

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ
& ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Αριθ. Πρωτ. 110

Ημερομηνία 22-6-1999

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιική εργασία του φοιτητή Χαράλαμπου Γεωργίου

**ΜΕ ΘΕΜΑ: ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ
ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΑ ΤΟΥ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ**

Επιβλέπων καθηγητής
Γέμτος

βαθμολογητές
Κίττας
Γούλας

Βόλος 1999



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

Αριθ. Εισ.: 3/Δ
Ημερ. Εισ.: 24-07-2003
Δωρεά: _____
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΓΦΖΠ
1999
ΓΕΩ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070067

Πρόλογος

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία αναφέρεται στις μελέτη των 5 κατεργασιών του εδάφους στην καλλιέργεια του καλαμποκιού. Το πειραματικό μέρος ολοκληρώθηκε περίπου δέκα μήνες και η συγγραφή της γύρω στους οχτώ. Ήταν μια ιδιαίτερα επίπονη εργασία τόσο εξαιτίας του μεγάλου όγκου των μετρήσεων όσο και εξαιτίας του προβλήματος δυσλεξίας που έχω και που επηρέασε καθορίσθηκα το χρόνο που πραγματοποιήθηκε η συγγραφή. Η γνώσης μου από υπολογιστές ήταν μηδαμινή το ίδιο ήταν και η εμπειρία μου για των τύπο των συγκεκριμένων μετρησιών που κλίθηκα να πραγματοποιήσω, και χωρίς την βοήθεια κάποιων αξιόλογων ανθρώπων ίσως δεν θα κατάφερα να την τελειώσω ποτέ. Ένα απλό ευχαριστώ δεν αξίζει τίποτα μπροστά στην βοήθεια που μου πρόσφεραν

Ευχαριστώ τον κύριο Γέμτο για την άψογοι συνεργασία και για της γνώσης που μου πρόσφερε.

Ευχαριστώ το ζεύγος Καβαλάρη που για την φιλία και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και για την πολύτιμο βοήθεια που μου πρόσφερε κατά την διάρκεια της πτυχιακής εργασίας. Τους εύχομαι κάθε ευτυχία.

Η πτυχιακή είναι αφιερωμένη στα παρακάτω άτομα:

Στη κοπέλα μου

Στους γονείς μου

Στο καλύτερο μου φίλο

Στα άτομα με προβλήματα δυσλεξίας και σε αυτούς που τα εντάσσουν στο κοινωνικό περιθώριο.

Μέρος 1

1.1 Εισαγωγή.....	4
1.2 Τι είναι η συμπίεση του εδάφους.....	4
1.3 Φυσικές ιδιότητες του εδάφους.....	4
1.3.1 Πορώδες και πυκνότητα.....	4
1.3.2 Διηθήσει του νερού.....	7
1.3.3 Η αντίσταση στην διεισδύσει.....	7
1.4 Συνέπειες της συμπίεσης του εδάφους.....	10
1.4.1 Ανάπτυξη και απόδοσή της καλλιέργειας.....	10
1.4.2 Βλάστηση του σπόρου.....	14
1.4.3 Ανάπτυξη της ρίζας.....	20
1.4.4 Επίδραση του εδαφικού αερισμού στην ανάπτυξη της ρίζας.....	23
1.4.5 Σχέσεις νερού -φυτού που επηρεάζονται από την ανάπτυξη των φυτών.....	24
1.4.6 Άρδευση και στράγγισή.....	24
1.4.7 Η αντίσταση του εδάφους στην κατεργασία και στη δημιουργία συσσωματωμάτων.....	26
1.5 Αιτίες της συμπίεσης.....	26
1.5.1 Πίεση από τροχούς και ερπύστριες.....	27
1.5.2 Πνευματικά ελαστικά.....	27
1.5.3 Άκαμπτοι τροχοί.....	30
1.5.4 Ερπυστριοφόρα οχήματα.....	33
1.6 Κατανομή των πιέσεων μέσα στο έδαφος.....	33
1.6.1 Πιέσεις από τα μηχανήματα κατεργασίας του έδαφος.....	38
1.7 Διατμητική παραμόρφωση του εδάφους υπό πίεση.....	39
1.7.1 Διατμητική παραμόρφωση κάτω από τα μηχανήματα έλξης.....	40
1.7.2 Η αντίδραση του εδάφους στις πιέσεις και στις παραμορφώσεις.....	43
1.7.3 Αλλαγές πυκνότητας που οφείλονται στις πιέσεις του εδάφους.....	43
1.8 Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη σχέση ανάμεσα στην πίεση του εδάφους και τη συνπιεστικότητα.....	43
1.9 Κατανομή των δράσεων της συμπίεσης στο έδαφος.....	49
1.9.1 Εδαφικός όγκος που χάνεται κατά την συμπίεση.....	51
1.9.2 Αναλογία βάθους -πλάτους αύλακας.....	52
1.9.3 Αυξανόμενο συνολικό φορτίο με την πίεση να διατηρείται σταθερή.....	54
1.9.4 Μείωση της εδαφικής πίεσης με σταθερό το συνολικό φορτίο.....	55
1.10 Ελαχιστοποίηση, αντιστάθμιση ή απομάκρυνση των επιπτώσεων της εδαφικής συμπίεσης.....	56
1.10.1 Το βάρος του γεωργικού εξοπλισμού.....	56
2. Μηχανήματα κατεργασίας εδάφους.....	67
2.1 Σκοποί της κατεργασίας του εδάφους.....	67
2.2 Εργαλεία κατεργασίας εδάφους.....	67
2.3 Μηχανήματα πρωτογενούς κατεργασίας.....	68
2.3.1 Άροτρα.....	68
2.3.2 Υνάροτρα.....	68
2.3.1.2 Δισκάροτρο.....	69
2.3.2 Καλλιεργητής.....	69
2.3.3 Υπεδαφοκαλλιεργητής.....	69
2.4 Μηχανήματα δευτερογενής κατεργασίας.....	70

	<i>Σελίδες</i>
2.4.1 Περιστροφικός καλλιεργητής.....	70
2.4.2 Ελαφρύ καλλιεργητές.....	71
2.4.3 Σβάρνες.....	71
2.4.2 Φρέζες.....	72

3. Καλαμπόκι

3.1 Μορφολογία ανάπτυξη.....	73
3.2 Οικολογικές απαιτήσεις.....	74
3.3 Καλλιεργητικές φροντίδες.....	75
3.3.1 Αμειψισπορά.....	75
3.3.2 Προετοιμασία του εδάφους.....	75
3.3.3 Σπορά.....	75
3.3.4 Λίπανση.....	76
3.3.5 Άδρευση.....	76
3.3.6 Καταπολέμηση ζιζανίων.....	76
3.3.7 Συγκομιδή.....	76

Μέρος 2

Μηχανήματα κατεργασίας εδάφους

4.1 Υλικά και μέθοδοι.....	77
4.2 Μετρήσεις.....	78
4.2.1 Ποσότητα ζιζανίων.....	79
4.2.2. Ιδιότητες του εδάφους.....	79
4.2.3 Χαρακτηριστικά στην ανάπτυξη του καλαμποκιού.....	80

5. Αποτελέσματα

5.1 Ξηρή βιομάζα ζιζανίων.....	83
5.2 Αποτελέσματα από την μελέτη της επίδρασης των κατεργασιών στην φυσικές ιδιότητες του εδάφους.....	85
5.2.1 Μελέτη της υγρασίας στο έδαφος.....	86
5.2.2 Φαινομενική πυκνότητα.....	88
5.2.3 Αντοχή του εδάφους στη διάτμηση.....	89
5.2.4 Αντίσταση στην διείσδυση.....	92

6.1 Μελέτη της επίδρασης των κατεργασιών στο καλαμπόκι

6.1.1 Μελετή της επίδρασης των διαφορετικών κατεργασιών εδάφους στο φύτεμα των φυτών του αραβόσιτου.....	97
6.1.2 Μελέτη του αριθμού φύλων ανά φυτό.....	100
6.1.3 Εξέλιξη του ύψους του αραβόσιτου.....	102
6.1.4 Εξέλιξη της εμφάνισης της αρσενικής ταξιανθίας.....	104
6.1.5 Εξέλιξη των σπαδικών.....	107
6.1.6 Αριθμός συγκομιζόμενων σπαδικών.....	109
6.1.7 Βάρος συγκομιζόμενων σπαδικών.....	110
6.1.8 Βάρος σπόρου (υγρασία συγκομιδής).....	110
6.1.9 Υγρασία σπόρου.....	111
6.1.10 Απόδοση σπόρου.....	111

Συμπεράσματα..... 113

Διαγράμματα..... 116

Βιβλιογραφία

ΜΕΡΟΣ 1^ο

1. ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

1.1. Εισαγωγή

Η συμπίεση του εδάφους των καλλιεργειών αποτελεί αντικείμενο ενδιαφέροντος για τους αγρότες, τους κατασκευαστές του γεωργικού εξοπλισμού και τους ερευνητές για πολλά χρόνια. Η συμπίεση συνδέεται με μικρές αποδόσεις, με προβλήματα στην άρδευση, τη διήθηση του νερού και τη στράγγιση καθώς και με αυξημένες δυνάμεις για την κατεργασία. Η βιομηχανία των αγροτικών μηχανημάτων επιθυμεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις των αγοραστών για μεγαλύτερα μηχανήματα τα οποία πέρα από την υψηλότερη απόδοση, εφαρμόζουν στο έδαφος μεγαλύτερα φορτία, μεγαλύτερες πιέσεις και δυνάμεις. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης των κατεργασιών στα φυτά και στο έδαφος. Για τον σκοπό αυτό εγκαταστάθηκε στο αγρόκτημα του πανεπιστημίου Θεσσαλίας ένα τριετές πείραμα για την διερεύνηση της επίδρασης 5 διαφορετικών μεθόδων κατεργασίας του εδάφους, στις φυσικές ιδιότητες αυτού καθώς και στην ανάπτυξη διαφόρων κατεργασιών. Στη παρούσα εργασία περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα από το 1^ο έτος πειραματισμού που αφορούν την καλλιέργεια του καλαμποκιού. Το κείμενο που ακολουθεί αναφέρεται στην συμπίεση του εδάφους από τον γεωργικό εξοπλισμό και αποτελεί ένα βοήθημα που έχει σαν σκοπό να μας εξοικειώσει τόσο με τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους όσο και με τον τρόπο που μεταβάλλονται αυτές από την χρήση του γεωργικού εξοπλισμού και τα καλλιεργούμενα φυτά, δίνοντας της απαιτούμενες εισαγωγικές γνώσεις που θα χρησιμεύουν αργότερα στην κατανόηση και την ερμηνεία των δεδομένων του πειράματος.

1.2. ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Ο συνολικός εδαφικός όγκος αποτελείται από τους ορυκτούς κόκκους του εδάφους και τους πόρους μεταξύ των κόκκων. Οι πόροι του εδάφους είναι συνήθως γεμάτοι με νερό ή αέρα. Το έδαφος είναι συμπιεσμένο όταν η αναλογία του συνολικού πορώδους (η των γεμάτων αέρα πόρων) προς το συνολικό εδαφικό όγκο είναι ανεπαρκής για τη μέγιστη ανάπτυξη της καλλιέργειας ή για την ικανοποιητική κατεργασία του εδάφους. Για την ανεπαρκή ανάπτυξη των καλλιεργειών και για τη σκληρή όψη του εδάφους συχνά ευθύνεται η συμπίεση, όμως ποσοτικές μετρήσεις είναι απαραίτητες για την ακριβή διάγνωση του προβλήματος. Η συμπίεση του εδάφους σχετίζεται με τους όρους του πορώδους της πυκνότητας, της διήθησης και της αντίστασης στη διείδυση.

1.3. Φυσικές ιδιότητες του εδάφους

1.3.1. Πορώδες και πυκνότητα

Οι μεγαλύτεροι πόροι του εδάφους συνήθως καταλαμβάνονται με αέρα, οι μικρότεροι πόροι με νερό. Η πιο άμεση ποσοτική μέτρηση της συμπίεσης του εδάφους είναι η ξηρή φαινομενική πυκνότητα (DBD) του εδάφους. Η ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους

είναι η μάζα του ξηρού εδάφους ανά μονάδα συνολικού όγκου εδάφους σε g/cm^3 εδάφους. Η μέτρηση της DBD με αυτές τις μονάδες μπορεί εύκολα να συγκριθεί με την πυκνότητα του νερού (1g/cm^3).

Το πορώδες (P) του εδάφους είναι ο λόγος του συνολικού (αέρας και νερό) όγκου των πόρων προς τη συνολική πυκνότητα των εδαφικών κόκκων και συνήθως εκφράζεται επί τοις εκατό (%). Το πορώδες μπορεί να καθορισθεί, όταν είναι γνωστή η φαινομενική πυκνότητα με τον ακόλουθο τύπο.

$$\text{Πορώδες} = \frac{1 - \text{DBD}}{\text{DSC}}$$

όπου DBD = φαινομενική πυκνότητα του εδάφους

DSC = Η πυκνότητα των στερεών κόκκων του εδάφους.

Για τα περισσότερα ανόργανα εδάφη η DSC έχει τιμή που κυμαίνεται από 2.55 ως 2.70 (g/cm^3) ή (159 ως 168 lb/ft^3) και όταν δεν έχουμε συγκεκριμένες πληροφορίες η DSG λαμβάνεται ίση με την τιμή 2.65 g/cm^3 (165 lb/ft^3).

Το πορώδες είναι ο πιο σημαντικός όρος που χρησιμοποιείται στη συζήτηση για τη συμπίεση του εδάφους γιατί περιγράφει άμεσα την αναλογία του εδαφικού όγκου που είναι διαθέσιμος για τις ρίζες των φυτών το νερό και τον αέρα που αυτές χρειάζονται.

Η αναλογία του συνολικού όγκου του εδάφους που περιέχει τους γεμάτους αέρα πόρους (air - filled pores PA) μπορεί να βρεθεί χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{PA} = \frac{\text{Όγκος των πόρων με αέρα}}{\text{Συνολικός όγκος εδάφους}} = \text{Πορώδες} - \frac{\text{DBD} \times \text{MC}}{\text{Πυκνότητα νερού}}$$

όπου MC είναι η περιεκτικότητα σε υγρασία η οποία προσδιορίζεται ως εξής:

$$\text{Υγρασία} = \frac{\text{Βάρος του νερού στο εδαφικό δείγμα}}{\text{Ξηρό βάρος του δείγματος}} \quad \text{και συνήθως}$$

εκφράζεται επί τους 100.

Το γινόμενο $\frac{\text{DBD} \times \text{MC}}{\text{Πυκνότητα νερού}}$ είναι η πραγματική αναλογία του συνολικού

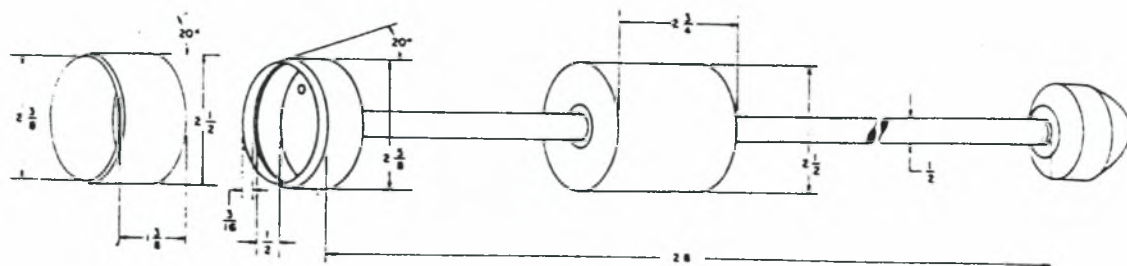
όγκου του εδάφους που αποτελείται από πόρους γεμάτους με νερό.

Έτσι όταν υπολογίζουμε την ξηρή φαινομενική πυκνότητα είναι απαραίτητο να βρίσκουμε και το ποσοστό της υγρασίας. Τρεις από τους πιο πρακτικούς τρόπους που προσδιορίζουν την φαινομενική πυκνότητα και την υγρασία του εδάφους είναι με την χρήση κυλινδρικού δειγματολήπτη (core sampler), σωλήνα ανασκαφής (excavating tube) και με την χρήση ανασκαφή του όγκου (volume excavation).

Ο κυλινδρικός δειγματολήπτης κόβει ένα κυλινδρικό δείγμα από το έδαφος διαταράσσοντας όσο το δυνατόν λιγότερο το δείγμα. Ο κύλινδρος(core) πρέπει να είναι κοντός σε σχέση με τη διάμετρό του (για να αποφεύγονται οι πλαϊνές επιδράσεις από την τριβή) και η άκρη του οργάνου πρέπει να είναι όσο το δυνατό λεπτή και αιχμηρή ώστε η άκρη κοπής να βρίσκεται στο εσωτερικό (σχήμα 1). Η αιχμηρή άκρη ενός τέτοιου οργάνου δεν πιέζει πλευρικά το δείγμα και εκτοπίζει μόνο ένα μικρό ποσό εδάφους το οποίο απομακρύνεται από το δείγμα. Ο κύλινδρος μπορεί να απομακρυνθεί από το έδαφος τραβώντας απλά το δείγμα.

