

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σχολή Γεωπονίας
Τμήμα Φυτικής παραγωγής
Εργαστήριο Μηχανολογίας

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
Αρ. Πρωτ. 109
Ημερομηνία 23-3-99

Πτυχιακή διατριβή με θέμα:

*Σύγκριση ενεργειακών αναγκών, τριών διαφορετικών
κατεργασιών εδάφους για σπορά βαμβακιού.*



Φοιτητής : *I. Ν. Μαμελετζής*

Επιβλέπων καθηγητής : *Θ. Α. Γέμος*

Μέλη επιτροπής : *Στ. Γαλανοπούλου*

Ν. Δαναλάτος

Βόλος 1999

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα φυτικής παραγωγής
Εργαστήριο μηχανολογίας

Θέμα : *Σύγκριση ενεργειακών αναγκών τριών διαφορετικών κατεργασιών
εδάφους για σπορά βαμβακιού.*

Φοιτητής : *I. N. Μαμελετζής*

Επιβλέπων καθηγητής : *Θ. Α. Γέμτος*

Μέλη επιτροπής : *Σ. Γαλανοπούλου*
N. Δαναλάτος

Βόλος 1999



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 42/1

Ημερ. Εισ.: 07-08-2003

Δωρεά: _____

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΓΦΖΠ

1999

MAM

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070100

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στη σελίδα αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αν. καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Γεμτο τόσο για την ανάθεση της συγκεκριμένης πτυχιακής διατριβής, όσο για την τόσο πολύτιμη βοήθειά του σε τεχνικό και συμβουλευτικό υλικό, που χωρίς αυτήν δεν θα είχε ολοκληρωθεί αυτή η εργασία.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Σ. Γαλανοπούλου και τον κ. Ν. Δαναλάτο για τον χρόνο που αφιέρωσαν στην ανάγνωση και διόρθωση αυτής της εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα του εργαστηρίου μηχανολογίας κ. Χρήστο Καβαλάρη, με τη συμβολή του οποίου έγινε αρτιότερη και πιο σύντομα αυτή η εργασία.

I. N. Μαμελετζής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. <i>Εισαγωγή</i>	4
1.1. Η κατεργασία του εδάφους, πριν την σπορά του βαμβακιού.	6
1.2. Έδαφος.....	8
1.3. Η κατεργασία του εδάφους.	9
1.4. Όργωμα.	9
1.5. Αλλαγές των συνθηκών της τελευταίας 20ετίας.....	15
1.6. Νέα συστήματα κατεργασίας του εδάφους.....	16
1.7. Προβλήματα από το μέγεθος του γεωργικού ελκυστήρα.	17
1.8. Συνοψίζοντας.....	19
2. <i>Ανάλυση της Βιβλιογραφίας</i>	20
2.1. Μέτρηση αναπτυσσομένων δυνάμεων μεταξύ γεωργικού ελκυστήρα και παρελκομένων.....	20
2.1.1. Ενίσχυση, διαμόρφωση και καταγραφή των μετρήσεων.....	23
2.1.2. Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του συστήματος δυναμομέτρησης.....	25
2.1.3. Περιγραφή του οργάνου, πειραματική εγκατάσταση κι έλεγχος λειτουργίας.....	26
3. <i>Υλικά και μέθοδοι</i>	29
4. <i>Αποτελέσματα</i>	33
4.1. Άροτρο.....	35
4.2. Βαρύς καλλιεργητής.....	36
4.3. Δισκοσβάρνα.....	38
5. <i>Συμπεράσματα</i>	42
6. <i>Βιβλιογραφία</i>	44

Περίληψη

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι μια όσο το δυνατόν καλύτερη προσέγγιση στο θέμα του κόστους της καλλιέργειας του βαμβακιού στη χώρα μας, υπό το πρίσμα των ενεργειακών αναγκών της κατεργασίας του εδάφους προκειμένου να προετοιμαστεί για την καλλιέργεια. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται μια προσπάθεια σύγκρισης των ενεργειακών αναγκών για διάφορες καλλιεργητικές τεχνικές, οι οποίες χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους προετοιμασίας του εδάφους με κάποια μηχανήματα, όπως είναι το άροτρο, ο βαρύς καλλιεργητής, και η δισκοσβάρνα. Επίσης, γίνεται μια εκτίμηση για τον ρόλο που παίζει, στις ενεργειακές απαιτήσεις, η καλλιέργεια των δύο τελευταίων ετών, η οποία, προφανώς επηρεάζει τη δομή του εδάφους και κατά συνέπεια την ενέργεια που απαιτείται για την κατεργασία του εδάφους.

Για να γίνουν όλα αυτά, χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα το οποίο έχει τη δυνατότητα να μετράει τις δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τις διάφορες καλλιεργητικές εργασίες, μετρώντας σε τρεις διαστάσεις (οριζόντια, κατακόρυφα και πλάγια), ως προς τον άξονα κίνησης του γεωργικού ελκυστήρα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πώς υπάρχουν μεγάλες διαφορές, όσον αφορά την καταναλισκόμενη ενέργεια και την απόδοση, για τα μηχανήματα που μετρήθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, βρέθηκε πως το άροτρο καταναλώνει, περίπου, δύο φορές περισσότερη ενέργεια από τον βαρύ καλλιεργητή. Τέλος, δεν υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην ενέργεια που απαιτείται για την κατεργασία του εδάφους, μετά από διαφορετικές καλλιέργειες.

1. Εισαγωγή

Η προσπάθεια του ανθρώπου από την πρώτη στιγμή που προχώρησε στην καλλιέργεια φυτών για την παραγωγή τροφής, ήταν η όσο το δυνατό μεγαλύτερη παραγωγή, με το μικρότερο δυνατό κόπο από τη πλευρά του. Η διαρκής αυτή αναζήτηση του ανθρώπου μέσα στο πέρασμα των αιώνων, οδήγησε, αφού πρώτα χρησιμοποίησε απλούς συντελεστές παραγωγής όπως τη μυϊκή δύναμη των ζώων σε συνδυασμό με κάποια απλά γεωργικά εργαλεία, στην εκμηχάνιση της γεωργίας με τη χρησιμοποίηση σύγχρονων γεωργικών ελκυστήρων και εργαλείων, που σε πλήρη εφαρμογή τους απαιτούν ελάχιστα από τον άνθρωπο-καλλιεργητή, ενώ αυξάνουν σημαντικά την απόδοση των καλλιεργειών.

Η κίνηση και λειτουργία των γεωργικών ελκυστήρων σε συνδυασμό με τα παρελκόμενα γεωργικά εργαλεία απαιτούν την απόδοση κάποιας ισχύος από τον γεωργικό ελκυστήρα και κατά συνέπεια την κατανάλωση κάποιας ενέργειας από αυτόν, υπό την μορφή χημικών καυσίμων ώστε να υπερνικηθούν οι δυνάμεις που αναπτύσσονται. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ό,τι η χρησιμοποίηση των γεωργικών μηχανημάτων απαιτεί κάποιο κόστος, που βαρύνει τον προϋπολογισμό του καλλιεργητή. Το κόστος λειτουργίας των γεωργικών μηχανημάτων θα πρέπει να περιοριστεί όσο είναι δυνατό για την πιο προσοδοφόρα απόδοση των καλλιεργειών. Η μέτρηση, καταγραφή και ανάλυση, λοιπόν, των δυνάμεων που αναπτύσσονται στον γεωργικό ελκυστήρα και στα παράλληλα αναρτώμενα γεωργικά μηχανήματα, κατά τις διάφορες καλλιεργητικές εργασίες, μας δίνει μια σαφή εικόνα της απαιτούμενης ισχύος και ενέργειας από την συγκεκριμένη καλλιέργεια, αλλά συμβάλλει και σε καθοριστικό βαθμό στο σχεδιασμό και την βελτίωση των γεωργικών μηχανημάτων. Έτσι σε μια γενικότερη εφαρμογή της μέτρησης, καταγραφής και ανάλυσης των αναπτυσσομένων δυνάμεων είναι δυνατό να υπάρξει μια εικόνα για τις συνολικές απαιτήσεις σε ισχύ και ενέργεια της Ελληνικής γεωργίας. Χρησιμοποιώντας λοιπόν, στοιχεία από την προσπάθεια για προσδιορισμό της απαιτούμενης ισχύος και καταναλισκόμενης ενέργειας κατά την εκτέλεση των διαφόρων καλλιεργητικών εργασιών, με τον σχεδιασμό και κατασκευή ενός συστήματος οργάνων για τη μέτρηση και καταγραφή των ασκουμένων δυνάμεων του τμήματος γεωργικών μηχανών και αρδεύσεων του ΤΕΙ Λάρισας (Θ. Α. Γέμος, Θ. Ι. Τσιρίκογλου), θα μπορούσαν να τονιστούν τα παρακάτω.

Η μέτρηση και καταγραφή των ασκουμένων δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ του γεωργικού ελκυστήρα και του αναρτημένου στο υδραυλικό σύστημα παρελκόμενου κατά την πραγματοποίηση των διαφόρων καλλιεργητικών εργασιών είναι απαραίτητη για τη μελέτη:

- Των απαιτήσεων σε ισχύ και ενέργεια και κατ' επέκταση του κόστους λειτουργίας τους. Έτσι μπορεί να γίνει έλεγχος πάνω στο πόσο συμφέρουσα είναι η χρησιμοποίηση των γεωργικών μηχανημάτων για την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης καλλιεργητικής εργασίας, με βάση πάντα το ποσοστό του κόστους των συνολικών εξόδων της καλλιέργειας. Δηλαδή, θα πρέπει να διερευνηθεί το κατά πόσο η αύξηση της παραγωγής υπερκαλύπτει το κόστος εκτέλεσης κάποιας καλλιεργητικής εργασίας. Παράλληλα, είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί μια σύγκριση των απαιτήσεων σε ισχύ και ενέργεια διαφόρων καλλιεργητικών τεχνικών και, κατ' επέκταση, το οικονομικό όφελος που προκύπτει από την κάθε μία.

- Της δυνατότητας βελτίωσης της λειτουργίας και της απόδοσης των υπάρχοντων γεωργικών μηχανημάτων, μέσω της τροποποίησης κάποιων χαρακτηριστικών τους. Έτσι μπορεί να κατασκευαστούν γεωργικά μηχανήματα που απαιτούν μικρότερη ισχύ και ενέργεια για την εκτέλεση κάποιας εργασίας, προς όφελος όσων τα χρησιμοποιούν.

- Της δημιουργίας εντελώς νέων γεωργικών μηχανημάτων που θα μπορέσουν να συμβάλλουν στην αξιοποίηση κάποιου τομέα που έμενε ανεκμετάλλευτος λόγω της ελλιπούς γνώσης πάνω στις απαιτήσεις σε ισχύ και ενέργεια της γεωργίας.

Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτό από τα παραπάνω, ότι η μέτρηση των αναπτυσσομένων δυνάμεων μεταξύ του γεωργικού ελκυστήρα και των αναρτημένων παρελκόμενων γεωργικών μηχανημάτων είναι απαραίτητη όχι μόνο για τις βιομηχανίες κατασκευής γεωργικών μηχανημάτων αλλά και για τον κάθε καλλιεργητή. Σε κάθε καλλιεργητή μπορεί να προταθεί η κατάλληλη καλλιεργητική τεχνική για τις συνθήκες του αγρού του, κάνοντας την καλλιέργειά του πιο ανταγωνιστική και προσοδοφόρα. Παράλληλα, τα οφέλη από αυτή την έρευνα, είναι δυνατό να έχουν αντίκτυπο στο γενικότερο συμφέρον της κοινωνίας καθώς και στο περιβάλλον.

1.1. Η κατεργασία του εδάφους, πριν την σπορά του βαμβακιού.

Σε αυτό το σημείο θα ήταν σκόπιμο να γίνει μια περιληπτική αναφορά στην παραδοσιακή καλλιέργεια του βαμβακιού και συγκεκριμένα στις καλλιεργητικές τεχνικές που ακολουθούνται μέχρι και σήμερα (Γαλανοπούλου, 1995).

Το βαμβάκι, ως ανοιξιάτικη καλλιέργεια κι επειδή φυτρώνει δύσκολα, απαιτεί επιμελημένη προετοιμασία του αγρού. Κρίσιμο σημείο για τις ελληνικές συνθήκες είναι η διατήρηση της εδαφικής υγρασίας σε ικανοποιητικό επίπεδο, επειδή ο βαμβακόσπορος, ως ελαιούχος σπόρος, έχει ανάγκη από αρκετή υγρασία για να φυτρώσει. Η έγκαιρη αλλά και οικονομική κατεργασία του εδάφους έχει επίσης μεγάλη σημασία. Τα τελευταία χρόνια με την οψίμιση των φυτειών, που παρατηρείται σε πολλές περιπτώσεις και για διάφορους λόγους, παρεμποδίζεται η χειμερινή κατεργασία (στελεχοκοπή, όργωμα) με δυσμενείς επιπτώσεις για την νέα καλλιέργεια.

Προετοιμασία για την σπορά. Μια από τις βασικότερες προετοιμασίες είναι το φθινοπωρινό όργωμα το οποίο αποτελεί την πιο σημαντική καλλιεργητική φροντίδα. Πρέπει να γίνεται κατά το δυνατόν νωρίτερα το φθινόπωρο ή τον χειμώνα. Όλες οι επεμβάσεις που θα ακολουθήσουν το φθινοπωρινό όργωμα θα πρέπει να γίνονται επιφανειακά για να μην καταστραφεί το ψιλοχωμάτισμα του εδάφους. Την άνοιξη, πριν την σπορά γίνονται οι τελείως απαραίτητες εργασίες και μόνο όταν ο αγρός είναι στο ρώγο του. Οι εργασίες αυτές αποβλέπουν στην καταστροφή των ζιζανίων που βλαστάνουν την άνοιξη, το ψιλοχωμάτισμα του επιφανειακού στρώματος, την βελτίωση του αερισμού του εδάφους και την ευκολότερη θέρμανση του, την τελική διαμόρφωση και ισοπέδωση του αγρού και το παράχωμα των ζιζανιοκτόνων, λιπασμάτων κλπ. Χρησιμοποιείται καλλιεργητής ή σβάρνα, η οποία όμως, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι, είναι πιο βαρύ εργαλείο, καλλιεργεί συνήθως πιο βαθιά και ζημιώνει περισσότερο τον ρώγο του χωραφιού. Ο όρος ρώγος αναφέρεται στην κατάσταση εκείνη του εδάφους όπου το τελευταίο έχει τέτοια υγρασία που μπορεί να ψιλοχωματιστεί όταν υποστεί κάποια κατεργασία από ένα μηχάνημα. Δηλαδή, έχει αρκετή υγρασία που να επιτρέπει την κατεργασία χωρίς την δημιουργία σβόλων αλλά και χωρίς να συμπιέζεται καταστρέφοντας τη δομή του λόγω υψηλής υγρασίας.

Εαρινό όργωμα γίνεται μόνο όταν υπάρχει απόλυτη ανάγκη, όσο το δυνατό νωρίτερα και πάντοτε σε μικρό βάθος ενώ πρέπει να ακολουθεί καλλιεργητής ή δισκοσβάρνα.

Για να μη χαθεί η πολύτιμη υγρασία στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους πρέπει να συμπίεστεί το χώμα είτε ταυτόχρονα με την τελευταία από τις παραπάνω κατεργασίες, με πλεκτή ξύλινη σβάρνα ή άλλο εργαλείο, είτε αμέσως μετά με κύλινδρο.

