



ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΜΑ: «*ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ*
ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ
***ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ*»**



ΤΣΙΑΝΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΓΕΜΤΟΣ ΘΕΟΦΑΝΗΣ

ΒΟΛΟΣ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A) ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
B) ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
• ΕΔΑΦΟΣ-ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	8
1. ΕΔΑΦΟΣ	8
2. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	9
• ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	10
1. ΑΡΟΤΡΟ	10
2. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗΣ	14
3. ΣΒΑΡΝΕΣ	16
• ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	18
1. ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	18
2. ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	19
3. ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	21
4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	22
• ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ	26
➤ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	26
• Ο ΗΛΙΑΝΘΟΣ ΩΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	34
Γ) ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	38
• ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ-ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	38
• ΛΙΠΑΝΣΗ-ΣΠΟΡΑ-ΑΡΔΕΥΣΗ	42
• ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	44
• ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ.....	45
1. Ενέργεια γεωργικών μηχανημάτων	45
2. Ενέργεια για τη σπορά	51
3. Ενέργεια λιπασμάτων	51
4. Ενέργεια φυτοφαρμάκων	52
5. Ενέργεια άρδευσης	52
6. Ενέργεια για τη συγκομιδή	53
7. Ενέργεια για τη μεταφορά	53

8. Ενέργεια για την επεξεργασία	53
• ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΕΚΡΟΕΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ	54
1. Ενέργεια από το λάδι	54
2. Ενέργεια από την πίτα	54
Δ) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ	55
• ΦΥΤΡΩΜΑ	55
• ΒΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ	57
• ΑΠΟΔΟΣΗ	63
• ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΜΗΧΑΝΗΣ	66
• ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ	67
1. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	67
α) Ενέργεια σταθερών στοιχείων	67
β) Εισροές ενέργειας από τη χρήση γεωργικού εξοπλισμού	71
2. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΦΟΔΙΩΝ	74
• ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΗΛΙΑΝΘΟΥ	76
Ε) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	79
ΣΤ) ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	81
Ζ) ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	85

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ χρέος μου να ευχαριστήσω και δημόσια τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. **Γέμτο Θεοφάνη**, διευθυντή του Εργαστηρίου Μηχανολογίας του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τις πολύτιμες υποδείξεις του, την αμέριστη κατανόηση, τη συνεχή στήριξη και την άψογη συνεργασία.

Τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στους συναδέλφους γεωπόνους του Εργαστηρίου Μηχανολογίας του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κ. **Καραμούτη Χρήστο** και κ. **Καβαλάρη Χρήστο**, που με τις γνώσεις, την εμπειρία τους και την προσωπική εργασία τους, συνέβαλαν αποφασιστικά στην επιτυχή έκβαση του πειράματος.

Τις θερμές ευχαριστίες και στον υπεύθυνο γεωπόνο του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. **Σουϊπα Σπύρο** για την προσωπική φροντίδα και παρατήρηση της καλλιέργειας.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τους κ. **Κίττα Κων/νο**, καθηγητή και διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργικών κατασκευών του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, καθώς και κ. **Μαυρομάτη Αθανάσιο**, επίκουρο καθηγητή Γενετικής και Βελτίωσης Φυτών του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τις επισημάνσεις, τις υποδείξεις και την εποικοδομητική τους κριτική.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τάση για στροφή της γεωργίας προς τις ενεργειακές καλλιέργειες με σκοπό την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι έντονη τα τελευταία χρόνια. Στη συγκεκριμένη εργασία μελετήθηκε ο ηλίανθος ως φυτό μικρού βιολογικού κύκλου, το οποίο προτείνεται ως κατάλληλο για καλλιέργεια στις συνθήκες που επικρατούν στη χώρα μας. Μελετήθηκαν 2 ποικιλίες (FRANKASOL και CARYSOL) ως προς την φυτρωτική τους ικανότητα, τη βλαστική ανάπτυξη και την παραγωγικότητα με την εφαρμογή 4 διαφορετικών συστημάτων κατεργασίας. Ως κύριες κατεργασίες θεωρήθηκαν η συμβατική, ο βαρύς καλλιεργητής, η δισκοσβάρνα και το περιστροφικό σκαπτικό. Κατά το σχεδιασμό και την ανάλυση του πειράματος, χρησιμοποιήθηκε split-plot σχέδιο 4 μεταχειρίσεων, με δύο παράγοντες και 4 επαναλήψεις. Από τα αποτελέσματα του πειράματος προέκυψε ότι τα υψηλότερα ποσοστά φυτρώματος (82%) έδωσε η κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή και ακολούθησαν η συμβατική κατεργασία (72,2%), η δισκοσβάρνα (71,9%) και ο περιστροφικός καλλιεργητής (71,3%). Ανάμεσα στα δυο υβρίδια που δοκιμάστηκαν, υπεροχή είχε η FRANKASOL (82,04%) έναντι της CARYSOL (67,68%).

Το τελικό ύψος των φυτών κατά μέσο όρο ήταν σχεδόν το ίδιο για τις δύο ποικιλίες (1,44m η CARYSOL, 1,43m η FRANKASOL) αν και μακροσκοπικά τα φυτά της CARYSOL ήταν πιο εύρωστα και πιο πρώιμα κατά την άνθηση. Η συμβατική κατεργασία έδωσε την μεγαλύτερη απόδοση (444kg/στρ), ενώ μας ικανοποίησαν και οι άλλες 3 μεταχειρίσεις με αποδόσεις 355, 341 και 332 kg/στρ αντίστοιχα. Ικανοποιητική ήταν επίσης και η απόδοση της θεριζοαλωνιστικής μηχανής με απώλειες 15,6%.

Από την ενεργειακή μελέτη, προέκυψε ότι η καθαρή ενέργεια κυμαίνεται από 3775 MJ/στρ στην κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό έως 6282 MJ/στρ στη συμβατική κατεργασία. Οι μεταχειρίσεις με δισκοσβάρνα και ο βαρύς καλλιεργητής έδωσαν καθαρή ενέργεια ίση με 4073 MJ/στρ και 4278 MJ/στρ αντίστοιχα.

Βρέθηκε ότι ο κυριότερος παράγοντας εισροής ενέργειας στην παραγωγική διαδικασία είναι η άρδευση (65%), ενώ ακολουθούν η λίπανση (7,1%) και η κατεργασία του εδάφους με ποσοστό που δεν ξεπερνά το 7% του συνόλου των εισροών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την οργάνωση των πρώτων ανθρώπινων κοινωνιών, έγινε γρήγορα αντιληπτό ότι η φύση δεν μπορούσε να καλύψει τις αυξημένες διατροφικές ανάγκες που προέκυπταν. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, ο άνθρωπος στράφηκε στην καλλιέργεια του εδάφους για να επιτύχει αύξηση της παραγωγής. Στις μέρες μας παράλληλα με την υπερβολική αύξηση του πληθυσμού, έχουμε μια εντατικοποίηση στην καλλιέργεια του εδάφους. Η αλόγιστη αυτή όμως εκμετάλλευση, οδήγησε σε μια υποβάθμιση των καλλιεργούμενων εδαφών. Με τον όρο υποβάθμιση εννοούμε την συμπίεση που υφίσταται το επιφανειακό στρώμα του εδάφους, την καταστροφή της δομής του από τα συνεχή περάσματα των μηχανημάτων καλλιέργειας και την δραματική μείωση της οργανικής ουσίας. Ειδικά για τις λοφώδεις καλλιεργούμενες περιοχές ελλοχεύει ο κίνδυνος να υποστούν διάβρωση από λάθος επεμβάσεις. Με τις έντονες βροχοπτώσεις παρατηρείται μετακίνηση γόνιμου εδάφους προς τα χαμηλότερα σημεία των λεκανών απορροής με μη αναστρέψιμα δυσμενή αποτελέσματα.

Η εντατικοποίηση της καλλιέργειας συνεπάγεται αύξηση των εισροών κάθε μορφής ενέργειας. Αρχικά με την χρήση ζώων για τις εργασίες και κοπριάς για λίπανση, αργότερα με την χρήση μηχανικού εξοπλισμού και χημικών μέσων. Το γεγονός αυτό, αύξησε σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται κυρίως από ορυκτά καύσιμα. Στη σημερινή εποχή γίνεται επιτακτικότερη η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας, με απώτερο στόχο τη μείωση της κατανάλωσης του πετρελαίου και την προστασία του περιβάλλοντος. Με την επίτευξη του πρώτου στόχου επιτυγχάνεται μερικώς και ο δεύτερος αφού η μειωμένη κατανάλωση οδηγεί σε μειωμένες εκπομπές ρύπων. Για αυτό το λόγο, σημαντικό κομμάτι της έρευνας ασχολείται με την εξεύρεση καλλιεργητικών τεχνικών με μειωμένες ενεργειακές απαιτήσεις χωρίς σημαντική μείωση της παραγωγής.

Η συρρίκνωση του εισοδήματος των αγροτών, λόγω της εφαρμογής της νέας ΚΑΠ, παράλληλα με την έλλειψη αρδευτικού νερού που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια, έκανε επιτακτική την ανάγκη για στροφή της γεωργίας σε νέες καλλιέργειες. Η ΕΕ στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής της πολιτικής όρισε την 2003/30/ΕΚ οδηγία, σύμφωνα με την οποία, η χώρα μας αναλαμβάνει την υποχρέωση ως το 2010 να αντικαταστήσει τα συμβατικά της καύσιμα στον τομέα των μεταφορών σε ποσοστό

5,75%. Αυτό εντάσσεται στην γενικότερη πολιτική της ΕΕ για μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου, προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές CO₂ και η εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου. Η λύση που προτάθηκε είναι η στροφή της γεωργίας προς ενεργειακές καλλιέργειες. Λέγοντας ενεργειακές καλλιέργειες εννοούμε αυτές που από το προϊόν τους έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία παράγονται στερεά ή υγρά βιοκαύσιμα. Μεταξύ των υπάρχουσών ήδη καλλιεργειών έχουν προβληθεί ως ικανές να παράγουν υγρό καύσιμο, η ελαιοκράμβη, ο ηλίανθος (για παραγωγή βιοντίζελ) και το γλυκό σόργο, τα σακχαρότευτλα και οι σπόροι σιτηρών (για παραγωγή αιθανόλης). Στα πλαίσια αυτών των νέων απαιτήσεων, πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα κάτω από πραγματικές συνθήκες στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου Μαγνησίας. Ως ενεργειακή καλλιέργεια επιλέχθηκε ο ηλίανθος λόγω της μικρής διάρκειας του βιολογικού του κύκλου αλλά και εξαιτίας του γεγονότος ότι είναι ένα είδος που από παλαιότερες αναφορές, ευδοκίμωσε στην Κεντρική Ελλάδα. Το παραγόμενο λάδι των σπόρων του ηλίανθου μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα σε μηχανή Diesel (αυτούσιο ή σε μίγματα με πετρέλαιο), μειώνοντας σημαντικά το ποσοστό των εκπομπών CO₂. Τα υπολείμματα της καλλιέργειας μπορούν να χρησιμεύσουν ως βιομάζα ενώ η πίτα που παράγεται κατά την ψυχρή συμπίεση για εξαγωγή λαδιού, είναι άριστη ζωοτροφή.

Στόχος του πειράματος ήταν να μελετηθεί η καλλιέργεια υβριδίων ηλιάνθου μικρού βιολογικού κύκλου και η προσαρμογή τους σε διάφορα συστήματα κατεργασίας του εδάφους που συντηρούν τη γονιμότητα του εδάφους. Καλλιεργήθηκαν δύο υβρίδια (Carysol και Frankasol), κάτω από πραγματικές συνθήκες αγρού με τέσσερις διαφορετικές κατεργασίες. Συγκρίθηκαν η συμβατική κατεργασία με χρήση αρότρου για την πρωτογενή κατεργασία του εδάφους (αναστροφή του εδάφους με κάλυψη των φυτικών υπολειμμάτων), με τρία συστήματα χωρίς αναστροφή του εδάφους, σε τρία βάθη αναμόχλευσης. Η πρώτη μεταχείριση είναι η συμβατική(Σ) κατεργασία που περιλαμβάνει αναστροφή του εδάφους σε βάθος 25-30εκ., πέρασμα με δισκοσβάρνα για σπάσιμο των μεγάλων σβόλων χώματος, 2 περάσματα με ελαφρύ καλλιεργητή για ψιλοχωμάτισμα του αγρού και τέλος ενσωμάτωση treflan με δισκοσβάρνα. Στη δεύτερη κατεργασία έγινε αναμόχλευση του εδάφους σε βάθος περίπου 18εκ. με βαρύ καλλιεργητή(BK) και έπειτα ακολούθησαν οι ίδιες επεμβάσεις με την προηγούμενη κατεργασία. Στην τρίτη μεταχείριση έγινε κατεργασία σε βάθος 13εκ. περίπου με περιστροφικό σκαπτικό(ΠΣ) και ακολούθησε ενσωμάτωση treflan με δισκοσβάρνα. Στην τέταρτη

περίπτωση έγιναν δύο κατεργασίες με δισκοσβάρνα(Δ) με βάθος κατεργασίας 8-10εκ. και ακολούθησαν 2 επεμβάσεις με ελαφρύ καλλιεργητή και ενσωμάτωση treflan με δισκοσβάρνα.

Καθώς στις μέρες μας γίνεται προσπάθεια για μείωση των ενεργειακών εισροών, έγινε σύγκριση μεταξύ της πιο ενεργοβόρου συμβατικής κατεργασίας και των άλλων συστημάτων μειωμένης κατεργασίας που παρουσιάζουν μειωμένες απαιτήσεις σε κατανάλωση ενέργειας.

Σκοπός της εργασίας είναι να μελετηθεί μία καλλιέργεια η οποία να εναρμονίζεται στους στόχους της αγροτικής πολιτικής της ΕΕ και της χώρας μας η οποία ευδοκίμει δίνοντας ικανοποιητικές αποδόσεις με μικρό ενεργειακό κόστος, ενώ παράλληλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αμειψισπορά χωρίς να έχει μεγάλες απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό. Δηλαδή να μελετηθεί μια καλλιέργεια που να καλύπτει τις απαιτήσεις της ΕΕ και των αγροτών, με έμμεσα περιβαλλοντικά οφέλη.

ΕΛΑΦΟΣ- ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ

1. ΕΛΑΦΟΣ

Έδαφος καλείται το χαλαρό επιφανειακό στρώμα του φλοιού της γης, το οποίο σχηματίζεται από την αποσάθρωση των μητρικών πετρωμάτων με την επίδραση διαφόρων φυσικών, χημικών και βιολογικών παραγόντων του περιβάλλοντος (Τσατσαρέλης, 2000).

Τα συστατικά του εδάφους είναι τρία, η άμμος ,η ιλύς και η άργιλος. Η αναλογία τους στο έδαφος προσδίδει και τον χαρακτηρισμό ως αμμώδους, ιλυώδους και αργιλώδους και καθορίζεται από το μητρικό πέτρωμα και τα φερτά υλικά.

Το έδαφος από γεωργικής άποψης είναι ένας μη ανανεώσιμος φυσικός πόρος που χρησιμεύει στο να παρέχει στήριξη στα φυτά, να τα εφοδιάζει με νερό και θρεπτικά στοιχεία απαραίτητα για την επιβίωση τους. Επίσης δεχόμενο τις κατάλληλες κατεργασίες (ψιλοχωμάτισμα) αποτελεί το κατάλληλο περιβάλλον για την βλάστηση των σπόρων.

2. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ

Με τον όρο κατεργασία εννοούμε όλες εκείνες τις επεμβάσεις που γίνονται στο έδαφος με σκοπό να δημιουργήσουμε καλές συνθήκες αερισμού, στράγγισης του εδάφους και ανάπτυξης και διείδυσης για την ρίζα. Επίσης επιτυγχάνουμε ενσωμάτωση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας, καταστροφή των ζιζανίων και δημιουργούμε κατάλληλη σποροκλίνη. Για να πετύχουμε όλα τα παραπάνω χρησιμοποιούμε πλήθος μηχανημάτων που ασκούν τάσεις οι οποίες προκαλούν διάτμηση, εφελκυσμό και συμπίεση (Γέμτος, 1994). Αποτέλεσμα αυτών των τάσεων είναι η χαλάρωση της επιφανειακής εδαφικής στοιβάδας.

Σκοπός της κατεργασίας είναι:

- Ο ψιλοχωματισμός της επιφανειακής στοιβάδας του εδάφους
- Ο έλεγχος των ζιζανίων
- Η βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους όπως είναι το πορώδες, η υγρασία, η θερμοκρασία και η δομή του εδάφους.
- Η διαχείριση των φυτικών υπολειμμάτων
- Η ενσωμάτωση λιπασμάτων, εδαφοβελτιωτικών και φυτοπροστατευτικών ουσιών
- Η καταπολέμηση εντόμων που διαχειμάζουν στο έδαφος.
- Η προστασία του εδάφους από τη διάβρωση
- Η ισοπέδωση των εδαφών
- Η διαμόρφωση του εδάφους για άρδευση

Η χρήση των μηχανημάτων κατά την κατεργασία του εδάφους μπορεί να ομαδοποιηθεί σε δύο ξεχωριστά στάδια αλλά όχι και αναγκαστικά σε δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους. Το πρώτο στάδιο το οποίο ονομάζεται **“πρωτογενής” ή “κύρια κατεργασία”** περιλαμβάνει τη χρήση μηχανημάτων που αναμοχλεύουν το έδαφος σε μεγάλο σχετικά βάθος (15-40 cm).

Έχει ως κύριο στόχο, τη βελτίωση της δομής του εδάφους με τη δημιουργία του κατάλληλου πορώδους για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται είναι κατά κύριο λόγο τα άροτρα και οι καλλιεργητές. Η επιφάνεια όμως που δημιουργείται μετά τη χρήση αυτών των μηχανημάτων είναι αρκετά τραχιά και χαλαρή με συνέπεια να μην μπορεί να τοποθετηθεί ο σπόρος για να έχουμε ικανοποιητικό φύτρωμα και ανάπτυξη των φυτών. Γι' αυτό το λόγο, ακολουθούν μια σειρά από άλλες επεμβάσεις που σκοπό

έχουν να ισοπεδώσουν, να ψιλοχωματίσουν και να συμπιέσουν σε κατάλληλο βαθμό την ανώτερη επιφανειακή στοιβάδα του εδάφους έτσι ώστε να δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες που απαιτούνται για ικανοποιητικό φύτρωμα, βλάστηση και ανάπτυξη των φυτών. Το δεύτερο στάδιο των επεμβάσεων ονομάζεται “*δευτερογενής κατεργασία*” ή “*προετοιμασία της σποροκλίνης*”. Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται σε αυτό το στάδιο είναι καλλιεργητές, ελαφρύτερης κατασκευής από αυτούς που χρησιμοποιούνται στην πρωτογενή κατεργασία, καθώς και διάφορες σβάρνες, κύλινδροι ή και συνδυασμοί αυτών ταυτόχρονα ή μεμονωμένα. Τα βάθη κατεργασίας αυτών των μηχανημάτων είναι μικρότερα και δεν ξεπερνούν τα 10 cm .

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).

ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. ΑΡΟΤΡΟ

Το άροτρο είναι το βασικότερο και ίσως από τα παλαιότερα μηχανήματα πρωτογενούς κατεργασίας του εδάφους. Αποτελείται από μια κοιλοδοκό πάνω στην οποία είναι στερεωμένα μέσω βάσεων (σταβάρια), τα σώματα που φέρουν τα υνιά, τους αναστρεπτήρες και τις ευθυντηρίες. Πάνω στο πλαίσιο μπορούν να στερεωθούν και άλλα βοηθητικά εξαρτήματα όπως τροχοί ρύθμισης βάθους ή δίσκοι χάραξης. Η κοιλοδοκός του αρότρου είναι τοποθετημένη διαγωνίως προς την διεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα (Τσατσαρέλης, 2000). Το υνί μαζί με τον αναστρεπτήρα προκαλεί κοπή μίας λωρίδας ορθογωνικής διατομής, παράλληλα με την διεύθυνση κίνησης, ανύψωση, θρυμματισμό και αναστροφή της (Γέμτος, 1994). Το μέγεθος του ορίζεται

από τον αριθμό των υνιών και το πλάτος κοπής τους δηλαδή της κάθετης απόστασης μεταξύ των νοητών προεκτάσεων των στρώσεων ή ευθυντηριών. Η απόσταση αυτή μετριέται σε ίντσες, προσδίδοντας και τον ανάλογο χαρακτηρισμό στο άροτρο (π.χ. όταν αυτή η απόσταση είναι 12 ίντσες το χαρακτηρίζουμε 12άρι). Στα σύγχρονα άροτρα υπάρχει η δυνατότητα αυτή η απόσταση να ρυθμίζεται ανάλογα με την κατάσταση του χωραφιού και την ισχύ του ελκυστήρα αυξομειώνοντας το πλάτος κατεργασίας. Μεγάλο ρόλο επίσης έχει και η απόσταση του πλαισίου από το έδαφος (ύψος αρότρου) καθώς με το όργωμα γίνεται και διαχείριση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας. Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος του αρότρου τόσο περισσότερο όγκο υπολειμμάτων μπορεί να διαχειριστεί. Ανάλογα με τον τρόπο στερέωσης του αρότρου στον ελκυστήρα διακρίνεται σε φερόμενο ή αναρτόμενο, ημιαναρτόμενο και συρόμενο. Φερόμενα ή αναρτόμενα είναι εκείνα που συνδέονται μετά τρία σημεία του υδραυλικού του ελκυστήρα και όλο το βάρος τους υποβαστάζεται από τον ελκυστήρα. Πεντάυνα άροτρα ή και μεγαλύτερα άροτρα ανήκουν στην κατηγορία των ημιαναρτόμενων και εκτός από τα τρία σημεία ανάρτησης στον ελκυστήρα διαθέτουν και βοηθητικό τροχό στο πίσω μέρος τους. Ο τροχός αυτός κατέρχεται και στηρίζει μέρος του βάρους του αρότρου όταν το άροτρο ανυψώνεται. Τα συρόμενα άροτρα φέρουν τρεις τροχούς που συγκρατούν όλο το βάρος και ταυτόχρονα ρυθμίζουν και την οριζοντίωση. Αυτά τα άροτρα έλκονται από την δοκό έλξης του ελκυστήρα. Μια άλλη διάκριση που γίνεται στα άροτρα είναι μεταξύ των απλών και των αναστρεφόμενων αρότρων. Η διαφορά τους εστιάζεται στο ότι τα δεύτερα αναστρέφουν το έδαφος προς όποια κατεύθυνση επιθυμούμε ανεξάρτητα από την κατεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα.

Αποτέλεσμα της κατεργασίας είναι η κοπή, ο θρυμματισμός και η αναστροφή του εδάφους με ταυτόχρονη ενσωμάτωση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας. Η εικόνα του εδάφους μετά την επέμβαση με άροτρο είναι γυμνό έδαφος, με μεγάλους σβώλους και πόρους, ελάχιστη συγκράτηση υγρασίας και μεγάλη κυκλοφορία του αέρα, συνθήκες εντελώς ακατάλληλες για το φύτευμα των σπόρων. Όταν τα οργώματα γίνονται φθινόπωρο για εαρινές καλλιέργειες αυτό δεν είναι πρόβλημα γιατί με την επίδραση των καιρικών συνθηκών του χειμώνα (παγωνιές, βροχή, χιόνι) θρυμματίζονται όλοι οι μεγάλοι σβώλοι και εξομαλύνεται η επιφάνεια του χωραφιού.

Η κατεργασία με άροτρο έχει ως στόχο να προετοιμαστεί το έδαφος έτσι ώστε να παρέχει τις καλύτερες δυνατές συνθήκες για την ανάπτυξη των φυτών. Είναι

διαδεδομένη σ' όλο τον κόσμο γιατί διευκολύνει τις υπόλοιπες κατεργασίες που ακολουθούν αφού ενσωματώνει τα φυτικά υπολείμματα, ελέγχει αποτελεσματικά τα ετήσια και πολυετή ζιζάνια και δίνει καλές αποδόσεις (Τσατσαρέλης, 2000).

Όμως, είναι μια κατεργασία που έχει αυξημένες ανάγκες σε ενέργεια και ισχύ με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος παραγωγής των γεωργικών προϊόντων. Σύμφωνα με τον Καβαλάρη (2004) οι απαιτήσεις σε ενέργεια για όργωμα ανέρχονται σε 21,7 MJ/στρ ενώ ο εδαφολογιστής και ο βαρύς καλλιεργητής απαιτούν 15,9 και 12,3 MJ/στρ αντίστοιχα. Επιπλέον με τις εντατικές επεμβάσεις με άροτρο παρατηρήθηκαν και ορισμένα προβλήματα, όπως η δημιουργία σκληρού ορίζοντα αμέσως κάτω από το βάθος κατεργασίας (hard pan) και η επιτάχυνση της διάβρωσης σε εδάφη με κλίση. Η διάβρωση είναι ίσως το σημαντικότερο μη αναστρέψιμο πρόβλημα που συνδέεται με τη συμβατική κατεργασία με άροτρο. Με την αναστροφή του εδάφους κατά το όργωμα, τα φυτικά υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας ενσωματώνονται στο έδαφος και με τις έντονες βροχοπτώσεις το έδαφος παρασύρεται από το νερό σε χαμηλότερα σημεία των λεκανών απορροής.