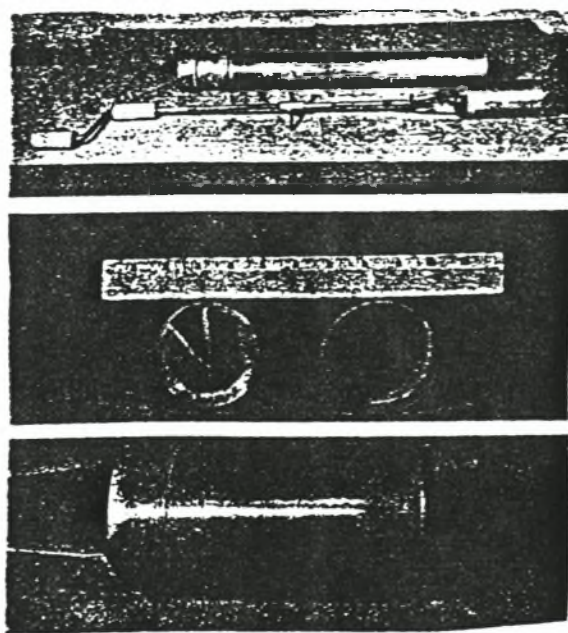
Εάν το δείγμα ζυγιστεί αμέσως μετά μπορεί να ζηραθεί (συνήθως σ' ένα αερόθερμο

φούρνο στους 105°C (για 24h). Το ξηρό βάρος του εδάφους χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της φαινομενικής πυκνότητας και της περιεκτικότητας σε υγρασία.



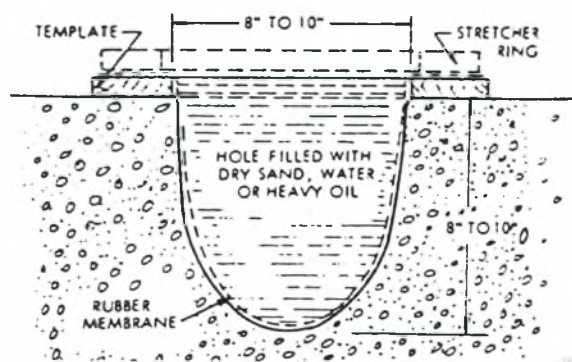
Σχήμα 1. Κυλινδρικός δειγματολήπτης για λήψη κυλινδρικών δειγμάτων εδάφους, από μια γυμνή επιφάνεια.

Ο σωλήνας εκσκαφής (excavating tube) (σχήμα. 2) χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της φαινομενικής πυκνότητας όταν δεν είναι συνεκτικά αρκετά ώστε να χρησιμοποιήσουμε το κυλινδρικό δειγματολήπτης (όπως στην περίπτωση χαλαρών αμμωδών εδαφών) ή όταν πρέπει να γίνουν τρύπες για να παρθεί δείγμα από συγκεκριμένο βάθος. Ο $3\frac{1}{2}$ ιντσών πυρηνικός σωλήνας πρώτα οδηγείται στο έδαφος πάνω από το βάθος που πρόκειται να παρθεί δείγμα. Ο κλειστός κάδος τότε χρησιμοποιείται για να μετακινήσει το έδαφος από το επιθυμητό βάθος δειγματοληψίας. Ο κάδος χρησιμοποιείται ξανά για να μετακινήσει το έδαφος στο μέγιστο βάθος δειγματοληψίας. Αυτό το έδαφος ξηραίνεται και ζυγίζεται.



Σχήμα.2 Σωλήνας εκσκαφής για μετρήσεις της εδαφικής πυκνότητας (Abernathy et al. 1975).

Εάν υπάρχει επίπεδη οριζόντια επιφάνεια στο βάθος του εδάφους που πρόκειται να εξετασθεί, μια μικρή εκσκαφή μπορεί να γίνει κάτω από την οριζόντια επιφάνεια. Όλο το έδαφος που παίρνεται κατά την ανασκαφή πρέπει να διατηρηθεί προσεκτικά, να ζυγιστεί, να ξηραθεί και να ξαναζυγισθεί. Ο όγκος της εκσκαφής μετράται τοποθετώντας μια λεπτή, ελαστική μεμβράνη στην ανασκαφή και ζυγίζοντας τον όγκο του νερού που απαιτείται για να γεμίσει η μεμβράνη μέχρι το αρχικό επίπεδο του εδάφους (σχήμα 3).



Σχήμα 3. Διάφραγμα μεμβράνης για τον προσδιορισμό του όγκου του νερού που απαιτείται για την πλήρωση μιας εδαφικής εκσκαφής (Freitag 1971, by permission of the author and ASAE, publisher).

1.3.2. ΔΙΗΘΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

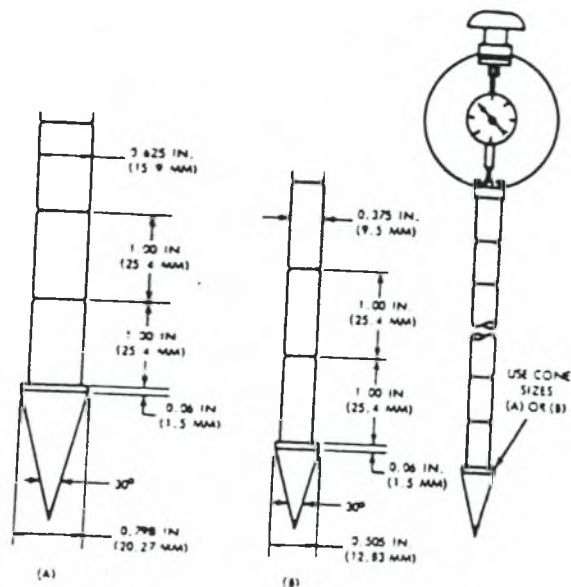
Ένα από τα προβλήματα που σχετίζονται με το συμπιεσμένο έδαφος είναι η μειωμένη υδραυλική αγωγιμότητα. Μία ένδειξη της υδραυλικής αγωγιμότητας μπορεί να αποκτηθεί μετρώντας το ρυθμό της διήθησης του νερού σ' ένα έδαφος στο οποίο η υγρασία βρίσκεται στο σημείο της υδατοϊκανότητας. Η διηθητικότητα συχνά μετράται μ' ένα μονοκύλινδρο διηθητόμετρο, που είναι απλά ένας μεταλλικός κύλινδρος με διάμετρο 6 ιντσών ή περισσότερο το οποίο τμηματικά πιέζεται μέσα στο έδαφος. Ο κύλινδρος θα πρέπει να εκτείνεται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους αρκετά εκατοστά και η κορυφαία άκρη πρέπει να είναι οριζόντια. Το νερό της άρδευσης ή της βροχής τοποθετείται στον κύλινδρο και μετά από λίγη ώρα επιτρέπει το ρυθμό διήθησης να σταθεροποιηθεί, η απόσταση από το επίπεδο του νερού μέχρι την κορυφή του κυλίνδρου μετριέται περιοδικά (χρησιμοποιώντας κάποιο άγκιστρο για να παίρνουμε την ένδειξη). Η διηθητικότητα περιγράφεται σε εκατοστά του νερού που διηθούνται από το έδαφος ανά ώρα.

Η διηθητικότητα επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες πέρα από την συμπίεση του εδάφους (όπως η επιφανειακή κρούστα του εδάφους, η αντίδραση του εδάφους με τα μέταλλα του νερού, και η υφή του εδάφους) γι' αυτό η χρήση της για τον προσδιορισμό της συμπίεσης θα πρέπει μόνο να γίνεται σε μετρήσεις σύγκρισης στο ίδιο έδαφος με τη χρήση του ίδιου νερού. Η τιμή της διηθητικότητας ως μέτρο της συμπίεσης του εδάφους περιορίζεται σε περιπτώσεις όπου η επίδραση γνωστών μεταχειρίσεων που προκαλούν συμπίεση, πρόκειται να εκτιμηθεί κάτω από συνθήκες όπου η διηθητικότητα του νερού είναι η κύρια επίδραση της συμπίεσης.

1.3.3. Η αντίσταση στη διείσδυση

Η αντίσταση του εδάφους στην είσοδο ενός κώνου (σχήμα 4) είναι όπως η

διηθητικότητα του νερού, ένας δευτερεύον δείκτης της συμπίεσης του εδάφους και δεν αποτελεί μια άμεση φυσική μέτρηση κάποιας συγκεκριμένης κατάστασης του εδάφους.



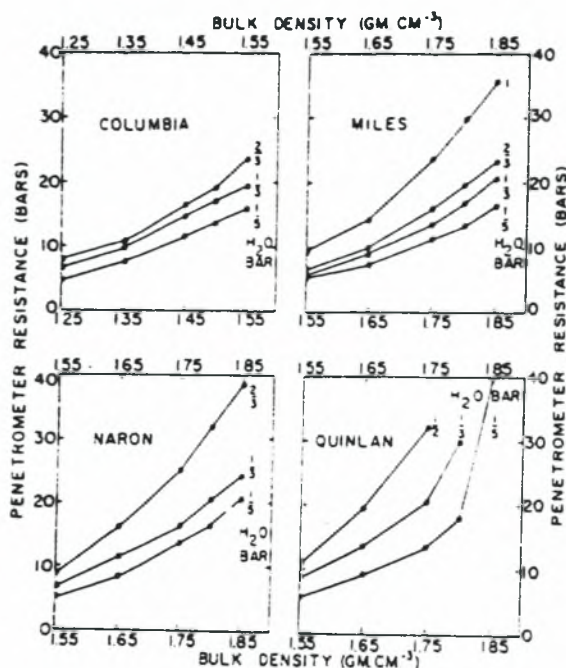
Σχήμα 4. Διαστάσεις ενός τυπικού εδαφικού διεισδυσιόμετρου (ASAE 1973 by permission of ASAE, publisher).

Όπως η διηθητικότητα έτσι επηρεάζεται και η αντίσταση στη διείσδυση από πολλούς άλλους παράγοντες πέραν της συμπίεσης. Ο πιο σημαντικός από αυτούς τους παράγοντες είναι η εδαφική υγρασία που συνήθως σκιάζει την επίδραση των διαφορών της εδαφικής πυκνότητας. Η ξηρή φαινομενική πυκνότητα δεν μπορεί επακριβώς να συναχθεί από μετρήσεις της αντίστασης στη διείσδυση εάν δεν είναι γνωστή η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία (σχήμα 5)

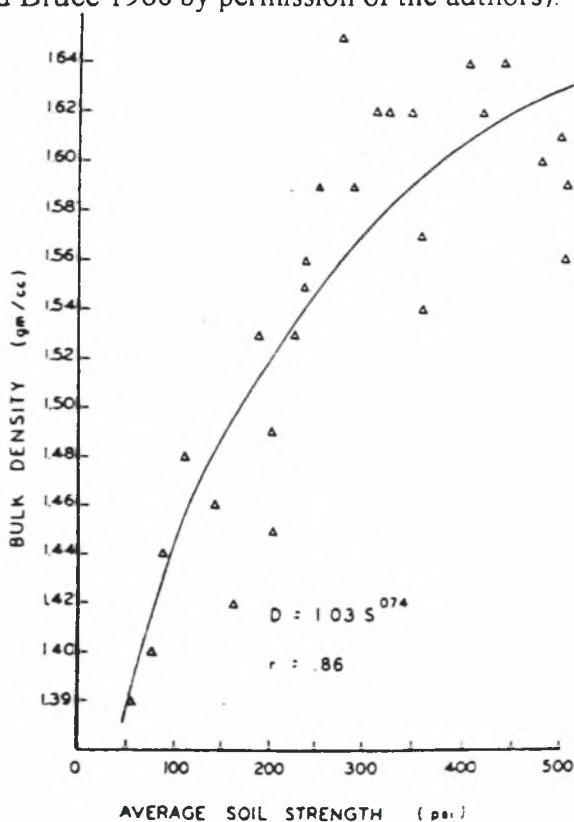
Η αντίσταση στη διείσδυση επηρεάζεται πολύ από την υφή του εδάφους. Η χρησιμότητα των ενδείξεων του διεισδυσιόμετρου για τη μέτρηση της συμπίεσης περιορίζεται σε συγκριτικές μετρήσεις που γίνονται στο ίδιο έδαφος και με την ίδια εδαφική υγρασία. Η αντίσταση στη διείσδυση μπορεί εύκολα να μετρηθεί σε διάφορα βάθη, αλλά εάν οι ενδείξεις πρόκειται να συγκριθούν, η υγρασία πρέπει να είναι η ίδια σε όλα τα βάθη. Νωρίς την άνοιξη ή μετά από την πρώτη κύρια άρδευση, όταν το έδαφος έχει φτάσει στην υδατοϊκανότητα είναι ο καλύτερος χρόνος για μετρήσεις αντίστασης στη διείσδυση. Ακόμη και στο σημείο της υδατοϊκανότητας υπάρχει σημαντική παραλλακτικότητα στη σχέση ανάμεσα στην αντίσταση του στη διείσδυση και στην ξηρή φαινομενική πυκνότητα (σχήμα 6).

Παρ' όλους τους περιορισμούς οι ενδείξεις του διεισδυσιόμετρου συχνά χρησιμοποιούνται

για συγκριτικές ενδείξεις της εδαφικής συμπίεσης⁴ εξαιτίας της ευκολίας και της ταχύτητας με την οποία γίνονται πολυάριθμες μετρήσεις. Τα αποτελέσματα συνήθως αναφέρονται με όρους δύναμης ανά μονάδα βάσης του κώνου που σχηματίζει την άκρη του διεισδυσιόμετρου (pounds / inch² όπου μερικές φορές παρουσιάζεται ως σύντμηση σαν psi ή kPa).



Σχήμα 5. Σχέσεις αντιστάσεως - φαινομενικής πυκνότητας 4 εδαφών σε διαφορετικές υγρασίες (Taylor and Bruce 1968 by permission of the authors).



Σχήμα.6. Σχέση μεταξύ αντιστάσεως στη διείσδυση (pounds / inch² ή psi) μιας κωνικής βάσης (οριζόντιος άξονας) και της φαινομενικής πυκνότητας για ένα έδαφος στην υδατοικανότητα. Προσέξτε την διασπορά των σημείων (Taylor and Bruce 1968 by permission of the authors).

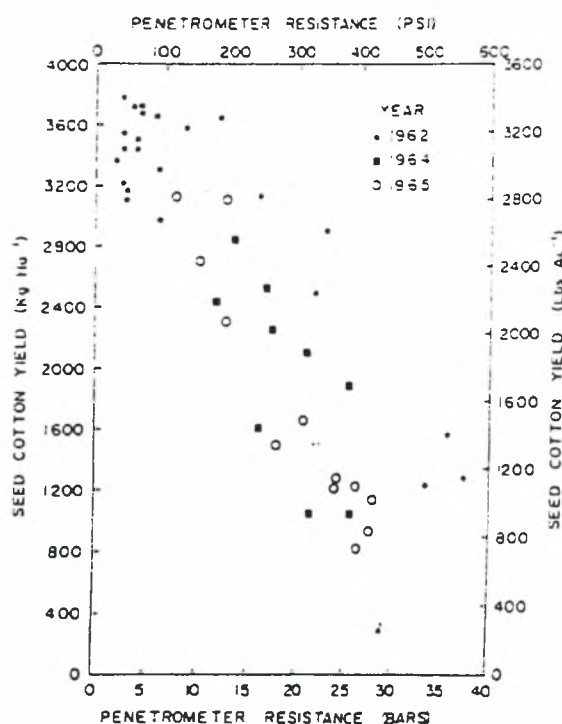
¹ Η σχέση ανάμεσα στην αντίσταση στη διείσδυση και στην φαινομενική πυκνότητα ποικίλει από έδαφος σε έδαφος, για ένα συγκεκριμένο έδαφος, από υγρασία σε υγρασία. Ακόμη κι όταν έχουμε το ίδιο έδαφος με την ίδια υγρασία, η σχέση των ενδείξεων του διεισδυσιμέτρου και της φαινομενικής πυκνότητας μπορεί να διαφέρει για έδαφος που έχει συμπεσθεί σε εργαστηριακές συνθήκες σε σχέση με ένα έδαφος, που έχει συμπεσθεί κάτω από φυσικές συνθήκες.

1.4. ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το πορώδες του εδάφους αποκτά σημασία όταν αυτό σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και του εδάφους.

1.4.1. Ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας.

Τα αποτελέσματα πειραμάτων που μελετούν την επίδραση της συμπίεσης στην ανάπτυξη και απόδοση διαφέρουν πάρα πολύ. Ο Taylor (1971) παραθέτει στοιχεία που έχουν συγκεντρώσει ο Carter και οι άλλοι που δουλεύουν με το βαμβάκι στο Shafter της California δείχνοντας μια καθαρή πτωτική τάση στην απόδοση του βαμβακιού με την αύξηση της εδαφικής αντίστασης στη διείσδυση (σχήμα 7) που προκλήθηκε από τεχνητή συμπίεση του εδάφους. Πάντως από άλλες δοκιμές στο ίδιο τύπο εδάφους (Carter και Colwick 1971), φάνηκε ότι συγκεκριμένες διαδικασίες κατεργασίας και προγράμματα που απέκλειαν την κίνηση των τροχών, δεν προκαλούσαν σημαντικές διαφορές στην εδαφική φαινομενική πυκνότητα ή στην απόδοση του βαμβακιού



Σχήμα 7. Σχέση ανάμεσα στην αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση και στην απόδοση του σύσπορου βαμβακιού (Taylor 1971 by permission of the authors and ASAE publisher).

Σε ένα πείραμα στις νοτιοανατολικές περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών (Dumas et al, 1973) και το οποίο περιόριζε την κίνηση των τροχών κάθε τρίτη αυλακιά του βαμβακιού μείωσε την αναλογία της συμπιεσμένης ζώνης που εμφάνιζε υψηλές ενδείξεις, αντίστασης στη διείσδυση και αύξησε της αποδόσεις. Η βαθιά κατεργασία είχε παρόμοιες επιδράσεις (πίνακας 1).