Άλλες περιστασιακές εργασίες που πολλές φορές είναι απαραίτητες για την βαμβακοκαλλιέργεια είναι οι : **Ισοπέδωση**, που η σημασία της είναι μεγαλύτερη για την μηχανοσυλλογή. **Αποστραγγίσεις**, που είναι απαραίτητες όταν ο αγρός νεροκρατεί. **Υπεδαφοκαλλιέργεια**, που πρέπει να γίνεται σε συνεκτικά χωράφια, όταν με τα συνεχή οργώματα επί πολλά χρόνια στο ίδιο βάθος, σχηματίζεται σκληρό στρώμα κάτω από το βάθος του οργώματος. Η υπεδαφοκαλλιέργεια πρέπει να γίνεται με κατάλληλα μηχανήματα σε βάθος 35-50 cm, όταν το έδαφος στο βάθος αυτό είναι στεγνό (χειμώνα ή κατά προτίμηση καλοκαίρι) κι επαναλαμβάνεται κάθε 3-5 χρόνια στα πολύ συνεκτικά εδάφη.

Είναι προφανές από τα παραπάνω, πως δεν είναι λίγες οι καλλιεργητικές φροντίδες για την προετοιμασία του αγρού για βαμβακοκαλλιέργεια, οι οποίες έχουν και το ανάλογο ενεργειακό κόστος. Έτσι γίνεται προφανής η ανάγκη να υπάρξει εκτεταμένη έρευνα για τις ενεργειακές ανάγκες του κάθε είδους κατεργασίας.

Εδώ, όμως θα πρέπει να αναφερθούν λίγα λόγια για το τι είναι έδαφος, ποια συστήματα κατεργασίας του εδάφους υπάρχουν αυτή τη στιγμή, τι προσφέρει το κάθε είδος κατεργασίας και τα διάφορα είδη εναλλακτικών κατεργασιών.

1.2. Έδαφος

Με τον όρο έδαφος εννοούμε το επιφανειακό στρώμα του στερεού φλοιού της γης σε βάθος μέχρι ενός μέτρου ή μέχρι το βάθος που μπορούν να εκμεταλλευτούν οι ρίζες των φυτών. Το χώμα που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους υφίσταται την επίδραση των διαφόρων καλλιεργητικών και κλιματικών συνθηκών κι έτσι διαμορφώνει ορισμένες ιδιότητες. Οι ιδιότητές του μπορεί να έχουν διάφορες μορφές (Γέμτος, 1994).

- 1. Μηχανική σύσταση. Δηλαδή η κατανομή μεγέθους των στερεών τεμαχιδίων από τα οποία αποτελείται.*
- 2. Η δομή του εδάφους. Δηλαδή η διάταξη των συσσωματωμάτων μέσα στο χώρο.*
- 3. Χημική σύσταση του εδάφους που μας δίνει τη σύνθεση του εδάφους.*
- 4. Οι δυναμικές ιδιότητες του εδάφους (αντοχή σε διάτμηση, αντοχή σε διείδυση, αντοχή σε συμπίεση κλπ).*
- 5. Υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους κλπ.*

Το σύμπλοκο αυτό των ιδιοτήτων μας δίνει το χαρακτηριστικό της γονιμότητας του εδάφους, τη δυνατότητα εργασίας μηχανημάτων, κλπ.

Το έδαφος είναι ο χώρος στον οποίο αναπτύσσεται το υπόγειο τμήμα του φυτού. Το τμήμα αυτό τροφοδοτεί το φυτό με νερό και με όλα τα στοιχεία που χρειάζεται εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα, μέρος του οξυγόνου και την ηλιακή ενέργεια που δεσμεύονται από το υπέργειο τμήμα. Έτσι, είναι προφανές ότι άριστες συνθήκες ανάπτυξης της ρίζας θα δώσουν την άριστη ανάπτυξη των φυτών μας.

1.3. Η κατεργασία του εδάφους.

Με τον όρο αυτό εννοούμε την επέμβαση που κάνουμε στο έδαφος με μηχανικά μέσα, με σκοπό να μεταβάλουμε τη δομή του, έτσι ώστε να δημιουργήσουμε τις άριστες συνθήκες ανάπτυξης του φυτού, όχι μόνο στα αρχικά στάδια της εγκατάστασης της φυτείας αλλά και σε όλη τη διάρκεια της ανάπτυξής του, (ένας πιο ακριβής ορισμός, την ορίζει ως την εφαρμογή τάσεων στο έδαφος με σκοπό τη βελτίωση της δομής του). Προφανώς, σκοπός μας είναι να πετύχουμε το άριστο από πλευράς παραγωγής αποτέλεσμα. Η κατάλληλη δομή, σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία, όπως είναι η δυνατότητα του εδάφους να συγκρατεί νερό για μεγάλα χρονικά διαστήματα, η ικανότητά του να μπορεί να προσδώσει διάφορα στοιχεία στο φυτό, η ρυθμιστική του ικανότητα (pH) και γενικότερα όλα τα στοιχεία τα οποία δίνουν το σύμπλοκο της γονιμότητας του εδάφους, εξασφαλίζουν την άριστη απόδοση. Η κατεργασία λοιπόν του εδάφους είναι μια εργασία που πρέπει να την κάνουμε για να μπορέσουμε να βελτιστοποιήσουμε τις αποδόσεις των φυτών μας.

1.4. Όργωμα.

Η ιστορική εξέλιξη δημιούργησε την κλασική αντίληψη για την κατεργασία του εδάφους, η οποία ξεκινά με ένα όργωμα, δηλαδή την κοπή μια λωρίδας εδάφους που αναστρέφεται και τεμαχίζεται σε μεγάλους βόλους. Αυτή ήταν για χιλιάδες χρόνια η πρώτη εργασία. Η αιτιολογία της χρήσης του άροτρου μέχρι πριν λίγα χρόνια, ήταν ότι προκαλεί μια σειρά ευνοϊκών αποτελεσμάτων στο έδαφος. Στη συνέχεια, γίνεται μια ανάλυση των ισχυρισμών αυτών, μαζί με τον σχετικό αντίλογο, αντιτιθέμενο στη χρήση του αρότρου (Γεωργική Τεχνολογία, 1991).

1. Μπορούμε να κάνουμε με το άροτρο έλεγχο ζιζανίων. Τα ζιζάνια καταστρέφονται άμεσα, καθώς, όταν λειτουργεί το άροτρο, κόβει και αναστρέφει το έδαφος. Τα ζιζάνια ενσωματώνονται στο έδαφος, οι σπόροι τους που βρίσκονται στην επιφάνεια μπαίνουν στα βαθύτερα στρώματα και ορισμένοι τόσο βαθιά που καταστρέφονται. Έτσι σε γενικές γραμμές, η ανάπτυξη των ζιζανίων είναι μειωμένη.

Με την αναστροφή του εδάφους, οι σπόροι των ζιζανίων τοποθετούνται σε βαθύτερα στρώματα. Την επόμενη χρονιά όμως, όταν γίνεται το όργωμα πάλι, έρχονται αυτοί οι σπόροι στην επιφάνεια και με αυτόν τον τρόπο διαιωνίζεται η κατάσταση. Αν αντίθετα δεν γινόταν αναστροφή του εδάφους κι έμεναν οι σπόροι των ζιζανίων στην επιφάνεια, θα αναπτυσσόταν τα ζιζάνια, τα οποία θα καταστρέφονταν με τα ζιζανιοκτόνα που είναι σήμερα διαθέσιμα. Εάν, λοιπόν, γίνει μια επιμελημένη ζιζανιοκτονία για μια σειρά ετών, θα καταστραφούν τα ζιζάνια ή, τουλάχιστον, θα περιοριστούν σε σημαντικό βαθμό.

2. Με το άροτρο επιτυγχάνεται ο έλεγχος των υπολειμμάτων των καλλιεργειών. Οι περισσότερες καλλιέργειες παράγουν ένα χρήσιμο μέρος (ένα χρήσιμο προϊόν), το οποίο συγκομίζεται, κι ένα δεύτερο προϊόν (κάποιο υποπροϊόν), που συνήθως μένει στην επιφάνεια του εδάφους, δημιουργώντας προβλήματα στην λειτουργία των μηχανημάτων. Συγκεκριμένα, τα υπολείμματα μιας καλλιέργειας προκαλούν εμπλοκές και πολλές φορές δεν επιτρέπουν τη λειτουργία των σπαρτικών. Με την αναστροφή του εδάφους γίνεται κάλυψη των φυτικών υπολειμμάτων και το έδαφος είναι καθαρό για να λειτουργήσουν τα μηχανήματα. Εξάλλου, με την κάλυψη τα υπολείμματα βρίσκονται σε ένα υγρό περιβάλλον κι έτσι επιταχύνονται οι διαδικασίες αποσύνθεσής τους, με αποτέλεσμα την αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους.

Η κάλυψη όμως των υπολειμμάτων έχει και την αρνητική πλευρά της. Έχει βρεθεί από σχετικές μελέτες ότι δημιουργεί αυξημένη διάβρωση, που σε μεγάλο ποσοστό οφείλεται σε χαλάρωση του εδάφους από σταγόνες της βροχής: μια σταγόνα βροχής πέφτει στην επιφάνεια του εδάφους με πολύ μεγάλη ταχύτητα κι αν αυτό είναι γυμνό, χτυπάει πάνω σε κάποιο συσσωμάτωμα. Με το χτύπημα δημιουργείται μια διάσπαση της σταγόνας η οποία χτυπάει και πάλι πάνω στο έδαφος και το θρυμματίζει. Κομματάκια του εδάφους αποσπώνται μαζί με τις σταγόνες κι έτσι δημιουργούνται σωματίδια χώματος τα οποία δεν είναι συνδεδεμένα πλέον με το υπόλοιπο έδαφος και είναι πολύ πιο εύκολο να τα παραλάβει το νερό ή ο αέρας, αυξάνοντας τη διάβρωση. Όπως διαπιστώθηκε, η ύπαρξη φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους απορροφά ένα μεγάλο ποσοστό της ορμής της σταγόνας. Μικρότερη ταχύτητα της σταγόνας, δημιουργεί και μικρότερο ποσοστό χαλάρωσης του εδάφους κι επομένως μικρότερη διάβρωση, κάτι που έχει αποδειχτεί και πειραματικά. Γι' αυτό ακριβώς, συστήματα τα οποία δεν κάνουν κάλυψη των φυτικών υπολειμμάτων αλλά τα αφήνουν

στην επιφάνεια του εδάφους αναφέρονται στα αγγλικά με τον όρο **conservation tillage**, δηλαδή συστήματα τα οποία βοηθούν στη συντήρησή του.

3. Η άροση βελτιώνει τον αερισμό του εδάφους. Η διεisdυση του αρότρου σε ένα βάθος, η κοπή μιας λωρίδας, η αναστροφή και ο τεμαχισμός της, δημιουργούν χαλάρωση του εδάφους και κατά κάποιο τρόπο μεγαλύτερους πόρους, που επιτρέπουν τον καλύτερο αερισμό του. Σ' αυτό, πολλές φορές βοηθούν και οι καιρικές συνθήκες (πάγος - ξηρασία - βροχή).

Εδώ όμως υπάρχει και κάποιος αντίλογος: δεν υπάρχει κανένας λόγος να δημιουργήσουμε αναστροφή του εδάφους για να προκαλέσουμε χαλάρωσή του. Θα μπορούσαμε να το πετύχουμε εξίσου καλά και με κάποιο είδος καλλιεργητή. Πρόκειται για μηχανήματα τα οποία διεisdύουν μέσα στο έδαφος και το αναμοχλεύουν, χωρίς να κάνουν αναστροφή του εδάφους, δημιουργώντας συνθήκες που ευνοούν τον αερισμό.

Αλλά ακόμη κι αν δεν καλλιεργηθεί καθόλου το χώμα με μηχανήματα, διαπιστώθηκε ότι μπορεί να υπάρχει αερισμός του εδάφους. Η εκτίμηση του πορώδους του εδάφους γίνεται με την φαινόμενη πυκνότητα. Με τον όρο αυτό εννοούμε τη μάζα του εδάφους ανά μονάδα όγκου όπως αυτό βρίσκεται σε φυσική κατάσταση, δηλαδή, χωρίς να το αναταράζουμε. Η φαινόμενη πυκνότητα διαφέρει από το ειδικό βάρος των σωματιδίων του εδάφους, γιατί στη φυσική κατάσταση υπάρχουν πόροι γεμάτοι με αέρα, που μειώνουν το βάρος. Τα εδάφη τα οποία δεν έχουν υποστεί κατεργασία έχουν αυξημένη φαινόμενη πυκνότητα, που σημαίνει μειωμένο πορώδες αλλά όχι έλλειψη αερισμού του εδάφους, όπως αποδείχτηκε στην πράξη.

Οι αιτίες είναι δύο:

I. Αν παραμείνει αδιατάρακτο το έδαφος, όλο το ριζικό σύστημα των φυτών της προηγούμενης καλλιέργειας, καθώς αποσυντίθεται αφήνει ένα δίκτυο πόρων τα οποία βελτιώνουν τον αερισμό του εδάφους.

II. Όταν δεν καλλιεργήσουμε το έδαφος και ιδιαίτερα όταν αφήσουμε τα υπολείμματα στην επιφάνεια, τα σκουλήκια κι άλλα μικρά ζώα του εδάφους, καθώς μετακινούνται δημιουργούν στοές, που βελτιώνουν τον αερισμό. Επειδή αναγκάζονται να βρουν τα φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια, μπαίνουν και βγαίνουν στο έδαφος, δημιουργώντας έτσι, ένα δίκτυο σωληνώσεων το οποίο επιτρέπει έναν καλό αερισμό του εδάφους.

4. Η άροση βοηθά στην προετοιμασία κατάλληλης σποροκλίνης. Με το όργωμα δημιουργούνται μεγάλα συσσωματώματα, τα οποία, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις των ανοιξιάτικων καλλιεργειών, παραμένουν για να υποστούν την επίδραση των καιρικών συνθηκών όλο τον χειμώνα. Πράγματι, οι παγωνιές επιδρούν πάνω στο έδαφος, προκαλώντας τη διάσπασή του, επειδή το νερό που υπάρχει στα συσσωματώματα διαστέλλεται καθώς παγώνει και τα χαλαρώνει. Έτσι, έχουμε ένα χαλαρό έδαφος την άνοιξη και με μια μικρή προετοιμασία με ειδικά μηχανήματα πετυχαίνουμε καλύτερη προετοιμασία της σποροκλίνης. Το ίδιο, όμως, ισχύει κι αν δεν κάνουμε την αναστροφή, αλλά αναμοχλεύσουμε απλά το έδαφος με έναν βαρύ καλλιεργητή, ώστε να δημιουργήσει μεγάλα συσσωματώματα, στα οποία θα επιδράσει η παγωνιά και οι καιρικές συνθήκες.

Μπορούμε, όμως, να μην καλλιεργήσουμε το έδαφος καθόλου και να δημιουργήσουμε σποροκλίνη μόνο στα σημεία στα οποία θα τοποθετήσουμε σπόρο, με κοπή και άνοιγμα του εδάφους, χρησιμοποιώντας κάποιο εργαλείο με δίσκους ή ακόμη και κάποια μηχανήματα σε μορφή φρέζας, τα οποία μπορούν να προετοιμάσουν μια λωρίδα εδάφους ακριβώς εκεί που θα μπει ο σπόρος, χωρίς να διαταράξουν το υπόλοιπο και χωρίς να προκαλέσουν επιπλέον προβλήματα.

5. Η δημιουργία και διατήρηση επίπεδου εδάφους με ισοπεδώσεις. Ένα οργωμένο έδαφος επιτρέπει μικρές ισοπεδώσεις με μικρούς ισοπεδωτές, ώστε να διατηρείται επίπεδο, κάτι που δεν μπορεί να γίνει όταν δεν κάνουμε όργωμα. Από την άλλη μεριά όμως, το ίδιο το όργωμα προκαλεί ανωμαλίες στο έδαφος, ιδιαίτερα όταν δεν χρησιμοποιούνται αναστροφόμενα άροτρα.