Επειδή το έδαφος παραμένει ακάλυπτο για μεγάλο χρονικό διάστημα είναι πιθανό να υποστεί διάβρωση από τη βροχή ή τον άνεμο. Εκτιμάται ότι περίπου το 1/3 της καλλιεργήσιμης γης παγκόσμια έχει παρασυρθεί σε χαμηλότερα σημεία, λόγω της διάβρωσης τα τελευταία 40 έτη (Pimentel et al., 1995). Στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης, τα εδάφη απειλούνται από τη διάβρωση σε κάποιο βαθμό αλλά το πρόβλημα είναι πιο σημαντικό στην περιοχή της Μεσογείου. Ο μέσος ρυθμός που χάνεται το έδαφος με τη διάβρωση στα επικλινή εδάφη στην Ευρώπη, είναι 17 τόνοι ανά εκτάριο και ανά έτος και είναι πολύ μεγαλύτερος από τον μέσο ρυθμό δημιουργίας του εδάφους που είναι 1 τόνοι ανά εκτάριο και ανά έτος (Anonymus, 1999),

Οι αποδόσεις των καλλιεργειών στα εδάφη που έχουν υποστεί διάβρωση είναι 20-65% χαμηλότερες διότι η διάβρωση μειώνει την γονιμότητα των εδαφών και τη διαθεσιμότητα του νερού (Parendick, 1992). Αυτό συμβαίνει διότι τα θρεπτικά στοιχεία και η οργανική ουσία παρασύρονται. Προκειμένου να αντισταθμιστούν οι αρνητικές επιπτώσεις της διάβρωσης χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων και εδαφοβελτιωτικών με αποτέλεσμα να δημιουργείται ρύπανση και να αυξάνεται το κόστος παραγωγής. Η διάβρωση αυξάνει το κόστος παραγωγής περίπου κατά 25% κάθε χρόνο λόγω ανάγκης αύξησης των εισροών (Pimentel et al., 1995).

Μια άλλη δυσμενής επίδραση στο έδαφος που συνδέεται με την εντατική κατεργασία με υνάροτρο είναι η συμπίεση του εδάφους. Συμπίεση είναι η αύξηση της πυκνότητας του εδάφους, η οποία προκαλείται από την άσκηση τάσεων στο έδαφος. Η συμπίεση προκαλείται από τη συχνή κίνηση γεωργικών μηχανημάτων μεγάλου βάρους μέσα στον αγρό όπως οι γεωργικοί ελκυστήρες και οι μηχανές συγκομιδής και από τα εργαλεία κατεργασίας που εργάζονται μέσα στο έδαφος (Chancellor, 1977). Αυτό συμβαίνει διότι όταν χρησιμοποιείται υνάροτρο στην πρωτογενή κατεργασία, ακολουθούν αρκετές διελεύσεις του ελκυστήρα στην δευτερογενή κατεργασία μέχρι την τελική προετοιμασία της σποροκλίνης.

Όταν η κατεργασία του εδάφους γίνεται σε σταθερό βάθος και με το ίδιο εργαλείο κατεργασίας, μπορεί να δημιουργηθεί σκληρή και αδιαπέρατη ζώνη (hard pan) η οποία είναι ένα συνεκτικό στρώμα εδάφους ακριβώς κάτω από το βάθος κατεργασίας. Από τα εργαλεία κατεργασίας, το υνάροτρο δημιουργεί το μεγαλύτερο πρόβλημα καθώς όταν εργάζεται το κάτω μέρος της βάσης συμπιέζει το έδαφος (Chancellor, 1977). Η σκληρή και αδιαπέρατη ζώνη, παρεμποδίζει την ανάπτυξη των ριζών σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους και επηρεάζει την στράγγιση του νερού.

Η οργανική ουσία του εδάφους είναι από τα πιο σημαντικά συστατικά του εδάφους. Ωστόσο με την εφαρμογή της συμβατικής κατεργασίας με υνάροτρο, η οργανική ουσία των εδαφών συνεχώς μειώνεται. Αυτό συμβαίνει διότι κατά την αναστροφή του εδάφους με το όργανο, ο έντονος αερισμός που προκαλείται, αυξάνει τη δράση των μικροοργανισμών, οι οποίοι προκαλούν διάσπαση της οργανικής ουσίας του εδάφους. Εκτός από την εντατική κατεργασία του εδάφους, η μείωση της οργανικής ουσίας οφείλεται και στην απομάκρυνση των φυτικών υπολειμμάτων και στην αντικατάσταση των οργανικών λιπασμάτων με ανόργανα. Εκτιμάται ότι μέσα σε ένα διάστημα περίπου 20 ετών εντατικής κατεργασίας, τα περισσότερα γεωργικά εδάφη χάνουν το 50% του άνθρακα (Kinsella, 1995). Η μείωση της οργανικής ουσίας επηρεάζει τη δομή και την σταθερότητα του εδάφους, την ικανότητα συγκράτησης υγρασίας, τη ρυθμιστική ικανότητα, τη βιολογική δραστηριότητα και την ικανότητα συγκράτησης θρεπτικών στοιχείων (Holland, 2004). Επίσης μακροπρόθεσμα μπορεί να κάνει το έδαφος πιο επιρρεπές στη διάβρωση, στη συμπίεση, στην όξινη, στην αλάτωση και στην έλλειψη θρεπτικών στοιχείων και υγρασίας (European Enviromental Agency, 1998)

2. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΕΣ

Ο καλλιεργητής είναι ένα μηχάνημα που εντάσσεται στην κατηγορία των εργαλείων κατεργασίας του εδάφους, με ελάσματα ή δόντια, των οποίων ο σκαπτικός μηχανισμός έχει τη μορφή ελάσματος (δοντιού) (Τσατσαρέλης 2000). Τα ελάσματα αυτά έχουν διάφορες μορφές, σχήματα και μεγέθη. Αποτελούνται συνήθως από δύο τμήματα, το πρώτο και μεγαλύτερο καλείται βάση ή στέλεχος και είναι άκαμπτο ή εύκαμπτο, ενώ το δεύτερο το λεγόμενο “υνί” έρχεται σε επαφή με το έδαφος και το αναμοχλεύει.

Η χρήση των εργαλείων με ελάσματα προκαλεί αναμόχλευση του εδάφους, χωρίς αναστροφή του, που οδηγεί στη βελτίωση του πορώδους, καταστροφή των ζιζανίων και ενσωμάτωση λιπασμάτων και ζιζανιοκτόνων. Η κύρια διαφορά από το άροτρο είναι ότι οι καλλιεργητές δεν προκαλούν αναστροφή του εδάφους. Το αποτέλεσμα κατά την πρωτογενή ή δευτερογενή κατεργασία εξαρτάται από τη διαμόρφωση, το σχήμα και το μέγεθος των ελασμάτων.

Ο καλλιεργητής ανάλογα με τον σκοπό που προορίζεται, έχει την κατάλληλη διαμόρφωση πλαισίου και φέρει τα ανάλογα εξαρτήματα για την κατεργασία του εδάφους. Δεν επιτυγχάνεται πλήρης ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων ενώ αυτή μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση των κατάλληλων τύπων υνιών.

Οι καλλιεργητές ανάλογα με τον σκοπό που προορίζονται και για τον οποίο είναι κατασκευασμένοι μπορούν να διακριθούν σε:

Υπεδαφοκαλλιεργητές (subsoilers)

Καλλιεργητές “**βαρέως τύπου**” ή “**βαρείς καλλιεργητές**” (*chisels*)

Καλλιεργητές “**μέσου τύπου**” ή “**μέσοι καλλιεργητές**”

Καλλιεργητές “**ελαφρού τύπου**” ή “**ελαφροί καλλιεργητές**” (*field cultivator*)
ή “**οδοντωτές σβάρνες με σταθερά ή ελατηριωτά σώματα**”.

Οι υπεδαφοκαλλιεργητές χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση της συμπίκνωσης του εδάφους και την καταστροφή του αδιαπέραστου ορίζοντα που προκαλείται από την συνεχόμενη κατεργασία στο ίδιο βάθος. Έχουν ενισχυμένο πλαίσιο και στιβαρή κατασκευή, καθώς όλα τα εξαρτήματά τους είναι από ανθεκτικά υλικά. Έχουν τη δυνατότητα να κατεργάζονται το έδαφος σε μεγάλα βάθη μεταξύ 30 και 50 cm ενώ μπορούν να φτάσουν και σε βάθος 60 cm. Με την προσθήκη ειδικών εξαρτημάτων στα υνιά τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για διευκόλυνση της αποστράγγισης των εδαφών, δημιουργώντας ένα δίκτυο προσωρινών υπόγειων σωλήνων.

Οι καλλιεργητές βαρέως τύπου προορίζονται κυρίως για πρωτογενή κατεργασία του εδάφους σε βάθη εργασίας μεταξύ 20-30 cm. Για να επιτύχουν μεγάλα βάθη έχουν αρκετό βάρος από 200 έως 500 Kg ανά μέτρο πλάτους κατεργασίας και θα πρέπει να έχουν στιβαρή κατασκευή με ανθεκτικό πλαίσιο. Το πλαίσιο είναι ορθογώνιου σχήματος και φέρει 2-4 μεταλλικούς κοιλοδοκούς μεγάλης αντοχής πάνω στους οποίους στερεώνονται τα σκαπτικά εξαρτήματα που θα πρέπει επίσης να είναι αρκετά ανθεκτικά ώστε να υπερνικούν τις αυξημένες αντιστάσεις του εδάφους και να μην καταστρέφονται. Αυτά τα εξαρτήματα είναι συνήθως ελάσματα άκαμπτα ή ημιεύκαμπτα και στη μία πλευρά, στο σημείο πρόσδεσης με το πλαίσιο μπορεί να φέρουν μηχανισμούς ασφαλείας (ελατήρια, κοχλίες διατμήσεως, κ.ά) ώστε να υποχωρούν χωρίς να καταστρέφονται όταν συναντήσουν κάποιο ισχυρό εμπόδιο στο έδαφος κατά την εργασία τους. Η άλλη πλευρά των στελεχών φέρει υποδοχή για τοποθέτηση των υνιών τα οποία είναι ανθεκτικά, διαφόρων σχημάτων και μεγεθών αναλόγως την εργασία την οποία καλούνται να επιτελέσουν.

Οι μεγάλες αποστάσεις που τοποθετούνται τα στελέχη μεταξύ τους (25-60 cm) και η τοποθέτησή τους σε διαδοχικές σειρές (στις εργαλειοδοκούς) καθώς και το μεγάλο σχετικά ελεύθερο ύψος του πλαισίου (60-85 cm) επιτρέπουν τη διέλευση των φυτικών υπολειμμάτων μεταξύ των στελεχών με συνέπεια το μηχάνημα να μην "μπουκώνει" (Καραμούτης, 2005).

Οι καλλιεργητές ελαφρού τύπου ή οδοντωτές σβάρνες με ελατηριωτά σώματα προορίζονται μόνο για δευτερογενή κατεργασία. Είναι συνήθως ελαφριάς κατασκευής και εργάζονται σε μικρά βάθη (5-10 cm). Λόγω του μικρού βάθους και του γεγονότος ότι προορίζονται πολλές φορές για την τελική προετοιμασία του εδάφους πριν τη σπορά όπου το έδαφος πρέπει να είναι επίπεδο τα ελάσματα που χρησιμοποιούνται είναι μικρού πλάτους και πολλά σε αριθμό ώστε να κατεργάζονται όλη την επιφάνεια του εδάφους στο βάθος εργασίας τους. Επίσης επιτυγχάνεται καταστροφή ζιζανίων, των πρώτων σταδίων ανάπτυξης, σε ικανοποιητικό βαθμό. Τα ελάσματα επίσης που χρησιμοποιούνται είναι πολλές φορές εύκαμπτα γιατί η ελαστικότητά τους προκαλεί επιπλέον θρυμματισμό των σβόλων λόγω των ταλαντώσεων που προκαλούνται εξαιτίας του σχήματος και της ταχύτητας εργασίας. Τα υνιά που χρησιμοποιούνται είναι και αυτά ελαφράς κατασκευής και πιο στενά. Το διάκενο μεταξύ των στελεχών (10-20 cm) παρά τη τοποθέτησή τους σε διαδοχικές σειρές καθώς και το ελεύθερο ύψος του πλαισίου (45-60 cm) είναι μικρά, για αυτό και δεν μπορούν να εργαστούν ικανοποιητικά με την παρουσία φυτικών

υπολειμμάτων (Καραμούτης, 2005). Υπάρχουν επίσης και καλλιεργητές με σταθερά ελάσματα. Οι καλλιεργητές τότε έχουν πολλά και πυκνά στελέχη και συνδυάζονται με κυλίνδρους-σβωλοκόπους. Οι αγρότες τα ονομάζουν "προετοιμασίας" γιατί χρησιμοποιούνται κατά το τελευταίο στάδιο προετοιμασίας πριν τη σπορά.

Μια ενδιάμεση κατηγορία μεταξύ των βαρέων και ελαφρών καλλιεργητών, είναι οι μέσοι καλλιεργητές. Το πλαίσιο είναι σχετικά ανθεκτικής κατασκευής αλλά τα υλικά που το αποτελούν είναι μικρότερων διαστάσεων (διατομή, πάχος) από αυτά του βαρέως τύπου. Τα ελάσματα είναι και αυτά μικρότερων διατομών, συνήθως ημιεύκαμπτα και σε μερικές κατασκευές άκαμπτα ενώ τα υνιά που χρησιμοποιούνται είναι παραπλήσιων τύπων με του βαρύ καλλιεργητή με μικρότερα όμως πλάτη (Καραμούτης 2005). Το βάθος κατεργασίας κάτω όμως από ευνοϊκές συνθήκες (χαλαρό έδαφος, δευτερογενής κατεργασία) μπορεί να φτάσει σε βάθη 10-15 cm. Η απόσταση μεταξύ των στελεχών κυμαίνεται από 20 έως 25 cm και τοποθετούνται σε δύο ή τρεις σειρές (εργαλειοδοκοί). Το ελεύθερο ύψος του πλαισίου που βρίσκεται στα 60 έως 75 cm σε συνδυασμό με τις αυξημένες αποστάσεις των στελεχών στην ίδια σειρά, η οποία είναι διπλάσια ή τριπλάσια (ανάλογα με τον αριθμό των σειρών) από την απόσταση των στελεχών (20-25 cm) τα οποία είναι τοποθετημένα, βοηθούν στον περιορισμό των εμπλοκών (μπουκώματα) από τα φυτικά υπολείμματα (Καραμούτης, 2005).

3.ΣΒΑΡΝΕΣ

Οι σβάρνες είναι δημοφιλή μηχανήματα δευτερογενούς κατεργασίας. Χρησιμοποιούνται ανάλογα με τον τύπο τους για διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις. Οι δυο κύριοι τύποι σβαρνών, είναι οι οδοντωτές δισκοσβάρνες και οι δυναμοδοτούμενες σβάρνες (Γσατσαρέλης, 2000).

Οι δισκοσβάρνες είναι σχήματος X (με 4 άξονες) ή V (με 2 άξονες), με τις δεύτερες να θεωρούνται βαρέως τύπου. Αποτελούνται από ένα στιβαρό πλαίσιο το οποίο στηρίζεται πάνω σε σειρές από μεταλλικούς δίσκους διαμέτρου 45-60 εκατοστών συνήθως. Ο κάθε άξονας αποτελείται από 4-18 δίσκους. Οι δίσκοι είναι κοίλοι και κάθετοι στην επιφάνεια του εδάφους ενώ παρουσιάζουν ρυθμιζόμενη γωνία ως προς την διεύθυνση κίνησης. Κατά την κίνηση όλο το βάρος του εργαλείου πέφτει πάνω στους δίσκους, οι οποίοι κατά την περιστροφή τους σπάζουν τους μεγάλους σβώλους χώματος, τεμαχίζουν τα υπολείμματα τις προηγούμενης καλλιέργειας και καταστρέφουν τυχόν ζιζάνια, σε βάθος έως 15 εκατοστά. Συχνά

συναντούμε δισκοσβάρνες στις οποίες η πρώτη σειρά δίσκων είναι οδοντωτοί, για να προκαλούν καλύτερη διείσδυση στο έδαφος. Σε περίπτωση που στο πίσω μέρος της δισκοσβάρνας προσαρτήσουμε ένα βαρύ μεταλλικό πλαίσιο το οποίο "σέρνεται" πάνω στο έδαφος μπορούμε να πετύχουμε αρκετά καλή ισοπέδωση και συμπίεση τις σποροκλίνης.

Οι δυναμοδοτούμενες ή περιστροφικές σβάρνες όπως καταλαβαίνουμε και από την λέξη, παίρνουν κίνηση από τον δυναμοδότη του ελκυστήρα (PTO). Είναι και αυτές δυο τύπων, οι λεγόμενες φρέζες και οι σβωλοτρίφτες. Η διαφορά τους εστιάζεται στην διεύθυνση κίνησης των μαχαιριών, που στις φρέζες είναι όπως των τροχών του ελκυστήρα ενώ στους σβωλοτρίφτες κάθετη. Οι περιστροφικές σβάρνες παίρνοντας κίνηση από τον ελκυστήρα και με την προσθήκη κιβωτίου κινούν τα μαχαίρια τους με αρκετά μεγαλύτερη ταχύτητα από την γραμμική του ελκυστήρα, προκαλώντας έντονο θρυμματισμό του εδάφους σε βάθος έως 15 εκατοστών. Συνήθως έχουν και αυτές στο πίσω μέρος τους προσαρτημένο κύλινδρο για να επιτυγχάνεται η απαραίτητη συμπίεση του εδάφους για το φύτεμα των σπόρων, με ταυτόχρονη ρύθμιση του βάθους κατεργασίας. Σε εαρινές εκτατικές καλλιέργειες χρησιμοποιούνται συνήθως για την τελευταία επέμβαση πριν την σπορά γιατί επιτυγχάνουν πολύ καλή ισοπέδωση με ταυτόχρονη συμπίεση της σποροκλίνης, καταστροφή των ζιζανίων και άριστη ενσωμάτωση λιπασμάτων και προσπαρτικών ζιζανιοκτόνων. Αρκετές εταιρίες κατανοώντας ότι οι δυναμοδοτούμενες σβάρνες λόγω του μικρού τους όγκου και της εργασίας που εκτελούν μπορούν να συνεργαστούν με μηχανήματα σποράς, έχουν τοποθετήσει έξοδο PTO στο πίσω μέρος για χρήση από αυτά.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΓΕΝΙΚΑ

Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την κατεργασία του εδάφους, ο βαθμός χρησιμοποίησης τους (αριθμός διελεύσεων) και η διαδοχή τους καθορίζουν τα συστήματα κατεργασίας. Η ταξινόμηση και η ονοματολογία, σύμφωνα με την τυποποίηση της ASABE (ASABE, 2006), μπορεί να γίνει σύμφωνα με το βαθμό έντασης της κατεργασίας, τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται, το βάθος ή και τον τρόπο κατεργασίας.

Με βάση την ένταση της κατεργασίας, διακρίνονται σε συστήματα παραδοσιακής κατεργασίας (conventional tillage), μειωμένης κατεργασίας (reduced tillage), κατεργασίας διατήρησης (conservation tillage) και ακαλλιέργειας (no tillage, zero tillage ή direct tillage). Με βάση τον τρόπο κατεργασίας διακρίνονται σε κατεργασία με αναστροφή (reversible tillage) και χωρίς αναστροφή του εδάφους (non reversible tillage).

ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ

Στο σύστημα αυτό ακολουθείται κύρια κατεργασία με άροτρο και δευτερεύουσα με καλλιεργητή, περιστροφικά σκαπτικά, σβάρνες και κυλίνδρους. Για να χαρακτηριστεί ένα σύστημα ως παραδοσιακό πρέπει να χρησιμοποιείται άροτρο και να επιτυγχάνεται αναστροφή του εδάφους, με αποτέλεσμα την καλύτερη δυνατή ενσωμάτωση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας. .

Βασική επιδίωξη του συστήματος είναι να προετοιμαστεί το έδαφος με τρόπο που να παρέχει τις καλύτερες συνθήκες σποράς, φυτρώματος και ανάπτυξης των φυτών. Επιδιώκει δηλαδή, το σύνολο σχεδόν όσων αναφέρθηκαν στους σκοπούς της κατεργασίας.

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος είναι (Τσατσαρέλης, 2000):

- Δημιουργία κατάλληλης σποροκλίνης
- Βελτίωση των φυσικών χαρακτηριστικών του εδάφους (πορώδες, θερμοκρασία, υγρασία)
- Κάλυψη λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, φυτικών υπολειμμάτων

- Ισοπέδωση του εδάφους
- Καταπολέμηση ζιζανίων, εχθρών

Τα κυριότερα μειονεκτήματα είναι (Τσατσαρέλης, 2000):

- Υψηλές απαιτήσεις σε ισχύ και ενέργεια
- Υψηλό κόστος
- Επιμήκυνση του χρόνου προετοιμασίας του εδάφους

Ενδεχόμενα μειονεκτήματα σε ιδιαίτερες συνθήκες επεμβάσεων, είναι η καταστροφή της δομής λόγω άκαιρης επέμβασης, η διάβρωση σε λοφώδεις περιοχές, η δημιουργία σκληρού ορίζοντα (hard pan) όταν οι επεμβάσεις γίνονται κάθε φορά σε σταθερό βάθος με αρκετή υγρασία και η καταστροφή της οργανικής ουσίας λόγω του αυξημένου αερισμού (Καβαλάρης, 2004).

ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ

Η μειωμένη κατεργασία (reduced tillage) αναφέρεται σε κάθε σύστημα το οποίο χρησιμοποιεί λιγότερες επεμβάσεις ή εργαλεία τα οποία απαιτούν μικρότερη ενέργεια για τη λειτουργία τους απ' ό τι το παραδοσιακό σύστημα (Carter, 1994). Στα συστήματα μειωμένης κατεργασίας κατά κανόνα δεν χρησιμοποιείται άροτρο για αναστροφή του εδάφους (Τσατσαρέλης, 2000). Ως κύρια κατεργασία θεωρείται η επέμβαση με εργαλεία με δόντια ή δίσκους. Οι λοιπές δευτερεύουσες κατεργασίες εκτελούνται επιφανειακά με επεμβάσεις σε μικρό βάθος για να ακολουθήσει η σπορά.

Χωρίς να υπάρχει σαφής διαχωρισμός, στη μειωμένη κατεργασία μπορούμε να συμπεριλάβουμε και την κατεργασία διατήρησης (concervation tillage). Έτσι χαρακτηρίζονται οι τεχνικές κατεργασίας, οι οποίες αφήνουν τουλάχιστον το 30% της επιφάνειας του εδάφους καλυμμένη με φυτικά υπολείμματα μετά τη σπορά. Εύκολα γίνεται κατανοητό ότι και σ' αυτή την μεταχείριση δεν χρησιμοποιείται άροτρο. Οι πρακτικές κατεργασίας διατήρησης συνιστώνται για να μειώσουν τις απώλειες εδάφους από τη διάβρωση και των θρεπτικών στοιχείων που βρίσκονται σ' αυτό, όπως του φωσφόρου αλλά και για να αυξήσουν την ικανότητα συγκράτησης νερού των εδαφών (Gowda et al., 2003)

Βασικές επιδιώξεις των συστημάτων μειωμένης κατεργασίας, είναι η προετοιμασία κατάλληλης σποροκλίνης με χαμηλό κατά το δυνατό κόστος και μειωμένο χρόνο, με φροντίδα για τη διατήρηση της δομής και της γονιμότητας του εδάφους, όπως και την προστασία του από τη διάβρωση.

Συστήματα μειωμένης κατεργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία όπου οι συνθήκες του εδάφους επιτρέπουν την καλή ανάπτυξη των φυτών και ειδικά σε φυτά των οποίων οι σπόροι φυτρώνουν εύκολα ακόμη και όταν η σποροκλίνη δεν είναι καλώς προετοιμασμένη.

Γενικά σε εδάφη μη συμπυκνωμένα, όταν η υγρασία είναι κανονική, οι αποδόσεις στις περισσότερες καλλιέργειες είτε δεν υπολείπονται εκείνων που καλλιεργούνται με την συμβατική κατεργασία, είτε υπολείπονται λίγο, είτε είναι και υψηλότερες (Caliandro, 1995). Διαφορές παρατηρούνται σε εδάφη και περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες την εποχή της σποράς. Η παραδοσιακή κατεργασία επιτρέπει τη γρηγορότερη θέρμανση των εδαφών και ως εκ τούτου το ευκολότερο και γρηγορότερο φύτρωμα και την ανάπτυξη των φυτών.

Στα κύρια πλεονεκτήματα των επεμβάσεων με καλλιεργητή είναι ο περιορισμός του χρόνου προετοιμασίας, καθώς χρησιμοποιούνται εργαλεία μεγάλου πλάτους με σχετικά μεγάλη ταχύτητα και μικρή απαίτηση ισχύος, η καλή προσρόφηση νερού από το έδαφος και η προστασία από τη διάβρωση, λόγω της ύπαρξης υπολειμμάτων στην επιφάνεια, ιδιαίτερα σε επικλινή εδάφη (Καραμούτης, 2005)

Αντιθέτως, μεταξύ των μειονεκτημάτων το σημαντικότερο είναι ότι δεν εργάζεται ικανοποιητικά όταν υπάρχουν ογκώδη φυτικά υπολείμματα και δεν ενσωματώνονται οι σπόροι ζιζανίων (Καραμούτης, 2005).

Η χρήση δισκοσβάρνας απευθείας σε υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας, απαντάται συχνά ως φαινόμενο στα συστήματα μειωμένης καλλιέργειας. Το βάθος συνήθως δεν ξεπερνά τα 10cm αν και εξαρτάται από την υγρασιακή κατάσταση του εδάφους. Μπορούμε να πούμε ότι δεν είναι αρκετά ικανοποιητική η ενσωμάτωση των υπολειμμάτων και η καταστροφή των ζιζανίων αλλά προκαλείται καλός τεμαχισμός τους, σε όλο το βάθος κατεργασίας.

