταν άνυδρο ενώ και κατά την περίοδο του Φθινοπώρου οι βροχές ήταν περιορισμένες. Η μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας ήταν σημαντικά υψηλότερη από τον μέσο όρο των προηγούμενων δέκα ετών, ιδίως κατά την περίοδο του καλοκαιριού.

Τέλος, το 1999 (σχήμα 10.3.3) χαρακτηρίζεται από υψηλές βροχοπτώσεις κατά τον Μάρτιο καθώς και στο πρώτο δεκαήμερο του Απριλίου. Επίσης κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, το ύψος των βροχοπτώσεων κυμάνθηκε στα επίπεδα των προηγούμενων δέκα ετών. Για το φθινόπωρο, το συνολικό ύψος της βροχόπτωσης ήταν κοντά στο μέσο όρο αν και παρουσίαζε περισσότερο ανομοιόμορφη κατανομή. Η μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας ήταν ασυνήθιστα υψηλή κατά το πρώτο δεκαήμερο του Μαρτίου. Κατά την διάρκεια της υπόλοιπης περιόδου ωστόσο κυμάνθηκε κοντά στο μέσο επίπεδο των τελευταίων δέκα ετών.

Σχήμα 10.3.1. Στοιχεία μετεωρολογικών δεδομένων για το 1997



Σχήμα 10.3.2. Στοιχεία μετεωρολογικών δεδομένων για το 1998



Σχήμα 10.3.3. Στοιχεία μετεωρολογικών δεδομένων για το 1999