TABLE 1. EFFECTS OF CONTROLLED WHEEL TRAFFIC AND DEEP TILLAGE ON SOIL STRENGTH AND COTTON YIELD

Tillage depth inches	Machinery traffic	Percent of root zone with penetrometer resistance more than 150 lb/inch ²	Seed cotton yield 'b/acre
8-10	Tractor (every third row)	66.0	3464
8-10	Tractor (every row)	73.3	3331
8-10	Tractor and sprayer	78.9	2841
18	Tractor (every third row)	44.6	3901
18	Tractor (every row)	56.2	3648
18	Tractor and sprayer	56.7	3151

Πίνακας 1. Επιδράσεις των ελεγχόμενων κινήσεων των τροχών και της βαθιάς κατεργασίας στην αντίσταση του εδάφους και στην απόδοση του βαμβακιού (Dumas et al, 1973).

Ένα παρόμοιο πείραμα (με καθορισμένη την κίνηση των τροχών, αλλά χωρίς τη μεταβλητή του βάθους της κατεργασίας) στην Καλιφόρνια (Carter 1973) έδειξε μια παρόμοια μείωση στην αναλογία της συμπιεσμένης ζώνης με ενδείξεις του διεισδυσιόμετρου πάνω από 200 kPa, αλλά δεν έδειξε σημαντικές διαφορές στην απόδοση.

Σ' ένα άλλο πείραμα στο οποίο ποικίλες καλλιεργητικές μεταχειρίσεις εφαρμόστηκαν για την παραγωγή του βαμβακιού στις νοτιοδυτικές Ηνωμένες Πολιτείες (Abernathy et al, 1975) η ανάλυση συσχέτισης έδειξε ότι η απόδοση αυξήθηκε σημαντικά με τη μείωση κατά μέσο όρο των ενδείξεων του διεισδυσιόμετρου στον ένα σταθμό αλλά με αύξηση των ενδείξεων στον άλλο σταθμό. Αυτή δεν ήταν σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στους δύο παράγοντες στους δύο σταθμούς.

Οι Mech et al (1967) δούλεψαν σ' ένα έδαφος το οποίο είχε μια φυσικά προκληθείσα σκληρή στρώση σε βάθος 12 S.I. κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (φαινομενική πυκνότητα = 1.67 g/cm³). Δοκίμασαν βαθύ όργωμα (36 ίντσες) όπως και ανασκαφή και ανάμιξη του εδάφους σ' ένα βάθος 48 ίντσών. Και οι δύο αυτές μεταχειρίσεις έδωσαν τιμές της φαινομενικής πυκνότητας περίπου 1.4 g/cm³. Η ανασκαφή και η ανάμιξη είχαν ως συνέπεια σημαντικές αυξήσεις της απόδοσης της μηδικής που καλλιεργήθηκε για τρία χρόνια και στο σιτάρι που καλλιεργήθηκε τον επόμενο χρόνο σε σύγκριση με το όργωμα σε βάθος 6 ίντσες. Το βαθύ όργωμα είχε ως συνέπεια την εκτενέστερη ανάπτυξη των ριζών απ' ότι είχε το όργωμα σε βάθος 6 ίντσών, αλλά δεν υπήρξε σημαντική αύξηση στην απόδοση του σιταριού εκτός από την περίπτωση που έγινε λίπανση με υψηλά επίπεδα αζώτου και φωσφόρου. Κατά τον επόμενο χρόνο χορτοδοτικές καλλιέργειες δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές στην απόδοση εξαιτίας της βαθιάς άροσης.

Οι Fountaine, Payne και Hawkins (1952) όργωσαν ένα χωράφι για σιτάρι, περνώντας τους τροχούς του τρακτέρ μία ή τρεις επιπλέον φορές ώστε να προκληθεί τεχνητή συμπίεση του εδάφους. Δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στην απόδοση σε καρπό ή άχυρο μεταξύ των παραπάνω πειραματικών τεμαχίων και των μη συμπιεσμένων τεμαχίων.

Οι Flaker, Vomail και Vittum (1958) βρήκαν ότι χωράφια με τρία διαφορετικά επίπεδα τεχνικώς προκληθείσας συμπίεσης στα οποία υπήρχαν ψυχανθή και γρασιδί είχαν μειωμένη παραγωγή, αλλά οι αποδόσεις είχαν επηρεασθεί μόνο στο υψηλότερο επίπεδο

συμπίεσης (πίνακας 2).

TABLE 2 EFFECT OF FIELD COMPACTION TREATMENTS ON COVER CROP PERFORMANCE AND SOIL CONDITIONS OF YOLO FINE SANDY LOAM

Compaction treatment	Dry bulk density 0-2.4 inch depth gm/cm ³	Air-filled pore space percent	Water infiltration rate inches/hr	Cover crop stand percent	Cover crop yield lb/acre
Light	1.25	30.8	1.64	58.4	3960
Moderate	1.40	22.6	0.38	49.1	3940
Severe	1.56	13.6	0.04	36.5	3000

Πίνακας 2. Επίδραση της συμπίεσης στην απόδοση χορτοδοτικών καλλιεργειών και στην κατάσταση του εδάφους Flaker, Vomail και Vittum (1958).

Ο Bateman (1959) αναφέρει από όλες της μεθόδους κατεργασίας του εδάφους μόνο μια μέθοδος (άρωση και σπάσιμο των σβώλων) παράγουν σημαντικές αλλαγές στην φαινομενική πυκνότητα του εδάφους. Πάντως δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στην κατά μέσο όρο απόδοση του καλαμποκιού κατά τη διάρκεια των τεσσάρων χρόνων από το 1953 ως το 1956. Σημαντικές πτώσεις της απόδοσης σημειώθηκαν για τα 2 χρόνια κατά τα οποία σημαντική τεχνητή συμπίεση είχε προκληθεί (4 περάσματα του ελκυστήρα με πιέσεις των ελαστικών των 75 kPa) αν και κατά τη διάρκεια του ενός από τα χρόνια αυτά σημαντική μείωση της απόδοσης αποφεύχθηκε με την εφαρμογή τεσσάρων δισκοσβαρνισμάτων.

Ο Bateman (1963) εφάρμοσε πολλούς συνδυασμούς καλλιεργητικών μεθόδων και μεθόδων που δημιουργούν συμπίεση τόσο στην επιφάνεια του εδάφους και στο υπέδαφος δύο εδαφών και μέτρησε τις αποδόσεις του καλαμποκιού κατά τη διάρκεια 2 χρόνων με δύο επίπεδα λίπανσης. Οι σοβαρότερες μέθοδοι συμπίεσης (που προκαλούν μείωση των πόρων με αέρα στο 9% και 12% για τα 2 εδάφη) είχαν σαν αποτέλεσμα σημαντικές μειώσεις στην απόδοση του καλαμποκιού στο ένα έδαφος, αλλά όχι στο άλλο. Όλοι οι άλλοι συνδυασμοί των καλλιεργητικών μεθόδων δεν έδειξαν γενικά σημαντικές διαφορές στις αποδόσεις.

Μια παρόμοια περίπτωση στο οποίο το βάρος της ρίζας των ζαχαρότευτλων μειώθηκε σημαντικά με αύξηση της εδαφικής αντίστασης στη διείσδυση στο ένα έδαφος, αλλά όχι στο άλλο αναφέρθηκε από τους Taylor και Bruce (1968) σε μια έρευνα της σχέσης απόδοσης - συμπίεσης εδάφους.

Μερικά από τα άλλα πορίσματά των Taylor και Bruce τους είναι τα ακόλουθα:

α. Σε μη αρδευόμενο βαμβάκι σε μια περιοχή με μέτρια βροχόπτωση η απόδοση του βαμβακιού ήταν 1230 lb/acre, όπου δεν υπήρχε υψηλή αντίσταση στη στιβάδα του εδάφους που βρίσκεται 1 πόδι κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Όπου υπήρχε στιβάδα με αντίσταση 25 bars, η απόδοση έπεσε στα 615 lb/acre, αλλά στιβάδες με υψηλότερη αντίσταση δεν μείωσαν περαιτέρω την απόδοση.

β. Σε έξι χρόνια δοκιμών στην Οκλαχόμα στη καλλιέργεια σόργου δεν υπήρχε σημαντική επίδραση στην απόδοση που οφείλεται σε ποικίλες αντιστάσεις του εδάφους από 5 ως 30 bars.

γ. Οχτώ περιοχές στην Alabama (όπου υπήρχε μια συμπιεσμένη στιβάδα αντίσταση > 15 bars σε βάθος ενός ποδιού, όταν η εδαφική υγρασία ήταν στην υδατοϊκανότητα), είχαν επιλεγθεί

για δοκιμή στην απόδοση του βαμβακιού. Ένα μέρος των εδαφών είχε υποστεί κατεργασία (σπάσιμο της συμπιεσμένης στριβάδας) και τα υπόλοιπα δεν είχαν υποστεί την παραπάνω κατεργασία. Εάν και η ανάπτυξη των ριζών προηγούνταν στα κατεργασμένα χωράφια, μόνο σε 2 από τις περιοχές με την κατεργασία (σπάσιμο στριβάδας) η απόδοση του βαμβακιού υπερτερούσε σημαντικά αυτής των μη κατεργασμένων χωραφιών. Σε δύο άλλες περιοχές συνέβησαν τα αντίστροφα και στις υπόλοιπες 4 περιοχές δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στην απόδοση ανάμεσα στις δύο μεταχειρίσεις.

Ένα πείραμα το οποίο έδωσε μια εικόνα για την ποικιλότητα που συναντάται όταν προσπαθούμε να συσχετίσουμε την συμπίεση με την αύξηση και απόδοση των καλλιεργειών διεξήχθη από τον Das (1973). Σ' αυτό το πείραμα τα μισά από τα τεμάχια με καλαμπόκι είχαν συμπιεσθεί τεχνητά σε βάθος 3 ποδιών του εδάφους ως μια πυκνότητα που έφτανε τα 173 g/cm³ (υδατοϊκανότητα = 20%). Ασυμπιεστο έδαφος σ' αυτό το βάθος είχε μια φαινομενική πυκνότητα της τάξεως του 1.23 ως 1.37 g/cm³ (υδατοϊκανότητα = 24%). Το ένα τρίτο των τεμαχίων αρδεύτηκαν μία φορά κατά την καλλιεργητική περίοδο, ένα τρίτο τρεις φορές και το υπόλοιπο ένα τρίτο των τεμαχίων κάθε εβδομάδα. Στα τεμάχια που ποτίζονταν κάθε εβδομάδα η συμπίεση δεν προκάλεσε σημαντικές διαφορές στην απόδοση, στην ανάπτυξη του στάχυ, στο βάρος του φυτού, στο ύψος του φυτού ή στο συνολικό μήκος της ρίζας (πίνακας 3).

TABLE 3. EFFECTS OF SOIL COMPACTION AND IRRIGATION FREQUENCY ON CORN GROWTH AND YIELD

Irrigation frequency	Grain yield (dry)		Ineffective ears*		Fresh weight of plant tops		Plant height 52 days after planting		Plant height increase 52 days to 108 days		Total root length per unit land area			
	Comp	Normal	Comp	Normal	Comp	Normal	Comp	Normal	Comp	Normal	52 Days		108 Days	
	lb/plot		percent		lb/plot		inches		inches		inches/inch ²			
Once	3.19	5.32	25	13	18.9	22.3	22.5	39.8	55.4	52.5	39	133	272	257
Thrice	3.49	5.56	31	17	27.2	30.0	28.5	46.0	57.8	53.1	39	137	236	231
Weekly	3.20	3.36	9	8	38.5	38.9	60.7	54.8	44.8	46.4	127	125	181	184

*Ineffective ears were designated as those having less than 40 kernels per ear.

Πίνακας 3. Επίδραση της συμπίεσης και της συχνότητας άδρευσης στην ανάπτυξη και απόδοση του καλαμποκιού Das (1973).

Για τα λιγότερο συχνά αρδευόμενα τεμάχια, ωστόσο, η πρόωρη ανάπτυξη των ριζών είχε σημαντικά επιβραδυνθεί στα συμπιεσμένα εδάφη, έτσι ώστε τα φυτά δεν μπορούσαν να προσλάβουν το διαθέσιμο από τα βαθύτερα στρώματα νερό. Από τη στιγμή που τα φυτά αυτά υπέστησαν σοβαρό στρες νερού στα πρώτα στάδια ανάπτυξης, είχαν μικρότερο ύψος και το κυριότερο η ανάπτυξη των αναπαραγωγικών μερών των φυτών παρεμποδίστηκε.

Στα επόμενα στάδια ανάπτυξης, το ποσοστό της ανάπτυξης των ριζών στα συμπιεσμένα εδάφη ξεπέρασε αυτό των μη συμπιεσμένων εδαφών, επιτρέποντας το ποσοστό ανάπτυξης στις κορυφές και των δύο εδαφών να είναι ισόρροπο, αν και τα φυτά στο συμπιεσμένο έδαφος ποτέ δεν έφτασαν το ύψος των φυτών στο μη συμπιεσμένο έδαφος. Η μειωμένη συχνότητα άδρευσης είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της απόδοσης στα

συμπιεσμένα εδάφη συγκριτικά με την απόδοση στα μη συμπιεσμένα εδάφη. Αυτό εν μέρει σχετίζεται στα περισσότερα ατελή στάχυα που βρέθηκαν στα καλαμπόκια των συμπιεσμένων εδαφών έγινε η υπόθεση ότι τα αναπαραγωγικά μέρη του φυτού στα συμπιεσμένα εδάφη που δεν αρδεύονταν τακτικά είχαν παρεμποδισθεί από τη σοβαρή έλλειψη υγρασίας κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης. Όταν η ανάπτυξη ριζών έγινε αρκετή για να επιτρέψει την γρήγορη ανάπτυξη των φυτών, αυτά διέθεταν μικρότερο ποσό φωτοσυνθετικών αποθεμάτων για την ανάπτυξη των στάχων. Περισσότερα αποθέματα συνδέονται με γρήγορη αύξηση των ριζών, των μίσχων και των φύλλων, αν και η απόδοση σε σπόρο είχε περιορισθεί.

Τα αποτελέσματα του Bateman's (1959) με το καλαμπόκι ήταν παρόμοια με αυτά του Das. Οι Flocker και Menary (1960) βρήκαν ότι η αύξηση της φαινομενικής πυκνότητας παρεμποδίζει την ανάπτυξη των αναπαραγωγικών τμημάτων των φυτών της τομάτας και είχε ως συνέπεια τη μείωση της απόδοσης σε κάποιες περιπτώσεις (πίνακας 4).

TABLE 4 EFFECT OF SOIL COMPACTION ON GROWTH DEVELOPMENT AND YIELD OF TOMATO PLANTS

Soil dry bulk density	Plant conditions at nine weeks of age			Yield fresh fruit weight per plant
	Height	Dry weight	Flower buds per plant	
	inches	lb/plant		
1.1	12.5 a*	0.0165	32	0.1175 c
1.4	11.7 a	0.0147 b	29	0.129 c
1.7	6.6	0.0147 b	9	0.0673

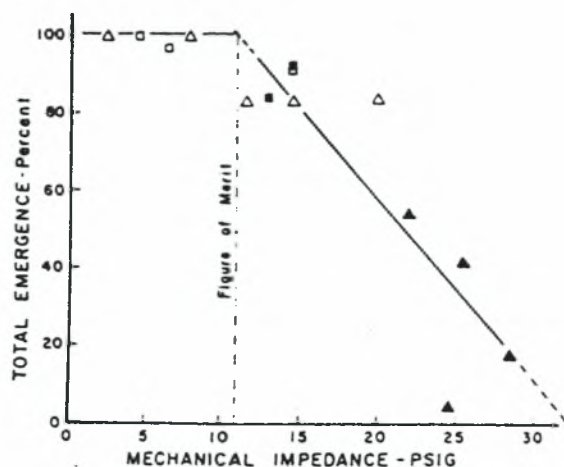
*Values in a given column followed by the same letter are not significantly different from each other.

Πίνακας 4. Επίδραση της συμπίεσης στην αύξηση, ανάπτυξη και απόδοση της τομάτας Flocker και Menary (1960).

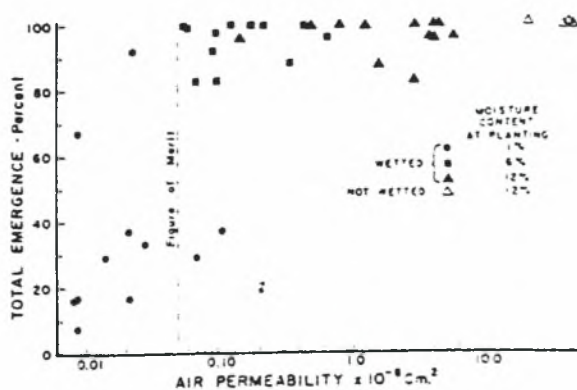
Συνοπτικά η σχέση ανάμεσα στη συμπίεση του εδάφους και στην απόδοση δεν είναι ξεκάθαρη. Περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση του εδάφους, του αέρα και του νερού καθώς αναφέρεται στα διάφορα στάδια της ανάπτυξης των φυτών. Δύο από τις σημαντικότερες παραμέτρους στην ανάπτυξη των φυτών οι οποίες επηρεάζονται από τη συμπίεση είναι βλάστηση του σπόρου και η ανάπτυξη των ριζών.

1.4.2. Βλάστηση του σπόρου

Η βλάστηση του σπόρου επηρεάζεται από την υγρασία του εδάφους την θερμοκρασία και τον καλό αερισμό καθώς και από την μηχανική αντίσταση που εξασκεί το έδαφος κατά την έξοδο του βλαστηδίου στην επιφάνεια. Ο Bowen (1966) απέδειξε ότι η μηχανική εδαφική αντίσταση (η οποία μετρήθηκε ως πίεση που απαιτείται για να προκαλέσει διόγκωση μικροσκοπικών μπαλονιών μέσα στο έδαφος) όταν παρουσιάζει τιμές πάνω από 11 kPa περιορίζεται η βλάστηση του σπόρου του βαμβακιού (σχήμα 8). Τιμές μεγαλύτερες από 11kPa μειώνουν σημαντικά και τον αερισμό του εδάφους (αυτό οφείλεται στη μίωση του όγκου του εδάφους που κατέχεται από πόρους γεμάτους με αέρα.) σχήμα 9.