Όμως τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της είναι αρκετά και γι' αυτό είναι συνηθισμένη η χρήση της. Πρώτον, περιορίζει το χρόνο προετοιμασίας, καθώς γίνεται με μεγάλη ταχύτητα και σε μεγάλο πλάτος. Επίσης, οι απαιτήσεις ισχύος δεν είναι μεγάλες όπως αυτές του υναρότρου και ταυτόχρονα με τα υπολείμματα μπορεί

να ενσωματώσει ικανοποιητικά και τα λιπάσματα. Επιπλέον, προστατεύει το έδαφος από τη διάβρωση, καθώς υπάρχει ένα ποσοστό υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους, σε αντίθεση με το υνάροτρο που αφήνει γυμνό και ακάλυπτο το έδαφος.

Στα μειονεκτήματα συναντούμε κάποιες δυσκολίες κατεργασίας σε υγρά εδάφη, τη μη ύπαρξη πορώδους σε αρκετό βάθος και τη μη ικανοποιητική ενσωμάτωση μεγάλου ποσοστού υπολειμμάτων. Γι' αυτό, συνίσταται επανάληψη επέμβασης, καθώς και βαθύτερη κατεργασία κάθε 2-4 χρόνια για βελτίωση του πορώδους και γενικώς των φυτικών χαρακτηριστικών του εδάφους (Τσατσαρέλης, 2000).

ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Το σύστημα της ακαλλιέργειας (no tillage, zero tillage) αποτελεί την ακραία εκδήλωση των συστημάτων μειωμένης κατεργασίας. Στο σύστημα αυτό δεν λαμβάνει χώρα καμιά κατεργασία του εδάφους και ο σπόρος τοποθετείται στο ακαλλιέργητο έδαφος, με ειδικές σπαρτικές μηχανές στο επιθυμητό βάθος (Τσατσαρέλης, 2000)

Οι μηχανές που χρησιμοποιούνται είναι αρκετά στιβαρής κατασκευής και έχουν προσαρμοσμένα πάνω τους ειδικά εξαρτήματα για τη διάνοιξη της αυλακιάς σε ακαλλιέργητο έδαφος ή και την απομάκρυνση των φυτικών υπολειμμάτων από την αυλακιά.

Τα βασικά πλεονεκτήματα του συστήματος μπορεί να συνοψισθούν ως εξής (Τσατσαρέλης, 2000):

1. Προστασία του εδάφους από τη διάβρωση (ιδιαίτερα σε εδάφη με κλίση)
2. Προστασία της δομής του εδάφους
3. Εμπλουτισμός του εδάφους σε οργανική ουσία
4. Επίδραση στην υγρασία του εδάφους
5. Μείωση του χρόνου προετοιμασίας, της ενέργειας και του κόστους
6. Προστασία της πανίδας και μικροπανίδας του εδάφους

Οι Stone και Schlegel σε ένα πείραμα το 2006, διαπίστωσαν ότι στην ακαλλιέργεια το διαθέσιμο νερό στο έδαφος, σε δύο σοδειές σόργου και σιταριού ήταν μεγαλύτερο από το παραδοσιακό σύστημα κατεργασίας.

Στα μειονεκτήματα του συστήματος μπορούμε να αναφέρουμε τα παρακάτω (Τσατσαρέλης, 2000):

1. Απαιτούνται ειδικά και ακριβά μηχανήματα απευθείας σποράς
2. Απαιτείται ειδική γνώση και εμπειρία
3. Διαχείριση και εφαρμογή λιπασμάτων (λόγω της μη ενσωμάτωσης τους)
4. Δύσκολη καταπολέμηση ζιζανίων, εχθρών και ασθενειών

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Κάνοντας μια κατηγοριοποίηση των συστημάτων κατεργασίας που θα βοηθήσει στο διαχωρισμό του συστήματος που ταιριάζει καλύτερα στο γεωργό, σημαντικό ρόλο παίζει το μικροκλίμα της περιοχής, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και φυσικά το είδος της καλλιέργειας που θα επιλεγεί. Χρειάζεται διαφορετικό χειρισμό μια καλλιέργεια με πασσαλώδη ρίζα από μια άλλη που διαθέτει επιπόλαιο ριζικό σύστημα. Οι καλλιέργειες με πασσαλώδη ρίζα χρειάζονται μηχανήματα που να κατεργάζονται το έδαφος σε μεγάλο βάθος, όπως εδαφοσχίστες και βαρείς καλλιεργητές, ενώ οι ανάγκες καλλιεργειών με επιπόλαιο ριζικό σύστημα καλύπτονται και από ελαφρύτερα μηχανήματα κατεργασίας όπως οι ελαφρείς καλλιεργητές και οι σβάρνες (Botta et al., 2006).

Σε επίπεδα καλώς στραγγιζόμενα χωράφια, μπορούμε να κρίνουμε τις κατεργασίες ανάλογα με την κατανάλωση ενέργειας και κατά συνέπεια το κόστος. Η παραδοσιακή κατεργασία είναι το πιο ενεργοβόρο σύστημα και η ακαλλιέργεια το λιγότερο (Καβαλάρης 2004). Όμως, επειδή στην ακαλλιέργεια οι επεμβάσεις είναι ελάχιστες, απαιτείται προσεκτικότερος χειρισμός και καλή γνώση των χαρακτηριστικών φυτών και του εδάφους. Πολλές φορές χρειάζεται να γίνεται εναλλαγή των συστημάτων για να επιτυγχάνεται καλύτερος έλεγχος των ζιζανίων και προστασία των φυτικών ιδιοτήτων του εδάφους (πορώδες, υδραυλική αγωγιμότητα, οργανική ουσία, δομή). (Barut et al., 2005).

Σ' ένα πείραμα στην Ισπανία, οι Murillo et.al., (1998) μελέτησαν τις επιδράσεις της συμβατικής και της μειωμένης κατεργασίας στο ύψος φυτών και στην θρέψη της καλλιέργειας ηλιάνθου σε αμειψισπορά με σιτάρι. Παρόλο που στη

μειωμένη κατεργασία, η οργανική ουσία και η συγκέντρωση αζώτου (N), αυξήθηκε στην επιφανειακή στοιβάδα του εδάφους (0-5cm), κατά τη συμβατική κατεργασία η συγκέντρωση $\text{NO}_3\text{-N}$ που μετρήθηκε στις ρίζες και τα στελέχη των φυτών ήταν μεγαλύτερη από τα φυτά των τεμαχίων της μειωμένης κατεργασίας.

Οι Tiessen et al., (2007) σε ένα πείραμα με καλλιέργεια πατάτας στον Καναδά μελέτησαν τη διάβρωση του εδάφους που προκαλούν η συμβατική και η κατεργασία συντήρησης. Όλα τα συστήματα έδειξαν ότι παρατηρείται μετακίνηση εδάφους κατά 3 μέτρα το χρόνο ενώ στο σύστημα με βαρύ καλλιεργητή μετρήθηκε μετακίνηση 5,6 μέτρα. Αποδείχθηκε ότι τα μηχανήματα μειωμένης και δευτερογενούς κατεργασίας μπορούν να μετακινήσουν τόσο έδαφος όσο και τα εργαλεία συμβατικής κατεργασίας.

Σε ένα πείραμα στα Αιθιοπικά υψίπεδα οι McHugh et.al., (2007) μελέτησαν τις επιδράσεις των τεχνικών μειωμένης κατεργασίας στην εδαφική υγρασία και στη διάβρωση του εδάφους. Η υγρασία στη ζώνη του ριζοστρώματος αυξήθηκε κατά 15%-24% σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία ενώ η απώλεια εδάφους υπολογίστηκε στους 1,1 τόνους/στρέμμα στη μειωμένη κατεργασία σε περιόδους με μέτριες καταιγίδες. Σε περιόδους με έντονες καταιγίδες και σε περιοχές με πάνω από 9% κλίση, οι απώλειες εδάφους στη μειωμένη κατεργασία υπολογίστηκαν σε πάνω από 3,5 τόνους/στρέμμα. Τα αποτελέσματα της μελέτης προτείνουν ότι σε κλίσεις μέχρι τις 8% οι τεχνικές μειωμένης κατεργασίας μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση σε καρπό και να συγκρατήσουν το χώμα.

Σ' ένα πείραμα στην Ισπανία, οι Moreno et al. (1997). μελέτησαν την επίδραση της συμβατικής και της μειωμένης κατεργασίας σε αμειψισπορά σιταριού-ηλίανθου (ξηρικού). Στο σύστημα της μειωμένης κατεργασίας, το έδαφος διατήρησε περισσότερο νερό στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου λόγω αυξημένης διήθησης και μειωμένης εξάτμισης, το οποίο χρησιμοποίησαν αργότερα στο στάδιο γεμίσματος του σπόρου. Η καλύτερη αξιοποίηση του εδαφικού νερού είχε ως αποτέλεσμα οι αποδόσεις των καλλιεργειών να είναι ελαφρά μεγαλύτερες στη μειωμένη κατεργασία σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία.

Οι Hajabbasi and Hemmat (2000) μελέτησαν σε ένα τετραετές πείραμα την επίδραση διαφόρων μεθόδων κατεργασίας στην καλλιέργεια σιταριού σε ένα αργιλοπηλώδες έδαφος στο Ιράν. Η συμβατική κατεργασία είχε τη μεγαλύτερη απόδοση σε σχέση με τις μεθόδους κατεργασίας που δεν προκαλούσαν αναστροφή του εδάφους. Η ακαλλιέργεια παρόλο που βελτίωσε τη σταθερότητα της δομής του

εδάφους, έδωσε τη μικρότερη απόδοση από όλες τις μεθόδους κατεργασίας, λόγω της βαριάς σύστασης του εδάφους και της χαμηλής περιεκτικότητάς του σε οργανική ουσία.

Σε μια άλλη έρευνα, οι Anken et al. (2004) μελέτησαν τις μακροχρόνιες επιπτώσεις διαφόρων μεθόδων κατεργασίας (συμβατική, κατεργασία με καλλιεργητή, αβαθή κατεργασία, ακαλλιέργεια), σε τετραετή αμειψισπορά. σιτάρι-καλαμπόκι-σιτάρι-ελαιοκράμβη στην Ελβετία. Το πείραμα είχε διάρκεια 14 έτη και πραγματοποιήθηκε σε ένα αμμοπηλώδες έδαφος. Οι αποδόσεις των καλλιεργειών δεν είχαν διαφορές ανάμεσα στις μεθόδους κατεργασίας εκτός από την περίπτωση του καλαμποκιού σε ακαλλιέργεια που η μέση απόδοση του μειώθηκε πάνω από 10% σε σχέση με την συμβατική κατεργασία.

Οι Hemmat and Escandari (2004) πραγματοποίησαν ένα τριετές πείραμα στο Ιράν στο οποίο μελέτησαν την επίδραση τεσσάρων μεθόδων κατεργασίας σε αμειψισπορά σιταριού - ρεβιθιού κάτω από ξηρικές συνθήκες. Το πείραμα έγινε σε αργιλοπηλώδες έδαφος και οι μέθοδοι κατεργασίας ήταν συμβατική, μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή, ελάχιστη κατεργασία με ελαφρύ καλλιεργητή και ακαλλιέργεια. Η μεγαλύτερη απόδοση επιτεύχθηκε στο σιτάρι με το σύστημα της ελάχιστης κατεργασίας ενώ στην καλλιέργεια του ρεβιθιού με την ακαλλιέργεια. Οι αποδόσεις στη μειωμένη κατεργασία ήταν κατά 14 και 27% μεγαλύτερες από τη συμβατική κατεργασία για το σιτάρι και τα ρεβίθια αντίστοιχα. Η μέση απόδοση του σιταριού στην ακαλλιέργεια και στην ελάχιστη κατεργασία ήταν κατά 27-31% μεγαλύτερη σε σχέση με την συμβατική κατεργασία.

Ο Arvidsson (1998) μελέτησε την επίδραση του βάθους κατεργασίας (σε συστήματα μειωμένης κατεργασίας) στο έδαφος και στην απόδοση του κριθαριού στη Σουηδία. Για το λόγο αυτό, πραγματοποίησε πειράματα σε δύο τύπους εδαφών (ιλυοαργιλοπηλώδες και ιλυοαργιλώδες) με πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους: όργωμα σε βάθος 20-25 cm, κατεργασία με καλλιεργητή σε βάθη 10,15 και 20 cm και κατεργασία με δισκοσβάρνα σε βάθος 10 cm. Παρατηρήθηκε αύξηση της απόδοσης με την αύξηση του βάθους κατεργασίας, παρόλο που τα περισσότερα έτη οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Η κατεργασία με δισκοσβάρνα έδωσε τις χαμηλότερες αποδόσεις, ενώ η κατεργασία με καλλιεργητή σε βάθος 20 cm έδωσε τις ίδιες περίπου αποδόσεις με το όργωμα.

Οι Botta et al. (2006) στην Αργεντινή διαπίστωσαν ότι το βαθύ υπεδάφιο όργωμα (αναμόχλευση, χωρίς αναστροφή) (450mm) και το όργωμα με υνάροτρο στα

280mm, μείωσαν την αντίσταση διείσδυσης της ρίζας του ηλίανθου και η παραγωγή αυξήθηκε σε σχέση με άλλες κατεργασίες. Την ίδια χρονιά, οι Fernandez et al. (2006) στην Ισπανία διαπίστωσαν ότι η απευθείας σπορά (σε αυλάκια) παρουσιάζει μεγαλύτερες παραγωγές ξηρικού ηλίανθου από το συμβατικό όργωμα, κατά τα ξηρά έτη όταν οι ετήσιες βροχοπτώσεις είναι κάτω από 490mm.

Στην χώρα μας οι Gemtos et al. (1998) μελέτησαν την ανάπτυξη και την απόδοση του σιταριού μετά από βαμβάκι με συμβατική και ελάχιστη κατεργασία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στις μεθόδους ελάχιστης κατεργασίας, οι αποδόσεις ήταν ίσες ή και μεγαλύτερες από την συμβατική κατεργασία. Επιπλέον στις μεθόδους της ελάχιστης κατεργασίας, η κατανάλωση ενέργειας ήταν χαμηλότερη, χρησιμοποιήθηκε λιγότερη ανθρώπινη εργασία και λιγότερα μηχανήματα με αποτέλεσμα να συμπιεστεί το κόστος παραγωγής και να αυξηθεί το οικονομικό όφελος για τον παραγωγό. Ο Καβαλάρης (2004) παρατήρησε μείωση της απόδοσης βαμβακιού, των ζαχαρότευτλων και του καλαμποκιού στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία λόγω της αυξημένης πυκνότητας του εδάφους και του αυξημένου αριθμού ζιζανίων. Οι Λιθουργίδης και Τσατσαρέλης (2003) εφάρμοσαν ακαλλιέργεια και συμβατική κατεργασία για δυο συνεχόμενα έτη σε καλλιέργεια επίσπορου καλαμποκιού. Κατά τον πρώτο χρόνο διαπιστώθηκε μείωση της απόδοσης του καλαμποκιού στη ακαλλιέργεια σε σύγκριση με την συμβατική κατεργασία, ενώ το δεύτερο χρόνο οι αποδόσεις στα δύο συστήματα δεν διέφεραν σημαντικά. Οι Μπιλάλης και άλλοι (2000) αναφέρουν ότι η απόδοση του βαμβακιού στην ακαλλιέργεια ήταν μεγαλύτερη από την συμβατική κατεργασία λόγω της καλύτερης ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών. Οι Mygdakos et al. (2000) δεν διαπίστωσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην απόδοση του βαμβακιού μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας, της μειωμένης κατεργασίας και της ακαλλιέργειας.

Από τη βιβλιογραφία συνάγεται ότι οι μέθοδοι της μειωμένης κατεργασίας και της ακαλλιέργειας μπορούν να εφαρμοστούν με επιτυχία σε ένα ευρύ φάσμα εδαφικών τόπων και κλιματικών συνθηκών, αρκεί να δίνεται έμφαση στη διατήρηση της καλής δομής του εδάφους και στην αποτελεσματική αντιμετώπιση των ζιζανίων. Αν και η γενική αντίληψη είναι ότι μειώνονται οι αποδόσεις, με καλή διαχείριση τουλάχιστον, ο βαρύς καλλιεργητής δίνει παρόμοιες αποδόσεις με το άροτρο.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΓΕΝΙΚΑ

Η γεωργία είναι ο τομέας στον οποίο, η ηλιακή, η μηχανική και η ενέργεια των γεωργικών εφοδίων μετατρέπονται σε χημική η οποία ενσωματώνεται στους φυτικούς ιστούς των γεωργικών προϊόντων. Κάποιες καλλιέργειες ξεχωρίζουν από τις υπόλοιπες καθώς το ενεργειακό περιεχόμενο των προϊόντων τους είναι αυξημένο. Αυτές είναι οι ενεργειακές καλλιέργειες. Μια σημαντική καλλιέργεια για τα ελληνικά κλιματολογικά δεδομένα είναι η καλλιέργεια του ηλίανθου (*Helianthus annuus* L.). Είναι μια καλλιέργεια που αξιοποιεί αρκετά καλά την ηλιακή ενέργεια, που αφθονεί στην χώρα μας σε σχέση με τις βόρειες χώρες και τα προϊόντα της όλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Καταρχάς, το λάδι των σπόρων του είναι τροφή για τον άνθρωπο αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για καύση σε κινητήρες Diesel. Η πίτα που παράγεται από την ψυχρή συμπίεση των σπόρων για την εξαγωγή λαδιού, είναι άριστης ποιότητας ζωοτροφή. Και τέλος, όλα τα υπολείμματα από τη συγκομιδή της καλλιέργειας, που αποτελούν σημαντική ποσότητα βιομάζας (600-700Kg/στρ), μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για καύση ή να συμπιεστούν σε πελλέτες και να χρησιμοποιηθούν ως στέρεο καύσιμο. Άρα, οι εκροές ενέργειας της καλλιέργειας είναι σημαντικές.

Με την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας προκύπτει μια σημαντική μείωση των ενεργειακών εισροών στην παραγωγή καλλιέργειας, ενώ παράλληλα περιορίζονται σημαντικά φαινόμενα όπως η διάθρωση και η συμπίεση των εδαφών. Και τα δύο αυτά παράλληλα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα είναι πολύ σημαντικά, γιατί με την εντατικοποίηση της γεωργίας τα καλλιεργούμενα εδάφη υπέστησαν υποβάθμιση. Επίσης, είναι εύκολα κατανοητό ότι η ορθολογική χρήση της ενέργειας μέσω των συντελεστών παραγωγής θα μπορούσε να σημάνει τη βελτίωση της παραγωγικότητας και κατά συνέπεια την αύξηση του κέρδους για τον παραγωγό.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Ως ενεργειακή ανάλυση ορίζεται ο φυσικός προσδιορισμός των ροών ενέργειας σε μια παραγωγική διαδικασία ή ένα σύστημα παραγωγής. Για να μπορέσουν να καταμετρηθούν οι ροές ενέργειας πρέπει να διακριθούν και να διαχωριστούν. Έτσι,

ως εισροή ενέργειας ορίζουμε οποιοδήποτε εφόδιο ή υπηρεσία προέρχεται από το εξωτερικό περιβάλλον, ενώ ως εκροή θεωρούνται τα προϊόντα που παράγονται.

Οπότε στις εισροές συμπεριλαμβάνουμε την άρδευση, τα λιπάσματα, τα φυτοφάρμακα, τα συστήματα κατεργασίας και την ανθρώπινη ενέργεια που δαπανάται. Ενώ στις εκροές συμπεριλαμβάνουμε τα προϊόντα και τα υποπροϊόντα που παράγονται (Kallivrousis et al., 2001). Ως προϊόντα θεωρούμε τα βρώσιμα ή αυτά που έχουν εμπορική σημασία και σαν υποπροϊόντα, τα υπολείμματα της καλλιέργειας.

Ο **άνθρωπος** μπορεί να θεωρηθεί ως μια παραγωγική μονάδα μέσα σε ένα αγροτικό σύστημα. Η προσφορά του είναι διπλής κατεύθυνσης. Αφενός στην άμεση παραγωγή έργου μέσω της μυϊκής του εργασίας και αφετέρου ως διαχειριστής του παραγωγικού συστήματος στη λήψη των κατάλληλων αποφάσεων που θα μεγιστοποιήσουν την αποδοτικότητα των υπολοίπων συντελεστών παραγωγής. Το θέμα του αν θα πρέπει ή όχι να αντιστοιχίζεται κάποιο ενεργειακό ισοδύναμο για την ανθρώπινη εργασία και ποια είναι η ποσοτική αξία που πρέπει να της καταλογιστεί παραμένει ακόμα αδιευκρίνιστο (Καβαλάρης, 2004). Άρα είναι δύσκολη η αξιολόγηση του ενεργειακού ισοδύναμου που πρέπει να αποδοθεί σε αυτή την ιδιότητα του ανθρώπου ως διαχειριστή και επειδή η ανθρώπινη ενέργεια στα σύγχρονα εκμηχανισμένα συστήματα είναι αμελητέα, δεν την συμπεριλαμβάνουμε στις ενεργειακές εισροές.

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. Η κύρια οδός εισόδου της ενέργειας κατά τη χρήση γεωργικών μηχανημάτων είναι μέσω του ντίζελ των κινητήρων εσωτερικής καύσης.

Ο Bowers (1992) αναφέρει ότι ο Chancellor το 1982 υπολόγισε το συνολικό μηχανικό έργο που εφαρμόζεται στο έδαφος από τα διάφορα εργαλεία κατεργασίας κατά τις επεμβάσεις προετοιμασίας της σποροκλίνης σε περίπου 191 MJ/ha.

Ο Sijtsma et al.(1998) πραγματοποίησαν κάποιες μετρήσεις της καταναλισκόμενης ενέργειας για την κατεργασία σε αμμώδες έδαφος με ξηρή φαινομενική πυκνότητα μεταξύ 1,11 και 1,23 Mg^m⁻³. Η ενέργεια για τη συμβατική κατεργασία, η οποία περιελάμβανε όργωμα σε βάθος 15 cm κυμαινόταν περίπου στα

80 MJ/ha. Για μια μέθοδο μειωμένης κατεργασίας με βαρύ καλλιεργητή στο ίδιο βάθος κυμαινόταν από 67,5 έως 70 MJ/ha, ενώ για τη δισκοσβάρνα στα 24,8 MJ/ha.

Στα μηχανήματα εκτός από τις άμεσες εισροές ενέργειας (καύσιμα, λιπαντικά) υπάρχουν και οι έμμεσες εισροές που σχετίζονται με την ενέργεια των σταθερών στοιχείων τους. Είναι η ενέργεια για την κατασκευή, την μεταφορά, τη διανομή και τις εργασίες συντήρησης τους. Ο Bowers (1992) αναφέρει ότι ο Pimental et al υπολόγισαν την ενέργεια κατασκευής στα 86,77MJ/kg τελικού προϊόντος, ενώ οι Loewer et al υπολόγισαν μια επιπλέον ποσότητα 8,8 MJ/kg για την μεταφορά και την διανομή.

Τα **λιπάσματα** είναι μια ενεργειακή εισροή από τις σημαντικότερες καθώς όπως αναφέρει ο Hesel (1992) αποτελούν το 45% της συνολικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στην γεωργία. Στις αναπτυγμένες χώρες το ποσοστό αυτό είναι χαμηλότερο ενώ είναι πολύ μεγάλο στις αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτό συμβαίνει γιατί για τους παραγωγούς των αναπτυσσόμενων χωρών είναι πιο εύκολο να επενδύσουν σε μια τέτοια εισροή με τόσο σύντομη απόσβεση (ετήσια). Ο Καβαλάρης αναφέρει ότι η αύξηση των εισροών δικαιολογείται μόνο όταν η καλλιέργεια ανταποκρίνεται με τις μεγαλύτερες εκροές. Για παράδειγμα, το καλαμπόκι στις αναπτυσσόμενες χώρες επιστρέφει 6 MJ ενέργειας μέσω της τροφής για κάθε 1 MJ ενέργειας λιπασμάτων. Στις αναπτυγμένες χώρες ο λόγος αυτός γίνεται 3:1. Αυτό οφείλεται στο νόμο των φθινουσών αποδόσεων (Καβαλάρης, 2004).

Ο Hesel(1992) αναφέρει ότι οι Mudahal και Hignett (1987) προσδιόρισαν τη μέση παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση για την παραγωγή, συσκευασία και μεταφορά των τριών μακροστοιχείων λίπανσης. Αυτό απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Ενέργεια λιπασμάτων (MJ/kg)

ΕΝΕΡΓΕΙΑ	N	P₂O₂	K₂O
Παραγωγής	69,5	7,7	6,4
Συσκευασίας	2,6	2,6	1,8
Μεταφοράς	4,5	5,7	4,6
ΣΥΝΟΛΟ	76,6	16	12,8

Εύκολα διαπιστώνουμε ότι το άζωτο για να παραχθεί χρειάζεται περίπου 10πλάσια ενέργεια από τα άλλα δύο μακροστοιχεία. Για την παραγωγή αμμωνίας απαιτούνται 55,3 MJ/Kg ενεργού N, για τη νιτρική αμμωνία 66,6 MJ/Kg και για τη θειική αμμωνία 58,1 MJ/Kg. Τέλος, για την ουρία (λίπασμα με την ευρύτερη παγκόσμια χρήση) απαιτούνται 76,3 MJ/Kg ενεργού N.