6. Έλεγχος ασθενειών και εντόμων. Θεωρείται ότι με την αναστροφή του εδάφους πολλά έντομα τα οποία διαχειμάζουν σ' αυτό, καθώς, και ορισμένες ασθένειες, οι οποίες παραμένουν πάνω στα φυτικά υπολείμματα, περιορίζονται. Πράγματι, τα έντομα έρχονται στην επιφάνεια και από το κρύο του χειμώνα, καταστρέφονται, ενώ τα υπολείμματα με τα παθογόνα καλύπτονται μέσα στο έδαφος. Αυτή, βέβαια, είναι μια ξεπερασμένη καλλιεργητική μέθοδος ελέγχου ασθενειών και εντόμων. Σήμερα, όμως, με την ύπαρξη ενός μεγάλου οπλοστασίου παρασιτοκτόνων η δυνατότητα ελέγχου των ασθενειών και των εντόμων είναι πολύ μεγάλη κι επομένως δεν είναι και τόσο σημαντική η αναστροφή και αναμόχλευση του εδάφους.

7. Βελτίωση της δομής του εδάφους. Με το άροτρο γίνεται αναμόχλευση του εδάφους, αύξηση του πορώδους και διάσπασή του σε μεγάλους σβόλους, η οποία επιτρέπει με τη δράση των καιρικών συνθηκών τη χαλάρωση του εδάφους, ώστε να αποκτά μια καλή δομή. Από την άλλη πλευρά, όμως, είναι βέβαιο ότι η λειτουργία του αρότρου σε συνθήκες όχι απόλυτα κανονικές δημιουργεί συμπαγή στρώματα (ορίζοντες), που καταστρέφουν τη δομή του εδάφους και δημιουργούν πολλά προβλήματα, τόσο στη στράγγιση όσο και στην ανάπτυξη της ρίζας. Επομένως από αυτή την άποψη, το άροτρο δεν θεωρείται ότι είναι ιδιαίτερα πλεονεκτικό.

8. Μείωση της διάβρωσης του εδάφους από μείωση της απορροής. Υπάρχει η άποψη πως η αναστροφή του εδάφους δημιουργεί μια επιφάνεια με διάφορες ανωμαλίες, που δεν επιτρέπουν τη ροή του νερού, ενώ η αύξηση του πορώδους και η αναμόχλευση διευκολύνουν τη διείσδυση του νερού μέσα στο έδαφος, με αποτέλεσμα να μειώνεται η απορροή. Αυτό, όμως, δεν είναι απόλυτα σωστό, γιατί, όπως, ήδη αναφέρθηκε, δεν διευκολύνεται και τόσο η διείσδυση του νερού λόγω του σχηματισμού σκληρών οριζόντων, ενώ η έλλειψη φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους, σύμφωνα με τις μέχρι σήμερα αποδεκτές απόψεις, προκαλεί αύξηση της διάβρωσης.

9. Ενσωμάτωση λιπασμάτων και ασβεστίου. Λιπάσματα, όπως τα φωσφορικά και η άσβεστος πρέπει να ενσωματωθούν σε βάθος, για να μπορέσουν να τα πάρουν τα φυτά. Ωστόσο, εφαρμογές αυτών των λιπασμάτων και της ασβέστου στην επιφάνεια του εδάφους, απέδειξαν ότι σε κάποια χρονική στιγμή, ίσως και την επόμενη χρονιά, γίνεται διείσδυση του λιπάσματος μέσα στο έδαφος, με ικανοποιητικές αποδόσεις κι αξιοποίηση του λιπάσματος.

10. Έκθεση νέου εδάφους στις καιρικές συνθήκες, αύξηση γονιμότητας και διευκόλυνση στην προετοιμασία της σποροκλίνης. Οι παλιότεροι πίστευαν, πως με την αναστροφή του εδάφους νέα στρώματα λιγότερο γόνιμα έρχονται στην επιφάνεια και με τη δράση των καιρικών συνθηκών αυξάνει η γονιμότητά του. Όμως, τα σημερινά, τουλάχιστον, πειραματικά δεδομένα δεν δείχνουν μια τέτοια ωφέλεια. Εξάλλου, σ' ότι αφορά τη δημιουργία μιας καλής σποροκλίνης, είναι γεγονός πως με το όργωμα δημιουργούνται μεγάλοι σβόλοι στην επιφάνεια και με την επίδραση των

καιρικών συνθηκών κατά τη διάρκεια του χειμώνα, το έδαφος χαλαρώνει και δημιουργείται μια καλή σποροκλίνη. Σήμερα, όμως, έχουν αλλάξει οι απόψεις και καλή σποροκλίνη θεωρείται οποιοδήποτε έδαφος στο οποίο μπορούμε να ανοίξουμε ένα αυλάκι, να τοποθετήσουμε μέσα τον σπόρο, να τον καλύψουμε κι αυτός να βλαστήσει και να μας δώσει το φυτό. Δεν είναι ιδιαίτερα απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα ολόκληρο στρώμα ψιλοχωματισμένου εδάφους για να τοποθετηθεί ένας σπόρος και πολλές φορές σε γραμμές με μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους, γιατί έτσι ξοδεύεται ενέργεια χωρίς να υπάρχει κάποια συγκεκριμένη ωφέλεια.

11. Ο αερισμός βοηθάει στην κανονική ανάπτυξη των ριζών. Όπως έχει αναφερθεί, για να αναπτυχθεί η ρίζα χρειάζεται έδαφος με πόρους, για σωστό αερισμό κι οπωσδήποτε δεν πρέπει να υπάρχουν σκληροί ορίζοντες οι οποίοι δεν επιτρέπουν την διείσδυσή της. Βέβαια το όργωμα βοηθά προς αυτήν την κατεύθυνση. Όμως, νεώτερα δεδομένα πάνω στην επίδραση της ακαλλιέργειας του εδάφους έδειξαν πως η ανάπτυξη της ρίζας είναι κανονική και βελτιώνεται από χρόνο σε χρόνο εξαιτίας του αερισμού που εξασφαλίζεται με την αποσύνθεση των ριζών της προηγούμενης καλλιέργειας και με τα κανάλια που δημιουργούν σκουλήκια ή άλλα έντομα εδάφους.

12. Τα εδάφη θερμαίνονται ταχύτερα την άνοιξη, μετά από όργωμα. Πράγματι, αυτό ισχύει και μια τέτοια θέρμανση την άνοιξη, βοηθάει μια ταχύτερη βλάστηση του σπόρου, στοιχείο ιδιαίτερα θετικό. Από την άλλη μεριά όμως, εδάφη στα οποία υπάρχουν φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια δημιουργούν καλύτερες συνθήκες φυτρώματος, γιατί διατηρούν υψηλότερη υγρασία, κάτι που επίσης είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε πολλές περιπτώσεις.

1.5. Αλλαγές των συνθηκών της τελευταίας 20ετίας.

Στις δώδεκα προηγούμενες περιπτώσεις δόθηκε μια εικόνα των συζητήσεων για την αναγκαιότητα της χρήσης του αρότρου ή της υποκατάστασής του από κάτι άλλο. Πέραν αυτών, στα προηγούμενα χρόνια εμφανίστηκαν και ορισμένα άλλα προβλήματα, τα οποία συνετέλεσαν στο διευρυνθεί η συζήτηση.

* Το πρώτο στοιχείο είναι η ενεργειακή κρίση. Όπως είναι γνωστό, το 1974 και το 1979 υπήρξε κάποια απαγόρευση εξαγωγών πετρελαίου από τις πετρελαιοπαραγωγικές χώρες, γεγονός που δημιούργησε μια έλλειψη πετρελαίου και μεγάλη αύξηση των τιμών, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια νέα κατάσταση. Κυρίως, όμως, έγινε συνειδητό σε όλους μας πως οι πρώτες ύλες που διαθέτουμε τελειώνουν ή καλύτερα βρίσκονται σε περιορισμένες ποσότητες κι επίσης ότι καταφέραμε μέσα σε ελάχιστο χρονικό διάστημα να εξαντλήσουμε τις πλουτοπαραγωγικές πηγές της γης, οι οποίες χρειάστηκαν εκατομμύρια χρόνια για να παραχθούν. Αποτέλεσμα αυτής της κρίσης ήταν να γίνει μια ευρύτερη συζήτηση για την ενεργειακή αποτελεσματικότητα της γεωργίας και από αυτή την άποψη άρχισαν να μελετούνται συστήματα τα οποία είναι λιγότερα ενεργοβόρα (και σαφώς η περισσότερο ενεργοβόρα εργασία στην γεωργία είναι το όργωμα).

* Ένα δεύτερο στοιχείο που παίζει σημαντικό ρόλο είναι η ταχύτητα ολοκλήρωσης των εργασιών εγκατάστασης των φυτειών (σπορά, κλπ). Η κατεργασία με άροτρο είναι μια εργασία αργή κι απαιτεί συνθήκες εδάφους που συνήθως δεν υπάρχουν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό, βέβαια, στην χώρα μας, δεν είναι ακόμα αρκετά αισθητό γιατί έχουμε μικρές εκμεταλλεύσεις και η δυνατότητα έγκαιρης επέμβασης είναι μεγάλη. Αν, όμως, όπως δείχνουν τα πράγματα, καταλήξουμε σε μεγαλύτερες εκμεταλλεύσεις, τότε το πρόβλημα αρχίζει να είναι σημαντικό και πρέπει να μελετηθούν μέθοδοι να αμβλυνθεί. Με τα σημερινά δεδομένα το όργωμα αποτελεί μειονέκτημα για την γεωργική εκμετάλλευση και θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο, αν μπορούσε να υποκατασταθεί από κάτι ταχύτερο. Αυτό, όμως, θα απαιτούσε περισσότερα εργατικά χέρια, κάτι που δεν είναι πάντοτε εύκολο, δεδομένου ότι η εργασία θα πρέπει να γίνει σε ελάχιστο χρονικό διάστημα.

* Ένα τρίτο στοιχείο, λοιπόν, είναι η έλλειψη εργατικών χεριών στη γεωργία. Όμως η δυνατότητα εύρεσης εργατικών χεριών για μια γεωργική εκμετάλλευση είναι περιορισμένη. Αυτή η έλλειψη άρχισε να οδηγεί σε νέες σκέψεις για τον τρόπο

κατεργασίας του εδάφους με τη χρησιμοποίηση μηχανημάτων τα οποία να κάνουν όλες τις εργασίες, από την κατεργασία του εδάφους και την προετοιμασία της σποροκλίνης μέχρι ακόμη και τη σπορά, με ένα πέρασμα. Κι αυτό γιατί το όργανο προϋποθέτει διαδοχικό πέρασμα μηχανημάτων, δημιουργώντας οπωσδήποτε προβλήματα στο να γίνονται ταχύτερα και με λιγότερα εργατικά χέρια οι διάφορες εργασίες.

1.6. Νέα συστήματα κατεργασίας του εδάφους.

Όλες αυτές οι συζητήσεις και τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν οδήγησαν στη διαμόρφωση κάποιων νέων συστημάτων κατεργασίας του εδάφους, πέρα από το κλασσικό. Η κλασσική κατεργασία του εδάφους περιλαμβάνει τη χρήση αρότρου, χρήση μηχανημάτων προετοιμασίας της σποροκλίνης, στη συνέχεια σπορά και ίσως κατά διαστήματα κάποια ενδιάμεση κατεργασία. Σήμερα έχουν διαμορφωθεί δύο κατηγορίες συστημάτων:

1. Η μια είναι η λεγόμενη μειωμένη καλλιέργεια. Με τον όρο αυτό εννοούμε μια σειρά συστημάτων που έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι πως αντικαθιστούν την άροση, δηλαδή την αναστροφή του εδάφους, με απλή αναμόχλευση, η οποία γίνεται είτε στο ίδιο βάθος με το όργανο είτε σε μικρότερο. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται τόσο η κατανάλωση της ενέργειας όσο και ο χρόνος που χρειάζεται για να γίνουν οι διάφορες καλλιεργητικές εργασίες. Επιπλέον παραμένουν τα φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια, συμβάλλοντας έτσι στην προστασία των εδαφών από τη διάβρωση και γενικότερα στη διατήρηση της γονιμότητας των εδαφών.

2. Το δεύτερο σύστημα είναι η μηδέν καλλιέργεια ή ακαλλιέργεια. Με τον όρο αυτόν εννοούμε ένα σύστημα στο οποίο κάνουμε κατευθείαν σπορά χωρίς προηγούμενη κατεργασία του εδάφους. Σε αυτήν την κατηγορία υπάγεται ενδεχομένως και η κατεργασία του εδάφους σε λωρίδες, που μπορεί να θεωρηθεί είτε μειωμένη καλλιέργεια είτε ακαλλιέργεια. Ουσιαστικά καλλιεργούνται λωρίδες μικρού πλάτους και παραμένουν ακαλλιέργητα όλα τα ενδιάμεσα.

Στην ακαλλιέργεια, χωρίς να γίνει καμιά προηγούμενη κατεργασία και με τα φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια, για την εγκατάσταση της φυτείας χρησιμοποιούνται, συνήθως, συστήματα σποράς με δίσκους, που κόβουν αυτά τα υπολείμματα, ανοίγεται στη συνέχεια ένα αυλάκι κι από πίσω τοποθετείται ο σπόρος μέσα στο έδαφος.

Αυτές είναι οι νέες μέθοδοι και πάνω σ' αυτές υπάρχει σήμερα μια εκτεταμένη συζήτηση για το τι συμφέρει και τι όχι.

1.7. Προβλήματα από το μέγεθος του γεωργικού ελκυστήρα.

Τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργηθεί ορισμένες ακόμη μεταβολές, ενώ, διαφαίνονται κι άλλες τάσεις τις οποίες θα αναφέρουμε παρακάτω, για να γίνει κατανοητό το πρόβλημα.

Μια εξέλιξη είναι το μέγεθος των γεωργικών ελκυστήρων. Τα τελευταία χρόνια κατασκευάζονται ελκυστήρες με ισχύ που ξεπερνά τους 150 ίππους κι αυτό δημιουργεί ορισμένα προβλήματα, όπως την καλύτερη εκμετάλλευση της ισχύος του κινητήρα. Γνωρίζουμε ότι ο γεωργικός ελκυστήρας έχει την καλύτερη απόδοση, δηλαδή τη μικρότερη κατανάλωση καυσίμου ανά μονάδα έργου που παράγει, όταν δουλεύει με την πλήρη, κατά το δυνατό, ισχύ του ή για να είμαστε περισσότερο ακριβείς, με το 85% της ισχύος του. Επομένως, ένας μεγάλος γεωργικός ελκυστήρας είναι ένα μηχάνημα το οποίο, προσπαθώντας να έλξουμε ή να κινήσουμε μέσω του δυναμοδότη, αναγκάζουμε να καταναλώσει κάποια ισχύ.

Στην περίπτωση του αρότρου η ελκτική δύναμη που αναπτύσσεται είναι όλη η ισχύ που διοχετεύεται στα μέσα προώσεως (ελαστικά) κι αυτό δεν επιτρέπει την πλήρη εκμετάλλευσή της, γιατί μετά από κάποιο όριο ελκτικής δύναμης ο ελκυστήρας αρχίζει να χάνει την πρόσφυση του και να ολισθαίνει υπερβολικά (πατινάρισμα). Για να αυξήσουμε το όριο αυτό είμαστε υποχρεωμένοι να προσθέσουμε βάρη πάνω στον ελκυστήρα, δημιουργώντας ένα δεύτερο πρόβλημα: τη συμπίεση του εδάφους, στο οποίο θα αναφερθούμε παρακάτω.