Σχήμα 8. Συσχέτιση μεταξύ αντίστασης του εδάφους στην επέκταση (λεπτών μπαλονιών) και τη βλάστηση νεαρών φυτών βαμβακιού. Παρατηρήστε ότι η βλάστηση επηρεάζεται μόνο όταν η αντίσταση υπερβαίνει τις 11 κΡα (Bowen 1966 by permission of the authors and ASAE publisher).



Σχήμα 9. Επίδραση της διαπερατότητας του αέρα στο έδαφος στη βλάστηση των σπόρων βαμβακιού (Bowen 1966 by permission of the authors and ASAE publisher).

Οι Feldman Domier (1970) είχαν παρόμοια αποτελέσματα σε πειράματα στο χωράφι με σιτάρι στα οποία οι μεταχειρίσεις με συμπίεση έγιναν με την ισοπέδωση των χωραφιών μετά τη σπορά χρησιμοποιώντας ένα μαλακό, εύκαμπτο επίπεδο ελαστικό για να ασκήσουν πολλές πιέσεις στο έδαφος (πίνακας 5). Η παραγωγή των χορτοδοτικών καλλιεργειών (γρασίδι και ψυχανθή) επίσης επηρεάστηκαν από τα τεχνητά προκαλούμενα επίπεδα συμπίεσης στο έδαφος.

TABLE 5. EFFECT OF COMPACTION TREATMENTS ON WHEAT PLANT POPULATION AND SOIL CONDITIONS OF SCANTERBURY, MORRIS AND McTAVISH CLAY (38 TO 43 PERCENT MOISTURE)

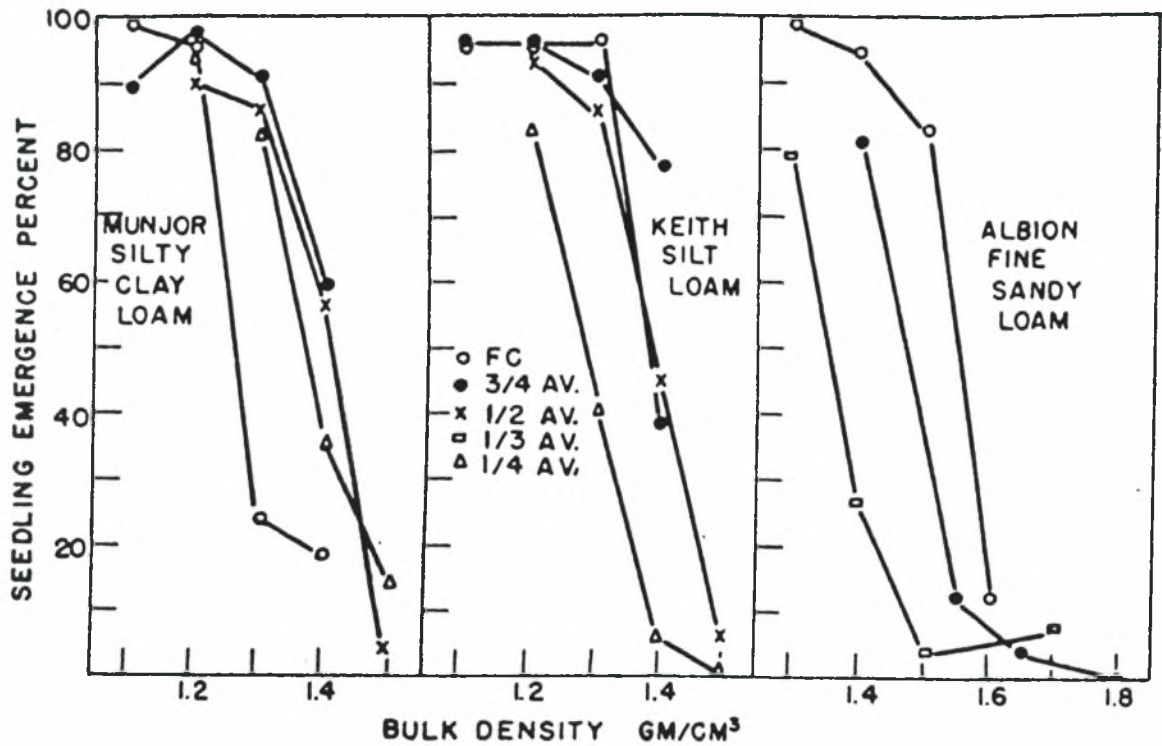
Compaction pressure applied	Penetrometer resistance 1½-inch depth	Dry bulk density	Oxygen diffusion rate	Average plant population	Dry weight plant tops July 28
lb/inch ²	lb/inch ²	gm/cm ³	gm/cm ² sec x 10 ⁻⁴	plants/ft ²	gm/ft ²
0	23	0.71	34.4	20.9	38.7
15	74	0.96	15.9	20.2	34.1
27	83	0.96	10.9	17.8	27.2
40	91	0.97	7.6	14.7	20.1

Πίνακας 5. Επίδραση των μεταχειρίσεων συμπίεσης στον πληθυσμό των φυτών σιταριού και στην κατάσταση του εδάφους του Scanterbury, Morris και Mc Tavish.

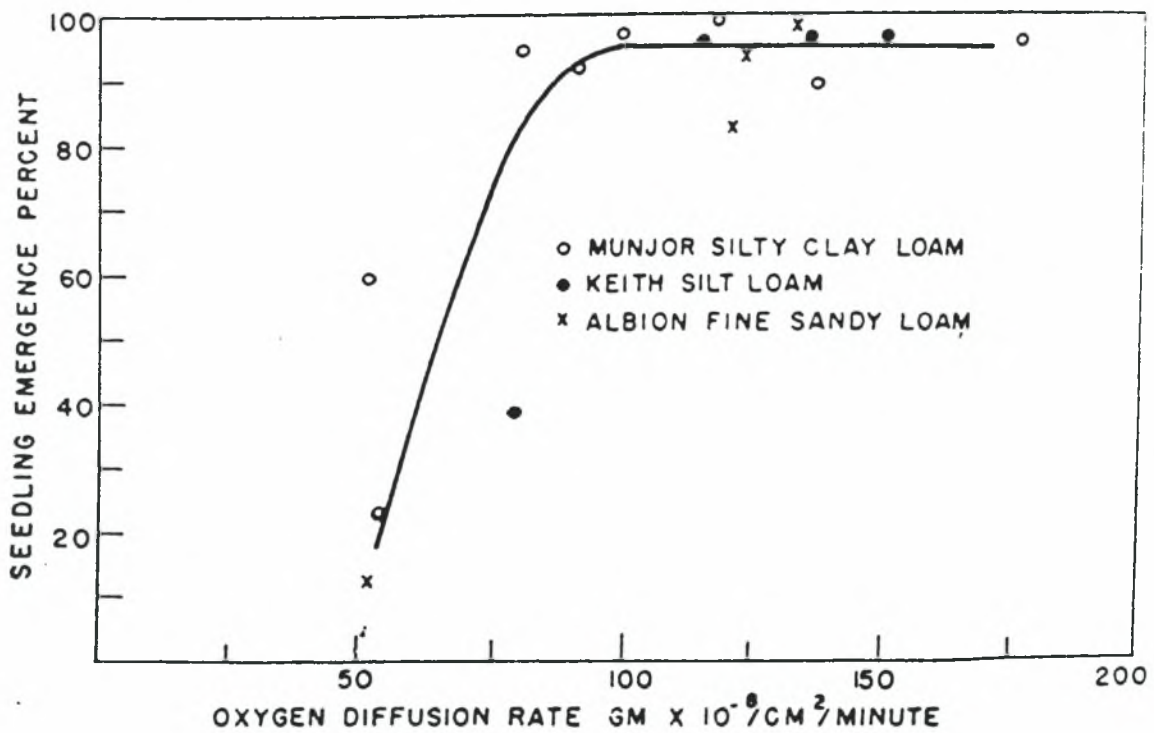
Οι Hanks και Thorp (1956) έδειξαν ότι σε σιτάρι το οποίο φυτεύτηκε σε δίσκους τριών διαφορετικών εδαφών τα οποία συμπίεστηκαν σε διάφορες πυκνότητες και με ποικίλες περιεκτικότητες σε υγρασία, η βλάστηση μειώθηκε από τα υψηλά επίπεδα συμπίεσης (σχήμα 10). Πάντως, μπορούσαν να συσχετίσουν τα πορίσματα από αυτό το ευρύ φάσμα των πειραματικών συνθηκών με τον κοινό παράγοντα του ποσού της διάχυσης του οξυγόνου, ο οποίος επηρεάζεται και από την πυκνότητα του εδάφους και από την περιεκτικότητα της υγρασίας. Όσο το ποσοστό διάχυσης του οξυγόνου πέφτει κάτω από $1.33 \times 10^{-8} \text{ g/cm}^2 \text{ sec}$ υπήρξε μια απότομη πτώση στη βλάστηση των σπόρων (σχ. 11). Βρήκαν ότι το μειωμένο ποσοστό της διάχυσης του οξυγόνου μαζί με την αυξημένη δύναμη της εδαφικής κρούστας που προκαλεί η συμπίεση ήταν οι κύριοι υπεύθυνοι παράγοντες για το μειωμένο ποσοστό βλάστησης των σπόρων.

Η συνεκτικότητα του εδάφους και η αντίσταση διείσδυσης επηρεάζονται άμεσα και έμμεσα από τη συμπίεση. Οι Morton και Buchele (1960) προσομοίωσαν τη βλάστηση του σπόρου πιέζοντας ένα μικρό διεισδίομετρο (0.078S.I.) μέσα στην επιφάνεια του εδάφους που είχε συμπιεσθεί σε διαφορετικές πιέσεις. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν ότι η συμπίεση μπορεί άμεσα να αυξήσει τη μηχανική αντίσταση του εδάφους (πίνακας 7).

Έμεσα, η συμπίεση μπορεί να προκαλέσει υποβάθμιση της δομής του εδάφους. Ένα συμπιεσμένο έδαφος μετά από κατεργασία του, παρουσιάζει υψηλή ελαστικότητα και συμπιεστικές τάσεις (Vomocil και Flocker, 1965). Η εικόνα 12 του Bowen (σχ. 8).



Σχήμα 10. Σχέση ανάμεσα στο φύτεμα του σιταριού και της φαινομενικής πυκνότητας σε 3 εδάφη για διάφορα επίπεδα υγρασίας (Hanks και Thorp 1956 by permission of the authors and the soil science society of America publisher).



Σχήμα 11. Επίδραση της διάχυσης του οξυγόνου στο φύτεμα των φυταρίων του σιταριού (Hanks και Thorp 1956 by permission of the authors and the soil science society of America publisher).

Η συμπίεση του εδάφους μειώνει τον αερισμό του εδάφους μειώνοντας ή επιβραδύνοντας τη βλάστηση των φυταρίων για τις καλλιέργειες των λαχανικών, καλλιέργειες χορτονομής και μικρών σπόρων. Οι Flocker, Vomocil και Howard (1959) έδειξαν ότι το φύτεμα είχε επιβραδυνθεί και η γονιμοποίηση μειωθεί για τα φυτάρια τομάτας που είχαν φυτευτεί σε γλαστράκια με υψηλό επίπεδο συμπίεσης και μειωμένα το διάστημα των πόρων που πληρούνταν με αέρα (πίνακας 8).

TABLE 5 EFFECTS OF SOIL COMPACTION ON SOIL CRUST STRENGTH AND SEEDLING EMERGENCE

Soil	Moisture content	Dry	Crust* strength	Seedling emergence
		bulk density		
		g/cm ³	bars	
Minor Silty	Medium (½ AV)†	1.2	0.260	90
Clay loam	Medium (½ AV)	1.3	0.360	86
	Low (¼ AV)	1.2	0.270	35
	Low (¼ AV)	1.3	0.510	82
	Low (¼ AV)	1.4	0.830	34
Keith	Medium (½ AV)	1.2	0.150	94
Silt loam	Medium (½ AV)	1.3	0.210	86
	Medium (½ AV)	1.4	0.390	45
	Low (¼ AV)	1.2	0.140	34
	Low (¼ AV)	1.3	0.200	25
	Low (¼ AV)	1.4	0.350	3
Albion fine	High (FC)	1.3	0.100	98
Sandy loam	High (FC)	1.5	0.280	82
	Medium (¾ AV)	1.4	0.180	31
	Medium (¾ AV)	1.5	0.310	12
	Low (½ AV)	1.3	0.150	79
	Low (½ AV)	1.4	0.280	26
	Low (½ AV)	1.5	0.380	3

Πίνακας 6. Επίδραση της συμπίεσης στην ανθεκτικότητα της εδαφικής κρούστας και στο φύτεμα Morton και Buchele (1960).

TABLE 7 COMPACTION AND PENETRATION DATA FOR BROOKSTON SANDY LOAM AT 20 PERCENT MOISTURE CONTENT

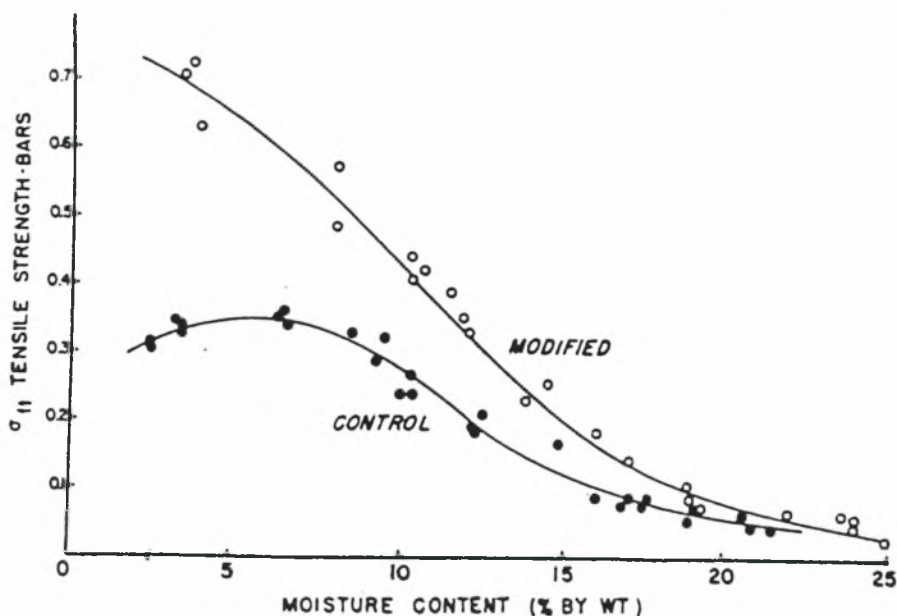
Surface compaction pressure	Soil dry bulk density	Average emergence force	Emergence energy
lb/inch ²	gm/cm ³	lb	inch-lb
0.5	0.888	0.43	2.55
1.0	0.981	0.93	5.48
2.0	1.020	1.28	7.42
4.0	1.120	2.51	14.83
8.0	1.230	3.42	20.17
16.0	1.300	4.93	29.10

Πίνακας 7. Δεδομένα συμπίεσης και διείσδυσης. Στοιχεία για ένα αμμώδες έδαφος από το Brookston με 20% περιεχόμενη υγρασία/ Morton και Buchele (1960).

TABLE 8 EFFECTS OF SOIL COMPACTION AND AIR-FILLED POROSITY ON EMERGENCE AND GERMINATION OF TOMATO SEEDLINGS

Soil	Dry bulk density	Air-filled porosity range	Average time to emerge	Germination	Flower buds per plant at six weeks	Plant height at six weeks
	gm/cm ³	percent	days	percent		inches
Yolo fine Sandy loam	1.13	40-44	8.9	95.0	2.0	11.0
	1.23	35-39	8.7	97.5	2.8	11.4
	1.33	25-35	9.1	92.5	2.3	11.4
	1.43	26-31	9.6	90.0	2.8	11.0
	1.54	22-26	9.4	92.5	2.5	10.6
	1.64	18-20	10.4	77.5	2.0	9.8
	1.74	6-12	10.3	85.0	0.8	7.9
Salinas clay	1.13	36-40	8.5	97.5	3.8	11.4
	1.24	31-35	8.8	97.5	4.8	11.0
	1.34	27-32	9.2	85.0	3.5	10.6
	1.44	25-28	10.6	85.0	4.0	9.8
	1.55	8-22	11.3	55.0	1.5	7.9
	1.65	3-12	12.5	52.5	0.0	5.1
Sacramento clay	1.71	3-4	12.8	50.0	0.0	3.9
	0.79	25-36	8.8	95.0	10.3	19.7
	0.89	27-31	8.6	95.0	17.3	20.1
	0.99	31-33	8.9	92.5	19.5	19.7
	1.09	23-26	9.1	90.0	14.0	19.7
	1.19	15-19	10.2	97.5	16.0	17.3
	1.28	5-12	10.8	92.5	10.0	13.4
1.38	1-3	11.9	60.0	0.8	8.3	

Πίνακας 8. Επίδραση της εδαφικής συμπίεσης και του αερο-πορώδους στο φύτεμα και την γονιμοποίηση της τομάτας Flocker, Vomocil, and Howard.