Η ενέργεια των **φυτοφαρμάκων** καταλαμβάνει περίπου το 2% της συνολικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στην γεωργία (Helsel, 1992). Παρόλα αυτά τα φυτοφάρμακα περιέχουν την υψηλότερη συγκέντρωση ενέργειας ανά μονάδα προϊόντος. Η ορθολογική τους χρήση επιβάλλεται για δύο κυρίως λόγους. Πρώτον γιατί έχουν μεγάλο ενεργειακό κόστος παρασκευής, περίπου 3,5 φορές παραπάνω από των αζωτούχων λιπασμάτων και δεύτερον γιατί η αλόγιστη χρήση τους μολύνει το περιβάλλον. Η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παρασκευή των φυτοφαρμάκων είναι τόσο άμεση όσο και έμμεση. Η έμμεση ενέργεια αφορά το άθροισμα των επιμέρους ενεργειών που εσωκλείονται σε κάθε συστατικό του φυτοφαρμάκου. Η άμεση ενέργεια αφορά την χρήση ηλεκτρικής ή ορυκτής ενέργειας για την θέρμανση, ανάμιξη, απόσταξη, φιλτράρισμα και άλλες διαδικασίες των σταδίων παραγωγής. Δυο άλλα στάδια που περιλαμβάνουν την κατανάλωση ενέργειας, είναι η συσκευασία και η μεταφορά τους. Για την συσκευασία σύμφωνα με τον Helsel (1992) απαιτούνται περίπου 2MJ/kg, ενώ για τη μεταφορά 1 MJ/kg ή και περισσότερο όταν τα προϊόντα διανέμονται σε μακρινές χώρες.

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 αρδευσιμη. Αλλά σ' αυτή την έκταση παράγεται το 30 % των γεωργικών προϊόντων (Sloggett, 1992). Στις αρδευόμενες εκτάσεις το ποσοστό που δαπανάται για την άρδευση μπορεί να υπερβαίνει και το 50% των συνολικών ενεργειακών εισροών. Η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την άρδευση μπορεί να διακριθεί σε άμεση και έμμεση. Οι άμεσες εισροές σχετίζονται με την ισχυροδότηση των αντλιών για την άντληση του νερού και την ανάπτυξη πίεσης στο σύστημα διανομής. Οι έμμεσες εισροές ενέργειας σχετίζονται με την ενέργεια που ενσωματώνεται κατά την κατασκευή, διανομή και εγκατάσταση του αγροτικού εξοπλισμού.

Οι άμεσες εισροές ενέργειας για τη λειτουργία ενός συστήματος άρδευσης δίνονται από του τύπο (Sloggett, 1992):

$$DE_{στρ} = \frac{EU}{EF_p \times EF_l} \times \frac{PQ_{στρ}}{EF_c \times EF_f} \times TDH$$

$DE_{στρ}$ = άμεσες εισροές ενέργειας για την άρδευση ενός στρέμματος

EU = ενέργεια που απαιτείται για την ανύψωση $1000m^3$ νερού από βάθος 1 m

EF_p = συντελεστής απόδοσης της μονάδας ισχύος της αντλίας

EF_l = συντελεστής απόδοσης της αντλίας

$PQ_{στρ}$ = οι ετήσιες απαιτήσεις σε νερό της καλλιέργειας ($m^3/στρ$)

EF_c = συντελεστής απόδοσης του συστήματος διανομής και μεταφοράς του νερού

EF_f = συντελεστής απόδοσης στον αγρό

TDH = συνολικό μανομετρικό ύψος νερού

Η ενέργεια ανύψωσης (EU) είναι το έργο που απαιτείται για να ανυψωθούν $1000m^3$ νερού κατά 1m. Με δεδομένο ότι ζυγίζουν 10^6 Kg απαιτείται δύναμη:

$$F = 10^6 \times 9,81 = 9,81 \text{ MN}$$

$$\text{Άρα, } EU = 9,81 \text{ MN} \times 1\text{m}$$

Συντελεστής απόδοσης της μονάδας ισχυοδότησης της αντλίας (EF_p):

Στη σύγχρονη γεωργία για την παραγωγή της απαραίτητης μηχανικής ισχύος για την άντληση του νερού απαραίτητες είναι οι μηχανές εσωτερικής καύσης και οι ηλεκτροκινητήρες. Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης αποδίδουν περίπου το 25% της ενέργειας του καυσίμου σε ωφέλιμο έργο, ενώ οι ηλεκτροκινητήρες το 75-90% (Sloggett, 1992).

Συντελεστής απόδοσης της αντλίας (EF_l):

Τα κύρια χαρακτηριστικά μιας αντλίας είναι το δυνατό βάθος άντλησης, η δυνατότητα παροχής και ανάπτυξης μανομετρικού, καθώς και ο βαθμός απόδοσης. Σύμφωνα με το Sloggett (1992) η φυγοκεντρική αντλία έχει συντελεστή απόδοσης 50-75%, ενώ στροβιλοφόρος 70-82%.

Συντελεστής απόδοσης του συστήματος διανομής και μεταφοράς του νερού (EFC):

Είναι η συνολική ποσότητα νερού που τελικά προσλαμβάνουν τα φυτά σε σχέση με την ποσότητα του νερού που εναποτίθεται στο έδαφος από το σύστημα διανομής. Οι απώλειες οφείλονται στην εξάτμιση, τη διήθηση και την επιφανειακή απορροή. Σύμφωνα με τον Sloggett (1992) για ένα σύστημα με σταγόνες ο συντελεστής απόδοσης φτάνει το 80-90%.

Συνολικό μανομετρικό ύψος νερού (TDH):

Με την ενέργεια που καταναλώνεται στην άντληση εξυπηρετούνται δυο σκοποί: Ο πρώτος είναι η άντληση του νερού από ορισμένο βάθος και ο δεύτερος η ανάπτυξη πίεσης στο δίκτυο μεταφοράς και διανομής. Το TDH είναι το άθροισμα του βάθους που αντλείται το νερό και του ύψους της στήλης του νερού που αντιστοιχεί στην πίεση λειτουργίας.

Κάνοντας αναγωγή όλων των εισροών που περιλαμβάνονται στην παραγωγική διαδικασία και των εκροών που προκύπτουν μέσω των παραγόμενων προϊόντων, σε ενεργειακά ισοδύναμα, μπορεί να γίνει σύνταξη ολοκληρωμένων ενεργειακών ισοζυγίων για διαφορετικά συστήματα διαχείρισης και να διεξαχθούν συγκρίσεις μεταξύ αυτών. Επίσης, μπορούν να συσχετιστούν οι εισροές με τις εκροές. Γι' αυτό το σκοπό χρησιμοποιούνται τέσσερις δείκτες ή παράμετροι.

Οι ενεργειακές παράμετροι που χρησιμοποιούνται συνήθως για να περιγραφεί και να αξιολογηθεί ένα σύστημα παραγωγής είναι (Pimentel D& M. ,1979):

- 1) Συντελεστής ενεργειακής αποτελεσματικότητας (Energy ratio= E.R) ορίζεται ως το πηλίκο της (E.C. Energy Content) θερμογόνου περιεκτικότητας της παραγόμενης ποσότητας του προϊόντος σε MJ προς την (G.E.R.: Gross Energy Requirements) ενέργεια που απορρόφησε η καλλιέργεια υπολογισμένη σε MJ, εκφράζει δηλαδή την αποδοτικότητα της καλλιέργειας και είναι καθαρός αριθμός.

$$\mathbf{E.R. = E.C. /G.E.R.}$$

- 2) Ενεργειακή παραγωγικότητα (Energy Productivity = E.P) ορίζεται ως το πηλίκο της (f.m: fresh matter) παραγόμενης ποσότητας του προϊόντος σε Kg

προς την ενέργεια (G.E.R : Gross Energy Requirements) που απορρόφησε η καλλιέργεια υπολογισμένη σε MJ.

$$\mathbf{E.P. (Kg/MJ) = f.m./ G.E.R.}$$

- 3) Ένταση παραγόμενης ενέργειας (Energy Intensity = E.I) είναι μια άλλη παράμετρος και ορίζεται ως το αντίστροφο της ενέργειας παραγωγικότητας.

$$\mathbf{E.I. (MJ/Kg) = G.E.R./ f.}$$

- 4) Ανάλυση καθαρής ενέργειας (Net Energy Analysis) είναι μια άλλη παράμετρος που ορίζεται ως η διαφορά της θερμογόνου περιεκτικότητας του παραγόμενου προϊόντος (E.C.) μείον την καταναλισκόμενη ενέργεια από την καλλιέργεια (G.E.R.)

$$\mathbf{N.E.A.(MJ) = E.C. - G.E.R.}$$

Ο Kallivroussis et al. (2001) σε ένα πείραμα που έκανε στην περιοχή του Έβρου (Β. Ελλάδα) μελέτησε το ενεργειακό ισοζύγιο μιας καλλιέργειας ξηρικού ηλίανθου. Χρησιμοποιώντας έναν ελκυστήρα ισχύος 70 kW, έναν λιπασματοδιανομέα χωρητικότητας 500 κιλών και ένα ψεκαστικό 500 λίτρων αναφέρει ότι:

- Ενέργεια για τη σπορά: Σύμφωνα με τον Pimental et al. (1974) οι ενεργειακές εισροές κατά την σπορά είναι διπλάσιες περίπου από την ενέργεια του σπόρου. Την ενέργεια του σπόρου την υπολογίζει στα 26, 3 MJ/Kg.
- Ενέργεια για τη λίπανση: Συνυπολογίζοντας την παρασκευή των λιπασμάτων, την συσκευασία, τη μεταφορά αποδίδει στο N και τον P₂O₂ ενέργεια ίση με 74, 2 MJ/Kg και 14,3 MJ/Kg αντίστοιχα. Την ενέργεια του γεωργικού εξοπλισμού για την εφαρμογή της λίπανσης την εκτιμά στα 17, 1 MJ/h.
- Ενέργεια για τη ζιζανοκτονία: Για τη ζιζανοκτονία χρησιμοποίησε μόνο treflan του οποίου η ενέργεια ήταν 171, 4 MJ/Kg. Η ενέργεια του γεωργικού εξοπλισμού για την εφαρμογή της ζιζανοκτονίας ήταν 23,8 MJ/ha. Η κατανάλωση ενέργειας για το αλώνισμα υπολογίστηκε στα 1902 MJ/ha.

- ο Ενέργεια για τη μεταφορά: Για τη μεταφορά θεωρεί μια μέση απόσταση διακίνησης τα 5 Km και συνυπολογίζοντας την ενέργεια των σταθερών στοιχείων του ελκυστήρα (42,3 MJ/h) και των μεταβλητών στοιχείων (καύσιμα, λιπαντικά) εκτιμά την ενέργεια για τη μεταφορά στα 626 MJ/ha.

Ο Kallivroussis et al. (2001) για μια παραγωγή των 180 Kg/στρ. θεώρησε ότι παράχθηκαν 61 Kg/στρ λάδι και 119 Kg/στρ πίτα. Αναφέρει ότι σύμφωνα με τους Pryde (1981) και Rossell & Pritchard (1991) η ενέργεια της πίτας και του λαδιού ήταν 39,4 MJ/Kg και 19,6 MJ/Kg αντίστοιχα.

Σύμφωνα με το Γέμτο (1991), η ποσότητα των υπολειμμάτων της ξηρικής καλλιέργειας ηλιάνθου υπολογίζονται στα 417 Kg/στρ και η ενέργεια των υπολειμμάτων εκτιμάται στα 14,3 MJ/Kg.

Ο ΗΛΙΑΝΘΟΣ ΩΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

ΓΕΝΙΚΑ

Όπως ειπώθηκε και στην εισαγωγή, ως πειραματική καλλιέργεια χρησιμοποιήθηκε ο ηλίανθος, γνωστός και ευρύτερα με την ονομασία ηλιοτρόπιο ή ήλιος. Ως καλλιεργούμενο φυτό συναντούμε δύο τύπους ηλιόσπορου, αυτόν που χρησιμοποιείται σαν ξηρός καρπός (πασσατέμπο) και έχει μεγάλους σπόρους με σκληρό φλοιό και ψίχα, η οποία δεν καταλαμβάνει όλο το εσωτερικό του σπόρου και ο δεύτερος που προορίζεται για εξαγωγή ελαίου και έχει μικρότερους σπόρους, σκουρόχρωμους και γεμάτους. Στο πείραμα σπάρθηκαν δύο ποικιλίες από τον δεύτερο τύπο, μια μεσοπρώιμη και μια μεσοόψιμη. Οι συγκεκριμένες ποικιλίες σπάρθηκαν με σκοπό την παραγωγή ελαίου, το οποίο περαιτέρω θα χρησιμοποιηθεί ως υγρό καύσιμο (BIONTIZEL). Δηλαδή μελετήθηκε μια ενεργειακή καλλιέργεια, η οποία με την παραγωγή της μπορεί να συμβάλλει ως ένα βαθμό στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας. Επίσης αξίζει να αναφέρουμε ότι επιπλέον υπάρχουν περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς το βιοντίζελ θεωρείται "καθαρό" καύσιμο αλλά και οικονομικά, από την μείωση των εισαγωγών πετρελαίου. Ως γνωστόν υπάρχουν και άλλες ενεργειακές καλλιέργειες αλλά θεωρήθηκε ότι ο ηλίανθος έχει το συγκριτικό πλεονέκτημα αφού η χώρα μας δέχεται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία από όλες τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες και αυτό το φυτό την αξιοποιεί άριστα. Τέλος, λάβαμε υπόψη το γεγονός ότι πριν την είσοδο της χώρας μας στην ΕΕ το είδος αυτό καλλιεργούνταν με επιτυχία σε αρκετές περιοχές της χώρας μας και κυρίως στη Βόρεια Ελλάδα.

Βοτανικά ο ηλίανθος ανήκει στο είδος **Helianthus annuus L.** της οικογένειας **Compositae**. Ο βασικός αριθμός χρωμοσωμάτων είναι $x=17$ με $2x=2n=34$ χρωμοσώματα στα σωματικά κύτταρα. Υπάρχουν και μεγαλόσπερμες ποικιλίες με 68 χρωμοσώματα. Έχει βαθύ ριζικό σύστημα, πασαλλώδες, που βρίσκεται σε βάθος 60 εκατοστών περίπου. Στα πρώτα στάδια η ρίζα μεγαλώνει πολύ πιο γρήγορα από το υπέργειο τμήμα. Όταν το φυτό έχει 8-10 φύλλα και ύψος 40 εκατοστά, η ρίζα του φθάνει τα 70 εκατοστά περίπου (Γαλανοπούλου, 2002). Τα φύλλα είναι πλατιά, ωοειδή και οξύληκτα, ενώ τα κατώτερα είναι καρδιόσχημα. Τα πρώτα 5 ζεύγη εκφύονται αντιθέτως, ενώ τα υπόλοιπα κυκλικά. Το μήκος τους

κυμαίνεται από 10- 40 εκατοστά και ο συνήθης αριθμός τους 20-30. Τα μεγαλύτερα φύλλα αντιστοιχούν στον 8^ο έως 20^ο κόμβο και αντιπροσωπεύουν το 60-70% της συνολικής επιφάνειας, της οποίας ο δείκτης LAI κυμαίνεται από 2-4. Εκτός από τα κανονικά φύλλα, ο ηλίανθος έχει και δύο ειδών βράκτια φύλλα, αυτά που είναι στο πίσω μέρος της ταξιανθίας και αυτά που περιβάλλουν το άνθος (Γαλανοπούλου, 2002).

Όσον αφορά την ταξιανθία που είναι το κύριο τμήμα για το οποίο καλλιεργείται ο ηλίανθος, έχει σχήμα δίσκου με διάμετρο 8-60 εκατοστά και περιβάλλεται από οξύληκτα βράκτια φύλλα που έχουν κίτρινα έως κοκκινωπά πέταλα τα οποία φέρουν 40-80 κιτρινωπές ακτίνες. Το τελικό σχήμα της είναι κυρτό ή κοίλο, επίπεδο ή σιγμοειδές. Η ταξιανθία των ελαιούχων ποικιλιών έχει 700-3000 άνθη και των ποικιλιών που προορίζονται για «πασσατέμπο» έως 8000 (Γαλανοπούλου, 2002). Τα περιφερειακά άνθη είναι άγονα (δεν έχουν ανθήρες αλλά και ο στύλος και το στίγμα είναι εκφυλισμένα) και έχουν στεφάνη, όπως και τα υπόλοιπα άνθη, με 5 ενωμένα πέταλα, που σχηματίζουν σωλήνες. Μοναδικός σκοπός είναι να προσελκύουν τα έντομα. Τα εσωτερικά άνθη είναι τοποθετημένα σε ομόκεντρα τόξα, το καθένα περιβάλλεται από ένα βράκτιο, έχουν κάλυκα με δύο σέπαλα, πέντε πέταλα ενωμένα σε σωλήνα ,ενώ οι πέντε στήμονες που ξεκινούν από τη βάση της στεφάνης είναι ελεύθεροι στη βάση και ενωμένοι στην κορυφή. Ο στύλος τους καταλήγει σε δισχιδές στίγμα.

Η ανθοφορία αρχίζει από τα περιφερειακά άνθη, συνεχίζεται προς το κέντρο και ολοκληρώνεται σε 5-10 μέρες. Η πτώση των πετάλων των άγονων ανθέων υποδηλώνει ότι έχει ανθήσει και το τελευταίο άνθος, στο κέντρο της ταξιανθίας. Η



Φωτ. *Κεφαλή ηλιάνθου κατά την άνθηση.*(Βελεστίνο 2006)

ανθοφορία στον αγρό διαρκεί περίπου 20 ημέρες. Ο ηλιάνθος είναι κατά κανόνα σταυρογονιμοποιούμενο φυτό , γιατί τα άνθη του είναι πρότανδρα και υπέργυνα. Επιπλέον , πολλές ποικιλίες έχουν το χαρακτηριστικό του αυτοασιμβίβαστου. Η γύρη είναι βαριά και δεν μπορεί να μεταφερθεί από τον άνεμο παρά μόνο από τα έντομα (Γαλανοπούλου, 2002).

Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό του ηλιάνθου που μας δημιουργεί πρόβλημα κατά την συγκομιδή αν δεν διαθέτουμε ειδική κεφαλή στην αλωνιστική μας μηχανή, είναι ο ηλιοτροπισμός. Ηλιοτροπισμός είναι η ιδιότητα των ταξιανθιών να ακολουθούν την πορεία του ήλιου. Το πρωί οι ταξιανθίες είναι στραμμένες ανατολικά σε θέση 50° - 70° από τον βορρά και στη συνέχεια ακολουθούν την πορεία του ήλιου ενώ κατά τη νύχτα ανορθώνονται. Το φαινόμενο σταματάει μόλις ολοκληρωθεί η έκπτυξη όλων των περιφερειακών ανθέων, οπότε οι ταξιανθίες μένουν στραμμένες βορειοανατολικά στο Βόρειο ημισφαίριο και νοτιοανατολικά στο Νότιο. Δεν παρατηρείται ηλιοτροπισμός όταν επικρατεί συννεφιά ή όταν αφαιρεθούν τα φύλλα, στοιχεία που δείχνουν ότι η αντίδραση του φυτού εξαρτάται από την κίνηση του ήλιου. Με τον ηλιοτροπισμό υπολογίζεται ότι αυξάνει η φωτοσύνθεση κατά 10-23% αναλόγως της κατανομής των φύλλων (Γαλανοπούλου, 2002).

Όμως το κύριο προϊόν για το οποίο καλλιεργείται ο ηλιάνθος είναι ο σπόρος του. Από τον σπόρο με ψυχή συμπίεση παίρνουμε το λάδι και το υπόλοιπο χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή (πίτα). Ο σπόρος έχει περιεκτικότητα σε λάδι 35-40%

(*ΚΑΠΕ*). Είναι αχάινιο διαφόρων σχημάτων (επιμήκες, ωοειδές, ρομβοειδές, στρογγυλό) και διατομής (στενόμακρη, στρογγυλή). Αποτελείται από δύο τμήματα, α) την ψύχα που αποτελείται από το έμβρυο και τις δύο κοτυληδόνες και β) τον φλοιό, που αντιστοιχεί στο περικάρπιο. Το μήκος του φτάνει τα 25mm και το πλάτος του τα 15mm (Γαλανοπούλου, 2002). Το βάρος 1000 σπόρων κυμαίνεται από 40-100g. Οι σπόροι των ποικιλιών για λάδι είναι συνήθως πιο μικροί, πιο στρογγυλοί, και συμπαγείς, έχουν χρώμα μαύρο έως γκρίζο και φέρουν συχνά ραβδώσεις σκούρες καστανές έως λευκές που θεωρούνται ανεπιθύμητες. Κλείνοντας την αναφορά για τους σπόρους αξίζει να αναφέρουμε ότι έχει διαπιστωθεί ότι οι σπόροι που βρίσκονται στην περιφέρεια της ταξικαρπίας είναι μεγαλύτεροι και βαρύτεροι από τους κεντρικούς (Γαλανοπούλου2002).

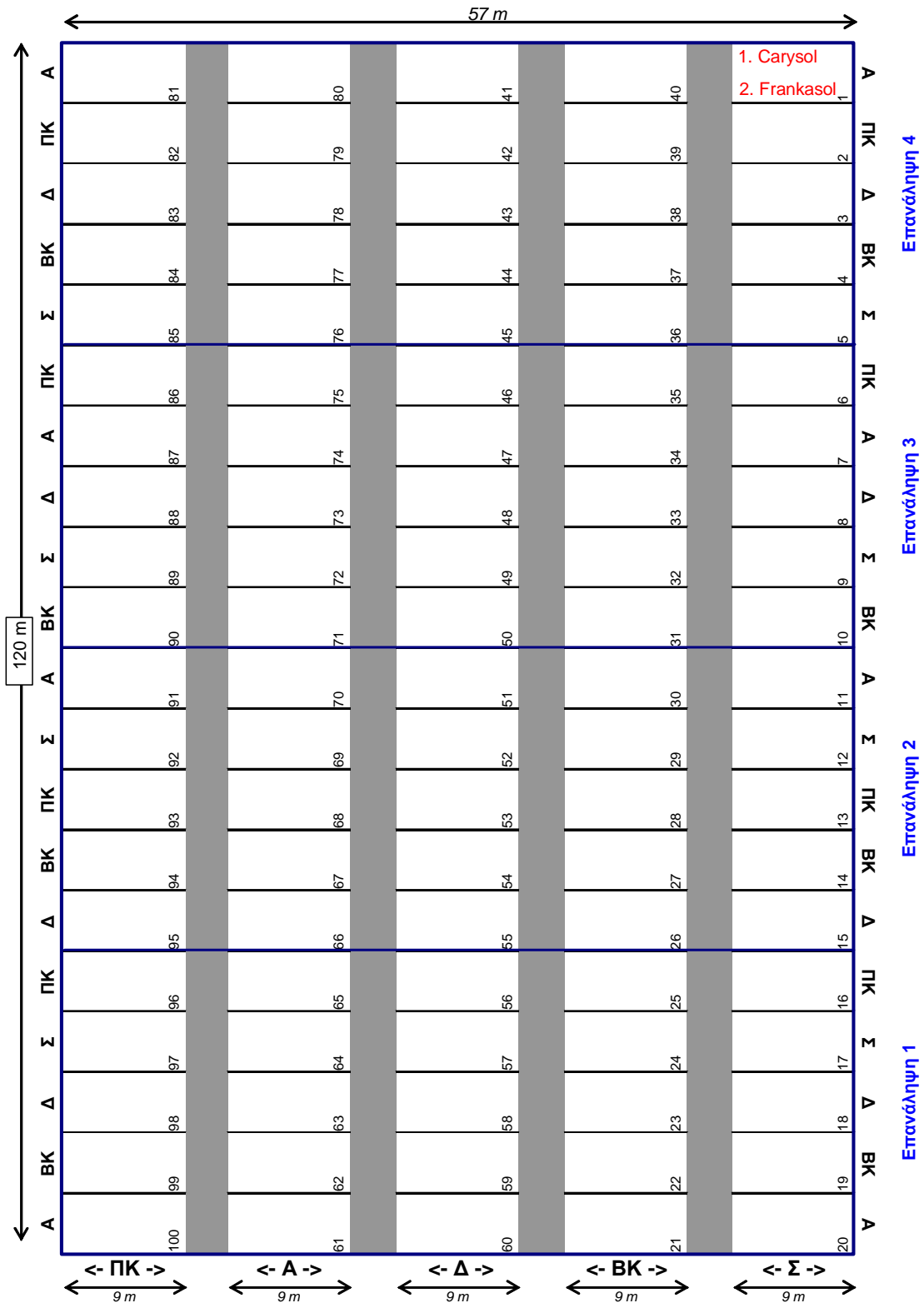
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ – ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

Το πείραμα έγινε στον χώρο Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Το σχήμα του αγροτεμαχίου ήταν ορθογώνιο και οι διαστάσεις του πειράματος είναι 57 * 120 m δηλαδή το συνολικό εμβαδό είναι 6,84 στρέμματα. Η απόσταση των 120 μέτρων έχει χωριστεί σε 4 διαστήματα των 30 μέτρων που αποτελούν τις επαναλήψεις. Κάθε επανάληψη χωρίστηκε σε 5 τεμάχια, των 6 μέτρων που το καθένα δέχτηκε τις διάφορες επεμβάσεις (εικ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ). Επειδή χρησιμοποιήθηκαν δυο ποικιλίες ηλιάνθου (Carysol, Frankasol), το πλάτος των 6 μέτρων χωρίστηκε στη μέση και σπάρθηκαν 4 γραμμές της κάθε ποικιλίας στα υποτεμάχια των 3 μέτρων που δημιουργήθηκαν. Η πλευρά των 57 μέτρων χωρίστηκε σε 5 τεμάχια των 9 μέτρων και μεταξύ των τεμαχίων αυτών μεσολαβούν διάδρομοι 3 μέτρων σε όλο το μήκος των 120 μέτρων. Έτσι δημιουργήθηκαν 100 πειραματικά τεμάχια διαστάσεων 6 * 9 μέτρων δηλαδή 54 τετραγωνικών μέτρων που διαχωρίζονται μεταξύ τους με διάδρομο 3 μέτρων. Ο χαρακτηρισμός του εδάφους, έπειτα από αναλύσεις που πραγματοποίησε το ΕΘΙΑΓΕ, ορίστηκε ως αργιλώδες, με 20,1% άμμο, 32,7% ιλύ και 47,1% άργιλο. Η οργανική ουσία μετρήθηκε από 1,77-2,43 (2,43 στη Δ, 2,17 στο ΒΚ, 1,98 στο ΠΚ και 1,77 στη Σ) και το ΡΗ σε 7,9. Η προηγούμενη καλλιέργεια του πειράματος ήταν βαμβάκι και τα βαμβακόφυτα τεμαχίστηκαν με στελεχοκόπτη. Όλες οι επεμβάσεις είχαν στο έδαφος υπολείμματα βαμβακοκαλλιέργειας που η διαχείριση τους έπαιξε ρόλο και στις κατεργασίες. Κάθε τεμάχιο των 6 μέτρων όπως προαναφέρθηκε, δέχτηκε διαφορετικές επεμβάσεις.