Αντίθετα με το άροτρο, οι καλλιεργητές χρειάζονται μικρότερη δύναμη για να κινηθούν (μειωμένη αντίσταση του εδάφους, μειωμένες τριβές, έλλειψη αναστροφής). Με τη μείωση, όμως, της απαιτούμενης ελκτικής δύναμης δημιουργείται πρόβλημα εκμετάλλευσης της ισχύος του γεωργικού ελκυστήρα. Επομένως, υπερβολική

κατανάλωση καυσίμου για το συγκεκριμένο έργο. Αν, ωστόσο, αυξήσουμε την ταχύτητα εργασίας, κι επομένως, την απαιτούμενη ισχύ, θα αυξηθεί η κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα παραγόμενου έργου, λόγω των μεγάλων επιταχύνσεων των τεμαχιδίων του εδάφους.

Μια από τις λύσεις που προτάθηκε είναι να χρησιμοποιούνται σειρές μηχανημάτων. Αντί, δηλαδή, να περνά ένας γεωργικός ελκυστήρας με ένα μόνο μηχάνημα και να γίνεται μια διαδρομή για κάθε μηχάνημα, συνδέονται διαδοχικά δύο ή περισσότερα μηχανήματα, το ένα πίσω από το άλλο. Αυτό βοηθά στην πλήρη εκμετάλλευση της ισχύος του ελκυστήρα αλλά και στη μείωση της συμπίεσης του εδάφους.

Διαπιστώθηκε ότι η κίνηση των μηχανημάτων, καθώς αυξάνονται τα μεγέθη τους και ιδιαίτερα όταν πρέπει να κινηθούν σε ακατάλληλες συνθήκες, δημιουργεί μια συμπίεση του εδάφους, καταστρέφοντας τη δομή. Η καταστροφή αυτή δεν ξεπερνιέται εύκολα με ένα όργωμα ή με μια αναμόχλευση του εδάφους, γιατί παραμένουν πάντα υπολειμματικά στοιχεία. Ένας τρόπος μείωσης της συμπίεσης είναι να χρησιμοποιούνται οι ελκυστήρες όσο το δυνατόν λιγότερο μέσα στο χωράφι. Αυτό, φυσικά, μπορεί να γίνει με συνδυασμούς μηχανημάτων, που κάνουν πρωτογενή κατεργασία του εδάφους, προετοιμασία της σποροκλίνης, ακόμη και σπορά με ένα πέρασμα, οπότε, μ' αυτό τον τρόπο δημιουργούνται τα μικρότερα δυνατά προβλήματα στο έδαφος.

Στην ίδια γραμμή ενέργειας είναι η ανάπτυξη μηχανημάτων τα οποία δεν έλκονται απλώς από τον ελκυστήρα, αλλά παίρνουν κίνηση και από τον δυναμοδότη. Μ' αυτό τον τρόπο ένα μέρος της ισχύος περνά μέσω του δυναμοδότη στο έδαφος. Θα πρέπει να τονίσουμε πως σε συνθήκες εργασίας βαριάς έλξης ο ελκυστήρας μπορεί να αποδώσει στην έλξη περίπου το μισό της ισχύος του κινητήρα, ενώ αντίθετα σε εργασίες μέσω του δυναμοδότη το 85%. Επομένως, μια κίνηση μέσω του δυναμοδότη σημαίνει καλύτερη εκμετάλλευση της ισχύος αλλά κυρίως μείωση των υπερβολικών δυνάμεων έλξης που πρέπει να αναπτύξει ο ελκυστήρας. Για να δημιουργηθούν αυτές οι δυνάμεις, χρειάζονται υπερβολικά κατακόρυφα φορτία στον ελκυστήρα (μεγαλύτερο βάρος) κι αυτό φυσικά δημιουργεί προβλήματα συμπίεσης του εδάφους.

Παρατηρείται, λοιπόν, μια ανάπτυξη σύνθετων μηχανημάτων, τα οποία αρχίζουν σιγά-σιγά να εμφανίζονται στην αγορά και να διαδίδονται όλο και περισσότερο, όπως φρέζες σε συνδυασμό με καλλιεργητές ή μηχανήματα που κάνουν κινήσεις είτε περιστροφικές είτε παλινδρομικές, για αναμόχλευση του εδάφους και θρυμματισμό των βόλων (προετοιμασία της σποροκλίνης). Επιπλέον, αυτοί οι συνδυασμοί των μηχανημάτων καλύπτουν και το πρόβλημα της εργασίας του ανθρώπου. Με τα συστήματα αυτά, όλες οι εργασίες του αγροκτήματος γίνονται από ένα εργαζόμενο, ο οποίος μπορεί με ένα πέρασμα να κάνει ταυτόχρονα προετοιμασία του εδάφους και σπορά, χωρίς να χρειαστεί δεύτερο. Έτσι μειώνονται οι χρόνοι εργασίας που χρειάζονται για την εγκατάσταση μιας φυτείας σε μια ορισμένη έκταση.

1.8. Συνοψίζοντας.

Υπάρχει, λοιπόν, μια σειρά προβλημάτων σχετικά με τον τρόπο κατεργασίας του εδάφους κι αυτή τη στιγμή βρισκόμαστε μπροστά σε κάποια εξέλιξη. Ήδη στις ΗΠΑ, όπου αντιμετώπισαν νωρίτερα αυτά τα προβλήματα, σ' ένα μεγάλο ποσοστά των εκτάσεων δεν εφαρμόζεται πλέον η καλλιέργεια με άροτρο αλλά συστήματα μειωμένης καλλιέργειας ή ακόμη και ακαλλιέργειας. Με τον ίδιο τρόπο αρχίζουν να καλλιεργούνται εκτάσεις και σε άλλες χώρες και σιγά-σιγά, καθώς γίνονται περισσότερο κατανοητά τα προβλήματα, επινοούνται μέθοδοι ή εργαλεία τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν στις νέες συνθήκες. Αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στη μείωση της διάβρωσης και της κατανάλωσης ενέργειας, καθώς και στη μείωση των απαιτούμενων εργατικών χεριών.

2. Ανάλυση της Βιβλιογραφίας

2.1. Μέτρηση αναπτυσσόμενων δυνάμεων μεταξύ γεωργικού ελκυστήρα και παρελκομένων

Ο γεωργικός ελκυστήρας κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των διαφόρων καλλιεργητικών εργασιών στον αγρό, θα πρέπει να υπερνικά τις δυνάμεις που αναπτύσσονται στα παρελκόμενα που είναι αναρτημένα σ' αυτόν, από το έδαφος. Το ποσοστό κατά το οποίο υπερνικά της παραπάνω δυνάμεις καθορίζει την αποτελεσματικότητά του καθώς και των παρελκομένων του. Λόγω της σπουδαιότητας αυτών των δυνάμεων έχουν γίνει προσπάθειες μέτρησης αυτών από την πρώτη ανάπτυξη της γεωργικής μηχανικής.

Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ του γεωργικού ελκυστήρα και των παρελκομένων του και προσδιορίζονται με ένα σύστημα οργάνων μέτρησης και καταγραφής, ασκούνται σε τρεις διαστάσεις. Αρχικά υπάρχουν δυνάμεις οι οποίες αναπτύσσονται οριζόντια και παράλληλα με την κατεύθυνση κίνησης του γεωργικού ελκυστήρα, δυνάμεις που αναπτύσσονται οριζόντια και κάθετα μ' αυτή και τέλος δυνάμεις που αναπτύσσονται κατακόρυφα. Για την πλήρη κατανόηση και διερεύνηση των συνολικών δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ ενός γεωργικού ελκυστήρα και των παρελκομένων του απαιτείται η μέτρηση και των τριών παραπάνω δυνάμεων. Η μέτρηση των δυνάμεων γίνεται με τη βοήθεια ειδικών οργάνων (δυναμόμετρα). Αρχικά τα δυναμόμετρα ήταν μηχανικά και εφαρμόζονταν η χρήση τους για τη μέτρηση συνήθως δυνάμεων μιας διάστασης (οριζόντια και παράλληλη στην κατεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα). Η λειτουργία αυτών των δυναμομέτρων ήταν απλή και στηρίζονταν στη παραμόρφωση κάποιων ελατηρίων ή ελασμάτων ανάλογα με την εξασκούμενη δύναμη. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν υδραυλικά δυναμόμετρα, τα οποία μετρούσαν την εξασκούμενη δύναμη και την εμφάνιζαν ως μεταβολή της πίεσης που μετρώταν με μανόμετρα. Τέλος αναπτύχθηκαν ηλεκτρονικά δυναμόμετρα (δυναμοκυψέλες), με τα οποία γίνεται η μέτρηση των δυνάμεων με τη βοήθεια αισθητηρίων μετατροπής της παραμόρφωσης ενός υλικού σε ηλεκτρικό αναλογικό σήμα. Η μέτρηση επιτυγχάνεται με παρεμβολή των αισθητηρίων, μεταξύ του αγκίστρου του γεωργικού ελκυστήρα και του αγκίστρου του παρελκομένου γεωργικού μηχανήματος. Η ακρίβεια και η ευκολία μέτρησης που προσφέρουν τα ηλεκτρονικά

δυναμόμετρα έκαναν αναγκαία τη χρησιμοποίησή τους σε όλες τις τελευταίες ερευνητικές προσπάθειες καθώς και στη συγκεκριμένη. Οι μετρήσεις είναι δυνατό να γίνουν με διάφορους τρόπους . Έτσι τα παραπάνω αισθητήρια μπορούν να τοποθετηθούν πάνω στο σώμα του παρελκομένου γεωργικού μηχανήματος ή μπορεί να γίνει με άμεση σύνδεση γεωργικού ελκυστήρα και τμημάτων του παρελκομένου, με την παρεμβολή αυτών των οργάνων μέτρησης. Όμως η πλήρης μέτρηση όλων των δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ του γεωργικού ελκυστήρα και του παρελκομένου είτε αυτό είναι αναρτώμενο είτε ελκυόμενο απαιτεί τη χρησιμοποίηση ειδικών διατάξεων. Κατά την πορεία των διαφόρων ερευνητικών προσπαθειών, αρχικά χρησιμοποιήθηκαν υδραυλικοί κύλινδροι στους βραχίονες του υδραυλικού συστήματος ανάρτησης του γεωργικού ελκυστήρα, με βάση τη μεταβολή της πίεσης του υγρού που μετράται με ειδικά μανόμετρα. Στη συνέχεια και με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών αισθητήρων πολλά δυναμόμετρα αναπτύσσονται με βάση τα αισθητήρια παραμόρφωσης (strain gauges).

Το 1959 ο Lall, κρίνει ότι για πλήρη καθορισμό των δυνάμεων πρέπει να μετρηθούν τρεις αξονικές δυνάμεις στους τρεις βραχίονες του υδραυλικού συστήματος ανάρτησης του γεωργικού ελκυστήρα, δύο αξονικές δυνάμεις στους συνδέσμους ανύψωσης των κάτω βραχιόνων και να καθοριστεί η θέση στο χώρο των βραχιόνων. Ο Zoerb (1963) χρησιμοποιεί για μέτρηση οριζοντίων δυνάμεων παραλλήλων με την κατεύθυνση κίνησης του γεωργικού ελκυστήρα, για ελκυόμενα παρελκόμενα, ένα δυναμόμετρο στο άγκιστρο του γεωργικού ελκυστήρα. Μεταξύ των στοιχείων σύνδεσης παρεμβάλλεται ένα κατακόρυφο κυλινδρικό χαλύβδινο στέλεχος με αισθητήρια παραμόρφωσης, η μεταβολή των παραμορφώσεων του οποίου από τα φορτία του παρελκομένου, καταγράφεται. Ο Scholtz (1966) περιγράφει ένα δυναμόμετρο του εθνικού ιδρύματος γεωργικής μηχανικής της Αγγλίας (NIAE). Αποτελείται από μια μεταλλική κατασκευή σε σχήμα “Π” που προσαρμόζεται στα τρία σημεία του υδραυλικού συστήματος του γεωργικού ελκυστήρα και αφήνει ανάμεσα στα σκέλη του “Π” αρκετό χώρο για να περάσει ο δυναμοδότης. Αισθητήρια παραμόρφωσης πάνω στο “Π” μετρούσαν τις αναπτυσσόμενες δυνάμεις. Ο Luth και άλλοι (1978), χρησιμοποιούσαν για τη μέτρηση της δύναμης σε τρεις διαστάσεις, οκτώ αισθητήρια επάνω στο υδραυλικό σύστημα. Το πρώτο καθορίζει τη θέση του κεντρικού βραχίονα και το δεύτερο την αξονική δύναμη στον κεντρικό βραχίονα. Τρία αισθητήρια σε κάθε κάτω βραχίονα χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της αξονικής δύναμης, της

πλάγιας και της κατακόρυφης. Τα σήματα ενισχύονται και στέλνονται σε ένα όχημα κοντά στον αγρό όπου καταγράφονται και αναλύονται. Οι Johnson and Voorhees (1979), αναπτύσσουν ένα δυναμόμετρο, για μέτρηση δυνάμεων σε ένα επίπεδο (οριζόντια παράλληλη με την κίνηση του γεωργικού ελκυστήρα, κατακόρυφη και ροπή) με αισθητήρια παραμόρφωσης πάνω σε ένα σωλήνα αλουμινίου. Το δυναμόμετρο έχει βάρος περίπου 230 κιλά, μεταφέρει τα σημεία ανάρτησης 310 χιλιοστά πιο πίσω, είναι κατάλληλο για αναρτήσεις κατηγορίας δύο (II) και τρία (III) και χρειάζεται τρία κανάλια για καταγραφή των δυνάμεων. Σε ανάλογα σχέδια οι Garmer και άλλοι (1988) διαμορφώνουν ένα παρόμοιο δυναμόμετρο και αναλύουν τα στοιχεία του. Οι Reid και άλλοι (1963) χρησιμοποιούν αισθητήρια παραμόρφωσης στα στελέχη ανάρτησης για μέτρηση οριζοντίων δυνάμεων, παραλλήλων με την κατεύθυνση κίνησης του γεωργικού ελκυστήρα. Οι Shith and Barker (1982) και Barker (1981), κατασκευάζουν ένα δυναμόμετρο, με τη χρήση έξι δυναμοκυψελών σε τριγωνική διάταξη. Τρεις δυναμοκυψέλες τοποθετούνται σε άξονες παράλληλους προς το έδαφος και προς την κατεύθυνση κίνησης του γεωργικού ελκυστήρα, δύο κατά μήκος των πλευρών του τριγώνου για μέτρηση οριζοντίων και κατακόρυφων δυνάμεων και μία στη βάση του τριγώνου για μέτρηση οριζοντίων δυνάμεων. Ένα αισθητήριο καθορίζει την κλίση του τριγώνου, ώστε να γίνεται αναγωγή των δυνάμεων σε κατακόρυφο πλαίσιο. Οι Upadhyaya και άλλοι (1988) παρουσιάζουν ένα δυναμόμετρο για μέτρηση δυνάμεων στο χώρο, σε ένα αναρτώμενο παρελκόμενο γεωργικό μηχάνημα, με τοποθέτηση αισθητηρίων παραμόρφωσης στους βραχίονες του υδραυλικού συστήματος. Πραγματοποιείται ανάλυση των δυνάμεων για τον υπολογισμό τους, με βάση τις ενδείξεις των μετρητικών οργάνων. Συμπεραίνουν, ότι είναι δυνατή η μέτρηση των δυνάμεων με ένα παρελκόμενο με μέτρηση α) Των αξονικών φορτίων στους τρεις βραχίονες. β) Του προσανατολισμού των βραχιόνων. Οι πλάγιες δυνάμεις και η περιστροφή των βραχιόνων γύρω από άξονα παράλληλο με την κατεύθυνση κίνησης (από κλίσεις του γεωργικού ελκυστήρα), δεν επηρεάζουν σημαντικά την μέτρηση των οριζοντίων δυνάμεων, παραλλήλων με την κατεύθυνση κίνησης και των κατακόρυφων δυνάμεων και επομένως μπορεί να παραληφθεί η μέτρησή τους, για απλοποίηση των οργάνων μέτρησης. Οι Kendal και άλλοι (1984) παρουσιάζουν ένα δυναμόμετρο προσαρμοσμένο στα τρία σημεία ανάρτησης του υδραυλικού συστήματος του γεωργικού ελκυστήρα. Το δυναμόμετρο αποτελείται από δύο μεταλλικούς φορείς μορφής “Π”. Ο ένας φορέας είναι συνδεδεμένος με το γεωργικό ελκυστήρα και ο άλλος

με το παρελκόμενο. Η σύνδεση με τα παρελκόμενα γίνεται με ταχυσυνδέσμους. Ανάμεσα στους δύο φορείς παρεμβάλλονται τα στοιχεία μέτρησης των δυνάμεων (έξι στοιχεία) με αισθητήρια παραμορφώσεως. Το σύστημα επιτρέπει μέτρηση οριζοντίων και κατακόρυφων δυνάμεων, ενώ δεν εμποδίζει τη χρήση δυναμοδοτικού άξονα. Οι Charlin και άλλοι (1987) κατασκευάζουν ένα δυναμόμετρο προσαρμοσμένο στα τρία σημεία ανάρτησης του υδραυλικού συστήματος, με δύο ορθογώνια πλαίσια, και ενδιάμεσα δυναμοκυψέλες για μέτρηση δυνάμεων στο χώρο.