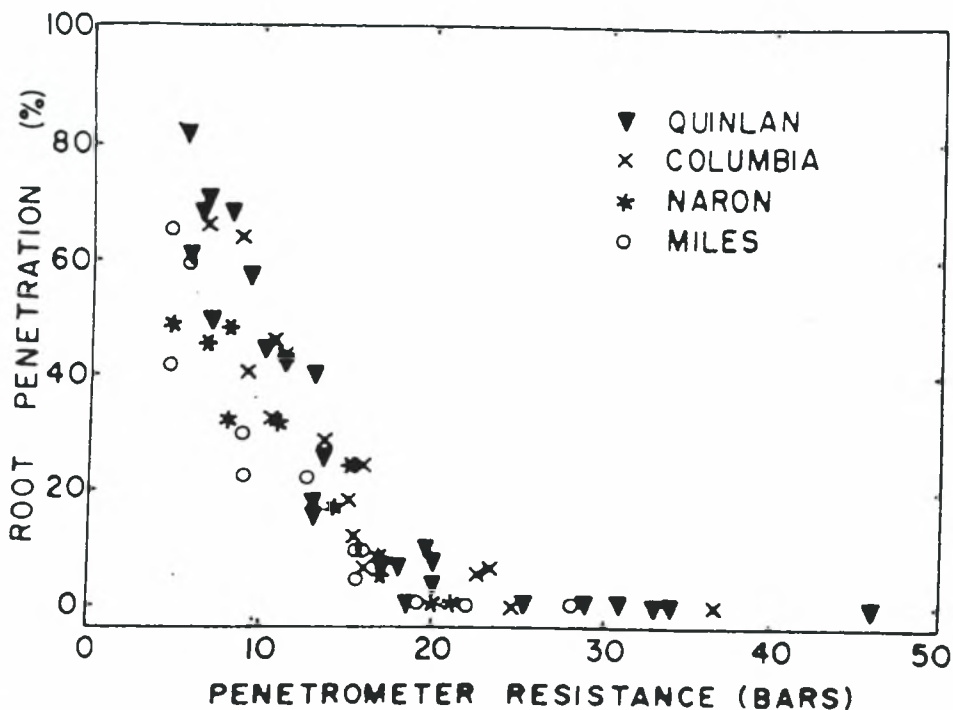


Σχήμα 12. Τεστ εφελκυσμού ενός πηλώδους εδάφους για διάφορα επίπεδα υγρασίας (Flocker, Vomocil 1965 by permission of the authors and the soil science society of America publisher).

1.4.3. Ανάπτυξη ρίζας

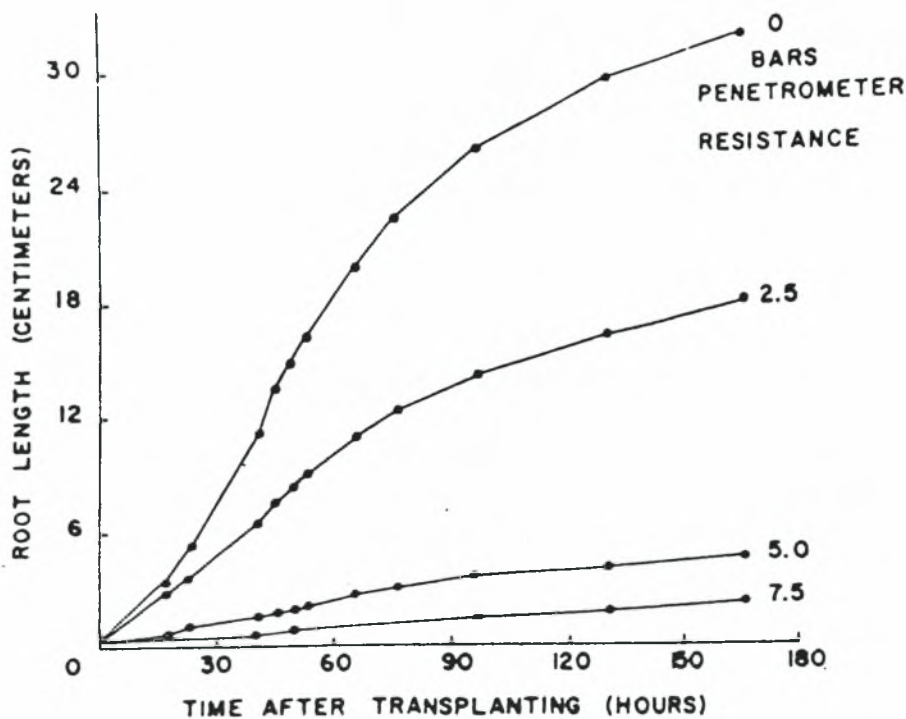
Η ανάπτυξη της ρίζας επηρεάζεται από τη μηχανική αντίσταση του εδάφους και από τα επίπεδα του οξυγόνου στο έδαφος. Σε μερικές περιπτώσεις, ιδιαίτερα όταν η διαθεσιμότητα της υγρασίας είναι περιοριστική για την ανάπτυξη των φυτών η ανάπτυξη της ρίζας παίζει κύριο ρόλο στις σχέσεις φυτού - νερού.

Ο Taylor και ο Bruce (1968) συμπέραναν ότι η ανάπτυξη των ριζών σε εδάφη γίνεται με την είσοδό τους σε ρωγμές και πόρους που είναι μεγαλύτεροι από το μέγεθος της καλύπτρας, ή σπρώχνοντας υλικά με μικρή αντίσταση (όχι απαραίτητα πόρους). Καθώς τα εδάφη ανθίστανται περισσότερο στη διείσδυση (που οφείλεται είτε στην ξήρανση ή στην αύξηση της φαινομενικής πυκνότητας σχήμα 5) η ικανότητα των ριζών να εισέρχονται στο έδαφος μειώνεται (σχήμα 13). Ακόμη και όταν οι ρίζες εισέρχονται στο έδαφος το ποσοστό ανάπτυξής τους είναι μειωμένο όταν η αντίσταση στην διείσδυση είναι αυξημένη (σχήμα 14).

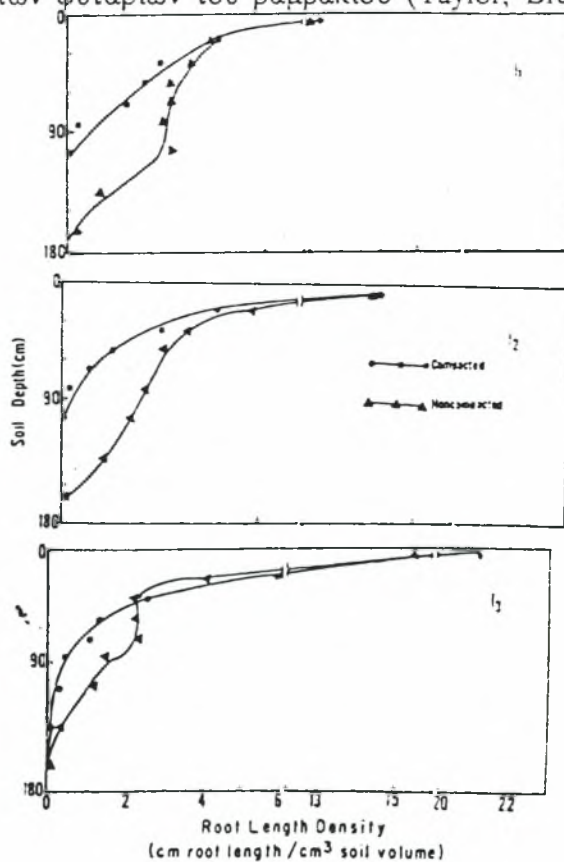


Σχήμα 13. Σχέση ανάμεσα στην αντίσταση στην διείσδυση 4 εδαφών (βλέπε σχήμα.5) και διείσδυση της κύριας ρίζας του βαμβακιού μέσα από εδαφικούς πυρήνες (Taylor, Bruce 1968 by permission of the authors)

Η βασική λειτουργία των ριζών είναι να αντλεί το απαραίτητο εδαφικό νερό (και τα θρεπτικά) που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών. Το ποσό της ανάπτυξης των ριζών σε ένα δοσμένο όγκο εδάφους ορίζει την ποσότητα του νερού που το φυτό μπορεί να προσλάβει από τον συγκεκριμένο όγκο, ενώ το βάθος και το πλάτος των ριζών επηρεάζει το συνολικό όγκο εδάφους από το οποίο το νερό μπορεί να αντληθεί. Ο Das (1972) συμπέρανε ότι για τις ρίζες του καλαμποκιού 10 ως 13 ίντσες μήκος ανά κυβική ίντσα εδάφους (1.5 έως 2.0 cm/cm³) απαιτούνται για την πλήρη χρησιμοποίηση του νερού από τον εδαφικό όγκο. Το φυτό του καλαμποκιού μπορεί να παράγει πολλές φορές αυτό το ποσό των ριζών ανά μονάδα όγκων εδάφους ακόμη και σε εδάφη που είναι συμπιεσμένα κοντά στην επιφάνειά τους. Ο Das βρήκε ότι το κύριο πρόβλημα που προκαλεί η συμπίεση είναι η περιορισμένη διείσδυση των ριζών και αυτό πολλαπλασιάζεται σε βάθη μεγαλύτερα του 1 ποδιού κατά τη διάρκεια των πρώτων σταδίων ανάπτυξης των φυτών (σχ. 15), εμπιπίζοντας τα φυτά να χρησιμοποιούν το νερό που είναι διαθέσιμο σ' αυτά τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους.



Σχήμα 14. Επίδραση της αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση στο ποσοστό ανάπτυξης της κύριας ρίζας των φυταρίων του βαμβακιού (Taylor, Bruce 1968 by permission of the authors)

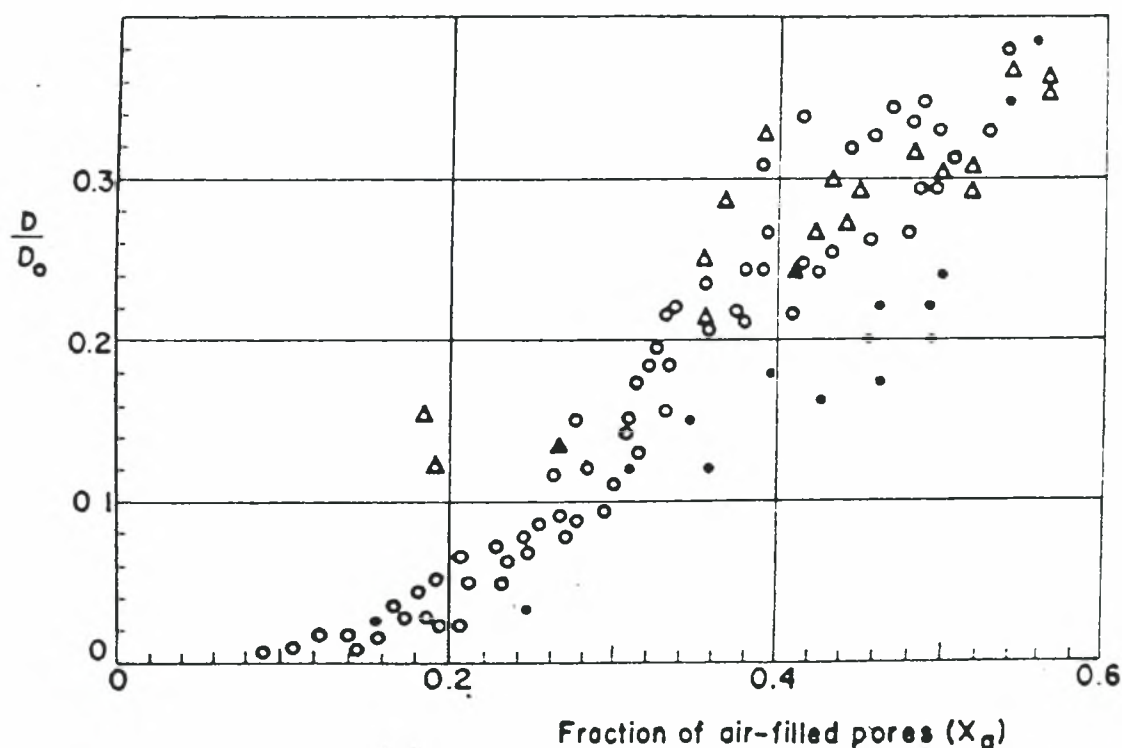


Σχήμα 15. Επίδραση μιας συμπιεσμένης επιφάνειας εδάφους, βάθους 90 cm, στην ανάπτυξη του καλαμποκιού κάτω από 3 διαφορετικά καθεστάτα άρδευσης (Das 1972 by permission of the authors)

Όταν η επιφάνεια του εδάφους αρδεύονταν εβδομαδιαίως, τα φυτά δεν βασίζονται στην υγρασία των βαθύτερων στρωμάτων, και αναπτύσσονται τόσο καλά όσο και τα φυτά σε μη συμπιεσμένα εδάφη. Η συμπίεση του εδάφους σε βάθος 3 ποδιών, επιβράδυνε αλλά δεν περιορίσει την αύξηση των ριζών. Κατά την περίοδο της συγκομιδής, το μήκος της ρίζας ήταν το ίδιο στα συμπιεσμένα και στα μη συμπιεσμένα εδάφη. Πάντως, για συχνά αρδευόμενα φυτά, μια μεγαλύτερη αναλογία του ριζικού συστήματος βρισκόταν στην επιφάνεια των συμπιεσμένων εδαφών σε σχέση με το ριζικό σύστημα των φυτών σε μη συμπιεσμένο έδαφος.

1.4.4. Επίδραση του εδαφικού αερισμού στην ανάπτυξη της ρίζας.

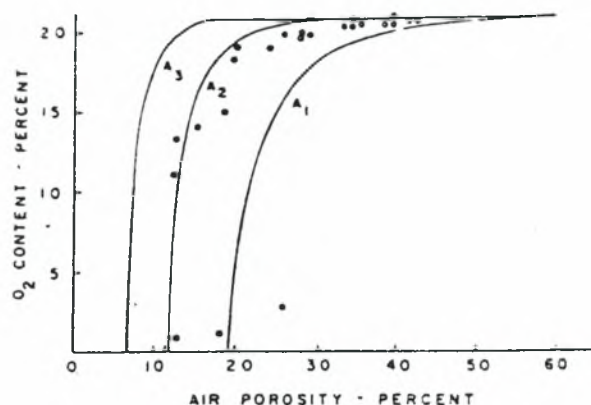
Μια από τις κύριες επιδράσεις της συμπίεσης είναι το μειωμένο ποσό των πόρων που καταλαμβάνονται με αέρα, το οποίο μειώνει το ποσό επιμήκυνσης των ριζών. Η ανάπτυξη της ρίζας μειώνεται γιατί η βιολογική δραστηριότητα στο έδαφος ελαττώνει το ήδη περιορισμένο απόθεμα του οξυγόνου που περιβάλλει τις ρίζες και αυξάνει το CO_2 . Η διάχυση των αερίων στους χώρους των εδαφικών πόρων διώχνει το CO_2 και ανανεώνει το O_2 . Το ποσοστό της διάχυσης του O_2 είναι επομένως συνδεδεμένο με το ποσοστό του πορώδους που καλύπτεται με αέρα (σχ. 16).



Σχήμα 16. Γενικευμένη σχέση ανάμεσα στη σχετική διάχυση και στο αερο-πορώδες (Vomocil and Flocker 1961 as developed from wesseling and van wijk by permission of the publisher, American society of agronomy).

Όταν αυτός ο χώρος είναι περιορισμένος η διάχυση δεν μπορεί να συμβαδίσει με τις απαιτήσεις της βιολογικής δραστηριότητας (σχ. 17) και η περιεκτικότητα του εδάφους σε οξυγόνο πέφτει. Μετά από έρευνες οι Vomocil και Flocker (1961) συμπέραναν ότι όταν οι πόροι που είναι γεμάτοι με αέρα βρίσκονται σε επίπεδο μικρότερο του 10%, και

περιεκτικότητα σε υγρασία είναι στην υδατοϊκανότητα, αναμένεται να περιοριστεί η αύξηση των ριζών και την ανάπτυξη των φυτών.



Σχήμα 17. Επίδραση του αερο-πορώδους στην περιεκτικότητα σε οξυγόνο των αερίων στο διάστημα των εδαφικών πόρων για 3 διαφορετικούς ρυθμούς αναπνοής της εδαφικής βιολογικής δραστηριότητας
(Grabler 1971 by permission of the author and ASAE, publisher).

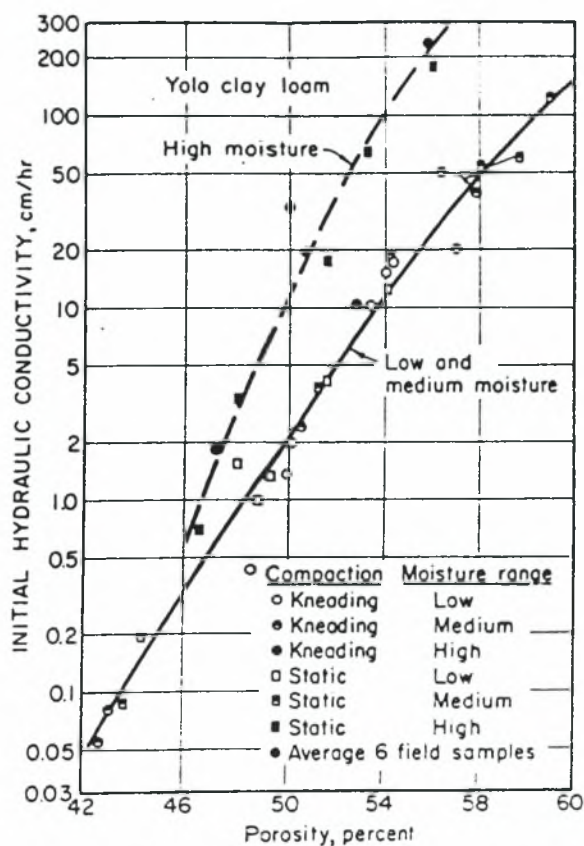
1.4.5. Σχέσεις νερού - φυτού που επηρεάζονται από την ανάπτυξη των ριζών

Τα φυτά μπορούν να χρησιμοποιήσουν την εδαφική υγρασία ανάλογα με την ανάπτυξη των ριζών σ' ένα συγκεκριμένο εδαφικό όγκο και την επέκτασή τους στον περιβάλλοντα όγκο του εδάφους. Ο Das (1972) έδειξε ότι η συμπίεση του εδάφους προσωρινά περιορίζει και τους δύο τύπους της ανάπτυξης της ρίζας, προκαλώντας μεγαλύτερο στρες στα μη τακτικά αρδευόμενα φυτά. Αυτό το στρες επαυξάνεται από παράγοντες όπως η ένταση και η διάρκεια της ηλιοφάνειας, που όχι μόνο περιορίζουν την ανάπτυξη των ριζών και των υπέργειων τμημάτων των φυτών (πίν. 3), αλλά επίσης μόνιμα καταστρέφουν το σχηματισμό των αναπαραγωγικών τμημάτων των φυτών. Ο Das βρήκε ότι η έλλειψη υγρασίας στα φυτά που οφείλεται στη συμπίεση μπορεί να αντισταθμιστεί με τα πιο συχνά ποτίσματα. Αυτό συμφωνεί με το συμπέρασμα των Taylor και Bruce (1968) «... εάν το ριζικό σύστημα είναι περιορισμένο σε όγκο από την υψηλή αντίσταση του εδάφους, και δεν μπορεί να προσλάβει επαρκές νερό και θρεπτικά συστατικά, η απόδοση σύντομα θα επηρεασθεί από την υψηλή αντίσταση του εδάφους».