Η πρώτη μεταχείριση είναι η συμβατική κατεργασία (Σ). Η πρώτη επέμβαση έγινε με άροτρο τρίνο αναρτώμενο, με πλάτος κοπής 30cm και συνολικό πλάτος εργασίας 0,9m (ελληνικής κατασκευής, εικ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ) στις 6/12/2005 που περιλάμβανε αναστροφή του εδάφους σε βάθος περίπου 27 εκατοστών. Το όργανο πραγματοποιήθηκε με 7 διελεύσεις προς τη μία μόνο κατεύθυνση για την επίτευξη μεγαλύτερης ομοιομορφίας στο βάθος οργώματος σε όλο το πλάτος των 6 μέτρων. Τα μεγάλα συσσωματώματα χώματος έμειναν εκτεθειμένα στις βροχοπτώσεις και στους παγετούς του χειμώνα για πάνω από 3 μήνες, ώστε να θρυμματιστεί η μάζα του συμπιεσμένου χώματος λόγω του φαινομένου στερεοποίησης-τήξης του

περιεχόμενου νερού. Για περαιτέρω θρυμματισμό των μεγάλων σβόλων του εδάφους έγιναν ακολούθως δύο επεμβάσεις με δισκοσβάρνα στις 29/3/06. Η δισκοσβάρνα ήταν διπλής ενέργειας (4 άξονων) 32 δίσκων, συρόμενη, υδραυλικής ανύψωσης, με διάμετρο δίσκων 42cm. Οι πρόσθιοι δίσκοι ήταν οδοντωτοί και οι πίσω λείοι. Η γωνία των αξόνων ρυθμίστηκε στις 20°, το συνολικό πλάτος εργασίας ήταν 3m και το βάρος του μηχανήματος 1050 κιλά (ελληνικής κατασκευής, φωτ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ). Για ισοπέδωση του τεμαχίου και ψιλοχωματισμό της σποροκλίνης, ακολούθησε επέμβαση με ελαφρύ καλλιεργητή σε βάθος 5-8 εκατοστών στις 31/3/06. Ο καλλιεργητής διέθετε 24 ινάκια και 1 σειρά κυλινδρικών κλωβών για συμπίεση και ρύθμιση του βάρους. Τα ινάκια, πλάτους 3cm και πάχους 1cm, ήταν τοποθετημένα σε 4 σειρές και σε αποστάσεις 45cm μεταξύ τους και 60cm μεταξύ των σειρών. Το συνολικό πλάτος εργασίας ήταν 2,3m και το βάρος του μηχανήματος ανέρχονταν στα 280 κιλά (ελληνικής κατασκευής, εικ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ).



Σ = Συμβατική κατεργασία (Όργωμα)
 ΒΚ = Κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή
 ΠΚ = Κατεργασία με περιστροφικό καλλιεργητή
 Δ = Κατεργασία με δισκοσβάρνα
 Α = Ακαλλιέργεια

φράκτες

διαστάσεις πειραματικού τεμαχίου: 6 X 9 m
 διάδρομοι 3 m

Σχημ. 1 ΣΧΕΔΙΟ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Η δεύτερη μεταχείριση περιελάμβανε αναμόχλευση του εδάφους σε βάθος περίπου 18-20 εκατοστών με βαρύ καλλιεργητή (BK) 7 δοντιών στις 27/3/06. Ο βαρύς καλλιεργητής ήταν αναρτώμενος και είχε τα δόντια τοποθετημένα σε τρεις σειρές(2+3+2). Η πρόσδεση με το πλαίσιο γινόταν μέσω ελατηρίων-αποσβεστήρων και τα δόντια έφεραν υνιά γενικής χρήσεως. Η απόσταση μεταξύ των υνιών ήταν 70cm, το συνολικό πλάτος του μηχανήματος 2,1m και το βάρος του 370 κιλά (ελληνικής κατασκευής, εικ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ). Το μεγάλο ποσοστό όμως υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας (βαμβάκι) μας οδήγησε σε 2 επεμβάσεις με δισκοσβάρνα στις 29/3/06 για να πετύχουμε τεμαχισμό αυτών και να αποφύγουμε ενδεχόμενα προβλήματα κατά τη σπορά.

Η τρίτη μεταχείριση ήταν η επέμβαση με περιστροφικό σκαπτικό (ΠΣ) σε βάθος περίπου 13-15 εκατοστών στις 29/3/06. Το σκαπτικό ήταν αναρτώμενο και αποτελούνταν από 8 κατακόρυφα στροφεία 2 λεπίδων ύψους 20cm και πλάτους 8cm. Λειτουργούσε στις 540 στροφές/min ενώ η σχέση μετάδοσης στα στροφεία ήταν 540 / 180. Η ρύθμιση βάθους γινόταν μέσω ενός οδοντωτού κυλίνδρου διαμέτρου 36cm στο πίσω μέρος. Το συνολικό πλάτος εργασίας ήταν 2,5 m και το βάρος του μηχανήματος ανέρχονταν στα 720 κιλά (γαλλικής κατασκευής, εικ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ). Ακολούθησε μια επέμβαση με δισκοσβάρνα στις 29/3/06.

Η τελευταία μεταχείριση περιλάμβανε 4 περάσματα με δισκοσβάρνα στις 27 και 29/3/06 σε βάθος 8-10 εκατοστών για την καταστροφή των υπολειμμάτων της βαμβακοκαλλιέργειας και ανάδευση της επιφανειακής στοιβάδας του εδάφους. Ακολούθησαν 1 κατεργασία με ελαφρύ καλλιεργητή στις 31/3/06 για καλύτερο ψιλοχωμάτισμα της σποροκλίνης. Στον χώρο του πειράματος υπήρξε και μία πέμπτη μεταχείριση, η ακαλλιέργεια. Δηλαδή μια λωρίδα έμεινε τελείως ακαλλιέργητη χωρίς να δεχτεί καμία μηχανική κατεργασία εκτός από επιφανειακή ζιζανιοκτονία με GRAMOXONE (800 gr/στρέμμα). Στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις έγινε ενσωμάτωση TREFLAN (300 gr/στρέμμα) με δισκοσβάρνα στις 11/4/2006 για την αποφυγή εμφάνισης πλατύφυλλων ζιζανίων στο πείραμα.

Όλες οι εργασίες που έγιναν στις μεταχειρίσεις του πειράματος φαίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Ημερολόγιο εργασιών

<i>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ</i>	<i>ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ</i>	<i>ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ</i>
6/12/2005	ΟΡΓΩΜΑ	1 ^η
27/3/2006	ΒΑΡΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗ	2 ^η
27/3/2006	ΔΙΣΚΟΣΒΑΡΝΑ	4 ^η
29/3/2006	ΔΙΣΚΟΣΒΑΡΝΑ	1 ^η , 2 ^η , 3 ^η , 4 ^η
29/3/2006	ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟ ΣΚΑΠΤΙΚΟ	3 ^η
31/3/2006	ΕΛΑΦΡΥ ΚΑΛΛΙΕ/ΤΗ	1 ^η , 4 ^η
8/4/2006	ΛΙΠΑΝΣΗ	1 ^η , 2 ^η , 3 ^η , 4 ^η
11/4/2006	ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΙΑ	1 ^η , 2 ^η , 3 ^η , 4 ^η
11/4/2006	ΣΠΟΡΑ	1 ^η , 2 ^η , 3 ^η , 4 ^η

Ο ελκυστήρας που χρησιμοποιήθηκε ήταν αγγλικής κατασκευής της εταιρίας FORD, με κίνηση στους τέσσερις τροχούς και ισχύος 110 HP. Το συνολικό του βάρος μαζί με τα αντίβαρα ανέρχονταν στα 4200 κιλά. Οι διαστάσεις των ελαστικών ήταν 18,4-38 για τα οπίσθια και 13-28 για τα εμπρόςθια. Η βάση των τροχών είχε μήκος 2,78m και η διάμετρος των τροχών ήταν 1,75m για τους οπίσθιους και 1,35m για τους εμπρόςθιους.

ΛΙΠΑΝΣΗ –ΣΠΟΡΑ- ΑΡΔΕΥΣΗ

Έγινε βασική λίπανση με πλήρες λίπασμα τύπου 11-15-15 με σπαρτική σιτηρών, 25 κιλών ανά στρέμμα σε όλη την επιφάνεια του πειράματος στις 8/4/06. Έτσι προκύπτει ότι εφαρμόστηκαν 2,75 μονάδες αζώτου, 3,75 μονάδες φωσφόρου και 3,75 μονάδες καλίου. Η εφαρμογή έγινε με σπαρτική σιτηρών για να υπάρχει η μέγιστη ομοιομορφία και ακρίβεια στη λίπανση. Αν γινόταν με φυγοκεντρικό λιπασματοδιανομέα θα ήταν λιγότερο ομοιόμορφη, ενώ μια ποσότητα λιπάσματος θα σκορπιζόταν εκτός των ορίων του πειράματος.

Στις 11/4/06 έγινε η σπορά σε έδαφος ημι-υγρό και σε βάθος 3 εκατοστών. Χρησιμοποιήθηκε πνευματική γραμμική σπαρτική GASPARDO SP 520 και οι

αποστάσεις μεταξύ των γραμμών ήταν 75 εκατοστά. Εκμεταλλευόμενοι την ακρίβεια της σπαρτικής σπείραμε τα δύο υβρίδια με διαφορετικές αποστάσεις μεταξύ των φυτών επί της γραμμής. Έτσι στην CARYSOL έγινε σπορά στους 14,5 πόντους (6,9 φυτά /μέτρο), ενώ στην FRANKASOL στους 19,4 πόντους (5,15 φυτά/μέτρο). Σε κάθε μεταχείριση σπάρθηκαν 4 γραμμές από το κάθε υβρίδιο. Έτσι το κάθε πειραματικό τεμάχιο χωρίστηκε σε δύο υποτεμάχια πλάτους 3 μέτρων. Ακολούθησε επιφανειακός ψεκασμός με PROMETRIN (250 g/στρέμμα) την ίδια μέρα μετά την σπορά για καλύτερα αποτελέσματα ενάντια στα ζιζάνια.

Το έδαφος κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων ήταν στον «ρόγο» του αλλά η περιεχόμενη υγρασία δεν αποδείχτηκε αρκετή για το φύτρωμα των σπόρων. Επιπλέον οι βροχοπτώσεις που ακολούθησαν ήταν ανεπαρκείς (μικρότερες των 2mm) για την πλήρη διαβροχή της σποροκλίνης. Γι'αυτό αποφασίστηκε να γίνει πότισμα με καταιονισμό (μπέκ) στις 20/4/06, ώστε να μην υπάρξει περαιτέρω καθυστέρηση του φυτρώματος. Η εφαρμογή έγινε σε πέντε «στάσεις» διάρκειας μίας ώρας η καθεμιά. Τρεις ακόμη αρδεύσεις έγιναν στις 21/6,29/6 και 17/7 με σταγόνες (σταλακτηφόροι ελαστικοί σωλήνες) όπου εφαρμόστηκαν περίπου 60mm νερού (κυβικά ανά στρέμμα), και μια τελευταία στις 20/7 όπου εφαρμόστηκαν 40mm νερού. Κατά το διάστημα της ανάπτυξης της καλλιέργειας καταγράφηκαν και 4 ασθενείς βροχοπτώσεις στις 29/4/06 (9,5mm), στις 6/6/06 (10mm), στις 12-13/6/06 (17,5mm) και στις 4/7/06 (8mm) καθώς και μία ισχυρή βροχόπτωση (47,8mm) στις 25/5/06 σε ένα σημείο κρίσιμο για την καλλιέργεια, βοηθώντας σημαντικά στην ανάπτυξή της. Αξίζει να αναφερθεί ότι το συνολικό ύψος βροχόπτωσης που καταγράφηκε από τα βροχόμετρα του Αγροκτήματος και άγγιξε τα 125,3mm. Παρατηρούμε ότι το ύψος των προαναφερόμενων ωφέλιμων βροχοπτώσεων φτάνει στο 74% του συνολικού που καταγράφηκε στο διάστημα από την σπορά μέχρι την συγκομιδή.

ΗΜ/ΝΙΕΣ	ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ
20/4	20mm	-
29/4	-	9,5 mm
25/5	-	47,8 mm
6/6	-	10 mm
12-13/6	-	17,5 mm
21/6	60 mm	-
29/6	60 mm	-
4/7	-	8 mm
17/7	60 mm	-
20/7	40 mm	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Συνολικό ύψος αρδεύσεων-βροχοπτώσεων

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Για τη μέτρηση του φυτρώματος σημαδεύτηκε (27/4/06) εντός κάθε τεμαχίου μια γραμμή 5 μέτρων πάνω στο ίχνος της σπαρτικής μηχανής. Μετρήθηκε ο αριθμός των φυτών επί της γραμμής, με τη χρήση μιας απλής μετροταινίας, δύο φορές στις 28/4 και στις 4/5.

Για τη μελέτη της βλαστικής ανάπτυξης έγιναν τέσσερις μετρήσεις σε διάστημα 7 εβδομάδων που διαπιστώθηκε ότι σταμάτησε η βλαστική ανάπτυξη. Για να γίνουν οι μετρήσεις σημαδεύτηκαν 3 φυτά σε κάθε ένα από τα πεντάμετρα που είχαν ληφθεί οι μετρήσεις φυτρώματος και παρακολούθηθηκε η εξέλιξη του ύψους. Το ύψος μετρήθηκε σε εκατοστά με την βοήθεια μιας μετροταινίας. Οι ημερομηνίες που έγιναν οι μετρήσεις ήταν στις 23/5, στις 9/6, στις 2/7 και στις 15/7. Οι μετρήσεις έγιναν στις συγκεκριμένες ημερομηνίες και επιβεβαίωσαν τις οπτικές παρατηρήσεις που έγιναν σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Μετά τη δεύτερη μέτρηση ύψους, είχαμε και την έναρξη της ανθοφορίας στις 11/6. Και εδώ έγινε απλή καταμέτρηση των ανθισμένων κεφαλών στα σημαδεμένα

πεντάμετρα στις 19/6 και μια δεύτερη καταμέτρηση τρεις μέρες αργότερα στις 22/6 προκειμένου να εξάγουμε τα ποσοστά της ανθοφορίας.

Η μέτρηση της απόδοσης που είναι και η πιο ενδιαφέρουσα, έγινε με δυο τρόπους ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβής. Καταρχάς έγινε χειροσυλλογή κεφαλών ηλίανθου από δυο μέτρα σε κάθε τεμάχιο και μετά το αλώνισμα ζυγίστηκε με ηλεκτρονικό ζυγό η απόδοση σε σπόρο. Κατά την μηχανοσυλλογή χρησιμοποιήθηκε η θεριζοαλωνιστική μηχανή γερμανικής κατασκευής της εταιρίας HEGE του Αγροκτήματος, μετά από κατάλληλη μετατροπή στην διάμετρο των οπών των κόσκινων σύμφωνα με το μέγεθος των σπόρων. Αλωνίστηκαν οι δυο μεσαίες γραμμές του κάθε τεμαχίου (δηλαδή το μισό πείραμα) σε όλο το μήκος τους και όλη η ποσότητα του σπόρου σημαδεύτηκε χωριστά για κάθε τεμάχιο, ζυγίστηκε και αποθηκεύτηκε.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

Ενέργεια γεωργικών μηχανημάτων

Για τον υπολογισμό της ενέργειας των γεωργικών μηχανημάτων συνυπολογίζουμε τις άμεσες ενεργειακές εισροές (καύσιμα, λιπαντικά) και την απόσβεση των σταθερών στοιχείων του ελκυστήρα και των μηχανημάτων.

Η ενέργεια (σε MJ) που καταβάλλεται για τη μηχανική κατεργασία μιας έκτασης εδάφους ενός στρέμματος, ισούται με το άθροισμα της ενέργειας που καταναλώνεται για την έλξη του μηχανήματος και της ενέργειας που μεταδίδεται μέσω του δυναμοδότη:

$$E_{\text{παρ}} = E_{\text{ελξ}} + E_{\text{PTO}} = (P_{\text{ελξ}} + P_{\text{PTO}}) * t = 3,6 * (U * F + \omega * M) * t$$

$E_{\text{παρ}}$ = ενέργεια που απορροφάται από τα παρελκομένα (MJ)

$E_{\text{ελξ}}$ = ενέργεια στην έλξη (MJ)

E_{PTO} = ενέργεια στο PTO (MJ)

U = μέση ταχύτητα εργασίας του μηχανήματος (m/s)

F = μέση ελκτική δύναμη του ελκυστήρα (kN)

ω = γωνιακή ταχύτητα στο δυναμοδότη (rad/s)

M= μέση ροπή στον δυναμοδότη (kN*m)

t = χρόνος που απαιτείται για την κατεργασία ενός στρέμματος (h).

Αλλά $t = 1/A$, όπου A η μέση στρεμματική πραγματική απόδοση του μηχανήματος κατεργασίας.

Ο τρόπος με τον οποίο υπολογίζεται η ενέργεια που δαπανήθηκε για την κατεργασία των μεταχειρίσεων φαίνεται αναλυτικά παρακάτω.

Κατά τη μετάδοση της ισχύος από τον κινητήρα στο παρελκόμενο έχουμε κάποιες απώλειες. Το ποσοστό της ισχύος που φτάνει στο PTO είναι διαφορετικό από αυτό που φτάνει στη μπάρα έλξης. Η ισχύς που φτάνει στο δυναμοδότη είναι ανεξάρτητη από τον τύπο του εδάφους που εργάζεται ο ελκυστήρας και κυμαίνεται στο 87-90% της ισχύος του κινητήρα. Η ισχύς που φτάνει στην μπάρα έλξης επηρεάζεται σημαντικά από τον τύπο και την υγρασιακή κατάσταση του εδάφους (παρουσιάζεται ολίσθηση) και κυμαίνεται σε ποσοστό 60-65% της ισχύος του PTO. Σύμφωνα με τον Καβαλάρη (2004), ο συντελεστής μετάδοσης στην έλξη για συμπαγές έδαφος, υπολογίζεται στο 62,5% του συντελεστή μετάδοσης στο PTO, δηλαδή 0,54, ενώ για καλλιεργημένο έδαφος είναι περίπου 0,48.

Ένα άλλο στάδιο κατά το οποίο υπάρχει σημαντική απώλεια ενέργειας είναι κατά τη μετατροπή της ενέργειας του καυσίμου σε ωφέλιμη μηχανική ενέργεια. Ο Bowers (1992) αναφέρει ένα τυπικό συντελεστή απόδοσης για έναν Ντίζελ κινητήρα 0,218. Για την άντληση, επεξεργασία και διανομή του πετρελαίου υπάρχουν επιπλέον απώλειες της τάξης του 85% της ενέργειας του καυσίμου.

Αυτό δείχνει την μεγάλη απώλεια ενέργειας κατά την μετατροπή της ενέργειας του καυσίμου σε ωφέλιμη μηχανική ενέργεια. Η ενέργεια του καυσίμου δίνεται από τον τύπο:

$$E_{\text{καυσ}} = FC \times 38,66 \text{ MJ/Kg}$$

Το C είναι ο συντελεστής μετάδοσης της ισχύος στην έλξη (Καβαλάρης 2007).

Το C είναι διαφορετικό για κάθε παρελκόμενο και εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους, αν πρόκειται για βαριά ή ελαφρά έλξη και από την επιφανειακή κατάσταση του εδάφους. Για το ιλυοαργιλώδες έδαφος του πειράματος μετρήθηκε και δίνεται στον Πίνακα 4 (Καβαλάρης 2007).

Για τον υπολογισμό του C χρησιμοποιήθηκε ο ελκυστήρας Ford 8210 ισχύος 80 kW του Αγροκτήματος. Καταρχάς έγιναν μετρήσεις ισχύος με δυναμόμετρο στο

P.T.O. και παράλληλα έγινε μέτρηση της κατανάλωσης καυσίμου για τα διάφορα φορτία που εφαρμόστηκαν στο δυναμοδότη εν στάσει. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέγιστη διαθέσιμη ισχύς στον δυναμοδότη σύμφωνα με τον κατασκευαστή του ελκυστήρα ήταν 72 kW, προέκυψε το ποσοστό φόρτισης στον δυναμοδότη. Σύμφωνα με τον Καβαλάρη (2007) η σχέση που συνδέει την κατανάλωση καυσίμου με το ποσοστό φόρτισης του ελκυστήρα περιγράφεται από την εξίσωση:

$$FC = 7,0113e^{0,0152x} \quad (R^2 = 0,98)$$

FC = κατανάλωση καυσίμου (σε L/h)

x = το ποσοστό (%) φόρτισης του ελκυστήρα στον δυναμοδότη.

Από το ποσοστό φόρτισης ο Καβαλάρης (2007) αναφέρει ότι η εξίσωση που προέκυψε και περιγράφει την καμπύλη της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου για τον ίδιο ελκυστήρα είναι:

$$SFC = 0,0609x^2 - 9,6118x + 659,51 \quad (R^2 = 0,99)$$

SFC = ειδική κατανάλωση καυσίμου σε (L/kWh)

x = το ποσοστό (%) φόρτισης του ελκυστήρα στον δυναμοδότη.

Διαιρώντας την πραγματική κατανάλωση κατά την λειτουργία στο χωράφι (FC) με την ειδική κατανάλωση κατά την δοκιμή στο PTO (SFC) προκύπτει η ισοδύναμη ισχύς στον δυναμοδότη ($PI_{\Delta YN}$)

$$PI_{\Delta YN} = \frac{FC}{SFC}$$

Αφαιρώντας την ισχύ που απορροφάται από το δυναμοδότη ($P_{\Delta YN}$) προκύπτει η ισοδύναμη ισχύς στον δυναμοδότη που διατίθεται για την έλξη ($PI_{ελξ}$). Το κλάσμα της πραγματικά απορροφούμενης ισχύος στην έλξη προς την ισοδύναμη ισχύ στον

δυναμοδότη που διατίθεται για την έλξη αποτελεί τον συντελεστή C απόδοσης της ισχύος στην έλξη. Η σχέση που το περιγράφει είναι:

$$C = \frac{P_{ελξ}}{P_{I_{ελξ}}}$$

C = συντελεστής απόδοσης της ισχύος στην έλξη

$P_{ελξ}$ = πραγματική απορροφούμενη ισχύς στην έλξη (kW)

$P_{I_{ελξ}}$ = ισοδύναμη ισχύς στον δυναμοδότη (kW)

Κατά την εκτέλεση των εργασιών κατεργασίας του εδάφους έγιναν δυναμομετρήσεις με τον οργανωμένο γεωργικό ελκυστήρα του εργαστηρίου και εκτιμήθηκε η απορροφούμενη από το παρελκόμενο ελκτική ισχύς και από το PTO.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Συντελεστής μετάδοσης ισχύος στην έλξη

Παρελκόμενο	Κατανάλωση Καυσίμου από τη δοκιμή στο χωράφι (L/h)	Ειδική Κατανάλωση καυσίμου SFC από τη δοκιμή στο PTO (L/kWh)	Μέτρηση Πραγματικά Απορροφ. Ισχύος από τη δοκιμή στο χωράφι Έλξη PTO (kW)	Ισοδύναμη ισχύς στο PTO (kW)	Ισχύς του κινητήρα που διατίθεται για την Έλξη (kW)	C ε
Άροτρο	19,09	0,35	28,73	54,47	54,47	0,53
Βαρύς καλλιεργητής	18,43	0,35	27,38	52,04	52,04	0,53
Περιστρ. Σκαπτικό	25,52	0,36	6,95 55,77	70,08	14,31	0,49
Δισκοσβάρνα (1η)	12,33	0,48	11,31	25,57	25,57	0,44
Δισκοσβάρνα (2η)	13,27	0,45	12,09	29,66	29,66	0,41
Ελαφρύς καλλιεργητής	13,71	0,43	13,64	31,63	31,63	0,43

Έτσι η ενέργεια, που ονομάζουμε $E_{αρχ}$, είναι η μετρήσιμη ενέργεια από τα δυναμόμετρα και περιλαμβάνει την ενέργεια έλξης του ελκυστήρα και την ενέργεια του ΡΤΟ του.

Οπότε η $E_{αρχ}$ υπολογίζεται από τον τύπο:

$$E_{αρχ} = \frac{E_{καυσ}}{\Sigma A \text{ καυσ}}$$

$\Sigma A_{καυσ}$: Συντελεστής απόδοσης καυσίμου

Μια άλλη μορφή ενέργειας που πρέπει να ληφθεί υπόψη, είναι η ενέργεια των λιπαντικών, η οποία υπολογίζεται στο 4% της $E_{αρχ}$ (Bowers, 1992).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη χρήση γεωργικών μηχανημάτων, εκτός από τις άμεσες εισροές ενέργειας (καύσιμα, λιπαντικά) υπάρχει και μια σειρά από έμμεσες εισροές που σχετίζονται με την ενέργεια που περιλαμβάνεται στα σταθερά στοιχεία των μηχανημάτων. «Ενέργεια σταθερών στοιχείων» είναι η ενέργεια για την κατασκευή, τη μεταφορά, τη διανομή, τη συντήρηση και τις επισκευές των μηχανημάτων.