Από όλα τα παραπάνω φαίνεται ότι πολλές λύσεις έχουν δοθεί μέχρι τώρα, εκτός Ελλάδας, στο πρόβλημα της μέτρησης των δυνάμεων που απαιτούνται για τη λειτουργία των παρελκομένων γεωργικών μηχανημάτων. Επίσης γίνεται αντιληπτό πως κάθε μία από τις παραπάνω λύσεις παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η τοποθέτηση, για παράδειγμα, αισθητηρίων δύναμης πάνω στα στοιχεία του υδραυλικού συστήματος ανάρτησης παρουσιάζει το πλεονέκτημα της μη μεταβολής της γεωμετρίας της σύνδεσης αλλά είναι συστήματα που πρέπει να κατασκευασθούν και να ελεγχθούν ως προς την αξιοπιστία τους από τον ερευνητή. Η παρεμβολή των δυναμοκυψελών αλλάζει ελαφρώς τη γεωμετρία του συστήματος ανάρτησης αλλά έχει το πλεονέκτημα της χρησιμοποίησης στοιχείων του εμπορίου που είναι τυποποιημένα και εύκολα μπορούν να ελεγχθούν ως προς την αξιοπιστία τους. Επί πλέον το όλο σύστημα μπορεί να μεταφερθεί εύκολα σε διάφορους γεωργικούς ελκυστήρες. Στην συγκεκριμένη διατριβή προτιμήθηκε η χρήση δυναμοκυψελών του εμπορίου προσαρμοσμένων πάνω σε πρόσθετα πλαίσια όπως θα περιγραφεί παρακάτω.

2.1.1. Ενίσχυση, διαμόρφωση και καταγραφή των μετρήσεων

Τα παραγόμενα από τα αισθητήρια όργανα (δυναμόμετρα) σήματα, μπορεί να είναι, όπως έχει αναφερθεί μηχανικά, υδραυλικά ή ηλεκτρικά. Αντίστοιχα, τα σήματα ενισχύονται μηχανικά και προκαλούν την κίνηση γραφίδων που τα καταγράφουν σε χαρτί, τα υδραυλικά συνήθως παραμορφώνουν σωλήνες Bourdon που κινούν επίσης γραφίδες ενώ τέλος τα ηλεκτρικά δεν μπορούν να καταγραφούν απ' ευθείας επειδή πρόκειται για ασθενή σήματα. Έτσι πριν την καταγραφή τους είναι αναγκαίο να υφίστανται μία ενίσχυση. Ακόμη πολλές φορές το ηλεκτρικό σήμα επηρεάζεται από ανεπιθύμητους παράγοντες και γι' αυτό θα πρέπει να καθαρίζεται με ειδικά φίλτρα. Οι τρόποι καταγραφής που έχουν χρησιμοποιηθεί ως τώρα σε διάφορες ερευνητικές

προσπάθειες ποικίλουν. Αρχικά η καταγραφή γίνεται σε χαρτί τυλιγμένο γύρω από κύλινδρο που περιστρέφεται με ταχύτητα ανάλογη της ταχύτητας κίνησης του μηχανήματος. Αργότερα χρησιμοποιήθηκε καταγραφή σε φωτογραφικό χαρτί (με υπεριώδη ακτινοβολία και γαλβανόμετρα), καταγραφή σε χ-ψ ή χ-χρόνο καταγραφικά, κινηματογράφηση των ενδεικτών των αισθητηρίων. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις γίνεται καταγραφή αναλογικού ηλεκτρικού σήματος που απαιτεί επίπονη εργασία για αποκωδικοποίηση και επεξεργασία. Με την διεύρυνση της χρήσης των ηλεκτρονικών υπολογιστών και την ταχύτερη ανάπτυξή τους έγιναν πολλές εφαρμογές ηλεκτρονικής καταγραφής των μετρήσεων. Το σήμα των αισθητηρίων μεταδίδεται είτε με πομπό σε πλησίον ευρισκόμενο ακίνητο ηλεκτρονικό υπολογιστή είτε μεταδίδεται με καλώδια σε ηλεκτρονικό υπολογιστή που βρίσκεται πάνω στο γεωργικό ελκυστήρα ή σε παραπλεύρως κινούμενο όχημα. Για την καταχώρηση του αναλογικού ηλεκτρικού σήματος στη μνήμη του υπολογιστή πρέπει να μετατραπεί σε δυαδικό. Τα στοιχεία τελικά είναι δυνατό να αποθηκευτούν σε μαγνητικές ταινίες ή μαγνητικούς δίσκους. Στη δεκαετία του 1980 με την επέκταση της χρήσης των μικροϋπολογιστών, χρησιμοποιούνται τέτοιοι υπολογιστές (φορητοί) πάνω σε γεωργικούς ελκυστήρες για την καταγραφή και επεξεργασία των στοιχείων. Η ανάπτυξη εξοπλισμού και λογισμικού για μετατροπή των αναλογικών στοιχείων σε ψηφιακά, με μεγάλη ταχύτητα (1 kHz), έδωσε τη δυνατότητα αξιόπιστων μετρήσεων σε μεγάλες ταχύτητες διακύμανσης του αναλογικού σήματος που προκύπτει από γρήγορα διακυμαινόμενο φαινόμενο. Οι δυνατότητες τέτοιων συστημάτων είναι ιδιαίτερα μεγάλες και η μεγάλη ευχέρεια υπολογισμών με μεγάλο όγκο στοιχείων είναι αξιοσημείωτη.

Ένα σύστημα μέτρησης δυνάμεων σε παρελκόμενα γεωργικά μηχανήματα, πρέπει να έχει σημαντικές δυνατότητες αποθήκευσης μεγάλου αριθμού στοιχείων με μεγάλες δυνατότητες καταγραφής. Είναι γνωστό ό,τι σύμφωνα με το θεώρημα του Shannon η δειγματοληψία και η καταγραφή ενός διακυμαινόμενου φαινομένου, όπως είναι η τάση εξόδου ενός αισθητηρίου οργάνου μέτρησης δύναμης, για να αποδίδει την πραγματικότητα θα πρέπει να γίνεται με συχνότητα τουλάχιστον διπλάσια της μεγαλύτερης συχνότητας του φαινομένου (Doebelin 1983, Koecher and Sumner 1987). Κατά την λειτουργία των διαφόρων γεωργικών εργαλείων αντιμετωπίζονται μεταβαλλόμενα φορτία που επάγονται από το έδαφος και έχουν διάφορες συχνότητες. Στοιχεία της βιβλιογραφίας δίνουν συχνότητες για εργαλεία κατεργασίας του εδάφους της τάξης των 10 Hz (Godwin και άλλοι 1987), ενώ για χορτοδοτικές μηχανές με

κίνηση από το PTO δίνονται συχνότητες της τάξης των 100 Hz (Freeland και άλλοι 1984). Στη βιβλιογραφία έχουν παρουσιαστεί πολλές εργασίες για καταγραφή στοιχείων σε πραγματικό χρόνο (data acquisition systems in real time). Ενδεικτικά αναφέρονται οι εργασίες των Palmer 1984, Shropshire 1983, Hayes 1986.

2.1.2. Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του συστήματος δυναμομέτρησης

Ένα σύστημα δυναμομέτρησης πρέπει να έχει (Θ. Α. Γέμος Θ. Ι. Τσιρίκογλου):

- α) Ικανότητα μέτρησης των απαιτούμενων δυνάμεων είτε η σύνδεση του γεωργικού ελκυστήρα και των παρελκομένων γίνεται με το άγκιστρο, είτε με τα τρία σημεία ανάρτησης του υδραυλικού συστήματος. Οι δυνάμεις στην περίπτωση των αναρτώμενων γεωργικών μηχανημάτων πρέπει να μετρώνται στο χώρο (τρεις διαστάσεις).
- β) Δυνατότητα καταγραφής των μετρήσεων σε ένα σύστημα, που πρέπει να βρίσκεται πάνω στο γεωργικό ελκυστήρα (αντοχή σε κραδασμούς), να ρευματοδοτείται είτε από το συσσωρευτή του γεωργικού ελκυστήρα (12 Volt) είτε από άλλο συσσωρευτή που να δίνει ικανοποιητική αυτονομία στο σύστημα, να έχει μικρή κατανάλωση ισχύος και να καταλαμβάνει μικρό χώρο.
- γ) Δυνατότητα καταγραφής στοιχείων με ταχύτητα πάνω από 1000 δείγματα το δευτερόλεπτο για κάθε αισθητήριο. Η μεγάλη ταχύτητα δειγματοληψίας είναι απαραίτητη για διερεύνηση πριν από κάθε μέτρηση της μέγιστης συχνότητας του φαινομένου, ώστε να ορισθεί η συχνότητα και ο χρόνος δειγματοληψίας για τις μετρήσεις. Το σύστημα πρέπει να έχει αρκετό χώρο αποθήκευσης στοιχείων για διαδρομές του γεωργικού ελκυστήρα, τουλάχιστον 50 μέτρων (διαδρομή ενός εργαλείου κατεργασίας του εδάφους), με ταχύτητα 5 χιλιόμετρα την ώρα .ή 1.4 μέτρα το δευτερόλεπτο. Δηλαδή για 40 δευτερόλεπτα με 1000 δείγματα το δευτερόλεπτο, πρέπει να αποθηκευτούν 40000 δείγματα (δυαδικές τιμές) που χρειάζονται 2 bytes το κάθε ένα. Επομένως η χωρητικότητα αποθήκευσης κάθε μέτρησης για τις πιο πάνω συνθήκες πρέπει να είναι 80 KB.

2.1.3. Περιγραφή του οργάνου, πειραματική εγκατάσταση κι έλεγχος λειτουργίας

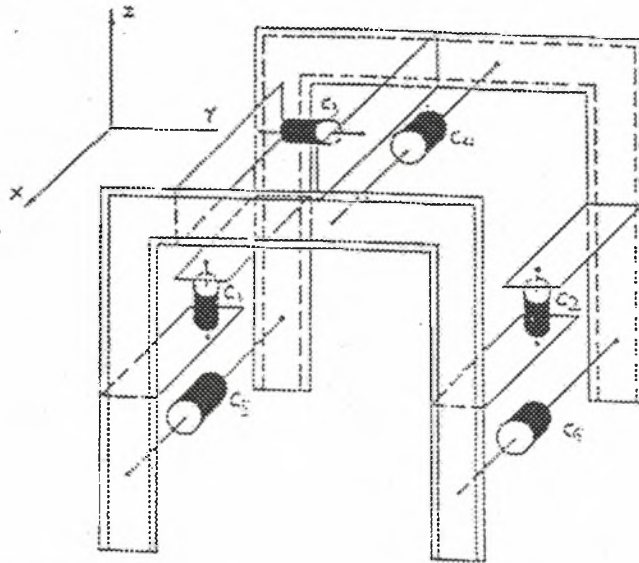
Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε, σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σύμφωνα με το μοντέλο που προβλέπει την χρησιμοποίηση τυποποιημένων δυναμοκυψελών. Πιο συγκεκριμένα, ήταν το αντικείμενο της πτυχιακής διατριβής του κ. Παπαθανασίου Ι. (1998), στο εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας. Μια περιγραφή του οργάνου δίνεται παρακάτω.

Τα αισθητήρια δύναμης που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες της συγκεκριμένης διατριβής ήταν τυποποιημένες δυναμοκυψέλες. Με αυτές γίνεται μέτρηση δυνάμεων με τη βοήθεια αισθητηρίων μετατροπής της παραμόρφωσης ενός υλικού σε ηλεκτρικό αναλογικό σήμα. Η μέτρηση επιτυγχάνεται με παρεμβολή των αισθητηρίων, μεταξύ του αγκίστρου του γεωργικού ελκυστήρα και του αγκίστρου του παρελκομένου γεωργικού μηχανήματος. Η ακρίβεια και η ευκολία μέτρησης που προσφέρουν τα ηλεκτρονικά δυναμόμετρα έκαναν αναγκαία τη χρησιμοποίησή τους σε όλες τις τελευταίες ερευνητικές προσπάθειες, καθώς και στη συγκεκριμένη. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν έξι δυναμοκυψέλες οι οποίες διατάχθηκαν έτσι μεταξύ του γεωργικού ελκυστήρα και του χρησιμοποιούμενου παρελκόμενου κάθε φορά, ώστε να είναι δυνατή η μέτρηση των δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους κατά τη διάρκεια μιας καλλιεργητικής εργασίας και στις τρεις κατευθύνσεις. Για το σκοπό αυτό προτιμήθηκε ο σχεδιασμός με χρήση δύο μεταλλικών φορέων σχήματος Π (σχήμα 1). Ο ένας φορέας προσαρμόσθηκε στο σύστημα ανάρτησης παρελκομένων στα τρία σημεία του υδραυλικού συστήματος του γεωργικού ελκυστήρα. Ο δεύτερος φορέας φέρει κατάλληλες υποδοχές για την ανάρτηση παρελκομένων. Η κάθε υποδοχή είναι κατάλληλη για αυτόνομη πρόσδεση, με δυνατότητα αυξομείωσης της απόστασης μεταξύ τους ώστε να καλύπτονται αποκλίσεις από τη διεθνή τυποποίηση για τα μεγέθη συστημάτων ανάρτησης παρελκομένων κατηγορίας Π (ASAE 1988). Ο σχεδιασμός αυτός εξασφαλίζει χώρο μεταξύ των δύο σκελών του Π για την προσαρμογή του συστήματος μέτρησης ροπής-γωνιακής ταχύτητας στο δυναμοδότη του ελκυστήρα και τη διέλευση του δυναμοδοτικού άξονα προς το παρελκόμενο. Οι διαστάσεις των μεταλλικών φορέων υπολογίστηκαν έτσι ώστε οι δυνάμεις να μεταφέρονται χωρίς σημαντικές παραμορφώσεις. Οι δύο φορείς συνδέονται μεταξύ τους αρθρωτά με έξι δυναμοκυψέλες. Οι σφαιρικοί σύνδεσμοι εξασφαλίζουν μέτρηση δυνάμεων μόνο κατά τη διεύθυνση του άξονα της δυναμοκυψέλης. Με την τριγωνική αυτή διάταξη οι τρεις