1.4.6. Άρδευση και στράγγιση

Όταν τα συμπιεσμένα εδάφη απαιτούν πιο συχνά ποτίσματα (με μικρότερα ποσά νερού σε κάθε εφαρμογή) τότε το κόστος της άρδευσης αυξάνει στα συμπιεσμένα εδάφη σε σχέση με τα μη συμπιεσμένα εδάφη. Τα πιο συμπιεσμένα εδάφη επίσης τείνουν να έχουν μικρότερη διηθητικότητα (δες πίνακα 2), γι' αυτό ο χρόνος εφαρμογής των αρδεύσεων αυξάνει (και συνεπώς αυξάνει και το κόστος εξοπλισμού). Τα στοιχεία στον πίνακα 2 δείχνουν ότι η συμπίεση μπορεί να έχει μια σημαντική επίδραση στη διηθητικότητα. Μια 40 % μείωση στο ποσοστό διηθητικότητας έχει συσχετιστεί με μια αύξηση της φαινομενικής

πυκνότητας από 1.25 στα 1.56 g/cm³. Ο Schmidt (1963), μελέτησε τις επιδράσεις της συμπίεσης στην υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους, και βρήκε 100 φορές, μειωμένη της υδραυλική αγωγιμότητα με μια μείωση του πορώδους από 60% ως 43% (σχ. 18). Η συμπίεση τείνει να διαλύσει τους μεγαλύτερους πόρους (από τους οποίους ρέει το νερό ελεύθερα) και να εξαφανίσει εντελώς το διάστημα κάποιων πόρων. Οι περισσότεροι από τους μεγάλους πόρους παρέμειναν ανέπαφα όταν το έδαφος συμπίεσθηκε ξηρό παρά υγρό (σχ. 18).



Σχήμα 18. Σχέση ανάμεσα στο πορώδες και στην υδραυλική αγωγιμότητα κοντά στην έναρξη διηθήσεως του νερού (Schmidt 1963 by permission of the author and ASAE publisher).

Ένα άλλο πρόβλημα που εμφανίζεται όταν η διηθητικότητα είναι μικρή, είναι ότι τα χωράφια πρέπει να κατακλύζονται για μεγαλύτερες περιόδους ώστε να διηθηθεί ένα σημαντικό ποσό νερού. Εδάφη που είναι συμπίεσμένα μπορεί ήδη να υφίστανται προβλήματα αερισμού στη ζώνη των ριζών τα οποία μπορεί να χειροτερεύσουν από παρατεταμένη κατάκλιση.

Η φυσική στράγγιση των εδαφών ως την υδατοϊκανότητα απαιτεί περισσότερο χρόνο όταν η υδραυλική αγωγιμότητα είναι μειωμένη. Το έδαφος κυρίως υπόκειται σε συμπίεση από την κίνηση των τροχών όταν η υγρασία είναι υψηλή, νωρίς της άνοιξης ή μετά από άρδευση. Αυτή η συμπίεση μπορεί να οδηγήσει σ' ένα κύκλο μειωμένης στράγγισης και περαιτέρω συμπίεσης. Παρόμοια εξασθενημένη ριζική δραστηριότητα περιορίζει την διαπνοή του φυτού, οι διάδρομοι κυκλοφορίας συμπιέζονται και το έδαφος στεγνώνει πιο αργά. Συνεπώς η κυκλοφορία συμπιέζει κι άλλο το έδαφος ώστε να περιορίζεται ακόμη περισσότερο η ανάπτυξη των ριζών.

Όταν το έδαφος συμπιέζεται οι πόροι γίνονται μικρότεροι. Έτσι όπως το πυκνούφασμένο ύφασμα τείνει να κρατά την υγρασία με πιο σταθερό τρόπο απ' ότι ένα πορώδες ύφασμα, τα πιο συμπίεσμένα εδάφη συγκρατούν πιο σφιχτά την υγρασία ώστε τα φυτά να ασκούν περισσότερη δύναμη για να απομακρύνουν το νερό από το έδαφος (Bodman και Constantin 1965). Αυτό σημαίνει ότι η συμπίεση του εδάφους έχει ως αποτέλεσμα το

αυξανόμενο υδατικό στρες στα φυτά και τα αυξημένα ποσά της εδαφικής υγρασίας να συγκρατούνται στο έδαφος με τάσεις πολύ μεγαλύτερες από τη δύναμη απορρόφησης των ριζών (Warkentin 1971).

1.4.7. Η αντίσταση του εδάφους στην κατεργασία και στη δημιουργία συσσωματωμάτων

Τα συμπιεσμένα εδάφη απαιτούν την εφαρμογή μεγαλύτερων δυνάμεων από τον γεωργικό ανελκυστήρα για την κατεργασία τους κατεργασίας και μετά από αυτή τείνουν να έχουν πιο πολλά συσσωματώματα. Ο Bateman (1959) βρήκε ότι ένα συμπιεσμένο έδαφος από 4 περάσματα ενός φορτηγού με λάστιχα πίεσης 75 lb/inch² προκάλεσε αύξηση στην αντίσταση οργώματος κατά 92% (από 8.55 στις 16.6 lb/inch²). Σε μεταγενέστερη έρευνα οι Bateman, Naik και Yoerger (1965), βρήκαν ότι συμπιεσμένο έδαφος (από 1.10 ως 1.40 ή 1.22 ως 1.56 gm/cm³) προκάλεσε 10 έως 16 φορές αύξηση των μικρών ταχυτήτων του γεωργικού ανελκυστήρα, και 4 - 8 φορές αύξηση των μεγάλων ταχυτήτων του γεωργικού ανελκυστήρα που χρειαζόταν για να λεπτοτεμαχισθεί το έδαφος ως κάποιο βαθμό λεπτότητας. Οι Lyles και Woodruff (1963) βρήκαν ότι η έλξη ενός ινίου αυξήθηκε περίπου από τις 70 lb σε μια φαινομενική πυκνότητα εδάφους της τάξεως του 1.12 g/cm³ στις 350 lb σε φαινομενική πυκνότητα 1.41 g/cm³. Ο λόγος της αύξησης της έλξης προς την αύξηση της φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους ήταν μικρότερος, όταν το έδαφος ήταν στεγνότερο και η καλλιεργητική κατεργασία προκαλούσε μικρότερη συμπίεση.

Οι Lyles και Woodruff (1963) βρήκαν ότι η αναλογία του ψιλοχωματισμένου χωραφιού το οποίο περιείχε συσσωματώματα με διάμετρο μεγαλύτερη της 1/4 ίντσας άλλαζε από 5% σ' ένα έδαφος με πυκνότητα 1.12 g/cm³ 65 % όταν η πυκνότητα ήταν 1.41 g/cm³. Αυτή η επίδραση ήταν μικρότερη όταν το έδαφος ήταν στεγνότερο. Όχι μόνο η αναλογία του εδάφους σε συσσωματώματα αυξήθηκε με την αύξηση της πυκνότητας του εδάφους αλλά αυξήθηκε και η αντίσταση των μεγαλύτερα συσσωματωμάτων στο μηχανικό σπάσιμό τους. το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε και από τους Flocker, Vomocil, Vittum (1958) σε εδάφη με 3 επίπεδα τεχνητός προκληθείσας συμπίεσης (πίνακες 2 και 9)

TABLE 9 EFFECTS OF SOIL COMPACTION ON CLODDINESS AND CLOD STRENGTH

Compaction treatment	Dry bulk density	Clod population	Clod density	Clod shear strength
	0-2.4 inch depth			
	gm/cm ³	lb'	gm/cm ³	lb/inch ²
Light	1.25	18.6	1.49	7.0
Moderate	1.40	48.0	1.50	10.6
Severe	1.56	96.3	1.64	12.3

Πίνακας 9 Επίδραση της συμπίεσης στη συσσωμάτωση και την αντοχή των συσσωματωμάτων Flocker, Vomocil, Vittum (1958).

1.5. ΟΙ ΑΙΤΙΕΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Η συμπίεση του εδάφους μπορεί να προκληθεί από πολλούς παράγοντες όπως είναι τα φυσικά χαρακτηριστικά σχηματισμού του εδάφους που προκαλούν μια σκληρή στιβάδα (Meck et al, 1967) ή από το ποδοπάτημα των ζώων. Είναι γνωστές περιπτώσεις (Tanner και

Mamaril 1959), στις οποίες το ποδοπάτημα των ζώων προκάλεσε αύξηση της φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους από 1.22 σε 1.43 g/cm³, μια μείωση του αερο-πορώδους από 17,3% στο 7,2% και αύξηση της αντίστασης στη διείσδυση από 47.4 στις 286.7 lb/inch². Η μείωση των πόρων του αέρα σε ποσοστό κάτω του 10% δείχνει ότι η συμπίεση του εδάφους από τα ζώα μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη των φυτών.

Ένας τρίτος παράγοντας που μπορεί να προκαλέσει συμπίεση στο έδαφος είναι η φυσική συρρίκνωση εδαφών κατά την ξήρανσή τους. Ο Gill (1959) βρήκε ότι η ξηρή φαινομενική πυκνότητα συμπιεσμένων δειγμάτων αυξήθηκε μετά την ξήρανση και το πέρασμα αρκετού χρόνου από 1.54 g/cm³ σε υγρασία 25%, στο 1.75 g/cm³ σε υγρασία 20%. Το έδαφος αρχικά είχε πιεσθεί σε υψηλή υγρασία με συνέπεια η δομή του εδάφους να γίνει τέτοια ώστε να επιτρέπει τη μετρήσιμη συρρίκνωση του μετά την ξήρανση.

Ένας τέταρτος παράγοντας συμπίεσης για τον οποίο ευθύνεται κύρια ο άνθρωπος, είναι η αντίδραση του εδάφους στις πιέσεις και παραμορφώσεις στις οποίες υπόκειται από τους τροχούς, ή ερπύστριες των μηχανοκίνητων οχημάτων. (ελκυστήρες, μηχανές συγκομιδής βροχής, άδρευση, χίονι)

1.5.1. Πιέσεις από τροχούς και ερπύστριες

Οι πιέσεις που ασκούνται στην επιφάνεια του εδάφους εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά των τροχών και των ερπυστριών καθώς και από τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του εδάφους. Η κατανομή της πίεσης στο έδαφος είναι συνάρτηση των τάσεων στην επιφάνεια του εδάφους και σε μικρό ποσοστό των φυσικών χαρακτηριστικών του εδάφους.

1.5.2. Πνευματικά ελαστικά

Η γενική αρχή που αναφέρεται στα πνευματικά ελαστικά είναι ότι η μέση πίεση που ασκείται ανάμεσα στο λάστιχο και την επιφάνεια στην οποία κινείται είναι περίπου ίση με την πίεση φουσκώματος του ελαστικού. Έτσι όταν το κάθετο φορτίο στο ελαστικό αυξάνεται, η πίεση παραμένει στο έδαφος σταθερή καθώς το ελαστικό πλαταίνει αρκετά ώστε το γινόμενο της μέσης πίεσης και της επιφάνειας επαφής να εξισορροπεί το κατακόρυφο φορτίο. Όταν το φορτίο στο λάστιχο είναι σταθερό και η πίεση του ελαστικού μειώνεται, το λάστιχο θα πεπλατυνθεί για να αυξήσει την επιφάνεια επαφής του τόσο ώστε να διατηρηθεί η παραπάνω αρχή (σχ. 19).

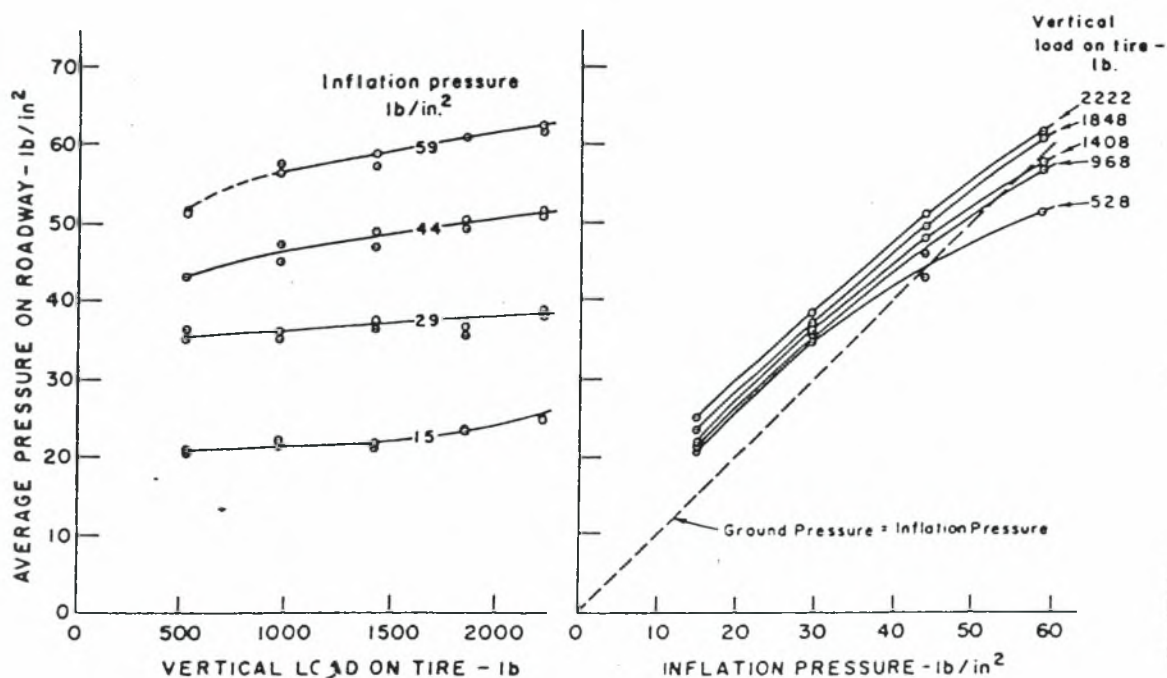
Οι παράγοντες που προκαλούν πραγματικές πιέσεις και αποκλίνουν κάπως από την τιμή της πίεσης των ελαστικών είναι:

1) Τα σκληρά τοιχώματα του σκελετού των τροχών μεταδίδουν μερικές δυνάμεις κατ' ευθείαν στο έδαφος. Αυτές οι δυνάμεις συγκεντρώνονται της επιφάνειας επαφής εδάφους - ελαστικού

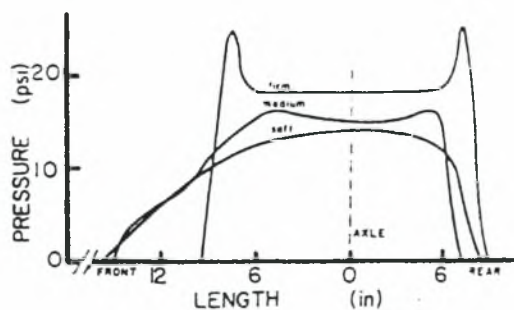
2) Όταν ένας τροχός κινείται σ' ένα πολύ μαλακό έδαφος, το έδαφος στην μπροστινή περιοχή της επιφάνειας επαφής εδάφους - τροχού, δεν έχει αρκετή δύναμη να αντισταθεί στη πίεση του τροχού. Σε αυτή τη ζώνη, το μοτίβο της πίεσης εκτείνεται πολύ μακρύτερα (σχ. 20). Όταν ένας τροχός κινείται περισσότερες από μία φορές στον ίδιο διάδρομο εδάφους, το έδαφος στα τελευταία περάσματα επιδρά στο λάστιχο όπως θα επιδρούσε μια πιο σκληρή επιφάνεια (σχ. 21). Αντίθετα, όταν η πίεση του ελαστικού είναι πολύ μεγάλη και το έδαφος είναι πολύ μαλακό, τα πνευματικά ελαστικά μπορεί να συμπεριφέρονται ως άκαμπτα υλικά και οι πιέσεις στην επιφάνεια επαφής εδάφους - τροχού, μπορεί να είναι μεγαλύτερες της πίεσης των ελαστικών.