Η ενέργεια του ελκυστήρα και των παρελκόμενων υπολογίζεται χωριστά για το καθένα. Ο τύπος, ο οποίος μας δίνει την ενέργεια που δαπανήθηκε για την κατασκευή, τη μετακίνηση και τις επισκευές του ελκυστήρα και των διαφόρων παρελκομένων είναι:

$$E_{μηχ} = \frac{E_{κατ} + E_{μετ} + E_{επισκ}}{\text{Διάρκεια ζωής}}$$

Οπότε η ενέργεια των γεωργικών μηχανημάτων είναι το άθροισμα όλων των παραπάνω επιμέρους ενεργειών και ο τύπος που προσεγγίζει καλύτερα είναι:

$$E.G.M = E_{αρχ} + E_{λιπ} + E_{μηχ} = \frac{E_{καυσ}}{\Sigma A \text{ καυσ}} + 4\% E_{αρχ} + (E_{ελκ} + E_{παρ})$$

Προκειμένου να γίνει ακριβέστερη μέτρηση της πραγματικά καταναλισκόμενης ενέργειας, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τις μετρήσεις που περιγράφει ο Καβαλάρης(2004) στις οποίες χρησιμοποιήθηκε μια ειδική διάταξη σε σχήμα «Π» που κατασκευάστηκε ειδικά για το σκοπό αυτό από το Εργαστήριο Γεωργικής

Μηχανολογίας (Γέμος κ Τσιρίκογλου, 1994). Η διάταξη αποτελούνταν από δύο μεταλλικά «Π», από κοιλοδοκό πάχους 100mm, παράλληλα τοποθετημένα μεταξύ τους. Τα Π ήταν συνδεδεμένα μεταξύ τους αρθρωτά, με έξι δυναμοκυψέλες. Το σύστημα αναρτήθηκε στα τρία σημεία ζεύξης του ελκυστήρα και πίσω απ'αυτό συνδεόταν τα παρελκόμενα μηχανήματα. Έτσι ήταν δυνατή η καταγραφή των δυνάμεων σε τρεις διαστάσεις στο χώρο. Τρεις δυναμοκυψέλες ήταν παράλληλες με την διεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα και μετρούσαν τις δυνάμεις έλξης. Δύο ήταν κατακόρυφες με σκοπό την μέτρηση των δυνάμεων ως προς το κατακόρυφο επίπεδο και μία ήταν οριζόντια και κάθετη στη διεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα με σκοπό την μέτρηση των πλαγίων φορτίσεων. Η δυναμοκυψέλες έφεραν στο εσωτερικό τους μια γέφυρα Wheatstone. Το σήμα οδηγούνταν μέσω ενισχυτών σε μια κάρτα μετατροπής του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό. Τα δεδομένα οδηγούνταν μέσω ενός ειδικά διαμορφωμένου λογισμικού στη μνήμη ενός φορητού υπολογιστή ο οποίος φερόταν πάνω στον ελκυστήρα. Για την μέτρηση της ισχύος στα δυναμοδοτούμενα εργαλεία παρεμβλήθηκε μεταξύ του δυναμοδοτικού άξονα και του άξονα μετάδοσης της κίνησης ένα όργανο μέτρησης της ροπής και της γωνιακής ταχύτητας. Η ροπή μετρούνταν πάλι με τη χρήση γέφυρας Wheatstone, ενώ η γωνιακή ταχύτητα μετρούνταν ως συχνότητα παλμών. Όλες οι ενδείξεις μετατρέποταν με κατάλληλο λογισμικό σε αριθμητικές τιμές

Ενέργεια για τη σπορά

Για τον υπολογισμό της ενέργειας που καταναλώνεται για τη σπορά υπολογίζουμε την ενέργεια του σπόρου και την ενέργεια του γεωργικού εξοπλισμού. Για την ενέργεια του σπόρου πολλαπλασιάζουμε την ποσότητα του σπόρου με την ενέργεια για την παραγωγή σπόρου που έχει υπολογιστεί σε 26,3 MJ/Kg (Καβαλαρης, 2007).

Έπειτα εκτιμήθηκε η ενέργεια που καταναλώνεται (σε μεταβλητά και σταθερά στοιχεία) κατά την λειτουργία του ελκυστήρα με την σπαρτική. Για τον υπολογισμό της θεωρητικής απόδοσης της σπαρτικής χρησιμοποιήθηκε το πλάτος σποράς για την καλλιέργεια που ήταν 3m.

Ενέργεια λιπασμάτων.

Για την ενέργεια που καταναλώθηκε για την εφαρμογή της λίπανσης αθροίζουμε την ενέργεια που εμπεριέχεται στις χρησιμοποιούμενες ποσότητες λιπασμάτων καθώς και την ενέργεια που καταναλώνεται από τα γεωργικά μηχανήματα.

Βάση της ποσότητας που εφαρμόστηκε και των ενεργειακών περιεκτικοτήτων (Πίνακας 1) που προτείνει ο Helsel (1992), εκτιμούμε την αντίστοιχη εισροή ενέργειας. Για την ενέργεια των γεωργικών μηχανημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή της λίπανσης συνυπολογίστηκαν η ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων (καύσιμα, λιπαντικά) και η απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων.

Ενέργεια φυτοφαρμάκων

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν δυο διαφορετικά φυτοφάρμακα. Το ένα ήταν η Trifluralin με ενσωμάτωση στο έδαφος και το άλλο η Prometryne που ψεκάστηκε επιφανειακά, μετασπαρτικά. Η ενέργεια για τις δυο διαφορετικές δραστικές ουσίες δίνεται από τον παρακάτω πίνακα, (Καβαλάρης, 2007):

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Ενέργεια ζιζανιοκτόνων

Ενέργεια (MJ/Kg δ.ο)					
Δρασική ουσία	παραγωγής	μορφοποίησης	συσκευασίας και μεταφοράς	διατήρησης δικτύου πώλησης	ΣΥΝΟΛΟ
Trifluralin	147,3	20	4	11	182,3
Prometryne	264	30	4	19,8	317,8

Για την ενέργεια του γεωργικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για την επέμβαση υπολογίζουμε την ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων (καύσιμα, λιπαντικά) και την απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων (ελκυστήρα, ψεκαστικού). Ο ελκυστήρας που χρησιμοποιήθηκε ήταν FORD 72hp, με κίνηση στους δύο τροχούς και βάρος περίπου 3,5t. Το ψεκαστικό ήταν χωρητικότητας 500 lt με ιστό ψεκασμού 12 μέτρων.

Ενέργεια άρδευσης

Ο υπολογισμός της ενέργειας άρδευσης έγινε βάσει της ποσότητας νερού που χρησιμοποιήθηκε και την εξίσωση

$$DE_{στρ} = \frac{EU}{EF_p \times EF_l} \times \frac{PQ_{στρ}}{EF_c} \times TDH$$

$DE_{στρ}$ = άμεσες εισροές ενέργειας για την άρδευση ενός στρέμματος

Αυτή είναι η εξίσωση του Sloggett(1992) χωρίς το EF_f , που αναφερόταν στον συντελεστή απόδοσης στον αγρό, διότι τα δεδομένα αφορούσαν και την ποσότητα νερού που χανόταν με την εξάτμιση, στράγγιση και την διαπνοή από τα ζιζάνια.

Η αντλία του Αγροκτήματος περιλάμβανε έναν ηλεκτροκινητήρα ισχύος 15hp ο οποίος λειτουργούσε με ηλεκτρική ενέργεια από τη ΔΕΗ. Το βάθος αντλήσεως στην περιοχή του Αγροκτήματος ήταν 80m και η αντλία είχε παροχή $20m^3/h$. Σύμφωνα με τον Sloggett (1992), ο μέσος συντελεστής απόδοσης αυτών των αντλιών είναι 76%.

Η αντλία έπρεπε να αναπτύξει μια πίεση τουλάχιστον 2,5 atm για να εξασφαλίσει ροή νερού μέσα από τους αγωγούς. Το ύψος μιας στήλης νερού που αντιστοιχεί σε πίεση 2,5 atm είναι $2,5 \times 10,33211 = 25,8$ m. Άρα το ολικό μανομετρικό ύψος του νερού ήταν

$$TDH = 80 + 25,8 = 105,8 \text{ m.}$$

Ενέργεια για τη συγκομιδή

Για τον υπολογισμό της ενέργειας συγκομιδής θα θεωρηθεί ότι για τη συγκομιδή χρησιμοποιήθηκε μια 5σειρη θεριζοαλωνιστική μηχανή (βάρους 7 t). Θεωρούνται δύο κύριες πηγές ενέργειας το καύσιμο και το ίδιο το μηχάνημα. Η κατανάλωση καυσίμου είναι 1460 g/στρ (Leach, 1975). Η συνολική ενέργεια για τη συγκομιδή είναι το άθροισμα της ενέργειας καυσίμου και λιπαντικών, της ενέργειας σταθερών στοιχείων του ίδιου του μηχανήματος και της ενέργειας που δαπανάται για τη συντήρηση και τις επισκευές.

Ενέργεια για τη μεταφορά

Για τη μεταφορά χρησιμοποιήθηκαν ο ελκυστήρας Ford 82 KW και μια πλατφόρμα δυναμικότητας 5 t και το συγκρότημα υποθέτουμε ότι κινείται με μια μέση ωριαία ταχύτητα 20 Km. Θεωρούμε επίσης μια μέση απόσταση διακίνησης της παραγωγής 5 Km. Η ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων είναι 0,0018 MJ/Kg. Km (Καβαλάρης, 2007) στην οποία αν προστεθεί η ενέργεια των σταθερών στοιχείων (ελκυστήρα, πλατφόρμας) παίρνουμε την ενέργεια για τη μεταφορά.

Ενέργεια για την επεξεργασία

Για την επεξεργασία των σπόρων χρησιμοποιήθηκε ένας κοχλιωτός συμπιεστής τύπου Taby Press Mod 4, ο οποίος κινούνταν από ένα τριφασικό ηλεκτροκινητήρα ισχύος 1,5 KW και μέση απόδοση επεξεργασίας $Q=16,77\text{kg/h}$. Σύμφωνα με τον Καβαλάρη (2007) η μέση απορροφούμενη ισχύς ήταν $P=0,87\text{ kW}$ και ο τύπος που μας δίνει την απορροφούμενη ενέργεια για την έκθλιψη είναι

$$E_{PR}=3,6* P/ (Q*EFp)$$

EFp = συντελεστής απόδοσης της μονάδας ισχυοδότησης της αντλίας (για ηλεκτροκινητήρα =18%)

Αν σ' αυτή την ενέργεια προσθέσουμε και την απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων του κοχλιωτού συμπιεστή παίρνουμε την ενέργεια για την επεξεργασία.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΕΚΡΟΕΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

Ως εκροές ενέργειας της καλλιέργειας θεωρούμε το άθροισμα της ενέργειας που μας δίνουν το λάδι και η πίτα που παίρνουμε από το σπόρο (προϊόν αλωνισμού):

Ενέργεια από το λάδι

Ο Καβαλάρης (2007) υπολόγισε ότι το βάρος του λαδιού είναι το 33,5% του βάρους του σπόρου. Οπότε για να υπολογίσουμε την παραγόμενη ενέργεια του λαδιού που παίρνουμε με ψυχρή συμπίεση, το πολλαπλασιάζουμε με 39,4 MJ, που είναι η παραγόμενη ενέργεια ανά κιλό λαδιού.

Ενέργεια από την πίτα

Το δεύτερο προϊόν της ψυχρής συμπίεσης του σπόρου είναι η πίτα. Είναι το προϊόν που παράγεται μετά την εξαγωγή του λαδιού και αποτελεί άριστη ζωοτροφή. Ο Καβαλάρης (2007) αναφέρει ότι η πίτα αντιστοιχεί περίπου στο 66,5% του βάρους του σπόρου και η ενέργεια της υπολογίστηκε στα 19,6 MJ/kg. Πολλαπλασιάζοντας την ενέργεια ανά κιλό πίτας με το βάρος της, παίρνουμε την ενέργεια από την πίτα. .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΦΥΤΡΩΜΑ

Η σπορά έγινε στις 11/4/06 αλλά η περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία δεν αποδείχτηκε αρκετή για το φύτευμα των σπόρων. Όπως προαναφέρθηκε έγινε μια άρδευση με καταιονιστήρα (μπεκ) στις 20/4/06. Η πρώτη μέτρηση φυτρώματος έγινε περίπου μια εβδομάδα αργότερα στις 28/4/06 ενώ η δεύτερη μέτρηση έγινε στις 4/5/06, μία εβδομάδα μετά την πρώτη μέτρηση και περίπου δύο εβδομάδες μετά την άρδευση. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκφρασμένα σε αριθμό φυτών ανά στρέμμα και σε ποσοστά επί τοις εκατό των σπόρων που τοποθετήθηκαν στο έδαφος αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Αποτελέσματα μετρήσεων φυτρώματος

	Φύτευμα (φυτά/στρ)		Φυτρωτική ικανότητα (%)	
	28/4/06	4/5/06	28/4/06	4/5/06
Garysol	3123	6223	34,0	67,7
Frankasol	3180	5570	46,3	81,0
	ns	ns	*	*
LSD_{0,5%}			8,2	8,2
Σ	3127	5713	39,7	72,2
BK	3747	6487	48,0	82,0
ΠΣ	2600	5680	33,1	71,3
Δ	3133	5707	39,7	71,9
	*	**	*	**
LSD_{0,5%}	707	504	8,9	6,6
CV(%)	21	8	21,0	8,4

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται ότι η FRANKASOL εμφανίζει μεγαλύτερη φυτρωτική ικανότητα από την GARYSOL και στις δύο μετρήσεις. Στις 28/4 υπερτερεί κατά 12,3% , ενώ η διαφορά αμβλύνεται στις 4/5 και ειδικά στην επέμβαση με βαρύ καλλιεργητή φτάνει το 13,3%. Γενικά ο *μέσος όρος φυτρώματος* στην πρώτη μέτρηση ήταν **40,15%**, ενώ μετά από μια εβδομάδα έφτασε το **74,36%**, ποσοστό αρκετά ικανοποιητικό για την καλλιέργεια. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι μετρήσεις είναι φυτρωτικής ικανότητας και γίνονται σε πραγματικές συνθήκες

αγρού και σ' αυτό διαφέρουν από τις μετρήσεις βλαστικής ικανότητας που λαμβάνονται σε ελεγχόμενες συνθήκες εργαστηρίου.

Κάνοντας λεπτομερέστερη παρατήρηση των αποτελεσμάτων σε επίπεδο ποικιλιών, κατεργασιών και επαναλήψεων έγινε μια εισαγωγή σε πίνακες για την διευκόλυνση των παρατηρήσεων.

Καταρχάς σε επίπεδο **ποικιλιών** υπερτερεί η FRANKASOL και στις δύο μετρήσεις. Στην πρώτη μέτρηση εμφανίζει ποσοστό 46,27% έναντι 33,97% της CARYSOL, ενώ στην δεύτερη μέτρηση που είναι και η τελική, εμφανίζει 81,04% έναντι 67,68% της CARYSOL. Το τελικό ποσοστό της FRANKASOL χαρακτηρίζεται πολύ ικανοποιητικό ενώ της CARYSOL απλά ικανοποιητικό.

Σε επίπεδο **κατεργασιών** παρατηρείται μια μεγάλη υπεροχή της επέμβασης του βαρύ καλλιεργητή στο φύτρωμα έναντι όλων των άλλων και στις δύο μετρήσεις όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα 7. Η μεταχείριση με βαρύ καλλιεργητή στην πρώτη μέτρηση έφτασε σε ποσοστό 47,97%, ενώ ακολούθησαν οι μεταχειρίσεις της συμβατικής κατεργασίας και της δισκοσβάρνας με ποσοστό 39,69%. Και στην δεύτερη μέτρηση η μεταχείριση με βαρύ καλλιεργητή εμφάνισε το υψηλότερο ποσοστό 81,98% ενώ οι υπόλοιπες τρεις μεταχειρίσεις κυμάνθηκαν στο 72%, χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Παρόλη την υπεροχή των 10 ποσοστιαίων μονάδων της μεταχείρισης με βαρύ καλλιεργητή και τα υπόλοιπα τρία ποσοστά κρίνονται ικανοποιητικά για την καλλιέργεια. Η ακαλλιέργεια είχε αποτυχία στο φύτρωμα λόγω ακατάλληλης για ακαλλιέργεια σπαρτικής μηχανής. Οι μηχανισμοί διάνοιξης της αυλακιάς αδυνατούσαν να διεισδύσουν σε ικανοποιητικό βάθος και μεγάλο ποσοστό σπόρων παρέμεινε ακάλυπτο με αποτέλεσμα να μη φυτρώσει. Γι' αυτό και σε καμία μέτρηση δεν λήφθηκε υπόψη.

Τέλος σε επίπεδο **επαναλήψεων** παρατηρούμε ότι το φύτρωμα κυμαίνεται από 36,56% στην (επανάληψη 4) έως 44,36% (επανάληψη 3) για την πρώτη μέτρηση στις 28/4 και από 71,53% (επανάληψη 4) έως 76,52% (επανάληψη 3), δηλαδή δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επαναλήψεων. Αυτό γίνεται περισσότερο κατανοητό παρατηρώντας τον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Ποσοστά φυτρώματος ανά επανάληψη

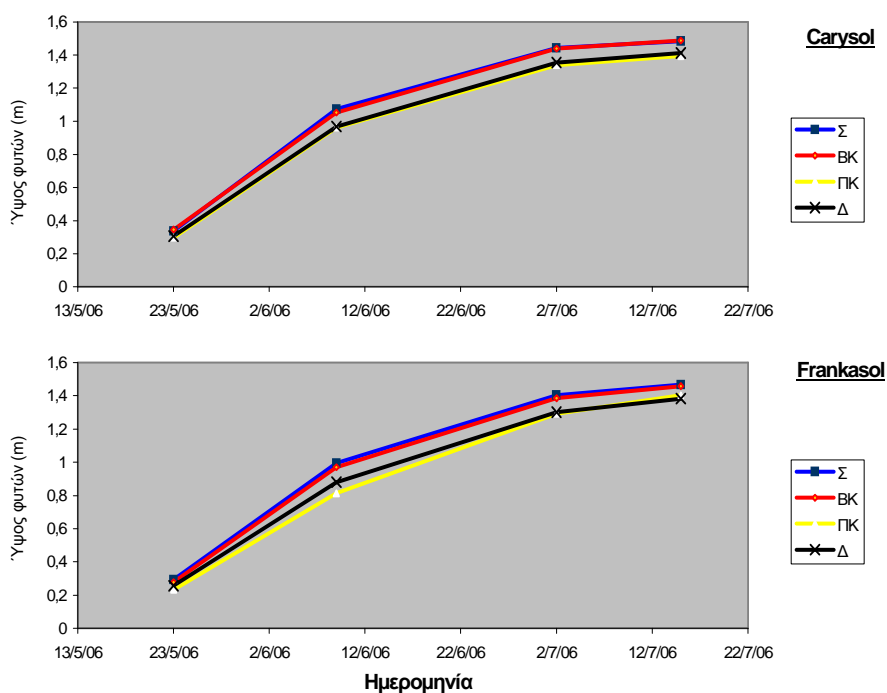
ΦΥΤΡΩΜΑ					
	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 1	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 2	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 3	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 4	LSD 0,95
28/4/2006	37,92%	41,60%	44,36%	36,59%	ns
4/5/2006	74,16%	75,35%	76,42%	71,51%	ns

Οπότε συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι γενικά πρόκειται για μια καλλιέργεια εύκολη στο φύτεμα με ικανοποιητικό αριθμό φυτών/στρέμμα, η οποία αν σπαρθεί στην Κεντρική Ελλάδα σε ημερομηνίες ίδιες με αυτές του αραβόσιτου (20 ΜΑΡΤΙΟΥ- 10 ΑΠΡΙΛΙΟΥ) σε υγρό έδαφος δεν θα αντιμετωπίσει πρόβλημα στο φύτεμα. Από τα δύο υβρίδια που μελετήθηκαν παρατηρείται μια υπεροχή της FRANKASOL έναντι της CARYSOL σε ποσοστό 13,36% στην ικανότητα φυτρώματος σε συνθήκες περιβάλλοντος αγρού. Εντύπωση προκαλεί ότι στην μεταχείριση με ΒΑΡΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗ, η φυτρωτική ικανότητα ήταν περίπου 10% μεγαλύτερη από την ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ που ακολουθούσε και κυμαινόταν στα ίδια επίπεδα με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις. Σαν σχόλιο μπορούμε να πούμε ότι για την σπορά δεν χρειάζεται κάποιος ειδικός εξοπλισμός ή ιδιαίτερες γνώσεις αφού οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών αλλά και η σπαρτική που χρησιμοποιείται είναι ίδιες με αυτές του αραβόσιτου, οπότε δεν υπάρχει πρόβλημα υιοθέτησης των τεχνικών από τους αγρότες της χώρας μας.

ΒΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ – ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ

Η πρώτη μέτρηση ύψους των φυτών έγινε στις 23/5 με αφετηρία την ολοκλήρωση του φυτρώματος (4/5) και την επίδραση της βροχής της 28/4 (9,5 mm). Η ημερομηνία επιλέχθηκε καθώς οι μετεωρολογική υπηρεσία προέβλεψε βροχοπτώσεις το αμέσως επόμενο διάστημα και θέλαμε να καταγράψουμε και την επίδραση της βροχής στην βλαστική ανάπτυξη. Πράγματι στις 25/5 παρατηρήθηκε

ισχυρότατη βροχόπτωση (47,8 mm), την οποία ακολούθησε μια ασθενέστερη (10 mm) στις 6/6. Η μέτρηση στις 9/6 δηλαδή ένα δεκαπενθήμερο μετά την πρώτη μέτρηση έδειξε μια ζωηρότατη ανάπτυξη της καλλιέργειας όπως θα φανεί και στον πίνακα παρακάτω. Στις 12-13/6 παρουσιάστηκε μια αναστάτωση στον καιρό με δυνατούς ανέμους που όμως δεν προκάλεσαν πλάγιασμα των φυτών. Ταυτόχρονα έπεσαν ασθενείς διακεκομμένες βροχοπτώσεις (συνολικού ύψους 17,5 mm) που όμως δεν αποδείχτηκαν επαρκείς για την καλλιέργεια. Γι'αυτό να εφαρμόστηκε άρδευση με σταλακτηφόρους σωλήνες (στάγδην άρδευση) 60 κυβικών μέτρων/στρέμμα στις 21/6 και στις 29/6. Η επόμενη μέτρηση στις 2/7 έδειξε ότι η βλαστική ανάπτυξη συνεχιζόταν με πιο "ήπιους" ρυθμούς για να ολοκληρωθεί μετά από δύο εβδομάδες περίπου στις 15/7 που ελήφθη και η τελευταία μέτρηση ύψους των φυτών. Η γραμμική απεικόνιση της βλαστικής ανάπτυξης των δυο ποικιλιών και στις 4 μεταχειρίσεις φαίνεται στο σχήμα 2.



Σχημ. 2 Βλαστική ανάπτυξη φυτών στις κατεργασίες

Μακροσκοπικά παρατηρήθηκε μια ζωηρή ανάπτυξη από τις 23/5 – 9/6 δηλαδή το πρώτο δεκαπενθήμερο μετά την ολοκλήρωση της φάσης του φυτρώματος, η οποία συνεχίζεται σε πιο ήπιους ρυθμούς τις επόμενες 3 εβδομάδες (9/6 – 2/7) και εξομαλύνεται τις δύο τελευταίες εβδομάδες (2/7- 15/7) και στις δύο ποικιλίες.