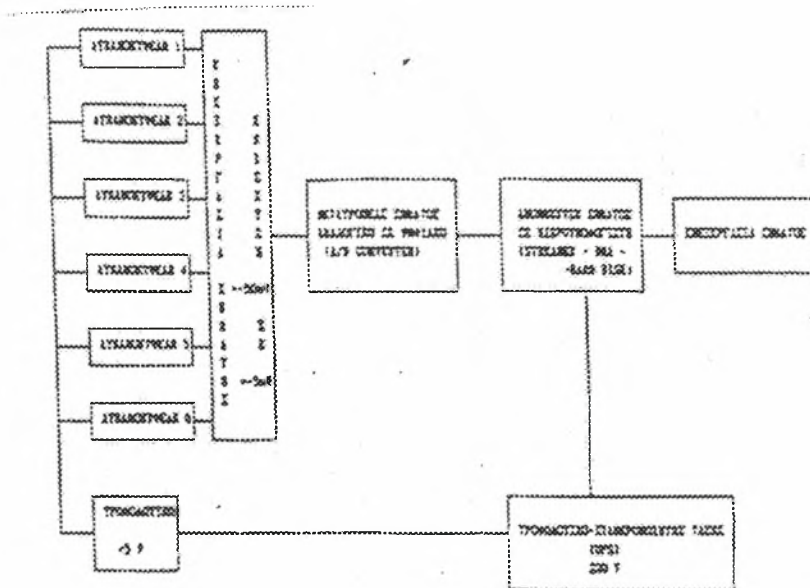
δυναμοκυψέλες (δύο κάτω και μία επάνω) μετρούν την οριζόντια δύναμη παράλληλη της κατεύθυνσης κίνησης του γεωργικού ελκυστήρα. Οι δύο κατακόρυφες μετρούν τις κατακόρυφες δυνάμεις ενώ η τελευταία τις οριζόντιες δυνάμεις που είναι κάθετες στην κατεύθυνση κίνησης του γεωργικού ελκυστήρα (πλάγιες δυνάμεις). Η ανάρτηση κρίθηκε ικανοποιητική και η δυνατότητα ρύθμισης του μήκους των δυναμοκυψελών εξασφαλίζει την επιθυμητή οριζοντίωση των παρελκομένων. Οι χρησιμοποιούμενες δυναμοκυψέλες διαθέτουν αισθητήρια παραμόρφωσης για την μέτρηση της δύναμης. Η ευαισθησία τους για πλήρη φόρτιση δύο τόνων είναι 2 mV/V τροφοδοσίας. Η τάση της τροφοδοσίας μπορεί να είναι από 0.5 V έως 12 V. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε τροφοδοτικό τάσης 5 V και επομένως η έξοδος σε πλήρες φορτίο (2 τόνοι) είναι 10 mV. Η μονάδα επεξεργασίας του σήματος (MB-01) έχει δυνατότητα ενίσχυσής του από +50 mV σε +- 5 V . Η τάση αυτή τροφοδοτείται απ' ευθείας στην κάρτα μετατροπής του αναλογικού σε ψηφιακό (δυαδικό) σήμα (DAS 20) με την οποία είναι εφοδιασμένος ο 486 συμβατός IBM με σκληρό δίσκο 100 MB φορητός μικροϋπολογιστής της πειραματικής εγκατάστασης. Μέσω μιας κάρτας προσαρμογής των ενισχυτών (MB-01) υπάρχει η δυνατότητα δειγματοληψίας 16 διόδων. Επίσης υπάρχει δυνατότητα επέκτασης της δειγματοληψίας σε 4X16 διόδους με ειδική κάρτα (multiplexer STA 20) . Η συχνότητα δειγματοληψίας μπορεί να φτάσει τις 100.000 δείγματα το δευτερόλεπτο (100 kHz) ενώ στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε συχνότητα 1 kHz. Τα στοιχεία οδηγούνται απ' ευθείας στην μνήμη του H/Y και αποθηκεύονται στον σκληρό δίσκο με τη βοήθεια ενός ειδικού προγράμματος μεγάλης ταχύτητας (Streamer) σε δημιουργημένα ,από πριν, ειδικά αρχεία μεγέθους ικανού για τον εκάστοτε σκοπό δειγματοληψίας. Μια εικόνα της όλης διάταξης που περιγράφηκε δίνεται στο σχήμα 2 ενώ η τοποθέτησή της έγινε σε ξύλινο έδρανο μικρού όγκου για εύκολη τοποθέτηση στον γεωργικό ελκυστήρα. Η ισχυροδότηση των οργάνων έγινε με ένα τροφοδοτικό και σταθεροποιητή τάσης ισχύος 300 Watts (UPS) που δίνει μία αυτονομία λίγων ωρών στο σύστημα για τις εργασίες αγρού.

Όλο το παραπάνω σύστημα επιτρέπει την μέτρηση και καταγραφή των δυνάμεων που ασκούνται στον ελκυστήρα από το παρελκόμενο που φέρει κάθε φορά. Αυτό σημαίνει πως μπορούν να βρεθούν οι δυνάμεις που ασκεί το έδαφος στο παρελκόμενο. Με αυτόν τον τρόπο υπολογίζεται η ειδική αντίσταση του εδάφους και η απαιτούμενη ισχύ για να κατεργαστεί. Έτσι μπορεί να βρεθεί και να συγκριθεί η ενέργεια που

απαιτείται για την κατεργασία ενός στρέμματος με διάφορα μηχανήματα, αντικείμενο που αποτελεί και τον σκοπό αυτής εργασίας.



Σχήμα 1. Διάταξη των πλαισίων σχήματος Π και των δυναμοκυψελών, για την μέτρηση οριζοντίων, παράλληλων προς την κίνηση του ελκυστήρα δυνάμεων (c4, c5, c6), πλάγιων δυνάμεων (c3), και κατακόρυφων δυνάμεων (c1, c2).



Σχήμα 2. Διάγραμμα μέτρησης και καταγραφής του σήματος που αντιστοιχεί στη διακύμανση της δύναμης με την οποία καταπονείται η κάθε δυναμοκυψέλη.

3. Υλικά και μέθοδοι

Το συγκεκριμένο πείραμα έγινε με σκοπό να μετρηθεί η ενέργεια που απαιτείται για την προετοιμασία του εδάφους με διάφορες κατεργασίες (μηχανήματα) έτσι ώστε να καταστεί κατάλληλο για βαμβακοκαλλιέργεια.

Ο σχεδιασμός του πειράματος προέβλεπε την δοκιμή τριών μηχανημάτων:

1. Άροτρο.
2. Βαρύ καλλιεργητή.
3. Δισκοσβάρνα.

Έτσι, ελήφθησαν μετρήσεις για τα παραπάνω μηχανήματα, οι οποίες μας επιτρέπουν, με κάποια ικανοποιητική προσέγγιση, να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα για την ενεργειακή κατανάλωση του κάθε μηχανήματος.

Το πείραμα έγινε στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο, σε τεμάχια ενός πειράματος που μελετούσε την επίδραση της κατεργασίας του εδάφους στην καλλιέργεια του βαμβακιού. Σ' αυτά τα τεμάχια είχαν σπαρεί: σιτάρι και βαμβάκι κατά την προηγούμενη χρονιά, ενώ η τρέχουσα καλλιέργεια τη στιγμή που έγινε το πείραμα ήταν καλαμπόκι, βαμβάκι και τεύτλα.

Όλες οι μετρήσεις έγιναν με τον ίδιο ελκυστήρα, από τον ίδιο οδηγό και ίδια μηχανήματα, κατά την διάρκεια δυο συνεχόμενων ημερών, έτσι ώστε να μην υπάρξουν διαφορετικές συνθήκες στις μετρήσεις αλλά και για να μειωθεί έτσι η παραλλακτικότητα που θα οφειλόταν σε ανθρώπινα σφάλματα ή στις καιρικές συνθήκες. Όσον αφορά το έδαφος, δηλαδή τον τύπο του εδάφους όπου έγιναν οι μετρήσεις θα πρέπει να αναφερθεί πως μετρήθηκαν γειτονικά τεμάχια τα οποία πρακτικά είχαν και την ίδια δομή εδάφους. Ο τύπος του εδάφους είναι ιλυοαργιλώδες, ενώ η μηχανική σύσταση του εδάφους φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Άμμος (%)	Ιλύς (%)	Αργίλος (%)	Οργ. Ουσία (%)
9,7	41,1	49,2	1,26

Πίνακας 1. Μηχανική ανάλυση του εδάφους που έγινε το πείραμα.


Ο αριθμός των μετρήσεων - επαναλήψεων που έγιναν ήταν 104. Πιο συγκεκριμένα έγιναν 32 περάσματα για το άροτρο και τον βαρύ καλλιεργητή και 40 για την δισκοσβάρνα σε τεμάχια που ήταν κατανεμημένα σε δύο πειραματικούς αγρούς. Οι μετρήσεις περιορίζονταν σε ένα πειραματικό τεμάχιο για το άροτρο και τον βαρύ καλλιεργητή, ενώ οι μετρήσεις για την δισκοσβάρνα έγιναν σε 3 ή 4 συνεχόμενα πειραματικά τεμάχια..

Στο σχήμα 3 απεικονίζεται ένα πειραματικό τεμάχιο, στο οποίο υπήρχε μόνο μια καλλιέργεια. Όπως φαίνεται στο 1/3 του τεμαχίου έγινε πρώτα η κατεργασία με άροτρο, στη συνέχεια πέρασε μια φορά η δισκοσβάρνα και τέλος ξαναπέρασε για δεύτερη φορά η δισκοσβάρνα. Η ίδια ακριβώς διαδικασία και με την ίδια σειρά επαναλήφθηκε και για τον βαρύ καλλιεργητή, με τη διαφορά πως δεν έγινε δεύτερο πέρασμα με τη δισκοσβάρνα. Στο υπόλοιπο 1/3 του τεμαχίου έγινε κατεργασία με 1^ο και 2^ο πέρασμα μόνο με δισκοσβάρνα, χωρίς να έχει προηγηθεί κάποια άλλη κατεργασία. Αυτή η διαδικασία επαναλήφθηκε για όλα τα τεμάχια του πειραματικού αγρού.


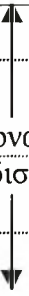
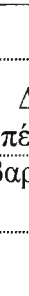
Άροτρο		Βαρύς καλλιεργητής
Δισκοσβάρνα 1^ο πέρασμα μετά από άροτρο	Δισκοσβάρνα 1^ο πέρασμα	Δισκοσβάρνα 1^ο πέρασμα μετά από βαρύ καλλιεργητή
Δισκοσβάρνα 2^ο πέρασμα μετά από άροτρο	Δισκοσβάρνα 2^ο πέρασμα	

Σχήμα 3. Απεικόνιση των μετρήσεων – εργασιών που έγιναν σε κάθε πειραματικό τεμάχιο.

Πιο συγκεκριμένα, κι όσον αφορά τη δισκοσβάρνα οι μετρήσεις έγιναν σε τρία ή τέσσερα συνεχόμενα πειραματικά τεμάχια. Αυτό φαίνεται καλύτερα στα σχήματα 4, 5 και 6 όπου απεικονίζονται τέσσερα συνεχόμενα τεμάχια και η αλληλουχία των κατεργασιών που έγιναν.

1 ^ο τεμάχιο	Άροτρο		Βαρύς καλλιεργητής	
2 ^ο τεμάχιο	Άροτρο		Βαρύς καλλιεργητής	
3 ^ο τεμάχιο	Άροτρο		Δισκοσβάρνα 1 ^ο πέρασμα	Βαρύς καλλιεργητής
4 ^ο τεμάχιο	Άροτρο		Βαρύς καλλιεργητής	

Σχήμα 4. Πρώτο στάδιο : Ξεχωριστή κατεργασία – μέτρηση, με άροτρο στο 1/3 κάθε τεμαχίου. Ξεχωριστή κατεργασία – μέτρηση, με βαρύ καλλιεργητή στο 1/3 κάθε τεμαχίου. Μονοκόμματη κατεργασία – μέτρηση, με δισκοσβάρνα στο 1/3 και των τεσσάρων τεμαχίων.

1 ^ο τεμάχιο						
2 ^ο τεμάχιο				Δισκοσβάρνα 1 ^ο πέρασμα	Δισκοσβάρνα 2 ^ο πέρασμα	Δισκοσβάρνα 1 ^ο πέρασμα μετά από βαρύ καλλιεργητή
3 ^ο τεμάχιο				μετά από άροτρο	μετά από δισκοσβάρνα	μετά από βαρύ καλλιεργητή
4 ^ο τεμάχιο						

Σχήμα 5. Δεύτερο στάδιο : Μονοκόμματη κατεργασία – μέτρηση, με δισκοσβάρνα, 1^ο πέρασμα μετά από άροτρο στο 1/3 και των τεσσάρων τεμαχίων. Μονοκόμματη κατεργασία – μέτρηση, με δισκοσβάρνα, 1^ο πέρασμα μετά από βαρύ καλλιεργητή στο 1/3 και των τεσσάρων τεμαχίων. Μονοκόμματη κατεργασία – μέτρηση, με δισκοσβάρνα, 2^ο πέρασμα μετά από δισκοσβάρνα 1^ο πέρασμα στο 1/3 και των τεσσάρων τεμαχίων.

1 ^ο τεμάχιο	↑		
2 ^ο τεμάχιο	Δισκοσβάρνα 2 ^ο πέρασμα		
3 ^ο τεμάχιο	μετά από άροτρο		
4 ^ο τεμάχιο	↓		

Σχήμα 6. Τρίτο στάδιο : Μονοκόμματη κατεργασία – μέτρηση, με δισκοσβάρνα, 2^ο πέρασμα μετά από δισκοσβάρνα 1^ο πέρασμα μετά από κατεργασία με άροτρο, στο 1/3 και των τεσσάρων τεμαχίων.

Οι μετρήσεις λαμβάνονταν με σταθερή ταχύτητα, για χρονικό διάστημα 10 δευτερόλεπτα. Αυτό μεταφράζεται σε λήψη μετρήσεων για μήκος 7 περίπου μέτρα για το άροτρο, 10 μέτρα για τον βαρύ καλλιεργητή, ενώ για την δισκοσβάρνα το διάστημα αυτό ήταν περίπου 25 μέτρα. Αυτή η διαφορά οφείλεται στην διαφορετική ταχύτητα που είχε ο ελκυστήρας για το κάθε παρελκόμενο (0,7 m/s για το άροτρο, 1,2 m/s για τον βαρύ καλλιεργητή και 2,5m/s για την δισκοσβάρνα). Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί πως όλες οι μετρήσεις έγιναν με πλήρες φορτίο, δηλαδή υπήρχε βύθιση του παρελκόμενου στο προβλεπόμενο βάθος εργασίας το οποίο ήταν 0,23m για το άροτρο, 0,18m για τον βαρύ καλλιεργητή και 0,08m για την δισκοσβάρνα. Έτσι, ενώ ξεκινούσε ο ελκυστήρας, η μέτρηση ξεκινούσε λίγα μέτρα μετά, όταν δηλαδή το παρελκόμενο είχε φτάσει στο σωστό και προβλεπόμενο για κάθε περίπτωση βάθος εργασίας.

Τα τελικά δεδομένα που δίνει ο φορητός Η/Υ, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, είναι σε δυαδική μορφή. Αυτά τα δεδομένα, που για κάθε μέτρηση το αρχείο είχε μέγεθος 2 Kb, μεταφέρθηκαν σε επιτραπέζιο υπολογιστή και με τη βοήθεια του προγράμματος DAS 20 μετατράπηκαν σε επεξεργάσιμη μορφή και εισήχθησαν σε φύλλα εργασίας του EXCEL και του LOTUS, όπου και επεξεργάστηκαν.

4. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος παρουσιάζονται ανά μηχάνημα, (άροτρο, βαρύς καλλιεργητής, δισκοσβάρνα), αλλά και σε σχέση με τις προηγούμενες καλλιέργειες, ενώ μετά γίνεται μια συνολική παρουσίαση και σύγκριση μεταξύ τους, υπό το πρίσμα βέβαια της ενέργειας που καταναλώνουν σε σχέση με την απόδοσή τους. Η λέξη απόδοση, θεωρητικά, αναφέρεται στο λόγο του παραγόμενου έργου προς την ενέργεια που καταναλώνεται (δηλαδή καύσιμα). Στη παρούσα εργασία η απόδοση είναι αντιστρόφως ανάλογη της ενέργειας που απαιτείται για την κατεργασία ενός στρέμματος.

Ακόμη γίνεται μια προσπάθεια να διαπιστωθεί αν και κατά πόσο επηρεάζεται η δύναμη / ενέργεια / ισχύ που απαιτείται για την κατεργασία του χωραφιού από τις καλλιέργειες των δυο τελευταίων ετών.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις για τις παραμέτρους που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος και οι οποίες είναι :

1. Η τελευταία καλλιέργεια, δηλαδή η καλλιέργεια που υπήρχε στο χωράφι, πριν γίνει η κατεργασία με το μηχάνημα που αναφέρεται (άροτρο, βαρύς καλλιεργητής, δισκοσβάρνα).

2. Η προηγούμενη καλλιέργεια, δηλαδή η καλλιέργεια που υπήρχε στο χωράφι την προηγούμενη χρονιά.

3. Η συνολική οριζόντια δύναμη, δηλαδή η δύναμη που πρέπει να ασκηθεί από τον ελκυστήρα, κατά την διεύθυνση κίνησής του, ούτως ώστε να υπερνικήσει την αντίσταση που προβάλλει το έδαφος. Η μονάδα μέτρησης είναι το N (Newton).

4. Η συνολική κατακόρυφη δύναμη, δηλαδή η δύναμη που ασκείται από το παρελκόμενο στον ελκυστήρα σε διεύθυνση κατακόρυφη προς την κίνηση του. Η μονάδα μέτρησης είναι το N (Newton).

5. Η συνολική πλάγια δύναμη, δηλαδή η δύναμη που ασκείται από το παρελκόμενο στον ελκυστήρα σε διεύθυνση κάθετη προς την κίνηση του. Έτσι, αν η ένδειξη είναι θετική τότε το παρελκόμενο τείνει να στραφεί προς τα δεξιά ως προς την διεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα, ενώ αν είναι αρνητική, τότε το παρελκόμενο τείνει να στραφεί προς τα αριστερά. Η μονάδα μέτρησης είναι το N (Newton).

6. Η ισχύς που απαιτείται για να κινηθεί το παρελκόμενο, υπερνικώντας την αντίσταση του εδάφους. Η ισχύς υπολογίζεται με τον πολλαπλασιασμό της συνολικής οριζόντιας δύναμης με την ταχύτητα κίνησης του ελκυστήρα. Η μονάδα μέτρησης είναι το kW (kilo Watt).

7. Η ειδική αντίσταση του εδάφους είναι η δύναμη της αντίστασης του εδάφους ανεξάρτητα του πλάτους και του βάθους κοπής του παρελκόμενου, εφόσον υπολογίζεται κι εκφράζεται ανά τετραγωνικό μέτρο εδάφους. Πιο συγκεκριμένα, το κάθε παρελκόμενο έχει ένα πλάτος κι ένα βάθος κοπής. Αν, αυτά πολλαπλασιαστούν, τότε μας δίνουν την επιφάνεια του προφίλ του εδάφους που κόβει το παρελκόμενο. Ο λόγος της συνολικής οριζόντιας δύναμης προς την επιφάνεια του προφίλ του εδάφους που κόβει το παρελκόμενο μας δίνει την ειδική αντίσταση του εδάφους η οποία έχει μονάδα μέτρησης το kW/m^2 . Με αυτό τον τρόπο γίνεται δυνατή η σύγκριση της ισχύος που απαιτούν τα παρελκόμενα που :

⇒ είναι διαφορετικά μεταξύ τους.

⇒ είναι ίδια αλλά έχουν διαφορετικό πλάτος και βάθος κοπής.

⇒ είναι ίδια, έχουν το αυτό πλάτος και βάθος αλλά προέρχονται από διαφορετικό κατασκευαστή και θέλουμε να τα συγκρίνουμε.

8. Η ενέργεια που απαιτείται για 1 στρέμμα είναι ένας ακόμη τρόπος για να συγκριθούν, ενεργειακά, διάφορα παρελκόμενα (και κατ' επέκταση διαφορετικές καλλιεργητικές τεχνικές). Η διαφορά αυτής της μεταβλητής είναι πως αναφέρεται σε ένα πιο «χειροπιαστό» και καθημερινό παράγοντα όπως είναι το στρέμμα. Η μονάδα μέτρησης είναι η kWh (κιλοβατώρα).

Επίσης, παρουσιάζονται και κάποιοι άλλοι πίνακες οι οποίοι αναφέρονται στα αποτελέσματα των t-Tests που έγιναν, προκειμένου να διαπιστωθεί αν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά οι μέσοι όροι, για το ίδιο παρελκόμενο, της συνολικής οριζόντιας δύναμης ανάλογα με τις καλλιέργειες των δυο τελευταίων ετών.

4.1. Άροτρο.

Το άροτρο που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα τετράννο με πλάτος κοπής 1,2 m και βάθος εργασίας 0,23 m, ενώ η μέση ταχύτητα που κινήθηκε ο ελκυστήρας ήταν 0,8 m/s, δίνοντας έτσι μια θεωρητική απόδοση 3,5 στρέμματα / ώρα. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις για τις παραμέτρους που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τα t-Tests που έγιναν προκειμένου να διαπιστωθεί αν οι μέσοι όροι του πίνακα 1 διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά. Αν συνέβαινε αυτό θα έπρεπε τα αποτελέσματα των t-Tests να είναι μεγαλύτερα από την Ε.Σ.Δ. η όποια για αυτήν την περίπτωση είναι 1,95. Αυτό όμως δεν συμβαίνει, κι έτσι μπορούμε να πούμε πως οι μέσοι όροι του πίνακα 1 για το όργωμα, αν και διαφέρουν αρκετά σε απόλυτα νούμερα, δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά και κατά συνέπεια οι προηγούμενες καλλιέργειες δεν επηρεάζουν την δύναμη που απαιτείται για την καλλιέργεια του αγρού με άροτρο.

Προηγούμενη Καλλιέργεια	Τελευταία καλλιέργεια	Συνολική οριζόντια δύναμη (Μ.Ο.)	Συνολική κατακόρυφη δύναμη (Μ.Ο.)	Πλάγια δύναμη (Μ.Ο.)	Ισχύς που απαιτείται	Ειδική αντίσταση εδάφους	Ενέργεια που απαιτείται για 1στρέμα
		N	N	N	kW	kN/m ²	kWh
Βαμβάκι	Καλαμπόκι						
Μέσος όρος (1)		33598.4	8821.6	-1118.8	26.9	121.7	7.8
Τ. απόκλιση (1)		6720.8	624.2	888.9	5.4	24.4	1.6
Βαμβάκι	Βαμβάκι						
Μέσος όρος (2)		39076.7	8682.7	-1297.6	31.3	141.6	9.0
Τ. απόκλιση (2)		8356.1	474.9	1084.5	6.7	30.3	1.9
Σιτάρι	Βαμβάκι						
Μέσος όρος (3)		38709.6	9079.7	-1436.6	31.0	140.3	9.0
Τ. απόκλιση (3)		9716.6	800.3	943.7	7.8	35.2	2.2
Σιτάρι	Τεύτλα						
Μέσος όρος (4)		40197.8	9613.3	-989.8	32.2	145.6	9.3
Τ. απόκλιση (4)		4699.3	240.8	362.6	3.8	17.0	1.1
Βαμβάκι	Τεύτλα						
Μέσος όρος (5)		48903.2	9436.0	-2261.1	39.2	177.2	11.3
Τ. απόκλιση (5)		14177.1	462.5	175.6	11.4	51.4	3.3

Πίνακας 2. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις για το όργωμα ανάλογα με τις καλλιέργειες των δύο τελευταίων ετών. Όπου αναφέρεται N είναι Newton, kW είναι kilo Watt και kWh είναι κιλοβατώρες.

Καλλιέργεια	Συνολική Οριζόντια Δύναμη	Συνολική κατακόρυφη δύναμη	Πλάγμα δύναμη	Απαιτούμενη ισχύ	Ειδική αντίσταση	Ενέργεια που απαιτείται για 1 στρέμμα
Βαμβάκι / καλαμπόκι -Βαμβάκι /βαμβάκι	0.17	0.62	0.78	0.17	0.17	0.17
Βαμβάκι /καλαμπόκι -Στάρι / βαμβάκι	0.24	0.48	0.56	0.24	0.24	0.24
Βαμβάκι /καλαμπόκι -Στάρι / τεύτλα	0.08	0.01	-	0.08	0.08	0.08
Βαμβάκι /καλαμπόκι -Βαμβάκι / τεύτλα	0.27	0.04	0.12	0.27	0.27	0.27
Βαμβάκι / βαμβάκι -Στάρι / βαμβάκι	0.94	0.25	0.83	0.94	0.94	0.94
Βαμβάκι / βαμβάκι -Στάρι / Τεύτλα	0.77	0.00	0.58	0.77	0.77	0.77
Βαμβάκι / βαμβάκι - Βαμβάκι / Τεύτλα	0.27	0.04	0.12	0.27	0.27	0.27
Στάρι / βαμβάκι -Στάρι / τεύτλα	0.73	0.12	0.34	0.73	0.73	0.73
Στάρι / βαμβάκι - Βαμβάκι / Τεύτλα	0.26	0.35	0.09	0.26	0.26	0.26
Στάρι / Τεύτλα -Βαμβάκι / τεύτλα	0.31	0.53	0.01	0.31	0.31	0.31

Πίνακας 3. Αποτελέσματα των t-Tests για το όργωμα, ανάλογα τις καλλιέργειες των δυο τελευταίων ετών. Στην πρώτη στήλη παρουσιάζονται οι καλλιέργειες που συγκρίνονται. Δηλαδή : προηγούμενη καλλιέργεια (1) / τελευταία καλλιέργεια (1) - προηγούμενη καλλιέργεια (2) / τελευταία καλλιέργεια (2).

4.2. Βαρός καλλιεργητής.

Ο καλλιεργητής που χρησιμοποιήθηκε είχε πλάτος εργασίας 2,5 m και βάθος εργασίας 0,18 m, ενώ ο ελκυστήρας κινήθηκε με μια μέση ταχύτητα 1,2 m/sec, δίνοντας έτσι μια θεωρητική απόδοση 10,8 στρέμματα / ώρα. Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις για τις παραμέτρους που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τα t-Tests που έγιναν προκειμένου να διαπιστωθεί αν οι μέσοι όροι του πίνακα 4 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Αν συνέβαινε αυτό θα έπρεπε τα αποτελέσματα των t-Tests να είναι μεγαλύτερα από την Ε.Σ.Δ. η όποια για αυτήν την περίπτωση είναι 1,95. Αυτό όμως δεν συμβαίνει, κι έτσι μπορούμε να πούμε πως οι μέσοι όροι του πίνακα 4 για τον βαρύ καλλιεργητή, αν και διαφέρουν σε απόλυτα νούμερα, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά και κατά συνέπεια οι προηγούμενες καλλιέργειες δεν επηρεάζουν την δύναμη που απαιτείται για την καλλιέργεια του αγρού με βαρύ καλλιεργητή.

Προηγούμενη Καλλιέργεια	Τελευταία καλλιέργεια	Συνολική οριζόντια δύναμη (Μ.Ο.) N	Συνολική κατακόρυφη δύναμη (Μ.Ο.) N	Πλάγια δύναμη (Μ.Ο.) N	Ισχύς που απαιτείται kW	Ειδική αντίσταση εδάφους kNt/m ²	Ενέργεια που απαιτείται για Ισχύρμα kWh
Βαμβάκι	Βαμβάκι						
Μέσος όρος (1)		46064,6	5715,2	-839,5	55,3	102,4	5,1
Τ. απόκλιση (1)		4635,5	663,5	236,1	5,6	10,3	0,5
Σιτάρι	Βαμβάκι						
Μέσος όρος (2)		46565,3	5594,6	-874,4	55,9	103,5	5,2
Τ. απόκλιση (2)		3822,3	717,4	363,0	4,6	8,5	0,4
Σιτάρι	Τεύτλα						
Μέσος όρος (3)		47761,4	6258,4	-637,3	57,3	106,1	5,3
Τ. απόκλιση (3)		6230,6	704,5	280,8	7,5	13,8	0,7
Βαμβάκι	Καλαμπόκι						
Μέσος όρος (4)		45669,7	5497,5	-781,9	54,8	101,5	5,1
Τ. απόκλιση (4)		1865,5	416,1	308,9	2,2	4,1	0,2
Βαμβάκι	Τεύτλα						
Μέσος όρος (5)		47711,3	5165,2	-609,9	57,3	106,0	5,3
Τ. απόκλιση (5)		5159,6	559,6	130,5	6,2	11,5	0,6

Πίνακας 4. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις για βαρύ καλλιεργητή, ανάλογα με τις καλλιέργειες των δύο τελευταίων ετών. Όπου αναφέρεται N είναι Newton, kW είναι kilo Watt και kWh είναι κιλοβατώρες.

Καλλιέργεια	Συνολική οριζόντια	Συνολική κατακόρυφη	Πλάγια δύναμη	Απαιτούμενη ισχύ	Ειδική αντίσταση	Ενέργεια που απαιτείται
Βαμβάκι / βαμβάκι - Στάρι / βαμβάκι	0,82	0,73	0,89	0,82	0,82	0,82
Βαμβάκι / βαμβάκι - Στάρι / τεύτλα	0,65	0,25	0,48	0,65	0,65	0,65
Βαμβάκι / βαμβάκι -Βαμβάκι / καλαμπόκι	0,83	0,45	0,80	0,83	0,83	0,83
Βαμβάκι / βαμβάκι -Βαμβάκι / Τεύτλα	0,61	0,17	0,18	0,61	0,61	0,61
Στάρι / βαμβάκι -Στάρι / τεύτλα	0,74	0,18	0,48	0,74	0,74	0,74
Στάρι / βαμβάκι -Βαμβάκι / καλαμπόκι	0,56	0,75	0,75	0,56	0,56	0,56
Στάρι / βαμβάκι -Βαμβάκι / Τεύτλα	0,71	0,29	0,34	0,71	0,71	0,71
Στάρι / τεύτλα -Βαμβάκι / καλαμπόκι	0,55	0,12	0,63	0,55	0,55	0,55
Στάρι / τεύτλα -Βαμβάκι / Τεύτλα	0,78	0,16	0,92	0,78	0,78	0,78
Βαμβάκι / καλαμπόκι -Βαμβάκι / Τεύτλα	0,49	0,34	0,46	0,49	0,49	0,49

Πίνακας 5. Αποτελέσματα των t-Tests για τον βαρύ καλλιεργητή, ανάλογα με τις καλλιέργειες των δυο τελευταίων ετών. Στην πρώτη στήλη παρουσιάζονται οι καλλιέργειες που συγκρίνονται. Δηλαδή : προηγούμενη καλλιέργεια (1) / τελευταία καλλιέργεια (1) - προηγούμενη καλλιέργεια (2) / τελευταία καλλιέργεια (2).

4.3. Δισκοσβάρνα.