3) Όταν τα λάστιχα έχουν πέλματα, οι πιέσεις στις επιφάνειες των πελμάτων είναι συνήθως αισθητά μεγαλύτερες από την πίεση των ελαστικών (σχ. 22), αλλά η επιφάνεια επαφής του πέλματος είναι πολύ μικρότερη από την επιφάνεια επαφής εδάφους - ελαστικού. Αυτή η πίεση είναι πιο εμφανής στα πολύ σκληρά εδάφη, λιγότερο δε στα μαλακά εδάφη όπου και οι υποκείμενες στα ελαστικά επιφάνειες δέχονται σημαντικά φορτία. Στα συνεκτικά εδάφη, η πίεση που οφείλεται στις προεξοχές των τροχών, κατανέμεται στις ανώτερες 6 ως 10 ίντσες

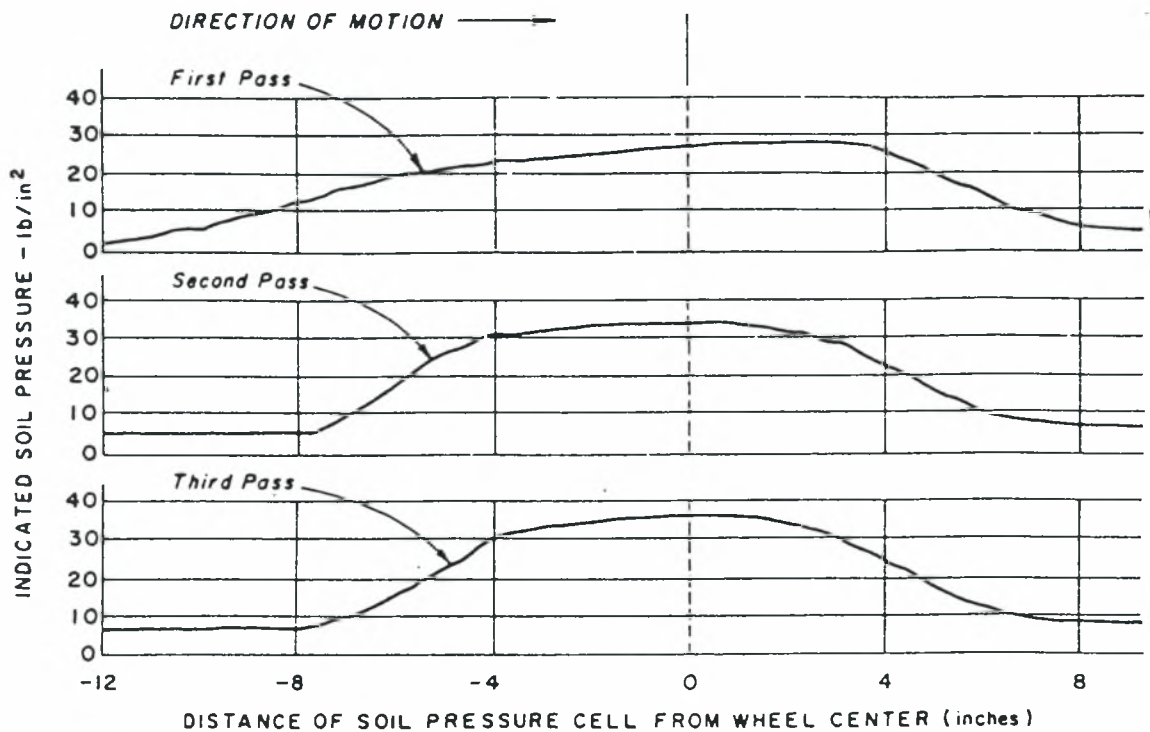
του εδάφους. Σε μεγαλύτερα βάθη υπάρχει μικρή διαφορά ανάμεσα στις πιέσεις που προκαλούν τα λεία λάστιχα με αυτά που έχουν πέλματα.



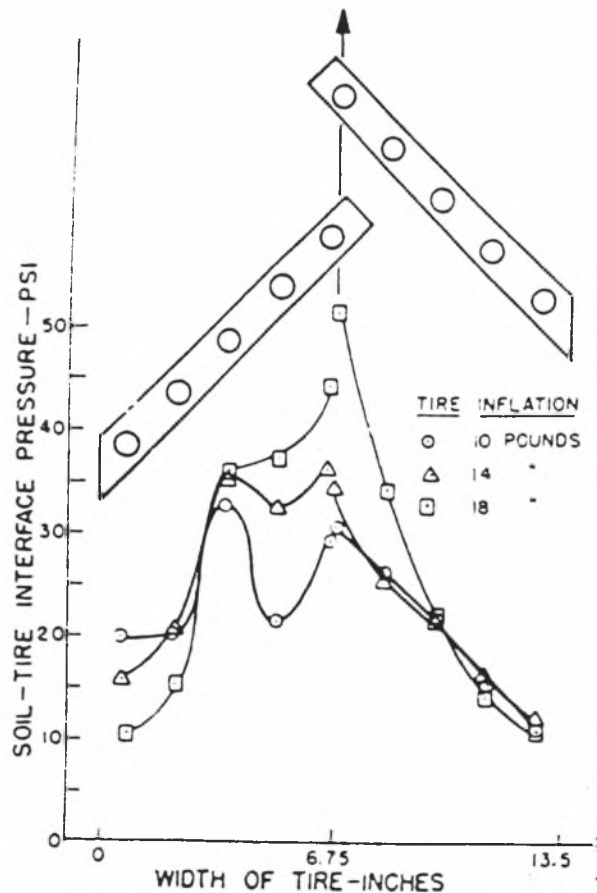
Σχήμα 19. Σχέση ανάμεσα στη πίεση ενός πνευματικού ελαστικού (για ένα ελαστικό 6,70-20) και της μέσης επιφανειακής πίεσης που ασκείται σ' ένα στερεό δρόμο (Sohne 1952, by permission of the author and VDI-VERGAG, publisher).



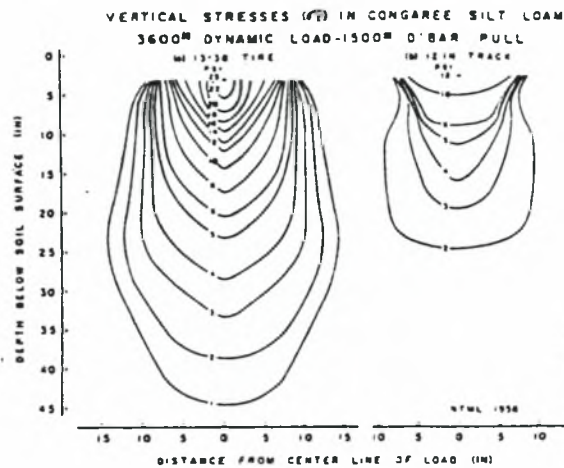
Σχήμα 20. Κατανομή της πίεσης μέσα στο έδαφος κατά μήκος της διεύθυνσης κίνησης ενός λείου ελαστικού 11-38 με πίεση 14 lb/inch που κινείται σε ένα αμμώδες έδαφος με διάφορους βαθμούς σταθερότητας (Vanderberg and Gill 1962 by permission of the author and ASAE, publisher).



Σχήμα 21. Μετρήσεις πίεσης σε ένα γεωργικό έδαφος σε βάθος 3 ίντσων. Το φορτίο προκλήθηκε από 9-40 ελαστικά με πίεση 2,5 bars που έφεραν φορτίο των 1540 lb (Sohne 1952, by permission of the author and VDI-VERGAG, publisher).



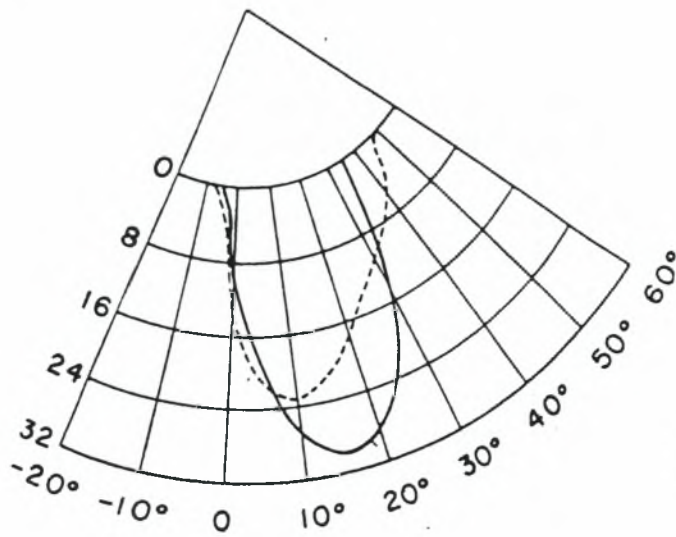
Σχήμα 22. Πιέσεις που αναπτύσσονται στην επιφάνεια επαφής των πελμάτων των ελαστικών και στο έδαφος. Το ελαστικό είναι 13.6- 38 φέρει ένα στατικό φορτίο 2400lb και έλκει στην δοκό έλξης ένα φορτίο 891lb (Trabbic, Lask, Buchele 1959, by permission of the author and ASAE, publisher).



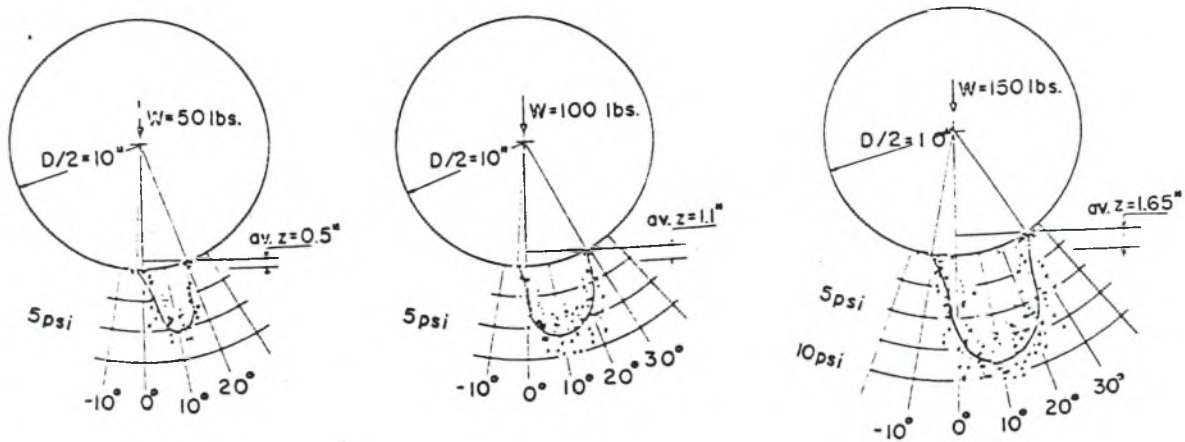
Σχήμα 23. Κατακόρυφες πιέσεις σε μια κατακόρυφη εδαφοτομή κάθετη στην διεύθυνση κίνησης δύο ελαστικών ελκυστήρα, ενός 13-38 με πίεση 16 lb/inch² και ενός 12-inch με ίδια πίεση το κάθε ένα από τα οποία φέρει ένα κατακόρυφο φορτίο 3600 lb και ένα οριζόντιο 1500 lb (Reaverw and Cooper 1960, by permission of the author and ASAE, publisher).

1.5.3. Άκαμπτοι τροχοί

Αν και τα πνευματικά λάστιχα είναι αυτά που χρησιμοποιούνται κατά κανόνα στα γεωργικά εδάφη, πολλές πειραματικές πληροφορίες υπάρχουν για τους άκαμπτους τροχούς λόγω της ευκολίας με την οποία μπορούν να προκύψουν. Η κύρια αρχή για τις πιέσεις στο έδαφος που προκαλούν οι άκαμπτοι τροχοί είναι ότι όσο πιο βαθιά βυθίζονται στο έδαφος, τόσο πιο μεγάλη είναι η περιοχή στην οποία κατανέμεται το φορτίο. Οι επιπτώσεις αυτού είναι:



Σχήμα 24. Ακτινωτές πιέσεις στην επιφάνεια ενός άκαμπτου ελαστικού διαμέτρου 49 ιντσών και πλάτους 6 ιντσών με 31% ολίσθηση και με κάθετο φορτίο 1990 lb. Το έδαφος είναι χαλαρό και αμμώδες
(Onafako and Reece 1967, by permission of the author and persimmon press, publisher).



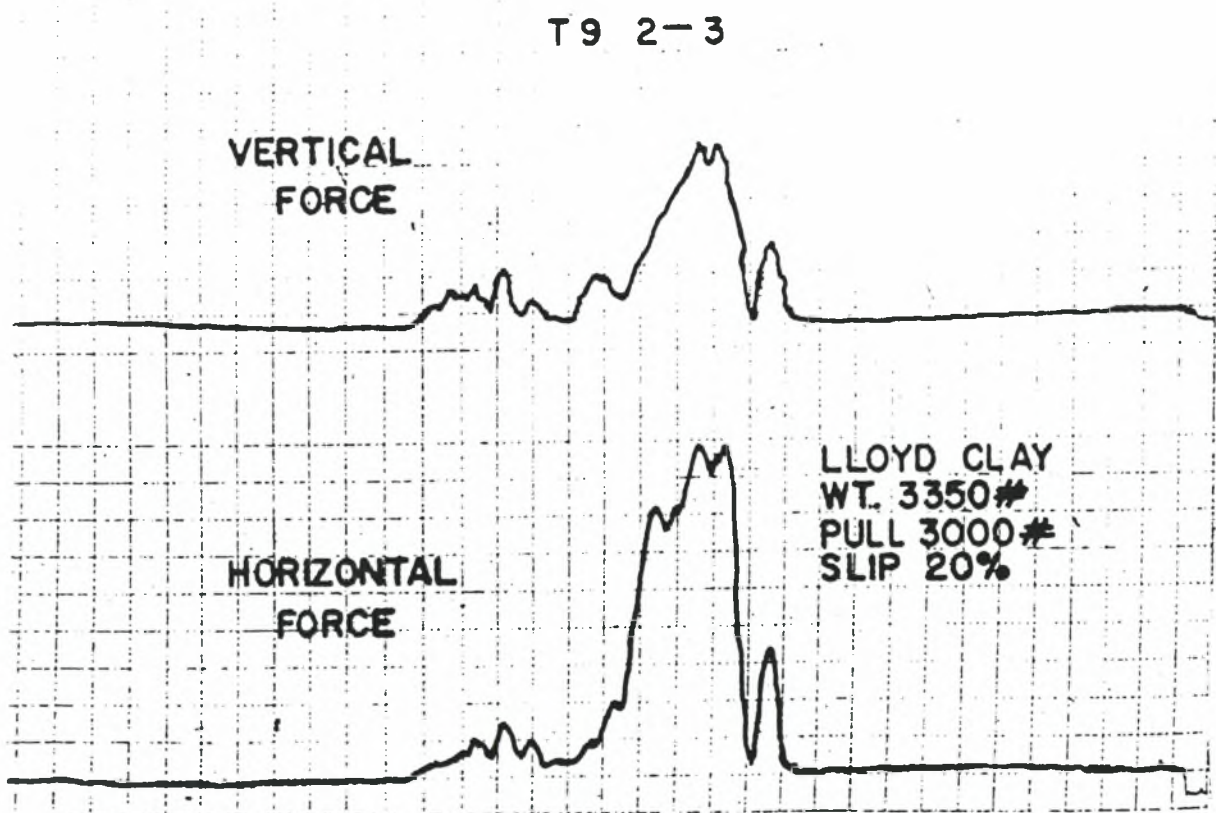
Σχήμα 25. Ακτινικές πιέσεις σ' έναν άκαμπτο τροχό πλάτους 3 ιντσών και διαμέτρου 20 ιντσών που κινείται προς τα δεξιά σ' ένα αμμωπηλώδες έδαφος με 16% υγρασία.
(Hegedyus 1965, by permission of the author and ASAE, publisher).

1) Καθώς η επιφάνεια του εδάφους γίνεται πιο σκληρή η πίεση ενός συγκεκριμένου τροχού που φέρει ένα συγκεκριμένο φορτίο αυξάνεται με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η επιφάνειας επαφής τροχού με το έδαφος (σχ. 24).

2) Όταν ο τροχός κάνει επανειλημμένα περάσματα στον ίδιο διάδρομο, το έδαφος τείνει να γίνει σκληρότερο, με συνέπεια υψηλότερες εδαφικές πιέσεις και μικρότερη επιφάνεια επαφής με το έδαφος.

3) Όταν το φορτίο του τροχού αυξάνει, αυξάνει και η πίεση στο έδαφος με αποτέλεσμα ο τροχός να βυθίζεται περισσότερο σε αυτό κατανέμοντας το φορτίο σε μια μεγαλύτερη περιοχή. Επομένως, οι εδαφικές πιέσεις δεν αυξάνουν αναλογικά με την αύξηση του φορτίου (σχ. 25). Μέγιστες πιέσεις, επιφάνεια επαφής εδάφους - τροχού, και βύθιση τροχού όλα αυξάνουν καθώς το κάθετο φορτίο στον τροχό αυξάνεται.

4) Το έδαφος κοντά στις άκρες του τροχού είναι «μαλακότερο» γιατί μπορεί ευκολότερα να ρέει προς τα πλάγια, απ' ό,τι το έδαφος κάτω από το κέντρο του τροχού. Έτσι πιέσεις κάτω από την άκρη του τροχού έχει λιγότερες επιπτώσεις από αυτές κάτω από το κέντρο (Liston και Martin 1968).



Σχήμα 26. Κάθετες και οριζόντιες δυνάμεις που παράγονται κάτω από ένα παρελκόμενο και οδηγούν σε πλαστική παραμόρφωση μέσα στο έδαφος, διαδικασία μέσω της οποίας αναπτύσσεται η έλξη (Reed 1958, by permission of the author and ASAE, publisher).