Σε επίπεδο επαναλήψεων δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8. Βλαστική ανάπτυξη ανά επανάληψη

ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ (cm)				
	<i>ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 1</i>	<i>ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 2</i>	<i>ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 3</i>	<i>ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 4</i>
23-5	29	30	31	27
9-6	96	97	97	96
2-7	138	137	137	137
15-7	145	143	143	144
LSD_{0,95}	ns	ns	ns	ns

Σε επίπεδο ποικιλιών αν και το τελικό ύψος είναι σχεδόν το ίδιο (1,44m η CARYSOL, 1,43m η FRANKASOL) παρατηρώντας τις μετρήσεις διαπιστώνουμε ότι τα δύο υβρίδια είχαν διαφορετική πορεία, επιβεβαιώνοντας τις οπτικές παρατηρήσεις ότι δηλαδή η CARYSOL δίνει γενικά πιο εύρωστα φυτά από την FRANKASOL. Στην πρώτη μέτρηση όντως η πιο ζωηρή ποικιλία υπερτερούσε σε ύψος (0,32m) έναντι της FRANKASOL.(0,26m). Στην δεύτερη μέτρηση (9/6) η διαφορά των δύο ποικιλιών κυμάνθηκε στα 10 cm, ενώ στην τρίτη μέτρηση (2/7) μειώθηκε στα 4 cm. Αν και η διαφορά τους μειωνόταν η σειρά δεν άλλαξε μέχρι και την τελευταία μέτρηση (15/7) που είναι και το τελικό ύψος των φυτών. Το μέσο ύψος των δύο υβριδίων και τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9. Βλαστική ανάπτυξη ποικιλιών

ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ (cm)				
	23/5	9/6	2/7	15/7
CARYSOL	32	101	139	144
FRANKASOL	26	91	135	143
LSD_{0,95}	0,04	0,02	0,02	ns

Σε επίπεδο κατεργασιών τα πράγματα είναι αρκετά ενδιαφέροντα. Οι κατεργασίες μπορούμε να πούμε ότι χωρίστηκαν σε δυο ζευγάρια. Η μεταχείριση με ΒΑΡΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗ και η ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ έδωσαν σχεδόν ίδια αποτελέσματα, τα οποία υπερτερούσαν σε όλη την διάρκεια των μετρήσεων των μεταχειρίσεων με ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗ και με ΔΙΣΚΟΣΒΑΡΝΑ. Η διαφορά ξεκίνησε από τα 5 εκατοστά και στο τέλος της βλαστικής ανάπτυξης έφτασε τα 8 εκατοστά. Στον πίνακα 10 φαίνονται αυτές οι διαφορές, οι οποίες σχετίζονται με την συμπίεση του εδάφους. Μπορούμε έτσι να συμπεράνουμε ότι ο ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗΣ και η ΔΙΣΚΟΣΒΑΡΝΑ δεν κατεργάστηκαν σε αρκετό βάθος το έδαφος, γεγονός που εμπόδισε την άνετη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και κατ' επέκταση και την απροβλημάτιστη ανάπτυξη του φυτού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10. Βλαστική ανάπτυξη ανά κατεργασία

ΒΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ (cm)				
	23/5	9/6	2/7	15/7
Σ	31	101	142	148
ΒΚ	31	101	141	147
ΠΚ	28	89	132	140
Δ	28	92	133	140
LSD_{0,95}	0,02	0,05	0,02	ns

Παρατηρώντας την επίδραση των κατεργασιών πάνω στις ποικιλίες, παρατηρείται ακριβώς η ίδια διαπίστωση που έδωσαν και οι συνολικές μετρήσεις. Η

υπεροχή των μεταχειρίσεων με ΒΑΡΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗ και ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ είναι ξεκάθαρη έναντι των μεταχειρίσεων με ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗ και ΔΙΣΚΟΣΒΑΡΝΑ και στα δυο υβρίδια όπως απεικονίζεται και στους παρακάτω πίνακες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11. Βλαστική ανάπτυξη ανά υβρίδιο

CARYSOL				
ΒΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ (cm)				
	23/5	9/6	2/7	15/7
Σ	34	107	144	148
ΒΚ	35	105	149	149
ΠΚ	30	96	134	139
Δ	31	97	135	141
LSD_{0,95}	ns	ns	ns	ns

FRANKASOL.				
ΒΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ (cm)				
	23/5	9/6	2/7	15/7
Σ	29	100	140	147
ΒΚ	28	97	139	146
ΠΚ	23	81	129	140
Δ	26	88	130	138
LSD_{0,95}	ns	ns	ns	ns

Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι η δεύτερη μέτρηση ύψους συνέπεσε με την **έναρξη της ανθοφορίας** στις **11/6** και μάλιστα άνθησαν πρώτα τα φυτά της ποικιλίας CARYSOL. Στις **19/6** η άνθηση μετρήθηκε σε ποσοστό 80% για την CARYSOL και

10% για την FRANKASOL, γεγονός που αποδεικνύει την πρωιμότητα της πρώτης (φωτ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ). Σε μία δεύτερη μέτρηση που έγινε 3 μέρες αργότερα (22/6) η CARYSOL είχε ολοκληρώσει τον κύκλο της άνθησης της, ενώ η FRANKASOL είχε φτάσει το 70% αποδεικνύοντας ότι είναι πιο όψιμο υβρίδιο στην φάση της ανθοφορίας. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται καλύτερα τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12. Πρωιμότητα άνθησης των 2 υβριδίων

	CAR YSOL	FRANK ASOL
1 9/6/06	80%	10%
2 2/6/06	100%	70%

Σε επίπεδο κατεργασιών παρατηρήθηκε μια υπεροχή της ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ (Σ) σε ποσοστό άνθησης στην συγκεκριμένη ημερομηνία μέτρησης (19/6) έναντι όλων των άλλων. Η μεταχείριση της ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ άνθησε σε ποσοστό 80%, ακολούθησε η μεταχείριση με ΒΑΡΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗ με ποσοστό 50%, ενώ οι άλλες δύο μεταχειρίσεις παρουσίασαν ποσοστό μόλις 15%.

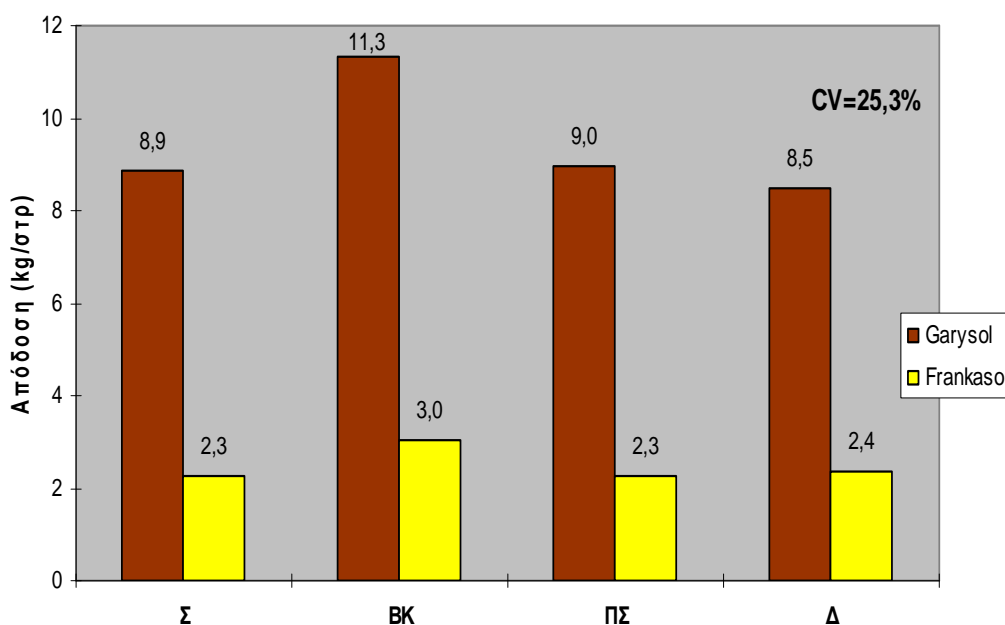
ΠΙΝΑΚΑΣ 13. Πρωιμότητα άνθησης ανά κατεργασία

CARYSOL	
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ(%)
Σ	80
ΒΚ	50
ΠΣ	15
Δ	15

Ίδια ποσοστά παρατηρήθηκαν και στην FRANKASOL μερικές μέρες αργότερα.

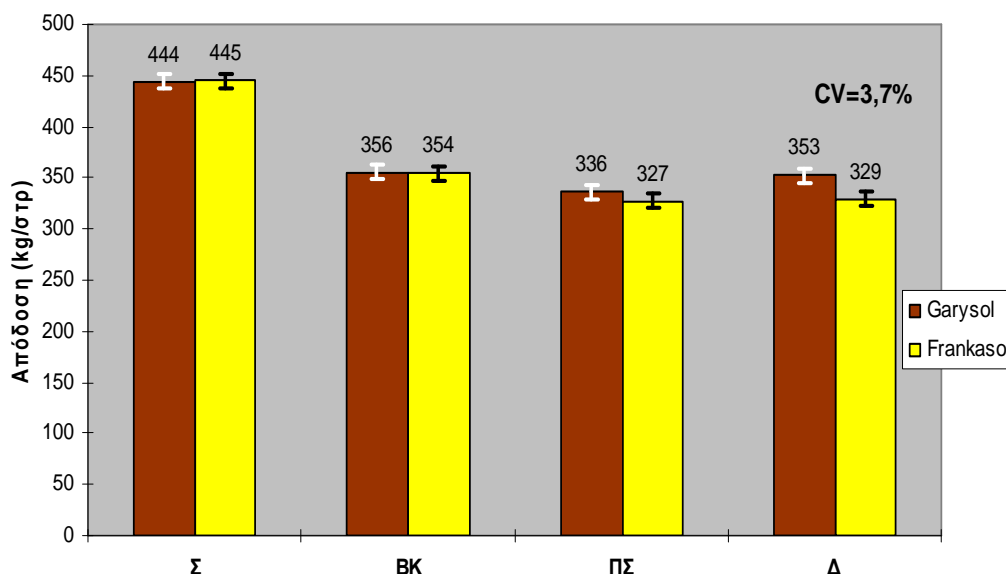
ΑΠΟΔΟΣΗ

Η μηχανοσυλλογή έγινε στις **21/8/06**. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων απόδοσης παρουσιάζουν αρκετό ενδιαφέρον γιατί κατά την συγκεκριμένη μέρα η υγρασία του σπόρου των δυο ποικιλιών, ήταν διαφορετική. Έτσι η **υγρασία σπόρου** για την **FRANKASOL** μετρήθηκε **2,49%**, ενώ για την **CARYSOL** **9,41%**. Άρα η FRANKASOL είναι πιο πρώιμη από την CARYSOL, παρόλο που στην ανθοφορία παρουσίασε καθυστέρηση.



Σχημ 3. Υγρασία σπόρου κατά τη συγκομιδή ανά κατεργασία

Για την σύγκριση των αποτελεσμάτων έγινε αναφορά σε **κοινή υγρασία αναφοράς (10%)** και στις δύο ποικιλίες.



Σχημ 4. Απόδοση σε kg/στρέμμα σε κοινή υγρασία αναφοράς

Ο γενικός μέσος όρος απόδοσης για όλο το πείραμα ήταν **368kg/στρ**. Αναλυτικότερα η **CARYSOL** απέδωσε **372kg/στρ**, ενώ η **FRANKASOL** **364 kg/στρ**. Αυτό ως αποτέλεσμα αποδεικνύει ότι πρόκειται για μια καλλιέργεια που χωρίς να είναι ιδιαίτερα απαιτητική στις αρδεύσεις (350mm νερού) δίνει υψηλές αποδόσεις. Επίσης αν αναλογιστούμε το δραματικό πρόβλημα της έλλειψης νερού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, εκτιμούμε ακόμα περισσότερο την αξία αυτής της καλλιέργειας. Παρατηρούμε επίσης ότι η τελευταία άρδευση έγινε στις 20/6 που αποτελεί μια περίοδο ιδιαίτερων αρδευτικών απαιτήσεων για την βαμβακοκαλλιέργεια (της οποίας αποτελεί αμειψισπορά ο ηλίανθος) που κυριαρχεί στο θεσσαλικό κάμπο. Έτσι οι αγρότες αποκτούν μεγαλύτερη ευχέρεια στην διαχείριση του εναπομείναντος νερού μέχρι την λήξη της αρδευτικής περιόδου.

Στον πίνακα 14 γίνεται μια συνοπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν για τις ποικιλίες σε σχέση με τις κατεργασίες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 14. Τελικές αποδόσεις μηχανοσυλλογής των δυο υβριδίων (kg)

ΑΠΟΔΟΣΗ (ΥΓΡΑΣΙΑ 10%)			
	CARYSOL	FRANKASOL	M.O.
Σ	444	445	444
BK	356	354	355
ΠΣ	336	327	332
Δ	354	329	341
M.O.	372	364	368
LSD_{0,95}	22,13	20,52	

Παρατηρούμε ότι η **συμβατική κατεργασία (Σ)** υπερτερεί έναντι όλων των άλλων μεταχειρίσεων με απόδοση **444 kg/στρ** που κρίνεται πολύ υψηλή. Όλες οι άλλες κατεργασίες κινούνται σε αποδόσεις της τάξης των 100 kg/στρ χαμηλότερα, με την κατεργασία του **βαρύ καλλιεργητή (BK)** να υπερέχει έναντι των άλλων δυο μεταχειρίσεων (**ΠΣ,Δ**), με **355 kg/στρ** έναντι **332 kg/στρ** και **341kg/στρ** αντίστοιχα.

Η χειροσυλλογή έγινε μια μέρα πριν τη μηχανοσυλλογή δηλαδή στις **20/8/06**. Ο γενικός **μέσος όρος απόδοσης** για όλο το πείραμα ήταν **417kg/στρ**. Αναλυτικότερα η **CARYSOL** απέδωσε **425kg/στρ**, ενώ η **FRANKASOL** **409 kg/στρ**. Στον πίνακα 17 παρατηρούμε ότι η **συμβατική κατεργασία (Σ)** υπερτερεί έναντι όλων των άλλων μεταχειρίσεων με απόδοση **451 kg/στρ**, ενώ και στις μετρήσεις της χειροσυλλογής, το περιστροφικό σκαπτικό (**ΠΣ**) έχει τις χαμηλότερες αποδόσεις (391kg/στρ). Έτσι μπορούμε να γενικεύσουμε λέγοντας ότι τις υψηλότερες αποδόσεις από πλευράς κατεργασιών τις δίνει η συμβατική κατεργασία, ενώ ακολουθούν ο βαρύς καλλιεργητής, η δισκοσβάρνα και τέλος το περιστροφικό σκαπτικό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15. Απόδοση χειροσυλλογής σε κοινή αναφορά υγρασίας (10%).

ΑΠΟΔΟΣΗ (kg)			
	<i>CARYSOL</i>	<i>FRANKASOL</i>	M.O.
Σ	451	451	451
BK	421	424	427
ΠΣ	403	379	391
Δ	426	381	404
M.O.	425	409	417
LSD_{0,95}	27,47	25,83	

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Για τον υπολογισμό των απωλειών της μηχανής θα γίνει σύγκριση της απόδοσης της μηχανοσυλλογής και της απόδοσης της χειροσυλλογής. Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι διαφορές στις αποδόσεις και τα ποσοστά %.

ΠΙΝΑΚΑΣ 16. Απώλειες μηχανοσυλλογής

	Σ	BK	ΠΣ	Δ
ΜΗΧΑΝΟΣΥΛΛΟΓΗ (kg)	444,4	355,1	331,6	341
ΧΕΙΡΟΣΥΛΛΟΓΗ (kg)	522,9	426,5	391	403,5
ΑΠΩΛΕΙΕΣ(%)	15	16,7	15,2	15,5

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι οι απώλειες κυμαίνονται σε ποσοστά από 15-16,7% με **Μέσο Όρο Απωλειών 15,6%**. Άρα διαπιστώνουμε ότι οι απώλειες από την μηχανοσυλλογή είναι ανεξάρτητες από τις μεθόδους κατεργασίας που ακολουθήθηκαν στις διαφορετικές μεταχειρίσεις και κρίνονται ανεκτές.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Για τον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου για τη μεταχείριση του πειράματος εκτιμήθηκαν καταρχήν οι εισροές. Για το σκοπό αυτό οι εισροές χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες: στην ενέργεια από τη χρήση του γεωργικού εξοπλισμού και στην ενέργεια των γεωργικών εφοδίων.

1. Ενέργεια γεωργικού εξοπλισμού

Για τον υπολογισμό της ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε κατά τη λειτουργία των μηχανημάτων αθροίστηκε η ενέργεια των μεταβλητών στοιχείων και η απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων του ελκυστήρα και του μηχανήματος.

A) Ενέργεια σταθερών στοιχείων

Η ενέργεια κατασκευής αφορά την ενέργεια που καταναλώθηκε για την παραγωγή της πρώτης ύλης καθώς και την ενέργεια βιομηχανοποίησης. Ο Bowers (1992) αναφέρει ότι οι Pimental et. al.(1977) εκτίμησαν μια ποσότητα ενέργειας για την κατασκευή ίση με 86,77 MJ/kg τελικού προϊόντος και οι Loewer et. al. (1977) υπολόγισαν μια επιπλέον ποσότητα 8,8 MJ/kg για τη μεταφορά και τη διανομή. Ο Bowers (1992) επίσης αναφέρει ότι οι Fluck και Baird (1980) υπολόγισαν την ενέργεια βιομηχανοποίησης που προστίθεται σε κάθε μηχάνημα όπως φαίνεται στον Πίνακα 17. Την ενέργεια από το υλικό από το οποίο κατασκευάζονται τα γεωργικά μηχανήματα, την εκτιμά στα 22-60 MJ/kg. Η ενέργεια ελαστικών εκτιμήθηκε στα 85,8 MJ/kg, τιμή που πλησιάζει την γενικευμένη τιμή των 86,77 MJ/kg των Pimental et al.(1977).

Πίνακας 17. Ενέργεια βιομηχανοποίησης για γεωργικά μηχανήματα

ΜΗΧΑΝΗΜΑ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (MJ/kg)
Ελκυστήρας	27,63
Άροτρο	12,78
Δισκοσβάρνα	9,96
Καλλιεργητής	16,9

Αποδεχόμενοι την τιμή των 86,77 MJ/kg που προτείνει ο Bowers (1992) υπολογίζεται η ενέργεια κατασκευής πολλαπλασιάζοντας το βάρος των γεωργικών

μηχανημάτων με το άθροισμα της ενέργειας υλικών και βιομηχανοποίησης (86,77 MJ/kg), που εσωκλείεται σε κάθε kg τελικού προϊόντος .

Η ενέργεια επισκευής και συντήρησης θεωρείται μεταβλητή εισροή αλλά επειδή υπολογίζεται ως ποσοστό της ενέργειας κατασκευής αναφέρεται εδώ. Για τον υπολογισμό της ενέργειας επισκευής και συντήρησης, πολλαπλασιάζεται η ενέργεια κατασκευής με έναν συντελεστή που πρότεινε ο Bowers (1992) και είναι διαφορετικός για κάθε μηχάνημα όπως φαίνεται στον Πίνακα 18.

ΠΙΝΑΚΑΣ 18. Συντελεστές που αναλογούν για επισκευές και συντήρηση.

<i>ΜΗΧΑΝΗΜΑ</i>	<i>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ</i>
ΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ	0,49
ΑΡΟΤΡΟ	0,97
ΕΛΑΦΡΥΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗΣ	0,51
ΔΙΣΚΟΣΒΑΡΝΑ	0,61
ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΣ ΚΑΛΛ/ΤΗΣ	0,59
ΣΠΑΡΤΙΚΗ	0,43
ΛΠΙΑΣΜΑΤΟΔΙΑΝΟΜΕΑΣ	0,39
ΨΕΚΑΣΤΙΚΟ	0,37

Η συνολική ενέργεια δίνεται στον παρακάτω Πίνακα 19. Για παράδειγμα για τον γεωργικό ελκυστήρα πολλαπλασιάζοντας το βάρος του με 86,77 MJ προκύπτει η ενέργεια κατασκευής, ενώ με 8,8 MJ η ενέργεια μεταφοράς. Πολλαπλασιάζοντας την ενέργεια κατασκευής με τους ανάλογους για κάθε μηχάνημα συντελεστές του Πίνακα 18 προκύπτει η ενέργεια επισκευών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 19. Ενέργεια των σταθερών στοιχείων των μηχανημάτων.

	ΒΑΡΟΣ(Kg)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (MJ)			ΣΥΝΟΛΟ (MJ)
		Κάτασκευής	Μεταφοράς	Επισκευών	
Γεωργ. Ελκυστήρας (110 HP)	4200	364434	36960	178573	579967
Αροτρο	500	43385	4400	42083	89868
Βαρύς Καλλιεργητής	370	32105	3256	16373	51734
Περιστροφικός Καλλιεργητής	720	62474	6336	36860	105670
Ελαφρύς Καλλιεργητής	280	24296	2464	12148	38907
Δισκοσβάρνα	1050	91109	9240	55576	155925
Σπαρτική (4 μονάδες)	350	30370	3080	12148	45597
Ψεκαστικό	130	11280	1144	4174	16598
Λιπασματοδιανομέας	150	13016	1320	4555	18891

Ενέργεια κατασκευής: 86,77 MJ/kg

Ενέργεια μεταφοράς: 8,8 MJ/kg

Ενέργεια επισκευών από Πίνακα 17

Υπολογισμός ενέργειας ανά ώρα εργασίας

Στον ΠΙΝΑΚΑ 20 παρουσιάζεται η προβλεπόμενη διάρκεια ζωής σύμφωνα με τον Hunt (1992). Διαιρώντας την συνολική ενέργεια των σταθερών στοιχείων που προέκυψε στον Πίνακα 18 με τις ώρες λειτουργίας των μηχανημάτων υπολογίζεται η ενέργεια ανά ώρα εργασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 20. Προβλεπόμενη διάρκεια ζωής γεωργικών μηχανημάτων

ΜΗΧΑΝΗΜΑ	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
ΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ	12000
ΑΡΟΤΡΟ	2000
ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗΣ	2000
ΔΙΣΚΟΣΒΑΡΝΑ	2000
ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗΣ	1500
ΣΠΑΡΤΙΚΗ	1500
ΨΕΚΑΣΤΙΚΟ	1500
ΛΠΙΑΣΜΑΤΟΔΙΑΝΟΜΕΑΣ	1200

Υπολογισμός της απόδοσης εργασίας στο χωράφι

Με βάση το πλάτος και τη μέση ταχύτητα εργασίας υπολογίζεται η θεωρητική απόδοση, ενώ στη συνέχεια με βάση τον συντελεστή απόδοσης εργασίας (κατά την τυποποίηση της ASAE, 2002), υπολογίζεται η πραγματική απόδοση στον αγρό. Η Θεωρητική Στρεμματική Απόδοση (ΘΣΑ) υπολογίζεται από τον τύπο

$$\Theta\Sigma\Lambda = \alpha \cdot \nu$$

A= πλάτος κοπής του μηχανήματος σε m

ν= ταχύτητα σε km/h

Η Πραγματική Στρεμματική Απόδοση (ΠΣΑ) υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την ΘΣΑ με τους Συντελεστές Απόδοσης (κατά την τυποποίηση της ASAE, 2002) που φαίνονται στον Πίνακα 21.

ΠΙΝΑΚΑΣ 21. Απόδοση των μηχανημάτων κατά τις επεμβάσεις κατεργασίας

Μηχανήμα	Πλάτος εργασίας (m)	Ταχύτητα (Km/h)	Θεωρητική απόδοση (στρ/h)	Συντ. Απόδοσης	Πραγματική απόδοση (στρ/h)
Αροτρο	1,2	3,98	4,78	0,85	4,06
Βαρύς καλλιεργητής	2	4,29	8,58	0,85	7,29
Περιστ. Καλλιεργητής	2,5	3,83	9,58	0,85	8,14
Δισκοσβάρνα	3	7,81	23,43	0,8	18,75
Ελαφρύς καλλιεργητής	2,3	8,6	19,78	0,85	16,81
Σπαρτική	3	7,1	21,3	0,65	13,84
Ψεκαστικό	12	10,8	130	0,65	84,5
Λιπασμ/μέας	10	10,8	90	0,7	63

Υπολογισμός απόσβεσης ενέργειας σταθερών στοιχείων

Για να υπολογιστεί η απόσβεση των σταθερών στοιχείων διαιρείται η συνολική ενέργεια του μηχανήματος με τις ώρες λειτουργίας του και το αποτέλεσμα (ενέργεια/h εργασίας) διαιρείται με την Πραγματική Στρεμματική Απόδοση. Στον Πίνακα 22 φαίνεται η απόσβεση της ενέργειας των σταθερών στοιχείων στον αγρό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 22. Απόσβεση ενέργειας σταθερών στοιχείων

Μηχανήμα	Απόσβεση ενέργειας (MJ/στρ)		ΣΥΝΟΛΟ
	Μηχανήματος	Ελκυστήρα	
Αροτρο	11,06	14,66	25,7
Βαρύς καλλιεργητής	3,54	5,87	9,41
Περιστ. Καλλιεργητής	8,65	5,84	14,49
Δισκοσβάρνα	4,16	2,24	6,4
Ελαφρύς καλλιεργητής	1,15	3,06	4,21
Σπαρτική	2,07	3,29	5,36
Ψεκαστικό	0,13	0,57	0,7
Λιπασματοδιανομέας	0,25	0,77	1,02

B) Εισροές ενέργειας από τη χρήση γεωργικού εξοπλισμού

Ενέργεια καυσίμου

Για τον υπολογισμό της ενέργειας του καυσίμου, εκτιμάται η ενέργεια που παράγεται από τον κινητήρα του ελκυστήρα για την κατεργασία ενός στρέμματος.

Χρησιμοποιείται η σχέση

$$\mathbf{E_{κιν} = E_{ελξ} + E_{δυν} + E_{νδ}}$$

E_{κιν} = ενέργεια κινητήρα

E_{ελξ} = ενέργεια στην έλξη

E_{δυν} = ενέργεια στον δυναμοδότη

E_{νδ} = ενέργεια νεκρών διαδρομών

Ένα ποσοστό της ισχύος του κινητήρα φθάνει στον άξονα των τροχών ή στο δυναμοδότη. Αυτό γιατί στην πραγματικότητα κατά την μετάδοση της ισχύος στην έλξη και στο δυναμοδότη υπάρχουν απώλειες. Ο συντελεστής μετάδοσης ισχύος στον δυναμοδότη ελήφθη ίσος με 0,87 (ASABE, 2007). Ο συντελεστής μετάδοσης ισχύος στην έλξη (C) είναι διαφορετικός για κάθε παρελκόμενο και δίνεται στον ΠΙΝΑΚΑ 4. Η ενέργεια που αντιστοιχεί στις νεκρές διαδρομές εκτιμάται στο 5-10% της συνολικής ενέργειας (Καβαλάρης, 2004). Θεωρούμε ένα Μέσο Όρο 7,5%, οπότε για να καλυφθούν και οι απώλειες ισχύος, ο κινητήρας αποδίδει ενέργεια που δίνεται από τον τύπο:

$$\mathbf{E_{κιν} = E_{ελξ}/c + E_{δυν}/0,87 + 0,075(E_{ελξ}/c + E_{δυν}/0,87)}$$

Για να παράγει ο κινητήρας ενέργεια θα πρέπει να καταναλώσει μια ορισμένη ποσότητα καυσίμου. Σύμφωνα με τον Bowers (1992), ο μέσος συντελεστής απόδοσης από την μετατροπή του καυσίμου σε μηχανική ενέργεια για έναν ντηζελοκινητήρα

είναι 0,218. Για την άντληση, επεξεργασία και μεταφορά πετρελαίου δαπανάται το 13% της ενέργειας του. Η ενέργεια του καυσίμου είναι

$$E_{\text{καυσ}} = E_{\text{κιw}} / (0,218 * 0,87).$$

Επίσης σύμφωνα με τον Bowers (1992) η ενέργεια των λιπαντικών μπορεί να ληφθεί ως το 4% της ενέργειας του καταναλισκόμενου καυσίμου. Οπότε η συνολική ενέργεια δίνεται από τον τύπο:

$$E = E_{\text{καυσ}} + E_{\text{λιπ}}$$

Αποτελέσματα δυναμομετρήσεων

Οι δυναμομετρήσεις που έγιναν με το δυναμόμετρο του Εργαστηρίου Μηχανολογίας για κάθε επέμβαση φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 23. Έπειτα γίνεται υπολογισμός της πραγματικά απορροφούμενης ισχύος και της πραγματικά απορροφούμενης ενέργειας από τα διάφορα παρελκόμενα (Καβαλάρης 2007).