Η δισκοσβάρνα που χρησιμοποιήθηκε είχε πλάτος εργασίας 2,5 m και βάθος εργασίας 0,08 m, ενώ ο ελκυστήρας κινήθηκε με μια μέση ταχύτητα 2,5 m/s, δίνοντας έτσι μια θεωρητική απόδοση 22,5 στρέμματα / ώρα. Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις για τις παραμέτρους που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος. Στην περίπτωση της δισκοσβάρνας δεν αναφέρονται οι προηγούμενες καλλιέργειες για τον εξής λόγο : η ταχύτητα με την οποία κινούταν η δισκοσβάρνα ήταν πολύ μεγάλη για να περιοριστεί η μέτρηση σε ένα μόνο πειραματικό τεμάχιο. Έτσι η μέτρηση έγινε σε τρία ή τέσσερα συνεχόμενα τεμάχια τα οποία, όπως φαίνεται και στα σχήματα 1 και 2, δεν είχαν (σελ 28) και τις ίδιες καλλιέργειες.

Έτσι, όταν αναφέρεται στην στήλη κατεργασία του πίνακα 6 η λέξη δισκοσβάρνα σημαίνει πως έγινε κατεργασία με δισκοσβάρνα χωρίς να προηγηθεί κάποια άλλη κατεργασία. Δισκοσβάρνα 2^ο πέρασμα σημαίνει δισκοσβάρνα μετά από δισκοσβάρνα, (κατεργασία που περιγράφηκε πιο πάνω).

Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τα t-Tests που έγιναν προκειμένου να διαπιστωθεί αν οι μέσοι όροι του πίνακα 6 διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά. Αν συνέβαινε αυτό θα έπρεπε τα αποτελέσματα των t-Tests να είναι μεγαλύτερα από την Ε.Σ.Δ. η οποία για αυτήν την περίπτωση είναι 1,95. Αυτό όμως δεν συμβαίνει, κι έτσι μπορούμε να πούμε πως οι μέσοι όροι του πίνακα 6 για την δισκοσβάρνα, αν και διαφέρουν σε απόλυτα νούμερα, δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά και κατά συνέπεια οι προηγούμενες καλλιέργειες δεν επηρεάζουν την δύναμη που απαιτείται για την καλλιέργεια του αγρού με δισκοσβάρνα.

Κατεργασία	Συνολική οριζόντια δύναμη (Μ.Ο.) N	Συνολική κατακόρυφη δύναμη (Μ.Ο.) N	Πλάγια δύναμη (Μ.Ο.) N	Απαιτούμενη ισχύ kW	Ειδική αντίσταση εδάφους kN/m ²	Ενέργεια που απαιτείται για Ιστρέμα kWh
Δισκοσβάρνα 1 ^ο πέρασμα						
Μέσος όρος (1)	5251,6	3962,3	223,8	13,1	26,3	0,6
Τυπική απόκλιση (1)	1081,0	5109,4	432,0	2,7	5,4	0,1
Δισκοσβάρνα 2ο πέρασμα						
Μέσος όρος (2)	4583,5	2482,3	67,2	11,5	22,9	0,5
Τυπική απόκλιση (2)	633,6	278,0	941,1	1,6	3,2	0,1
Δισκοσβάρνα μετά από βαρύ καλλιεργητή						
Μέσος όρος (3)	4943,5	2166,1	-192,5	12,4	24,7	0,5
Τυπική απόκλιση (3)	668,5	515,0	239,5	1,7	3,3	0,1
Δισκοσβάρνα μετά από όργωμα						
Μέσος όρος (4)	6434,3	2538,1	326,5	16,1	32,2	0,7
Τυπική απόκλιση (4)	780,4	531,9	-	2,0	3,9	0,1
Δισκοσβάρνα 2ο πέρασμα μετά από όργωμα						
Μέσος όρος (5)	5012,8	2297,0	-20,3	12,5	25,1	0,6
Τυπική απόκλιση (5)	272,7	357,6	127,9	0,7	1,4	0,0

Πίνακας 6. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις για την δισκοσβάρνα, ανάλογα με την κατεργασία. Όπου αναφέρεται N είναι Newton, kW είναι kilo Watt και kWh είναι κιλοβατώρες.

Καλλιέργεια	Συνολική	Συνολική	Πλάγια	Απαιτούμενη	Ειδική	Ενέργεια
	οριζόντια	κατακόρυφη	δύναμη	ισχύ	αντίσταση	που απαιτείται
Δισκοσβάρνα 1 ^ο πέρασμα -Δισκοσβάρνα 2 ^ο πέρασμα	0,16	0,51	0,85	0,16	0,16	0,16
Δισκοσβάρνα 1 ^ο πέρασμα -Δισκοσβάρνα μετά από βαρύ καλλιεργητή	0,53	0,39	0,13	0,53	0,53	0,53
Δισκοσβάρνα 1 ^ο πέρασμα -Δισκοσβάρνα μετά από άροτρο	0,04	0,49	-	0,04	0,04	0,04
Δισκοσβάρνα 1 ^ο πέρασμα -Δισκοσβάρνα 2 ^ο πέρασμα μετά από άροτρο	0,59	0,42	0,30	0,59	0,59	0,59
Δισκοσβάρνα 2 ^ο πέρασμα -Δισκοσβάρνα μετά από βαρύ καλλιεργητή	0,33	0,18	0,76	0,33	0,33	0,33
Δισκοσβάρνα 2 ^ο πέρασμα -Δισκοσβάρνα μετά από άροτρο	0,00	0,86	-	0,00	0,00	0,00
Δισκοσβάρνα 2 ^ο πέρασμα -Δισκοσβάρνα 2 ^ο πέρασμα μετά από άροτρο	0,17	0,36	0,92	0,17	0,17	0,17
Δισκοσβάρνα μετά από βαρύ καλλιεργητή -Δισκοσβάρνα μετά από άροτρο	0,00	0,29	-	0,00	0,00	0,00
Δισκοσβάρνα μετά από βαρύ καλλιεργητή -Δισκοσβάρνα 2 ^ο πέρασμα μετά από άροτρο	0,79	0,59	0,37	0,79	0,79	0,79
Δισκοσβάρνα μετά από άροτρο -Δισκοσβάρνα 2 ^ο πέρασμα μετά από άροτρο	0,00	0,65	-	0,00	0,00	0,00

Πίνακας 7. Αποτελέσματα των t - Tests για την δισκοσβάρνα, ανάλογα με την προηγούμενη καλλιεργητική τεχνική.

Συνοψίζοντας όλους τους παραπάνω πίνακες, μπορεί να γίνει μια συνοπτική αναφορά και παρουσίαση των μέσων όρων της ενέργειας και της απόδοσης των μηχανημάτων που μετρήθηκαν. Έτσι βγαίνει ο πίνακας 8, στον οποίο φαίνονται οι σημαντικές διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των μηχανημάτων, όσον αφορά την απαιτούμενη ισχύ, την απόδοση και τις ενεργειακές ανάγκες τους.

Κατεργασία	Ταχύτητα εργασίας	Βάθος εργασίας	πλάτος εργασίας	Απαιτούμενη ισχύ	Ειδική ανένταση εδάφους	Θεωρητική απόδοση	Ενέργεια που απαιτείται για 1στρέμα
				Μέσος όρος	μέσος όρος	μέσος όρος	μέσος όρος
	m/sec	m	m	Kw	KNt/m ²	στρ./h	Kwh
Άροτρο	0,8	0,2	1,2	31,2	141,2	3,5	9,0
Βαρύς καλλιεργητής	1,2	0,2	2,5	55,8	103,4	10,8	5,2
Δισκοσβάρνα	2,5	0,1	2,5	13,2	26,4	22,5	0,6

Πίνακας 8. Μέσοι όροι της κατανάλωσης και απόδοσης για το άροτρο, την δισκοσβάρνα και τον βαρύ καλλιεργητή.

5. Συμπεράσματα

Θεωρώντας τα αποτελέσματα του πειράματος αρκετά κοντά στην πραγματικότητα και τουλάχιστον ενδεικτικά των δυνάμεων που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια των συγκεκριμένων καλλιεργητικών κατεργασιών, θα μπορούσαμε να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα :

1. Είναι γνωστό, πως το όργωμα είναι η πιο ενεργοβόρα εργασία της γεωργίας. Έτσι σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων και συγκριτικά πάντα με κάποια άλλη καλλιεργητική τεχνική (βλ. βαρύς καλλιεργητής), φαίνεται πως θα πρέπει να συντρέχουν κάποιοι πολύ ιδιαίτεροι λόγοι για να χρησιμοποιηθεί το άροτρο αφού μπορεί να επιτευχθεί το ίδιο σχεδόν αποτέλεσμα στο 1/3 του χρόνου και με την μισή περίπου ενέργεια, χρησιμοποιώντας έναν βαρύ καλλιεργητή αντί για άροτρο.

Αυτό δεν σημαίνει πως πρέπει να καταργηθεί η χρήση του αρότρου, αλλά εφόσον αποδεικνύεται το πόσο ενεργοβόρο κι αργό είναι σε σχέση με τον καλλιεργητή, κάτω από τις παρούσες συνθήκες θα πρέπει να γίνεται μια πιο συνετή κι ορθολογιστική χρήση του. Δηλαδή, μόνο στις περιπτώσεις που πραγματικά χρειάζεται ή όταν δεν μπορεί κάποιο άλλο εργαλείο να το αντικαταστήσει. Αυτά τα συμπεράσματα έρχονται σε πλήρη εναρμόνιση με την γενική τάση για μείωση των εισροών στην γεωργία, ούτως ώστε να παραμείνει ανταγωνιστικός ο αγροτικός τομέας.

2. Όσον αφορά την σύγκριση της ενέργειας που απαιτείται για την κατεργασία του εδάφους, με το ίδιο μηχάνημα, μετά από διαφορετικές καλλιέργειες, μπορεί να υπογραμμιστεί το γεγονός πως ενώ υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ διαφορετικών καλλιεργειών, όσον αφορά τις απόλυτες τιμές δύναμης, εντούτοις, δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Έτσι, μπορεί να βγει το συμπέρασμα πως ενώ η καλλιέργεια της προηγούμενης χρονιάς επηρεάζει την ενέργεια που απαιτείται για την κατεργασία-προετοιμασία του εδάφους, δεν την επηρεάζει σε τέτοιο βαθμό ώστε να θεωρείται καθοριστική.

3. Όσον αφορά τη δισκοσβάρνα θα πρέπει να σημειωθεί πως είναι ένα μηχάνημα που χρησιμοποιείται, σε ένα μεγάλο ποσοστό, για τη δευτερογενή κατεργασία του εδάφους. Δηλαδή, όσον αφορά την καλλιέργεια του βαμβακιού, η χρήση της δισκοσβάρνας θα γίνει μετά από το άροτρο ή τον καλλιεργητή προκειμένου να γίνει κάποια επιφανειακή κατεργασία του εδάφους, όπως π.χ. το σπάσιμο της επιφανειακής κρούστας.

Αυτό που θα πρέπει να παρατηρηθεί είναι πως η ενέργεια, που απαιτεί η δισκοσβάρνα, μειώνεται στο δεύτερο πέρασμα, όπως φαίνεται και στον πίνακα 6 (σελ. 38). Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως η μείωση της ενέργεια που απαιτείται, κατά το 2^ο πέρασμα, οφείλεται στη χαλάρωση και ψιλοχωμάτισμα του εδάφους που έχει επιτευχθεί κατά το 1^ο πέρασμα. Κάτι που δεν είναι εμφανές αλλά παρόλα αυτά αποτελεί σημαντικό στοιχείο, είναι πως αυτή η μείωση της απαιτούμενης ενέργειας δεν συνεχίζεται στο 3^ο ή στο 4^ο πέρασμα γιατί το έδαφος χαλαρώνει υπερβολικά, με αποτέλεσμα να αυξάνεται το βάθος εργασίας και κατά συνέπεια και η απαιτούμενη ενέργεια.

6. Βιβλιογραφία

1. ASAE (1988) Standards.
2. Barker G.L. (1981) Three Point Hitch Dynamometer for Directional Force Measurement. ASAE paper 81-1044.
3. Chaplin J., Lueders M and. Zhao Y. (1987). Three point Hitch Dynamometer Design and Calibration. Appl Eng. In Agr. Vol. 3(1) p. 10.
4. Γαλανοπούλου Σ. (1995). Ειδική Γεωργία ΙΙ – Σημειώσεις – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος. p. 23
5. Γεωργική Τεχνολογία (1991). Η συζήτηση για το όργωμα. p. 55-60.
6. Γέμτος Θ.Α. Τσιρίκογλου Θ.Ι. Σχεδιασμός και διαμόρφωση ενός συστήματος μέτρησης και καταγραφής των εξασκούμενων δυνάμεων από γεωργικό ελκυστήρα σε αναρτώμενα γεωργικά μηχανήματα.
7. Γέμτος Θ. (1994). Γεωργική μηχανολογία – Σημειώσεις.
8. Doebelin E.O. (1983) Measurement Systems. Application and Design. Third edition. McGraw Hill International
9. GEMTOS T. A. (1992). Farm and farm machinery management.
10. Garmer T.H. Dodd R.B Peiper U.M. (1988) Force Analysis and Application of a Three Point Hitch Dynamometer. Trans ASAE 31(4) p.1047.
11. Godwin R.J. P.S.G. Magalhaes S.M. Miller R.K.Fry (1987) Instrumentation to Study the Force Systems and Vertical Dynamic Behaviour of Soil Engaging Implements J. Agr Engng Res (36). 301.
12. Hayes J.C. Agricultural Data Collection using a Briefcase Computer ASAE paper No Ser-86-304.
13. Johnson C.E. Voorhees W.B. (1979) A Force Dynamometer for Three Point Hitches. Trans ASAE 22(2) p.226.
14. Kendall C.K. Nachtigal C.L. Dooley J.H. (13. Kendall C.K. Nachtigal C.L. Dooley J.H. 1984) Three Point Hitch Dynamometer Data Acquisition System. ASAE paper 84-1596.
15. Kocher M.F. J.D. Sumners (1987) Design of Drawbar Transducers for Measuring Dynamic Forces. Trans ASAE p.70.

- 16.Luth H.J. Floyd V.G. Heise R.P. (1978) Evaluating Energy requirements of Machines in the Field. ASAE paper No 78-1588.
- 17.Lall R. (1959) Measurement of Forces on Mounted Implements. Trans ASAE 2(1) 109-111.
- 18.Palmer J. Automatic Collection of Data on Practical Use of Field Machines. ASAE paper No 84-1629.
- 19.Παπαθανασίου Ι. (1998). Πτυχιακή διατριβή με θέμα : «Σχεδιασμός, κατασκευή και δοκιμή ενός συστήματος οργάνων μέτρησης και καταγραφής δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ γεωργικού ελκυστήρα και αναρτημένων γεωργικών μηχανημάτων.»
- 20.Reid J.T. (1979) A System for Measuring Tractor Fuel Use on Small Plots. Trans ASAE p.57.
- 21.Scholtz D.C. (1966) A Three Point Linkage Dynamometer for Restrained Linkages J. Agr. Engng Res (11)33.
- 22.Smith L.A. G.L. Barker (1982) Equipment to Monitor field Energy Requirements. Trans. ASAE 28(6) p. 1556
- 23.Shropshire G.J. Woreman G.R. Bashford L.L. (1983) A Microprocessor Based Instrumentation System for Traction Studies. ASAE paper No 83-1048.
- 24.Upadhyaya S.K. Kemble L.J. Collins N.E. Camargo Fa.Jr. (1988) Accuracy of Mounted Implements Draft Prediction Using Shain Gages Mounted Directly on Three Point Linkage System. Trans ASAE p.40.
- 25.Zoerb G.C. (1963) A Strain Gage Dynamometer for Direct Horse Power Indications. Agr. Eng. August p. 434.