Η ισχύς υπολογίστηκε από τον τύπο

$$P_{\text{ελξ}} = F_{\text{ελξ}} * v,$$

P = πραγματική ισχύς σε kW

v = ταχύτητα σε m/s

Η ενέργεια υπολογίστηκε από τον τύπο

$$E = 3,6 * P_{\text{ελξ}} / \text{ΠΣΑ}$$

E = πραγματική ενέργεια σε MJ/στρ

ΠΣΑ= Πραγματική Στρεμματική Απόδοση

ΠΙΝΑΚΑΣ 23. Δυναμομετρήσεις – Πραγματική Ισχύς – Πραγματική Ενέργεια

Μηχάνημα	Ταχύτητα (m/s)	Ελκτική Δύναμη (kN)	Ροπή στο P.T.O. (N.m.)	Ισχύς (kW)			Ενέργεια (MJ/στρ)		
				Έλξη	P.T.O.	ΣΥΝΟΛΟ	Έλξη	P.T.O. (N.m.)	ΣΥΝΟΛΟ
Αροτρο	1,1	26,1		27,8		27,8	23,9		23,9
Βαρύς καλλιεργτής	1,2	24,6		27,2		27,2	13,4		13,4
Περιστροφικός Καλλιεργητής	1,06	5,7	557,7	5,9	31,5	37,4	2,6	11,6	14,2
Δισκοσβάρνα	2,17	5,9		13		13	2,5		2,5
Ελαφρύς καλλιεργητής	2,39	10		23,8		23,8	5		5

Οπότε η ενέργεια που καταναλώνεται συνολικά σε κάθε επέμβαση απεικονίζεται στον παρακάτω Πίνακα 24. Στην πρώτη στήλη φαίνεται η ενέργεια που απορροφήθηκε από τα παρελκόμενα (Πίνακας 23), ενώ στη δεύτερη αυτή που καταναλώθηκε για την εργασία. Η ενέργεια που μετρήθηκε είναι το 77% περίπου της ενέργειας του κινητήρα (ASAE, 2002). Από τον τύπο $E_{καυσ} = E_{κιν} / (0,218 \cdot 0,87)$ προκύπτει η ενέργεια καυσίμου. Η ενέργεια λιπαντικών είναι το 4% της ενέργειας καυσίμου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 24. Ενέργεια μηχανημάτων που καταναλώνεται σε κάθε επέμβαση

Μηχανήματα	Απορρ. Ενέργεια από τα παρελκόμενα (MJ/στρ)			Συνολική Ενέργεια που καταναλώθηκε για την εργασία (MJ/στρ)		
	στην έλξη	στο ΡΤΟ	Σύνολο	Καυσίμου και λιπαντικών	Απόσβεσης	Σύνολο
Άροτρο	23,9	-	23,9	170	25,7	195,8
Βαρύς καλλιεργητής	13,4	-	13,4	95,3	9,41	104,7
Περιστροφικό σκαπτικό	2,6	11,6	14,2	88,1	14,4	102,5
Δισκοσβάρνα	2,5		2,5	17,7	6,4	24,1
Ελαφρύς καλλιεργητής	5		5	35,5	4,21	39,7
Σπαρτική πνευματική	0,5	0,4	0,9	21,4	4,65	26,06
Ψεκαστικό	0	0,1	0,1	6	0,47	6,43
Λιπασματοδιανομέας	0	0,2	0,2	7,5	0,73	8,19
Μηχανή συγκομιδής	-	-	-	59	64,28	123,29

2. Ενέργεια γεωργικών εφοδίων

Έπειτα υπολογίστηκε η ενέργεια των γεωργικών εφοδίων. Υπολογίστηκαν βάσει της ποσότητας του λιπάσματος, οι μονάδες αζώτου (N), φωσφόρου (P) και του καλίου (K), τα παρασιτοκτόνα που είχαν δραστικές Trifluralin και Prometryne και φυσικά η ενέργεια του σπόρου. Στον υπολογισμό της ενέργειας γεωργικών εφοδίων συμπεριλήφθηκε και η ενέργεια των μηχανημάτων εφαρμογής (Πίνακας 24).

Η ενέργεια των δραστικών ουσιών απεικονίζεται στον Πίνακα 5. Η ενέργεια ψεκαστικού (Πίνακας 24) προστέθηκε στην ενέργεια κάθε ζιζανιοκτόνου χωριστά αφού έγιναν 2 εφαρμογές.

Ανάλογα υπολογίστηκε και η ενέργεια για την λίπανση. Η ενέργεια του λιπασματοδιανομέα (Πίνακας 24) διαιρέθηκε δια 3 και προστέθηκε στην ενέργεια των στοιχείων (N, P, K) που απεικονίζεται στον Πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 25. Ενέργεια γεωργικών εφοδίων

Γεωργικά εφόδια	Ποσότητα kg/στρ	Ενέργεια εφοδίων MJ/στρ	Ενέργεια μηχανημάτων MJ/στρ	Συνολική ενέργεια MJ/στρ
N	2,8	210,3	8,2	213
P	3,8	60,3		63
K	3,75	48,3		51
Παρασιτοκτόνα (kg δ.ο./στρ)				
Trifluralin	0,3	54,6	6,4	61
Prometryne	0,25	79,6	6,4	86
Σπόρος (kg /στρ)	0,77	20,2	26	46,2

Ενεργειακό ισοζύγιο ηλίανθου

Για την κατάρτιση του ενεργειακού ισοζυγίου υπολογίζουμε το άθροισμα της ενέργειας των κατεργασιών που έγιναν σε κάθε μεταχείριση. Η ενέργεια για ζιζανιοκτονία, σπορά, λίπανση, άρδευση και συγκομιδή είναι η ίδια σε όλες τις μεταχειρίσεις. Στη μεταφορά και επεξεργασία υπάρχει απόκλιση μεταξύ των μεταχειρίσεων, λόγω της διαφορετικής απόδοσης της κάθε μεταχείρισης.

Από τον Πίνακα 24 και σύμφωνα με το ημερολόγιο εργασιών (Πίνακας 2), προσθέτοντας την ενέργεια των επιμέρους επεμβάσεων σε κάθε κατεργασία προκύπτει η συνολική ενέργεια σε κάθε μεταχείριση. Για παράδειγμα στην πρώτη μεταχείριση έγινε επέμβαση με άροτρο, με δισκοσβάρνα και ελαφρύ καλλιεργητή. Από την τελευταία στήλη του Πίνακα 24 προσθέτοντας την ενέργεια κάθε επέμβασης προκύπτει η ενέργεια για την Συμβατική Κατεργασία. Ομοίως με άθροιση από τον Πίνακα 25 προκύπτει η ενέργεια για λίπανση, ζιζανιοκτονία και σπορά.

Από την απόδοση θεωρείται το 33,5% του βάρους του σπόρου ότι είναι λάδι και το 66,5% πίτα. Η ενέργεια λαδιού υπολογίζεται αν πολλαπλασιαστεί το βάρος με 39,4 MJ/kg, ενώ της πίτας με 19,6 MJ/kg.

ΠΙΝΑΚΑΣ 26. Ενεργειακό ισοζύγιο

Εισροές ενέργειας (MJ/στρ)	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ
Κατεργασία	260	130	127	136
Ζιζανιοκτονία		147		
Σπορά		46		
Λίπανση		327		
Άρδευση		3449		
Συγκομιδή		123		
Μεταφορά	11	9	8	9
Εξαγωγή λαδιού	478	393	361	378
ΣΥΝΟΛΟ	4841	4624	4588	4615
<i>Απόδοση kg</i>	444	355	332	341
Λάδι kg	149	119	111	114
Πίτα kg	295	236	221	227
Εκροές ενέργειας (MJ/στρ)				
Λάδι	5341	4276	4031	4239
Πίτα	5782	4626	4332	4449
ΣΥΝΟΛΟ	11123	8902	8363	8688
Συντελεστής απόδοσης ενέργειας	2,29	1,92	1,82	1,88
Καθαρή Ενέργεια (MJ/στρ)	6282	4278	3775	4073

Στα αποτελέσματα της Καθαρής Ενέργειας την μεγαλύτερη τιμή την έχει η Συμβατική Κατεργασία (6282 MJ), ενώ την μικρότερη η μεταχείριση με Περιστροφικό Σκαπτικό (3775 MJ). Ενδιάμεσες τιμές έδωσαν η επεμβάσεις με Βαρύ Καλλιεργητή και Δισκοσβάρνα (4278 και 4073 MJ αντίστοιχα). Η μεγάλη αυτή διαφορά στην τιμή της οφείλεται στην υψηλή παραγωγή που έδωσε η Συμβατική Κατεργασία έναντι όλων των άλλων επεμβάσεων. Οι διαφορές ήταν αναμενόμενες διότι οι αποκλίσεις στις τιμές των εκροών είναι σημαντικές, ενώ των στις εισροές δεν παρατηρείται κάτι ανάλογο.

Από το αποτέλεσμα διαπιστώνεται ότι το χαμηλότερο συντελεστή απόδοσης ενέργειας τον έχει η μεταχείριση που σαν κύρια κατεργασία είχε το Περιστροφικό Σκαπτικό (1,82), ενώ το υψηλότερο η συμβατική κατεργασία (2,29). Οι μεταχειρίσεις με Βαρύ καλλιεργητή και Δισκοσβάρνα είχαν παρεμφερείς συντελεστές απόδοσης (1,92 και 1,88 αντίστοιχα). Παρατηρώντας την ενέργεια των κατεργασιών διαπιστώνεται ότι η συμβατική κατεργασία (Σ) έχει υπερδιπλάσια κατανάλωση ενέργειας από την δισκοσβάρνα (Δ). Αλλά κοιτάζοντας το σύνολο γίνεται αντιληπτό ότι η κατεργασία του εδάφους αποτελεί μικρό ποσοστό των συνολικών ενεργειακών εισροών για την καλλιέργεια του ηλίανθου. Οπότε τα περιθώρια για την εξοικονόμηση ενέργειας με την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας είναι περιορισμένα, αφού σε καμία μεταχείριση οι κατεργασίες δεν ξεπερνούν το 7% του συνόλου των εισροών. Επίσης, σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία, η μεταχείριση του βαρύ καλλιεργητή παρουσίασε μικρή ελάττωση της απόδοσης και του συντελεστή απόδοσης ενέργειας (5,8% και 3,9% αντίστοιχα). Το μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειακών εισροών καταλαμβάνει η άρδευση (65% περίπου). Το ποσοστό αυτό είναι αυξημένο καθώς η άρδευση γίνεται από γεώτρηση. Η εξοικονόμηση ενέργειας που θα γινόταν αν η άρδευση γινόταν από κανάλι θα άγγιζε σύμφωνα με τον Καβαλάρη (2007) το 34%. Η διαφορά στην ενέργεια μεταξύ της πιο ενεργοβόρου κατεργασίας (Σ) και της λιγότερου ενεργοβόρου (Δ) αντιστοιχεί στο 5% της ενέργειας που καταναλώνεται στην άρδευση.

Ο Kallivroussis et al. (2002) στο ισοζύγιο εκροών-εισροών που μελέτησαν στην περιοχή του Έβρου, για ξηρική όμως καλλιέργεια ηλίανθου, έβγαλε ενεργειακό λόγο 4,5/1. Η παραγωγή όμως κυμάνθηκε στα 180 kg/στρ, που είναι περίπου 2,5 φορές χαμηλότερη από το πείραμα του αρδευόμενου ηλίανθου που μελετήθηκε στο Βελεστίνο. Σαν συμπέρασμα μπορούμε να πούμε ότι με τέσσερις αρδεύσεις

μειώθηκε ο ενεργειακός λόγος στο μισό περίπου αλλά υπερδιπλασιάστηκε η παραγωγή.

Ο Kallivroussis et al. (2002) αναφέρει ότι σε ένα πείραμα στην Ιταλία ο Bona et al. (1999), με τεχνικές μείωσης των εισροών πέτυχαν λόγο εκροών-εισροών ίσο με 5/1.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- √ Ο ηλιάνθος ως καλλιέργεια στην Κεντρική Ελλάδα, όπου διεξήχθη το πείραμα, μπορεί να ευδοκιμήσει και να μας δώσει ικανοποιητικό φύτρωμα και αξιόλογες αποδόσεις.
- √ Η κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή έδωσε τα υψηλότερα ποσοστά φυτρώματος (82%) ξεπερνώντας ακόμα και τη συμβατική κατεργασία (72,2%).
- √ Ο περιστροφικός καλλιεργητής και η δισκοσβάρνα έδωσαν ικανοποιητικά ποσοστά φυτρώματος (71,3 και 71,9% αντίστοιχα) που τις καθιστούν αξιόλογες μεθόδους μειωμένης κατεργασίας, αλλά σημαντικά χαμηλότερες του βαρύ καλλιεργητή.
- √ Η ακαλλιέργεια είχε αποτυχία στο φύτρωμα λόγω ακατάλληλης για ακαλλιέργεια σπαρτικής μηχανής. Οι μηχανισμοί διάνοιξης της αυλακιάς αδυνατούσαν να διεισδύσουν σε ικανοποιητικό βάθος και μεγάλο ποσοστό σπόρων παραμένει ακάλυπτο, με αποτέλεσμα να μη φυτρώσει.
- √ Ανάμεσα στα δυο υβρίδια είχαμε υπεροχή στο φύτρωμα της FRANKASOL (82,04%) έναντι της CARYSOL (67,68%).
- √ Γενικά, ο ηλιάνθος είναι εύρωστο φυτό το οποίο αποκτά το μισό από το τελικό του ύψος, μέσα σε δυο εβδομάδες από το φύτρωμα.
- √ Αξίζει να σημειωθεί ότι η βλαστική του ανάπτυξη διαρκεί λιγότερο από δυο μήνες, γεγονός που μας κάνει αισιόδοξους στον τομέα των αναγκών και διαχείρισης των αρδεύσεων του.
- √ Δεν παρατηρήθηκαν αξιόλογες διαφορές στο τελικό ύψος μεταξύ των ποικιλιών.
- √ Μεταξύ των κατεργασιών εμφανίστηκε μια υπεροχή στο τελικό ύψος της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή έναντι της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού καλλιεργητή.
- √ Η ανθοφορία διήρκησε περίπου 10-12 μέρες με την CARYSOL να είναι εμφανώς πρωϊμότερη.
- √ Εντύπωση προκάλεσε ότι η ανθοφορία επηρεάστηκε από τις κατεργασίες με την συμβατική κατεργασία χρονικά να προηγείται αισθητά, γεγονός που αποδόθηκε στην ταχύτερη και ευκολότερη θέρμανση του εδάφους.

- √ Την ημέρα της συγκομιδής, η υγρασία του σπόρου για τη FRANKASOL ήταν 2,49%, ενώ για τη CARYSOL 9,41%. Η διαφορά των 7 ποσοστιαίων μονάδων που παρατηρήθηκε στο συγκεκριμένο πείραμα είναι ιδιαίτερα σημαντική, αφού δίνει τη δυνατότητα ταχύτερης συγκομιδής.
- √ Σε επίπεδο αποδόσεων και τα δυο υβρίδια κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα.
- √ Σε επίπεδο κατεργασιών η συμβατική κατεργασία είχε στατιστικώς σημαντική διαφορά από τις άλλες τρεις μεταχειρίσεις (μειωμένης κατεργασίας) της τάξης των 90 Kg/ στρ. περίπου.
- √ Μεταξύ των μεταχειρίσεων μειωμένης κατεργασίας διαπιστώθηκε μια μικρή υπεροχή στην απόδοση της μεταχείρισης με βαρύ καλλιεργητή.
- √ Οι απώλειες από τη μηχανοσυλλογή κυμάνθηκαν στο 15-16%.
- √ Από ενεργειακή άποψη, η κατεργασία του εδάφους αποτελεί τον τρίτο σημαντικότερο παράγοντα εισροής ενέργειας στην παραγωγική διαδικασία, με ποσοστά που δεν ξεπερνούν το 7% του συνόλου των εισροών.
- √ Οι κυριότεροι ενεργοβόροι παράγοντες είναι η άρδευση (65%) και η λίπανση (7,1%).
- √ Ο χαμηλότερος συντελεστής απόδοσης ενέργειας εκτιμήθηκε στη μεταχείριση με περιστροφικό σκαπτικό (1,75), ενώ ο υψηλότερος στη συμβατική κατεργασία (2,2).
- √ Η συμβατική κατεργασία δικαιολογημένα θεωρείται η πιο ενεργοβόρος κατεργασία, καθώς έχει υπερδιπλάσια κατανάλωση ενέργειας από τη δισκοσβάρνα (είναι η λιγότερο ενεργοβόρος).
- √ Η διαφορά στην κατανάλωση ενέργειας μεταξύ της πιο ενεργοβόρου κατεργασίας και της λιγότερου ενεργοβόρου (Δ), αντιστοιχεί στο 5% της ενέργειας που καταναλώνεται στην άρδευση.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anken, T., Weisskopf, P., Zihlmann, U., Forrer, H., Jansa, J. and Perhacova K. (2004) Long-tern tillage system effects undermaist cod conditions in Switzerland, Soil and Tillage Research, 78, 171-183
- Anonymous, (1999). Conservation Agriculture in Europe. www.ecaf.org
- Arvidsson, J. (1998). Effects of cultivation depth in reduced tillage on soil physical properties, cropyield and plant pathogens. Soil and Tillage Research 9, pp 79-85
- ASAE Standards. (2006). Terminology and definitions for soil tillage and soil-tol relationships. St.Joseph Michigan
- Botta G.F., Jorajuria D., Balbuena R., Ressia M., Ferrero C., Rosatto H. and Tourn M. (2006). Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower yields. Argentina. 2006 www.elsevier.Com
- Barut Z.B. and Akbolat D. (2005). Evaluation of Conventional and Concervation Tillage Systems for Maize. Journal of Agronomy 4 (2): 122-126
- Bowers, W. (1992). Energy in farm production. Energy in world agriculture, 6 Elsevier, Amsterdam, pp 117-129
- Caliandro, A. (1995). Modern trends in soil tillage for autumn/winter cereals: agronomic and electronic aspects. Informatore Agraria 51, p.29
- Carter, M.R. (1994). Concervation Tillage in temperate agroecosystems. Lewis Publishers, Boca Raton
- Chancellor, W.I. (1977). Compaction of soil by agricultural equipment. University of California, Division of Agricultural Sciences, Bulletin 1881
- Dickey, E.C. (1992 ab). Tillage systems definitions, Conservation tillage systems. In Conservation tillage systems and management. Iowa State University. Ames Iowa.
- European Enviroment Agency. (1998) Soil Degradation, Chapter 1, pp. 231-246. In: Europe's Environment: he second Assessment, Elsevier Science
- Fernandez G.P., Cervera G.J. and F. Perea Torres (2006) Soil properties and crop yields after 21 years of direct drilling trials in Southern Spain. Spain 2006. www.elsevier.com

- Gemtos Th. (1991). The production of residues in Greece and the possibility to use them. Yearbook. Technological Institution of Piraeus, Greece.
- Gemtos T.A., Galanopoulou, S. and Cavalaris, C. (1998). Wheat establishment after cotton with minimum tillage. *European Journal of Agronomy*, 8, pp.137-147
- Gowda P.H., Mulla D.J., Dalzell B. J. (2003) Examining the targeting of conservation tillage practices to steep vs flat landscapes in the Minnesota River basin. *Soil and Conservation Society*, Ankeny, IA, ETATS-UNIS, 2003, vol.58, No1, pp.53-57
- Hamblin, A. (1987). The effect of tillage on soil physical conditions. In P.E. Cornish and J.E.Pratley, *Tillage: New Directions in Australian Agriculture*, Chap.6, Pp. 128-163, Inkata Press, Melbourne
- Hajabbasi, M.A. and A. Hemmat (200). Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran, *Soil and Tillage Research* 56, pp.205-212
- Helsel, R.Z. (1992). Energy and alternatives for fertilizer and pesticide use. *Energy in farm production. Energy in world agriculture*, 6. Elsevier, Amsterdam, pp.177-201
- Hemmat, A. and Eskandari, I. (2004). Tillage systems effects upon productivity of a dryland winter wheat- chickpea rotation in the northwest region of Iran. *Soil and Tillage Research*, (78), 69-81
- Holland, J. (2004). The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture Ecosystems and Environment* 103, pp. 1-25
- Kallivroussis L., Natsis A., Papadakis G., (2002). The energy balance of sunflower production for biodiesel in Greece. *Biosystems Engineering* 81 (3), pp 374-354
- Kinsella, (1995). The effect of various tillage systems in soil compaction. In: *Farming for a Better Environment, A White Paper*, pp. 15-17. Soil and Water Conservation Society, Ankey, Iowa, USA
- Moreno, F., Pelegrin, F. ,Fernadez, J.E and Murillo, J.M.(1997). Soil physical properties, waterdepletion and crop development under traditional and conservation tillage in Southern Spain. *Soil Till. Res.* 41, pp. 25-42
- McHugh O., Tammo S.S., Berihum A. and E.C.M. Fernandez (2007). Performance of in situ rainwater concervation tillage techniques on dry spell mitigation and

- erosion control in the drought-prone North Wello zone of the Ethiopian Highlands. *Soil and Tillage Research*, 49, (3), 223-231
- Murillo J.M., Moreno F., Pelegrin F., Fernandez J.E., (1998). Responses of sunflower to traditional and conservation tillage under rainfed conditions in southern Spain. *Soil & Tillage Research* (49), 233-241
- Mygdakos, E., Aygulas, C., Patsialis, K. and Kotoulas, E. (2000). Comparison between conventional, reduced tillage and no-till systems on cotton growing in Greece. 4th European Symposium on European Farming and Rural Systems, Volos 2000
- Papendick, R. I.(1992). *Maintaining soil Physical Conditions*. Walingford, Oxon, U.K. pp. 216-217
- Pimentel. Et al. (1995). Environmental and economic cost of soil erosion and Conservation benefits. *Science* 267, pp. 1117-1123
- 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, pp. 223-231
- Sloggett, R.Z. (1992). Energy and alternatives for fertilizer and pesticide use. *Energy farm production. Energy in world agriculture*, 6. Elsevier, Amsterdam, pp.177-201
- Stone L., Schlegel Al (2006). Yield-Water Supply Relationships of Grain Sorghum and Winter Wheat, *Journal of Agronomy*, 2006. 98: 1359-1366
- Tiessen K.H.D., Meguys G.R., Lobb D.A. and Rees H.W. (2007). Tillage erosion within potato production systems in Atlantic Canada I. Measurement of tillage translocation by implements used in seedbed preparation. *Soil and Tillage Research*, 95, (1-2), 308-319.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ

- Γαλανοπούλου- Σενδούκα, Στ., (2002). Βιομηχανικά φυτά. Ηλίανθος. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα 2002. σελ. 199-213
- Γέμτος, Θ., (1994). Σημειώσεις γεωργικής μηχανολογίας. Τμήμα Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος

- Καβαλάρης, Χρ., (2004). Εφαρμογή μεθόδων εισροών για την κατεργασία του εδάφους σε συστήματα αμειψισποράς ζαχαρότευτλων, καλαμποκιού και βαμβακιού, σελ. 270-321, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος
- Καβαλάρης, Χρ., (2007). Ενεργειακό ισοζύγιο παραγωγής ελαίου ηλίανθου, με εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους, Πρακτικά 5^{ου} Συνεδρίου ΕΓΜΕ, Λάρισα 2007
- ΚΑΠΕ, 2006. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2006, www.cres.gr
- Καραμούτης, Χρ., (2005). Αξιολόγηση μέσου καλλιεργητή με μέτρηση δυνάμεων, κατανάλωση ενέργειας και ποιότητας κατεργασίας, σελ. 2-5, 7-11. Μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος 2005
- Μπιλάλης, Δ., Σιδηράς, Ν. και Ευθυμιάδης, Π. (2000). Επίδραση τριών συστημάτων εδαφοκατεργασίας σε εδαφικά και φυτικά χαρακτηριστικά σε καλλιέργεια βαμβακιού. Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής. Βόλος 2000, σελ. 510-517
- Τσατσαρέλης, Κ., (2000). Αρχές μηχανικής κατεργασίας του εδάφους και σποράς, σελ. 15, 39-47, 71-101, 145-266, 287-314

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΣΕ ΙΣΤΟΧΩΡΟΥΣ (WEB – SITES)

1. www.ecaf.org
2. www.cres.gr
3. www.elsevier.com

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Φωτ. Περιστροφικός Καλλιεργητής



Φωτ. Βαρύς καλλιεργητής



Φωτ. Δισκοσβάρνα



Φωτ. Άροτρο



Φωτ. Σχέδιο Πειράματος



Φωτ. Προμότητα κατά την άνθηση