1.5.4. Ερπυστριοφόρα οχήματα

Η κατακόρυφη εδαφική πίεση που εκτιμάται για τα ερπυστριοφόρα προκύπτει με τη διαίρεση του συνολικού βάρους της μηχανής προς το πλάτος της ερπύστριας επί την κατά μήκος απόσταση που απέχουν τα κέντρα των δύο ακραίων τροχών που τυλίγεται η ερπύστριας.

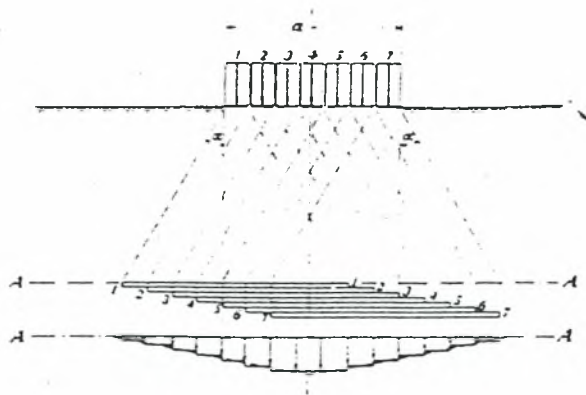
Στην πραγματικότητα, πάντως η κάθετη πίεση ανάμεσα στο όχημα και στο έδαφος δεν είναι ομοιόμορφη όπως θεωρείται στον παραπάνω υπολογισμό. Αντίθετα, η πίεση γενικά ακολουθεί ένα ακανόνιστο σχέδιο φτάνοντας σε ένα μέγιστο (συνήθως αυτό συμβαίνει λίγο πιο πίσω από το κέντρο της ερπύστριας) η που έχει μέγεθος 2 ως 3 φορές την τιμή της μέσης πίεσης που υπολογίστηκε πιο πάνω (σχ. 26).

Καθώς το μήκος της ερπύστριας αυξάνει, υπάρχει η τάση να μετακινείται στο πίσω μέρος του οχήματος η μέγιστη τιμή της πίεσης και να συσχετίζεται περισσότερο με την υπολογισμένη κατά μέσο όρο πίεση του εδάφους.

1.6. Κατανομή των πιέσεων μέσα στο έδαφος

Το μοτίβο και η κατανομή έννοου φορτίου που εφαρμόζουμε στην επιφάνεια του εδάφους κατά την κίνηση ενός γεωργικού ανελκυστήρα, καθορίζεται από το είδος των ελαστικών (αν δηλαδή είναι απλά ελαστικά ή πολλαπλά ελαστικά, χαμηλής πίεσης ή υψηλής πίεση) καθώς και από το είδος του παρελκόμενου. Κάθε ένα από τα εξαρτήματα αυτά εφαρμόζει το φορτίο στο έδαφος με διαφορετικά μοτίβα και περιοχές πίεσης

Μια από τις μεθόδους για τον καθορισμό των επιδράσεων των δυνάμεων των επιφανειών στις πιέσεις μέσα στο έδαφος φαίνεται στο σχήμα 27. Σημειώνεται ότι:



Σχήμα 27. Συνοπτική παρουσίαση της κατανομής των κάθετων φορτίων μέσα στο έδαφος (Tshebotarioff 1973, Foundations, Retaining and Earth structures, , as developed from Koegler and Scheidig 1938.. Used with permission of the author and McGraw-hill Book Company publisher).

- Οι πιέσεις που εφαρμόζονται σε μια περιοχή σε μια επιφάνεια επηρεάζουν μια μεγαλύτερη επιφάνεια μέσα στο έδαφος. Όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος βύθισης του τροχού τόσο μεγαλύτερη είναι η περιοχή που επηρεάζεται.
- Οι πιέσεις στις άκρες των περιοχών μέσα στο έδαφος είναι πολύ μικρότερες από τις πιέσεις που εφαρμόζονται στην επιφάνεια, και η πίεση μέσα στο έδαφος, κατευθείαν κάτω

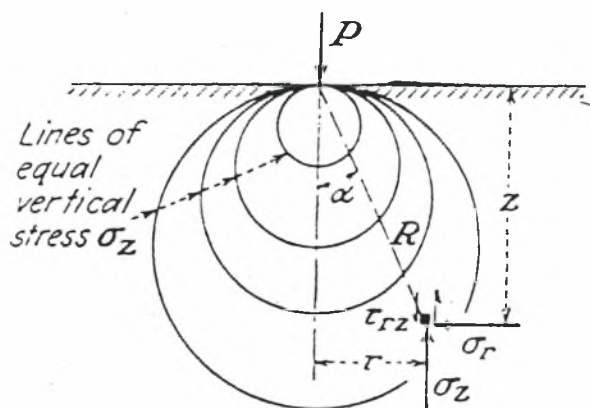
από το κέντρο της φορτισμένης επιφάνειας, τείνει να είναι ακόμη μικρότερη σε σχέση με αυτή πάνω στην επιφάνεια.

- Αυξανόμενη της επιφάνειας στην οποία εφαρμόζεται η πίεση αυξάνεται η πίεση μέσα στο έδαφος αν και η πίεση στην επιφάνεια του εδάφους δεν αυξάνει.
- Εάν ένα φορτίο κατανέμεται σε μια μεγαλύτερη περιοχή η μέγιστη πίεση σ' ένα μικρό βάθος μέσα στο έδαφος θα μειωθεί αλλά όχι πλήρως σε αναλογία προς τη μείωση της πίεσης στην επιφάνεια του εδάφους. Σ' ένα μεγαλύτερο βάθος δεν υπάρχει σχεδόν καμιά αλλαγή στη μέγιστη πίεση ως απάντηση στην ανακατανομή του φορτίου πάνω στην επιφάνεια.

Η εξίσωση Boussinesq, που περιγράφει αυτό το είδος της κατανομής της πίεσης σ' ένα ομοιόμορφο και ελαστικό υλικό όπως το ατσάλι (Timoshenko 1934) μπορεί να εφαρμοσθεί και για τα γεωργικά εδάφη (Chancellor 1966, Sökne 1958) (Βλέπε σχ. 28)

$$\sigma_z = \frac{3P}{2\pi s} \frac{Z^3}{\sqrt{r^2 + Z^2}}$$

Η πίεση (σ_z) σε κάθε βάθος (Z) στο έδαφος αυξάνει όσο το ολικό φορτίο (P) αυξάνει. Πάντως όταν το ολικό φορτίο διαιρείται σε πολλά μικρότερα υποφορτία, που το καθένα ενεργεί σε μια μικρή υποπεριοχή, η συνεισφορά των υποφορτίων σε κάποια οριζόντια απόσταση από το κέντρο της φορτισμένης περιοχής (μεγάλες τιμές r) σε σχέση με προς τις κατακόρυφες πιέσεις κοντά στην επιφάνεια (μικρές τιμές « Z ») θα είναι πολύ μικρή.

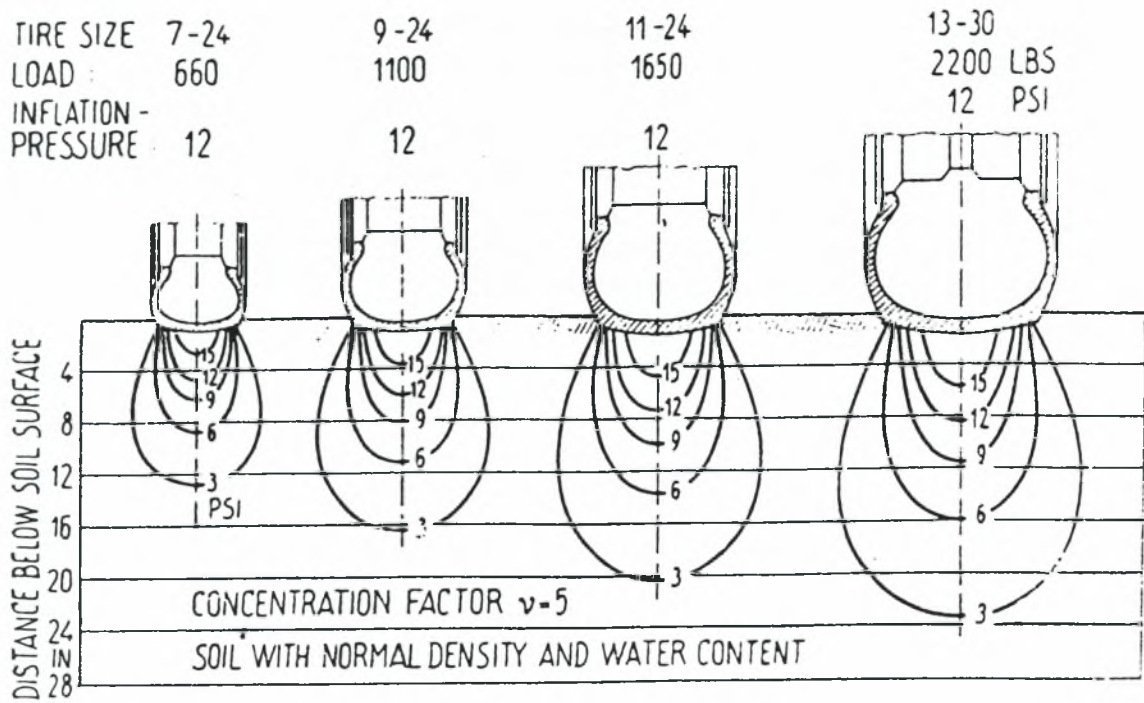


Σχήμα 28. Κατανομή των κάθετων πιέσεων που οφείλονται σ' ένα συγκεντρωμένο επιφανειακό φορτίο σύμφωνα με την εξίσωση Boussinesq (Tschebotarioff 1973, Foundations, Retaining and Earth structures, as developed from Koegler and Scheidig 1938. Used with permission of the author and McGraw-hill book Company publisher).

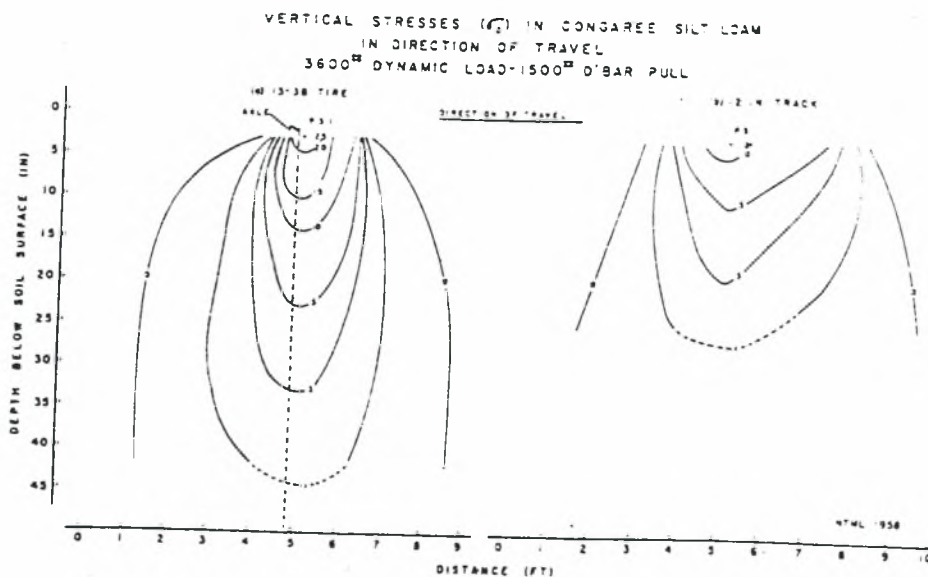
Έτσι οι πιέσεις κοντά στην επιφάνεια επηρεάζονται κύρια από την πίεση της επιφάνειας (υποφορτίο ανά μονάδα υποεπιφάνειας), και δεν επηρεάζονται από το μέγεθος της υποπεριοχής που επιλέχθηκε. Σε μεγαλύτερα βάθη, οι τιμές του « Z » γίνονται μεγαλύτερες σε σχέση με τις τιμές του « r » και τα υποφορτία που ενεργούν σε όλες τις υποπεριοχές θα έχουν κάποια επίδραση στις πιέσεις του εδάφους.

Πιέσεις σε μεγαλύτερα βάθη κύρια επηρεάζονται από το ολικό φορτίο που υποβαστάζουν, ενώ οι πιέσεις μόλις κάτω από την επιφάνεια, κύρια επηρεάζονται από τις επιφανειακές πιέσεις της υποπεριοχής που βρίσκεται ακριβώς από πάνω.

Ένα σχέδιο της κατανομής της πίεσης κάτω από το οπίσθιο μέρος των ελαστικών του ελκυστήρα, που υπολογίζεται με έναν τέτοιο τύπο (Sökne 1958) φαίνεται στο σχήμα 29.



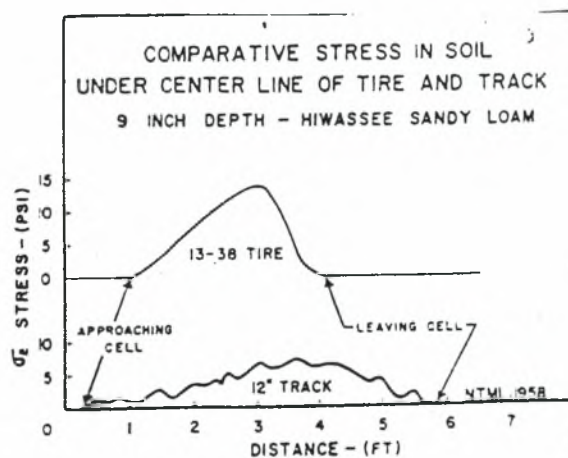
Σχήμα 29. Υπολογισμένες κάθετες πιέσεις (με την χρήση τροποποιημένης εξίσωσης Boussinesq) κάτω από διάφορα ελαστικά (Sökne 1958 by permission of the author and ASAE, publisher).



Σχήμα 30. Κατά μήκος σχέδια των κάθετων πιέσεων που μετρήθηκαν στην εδαφοτομή κάτω από ένα ελαστικό και μια ερπύστρια τα οποία υποβάσταζαν το καθένα κάθετο φορτίο 3600 λιμπρών (Reaverw and Cooper 1960, by permission of the author and CIGR publisher).

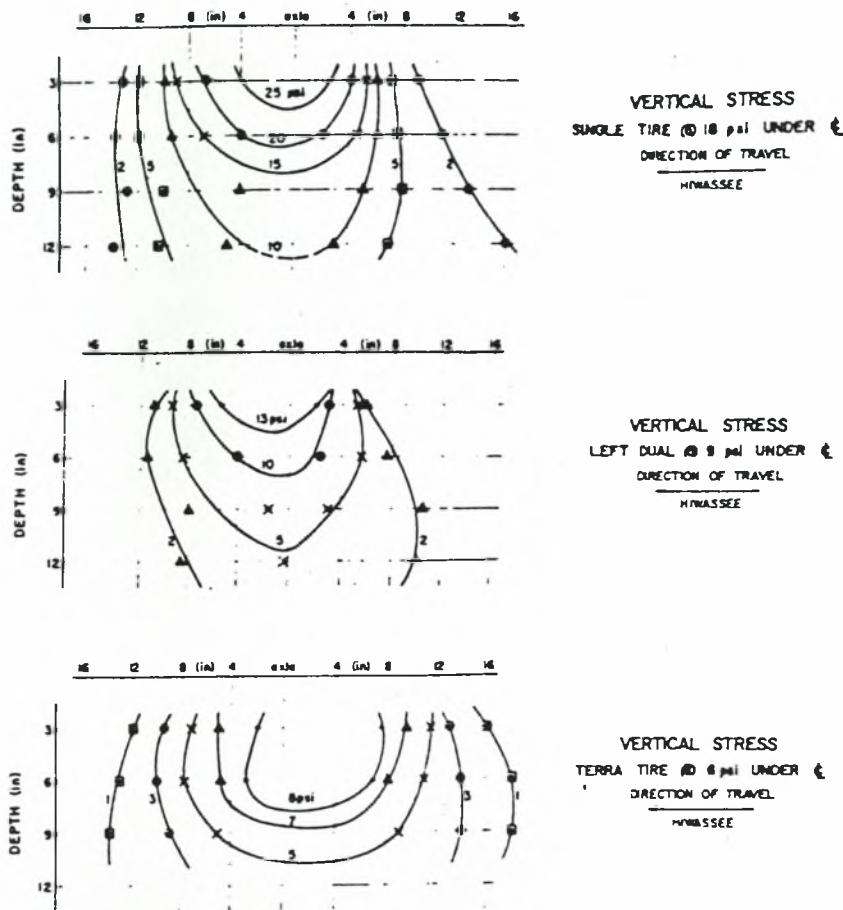
Είναι ανάλογο με το μοτίβο των πιέσεων που μετρήθηκαν κάτω από κάπως μεγαλύτερο ελαστικό το οποίο έφερε μεγαλύτερο φορτίο και μεγαλύτερη πίεση. Το σχήμα 23 συγκρίνει πιέσεις κάτω από ένα μικρό ερπυστριοφόρο όχημα το οποίο φέρει το ίδιο βάρος με το πνευματικό ελαστικό όπως δείχνει η σχήμα 30.

Μια σύγκριση των πιέσεων που καταγράφονται κάτω από το πνευματικό ελαστικό και και το ερπυστριοφόρο όχημα (σε διαφορετικό έδαφος) παρουσιάζονται στο σχήμα 31. Αυτά τα στοιχεία δείχνουν ότι αν και οι πιέσεις που προκαλούνται από τις ερπύστριες είναι μεγαλύτερες από τη μέση υπολογισθείσα εδαφική πίεση, η ερπύστρια έχει ως συνέπεια να προκαλεί μικρότερη μέγιστη κάθετη πίεση στο έδαφος σε σχέση με το πνευματικό ελαστικό που κουβαλούσε το ίδιο φορτίο.

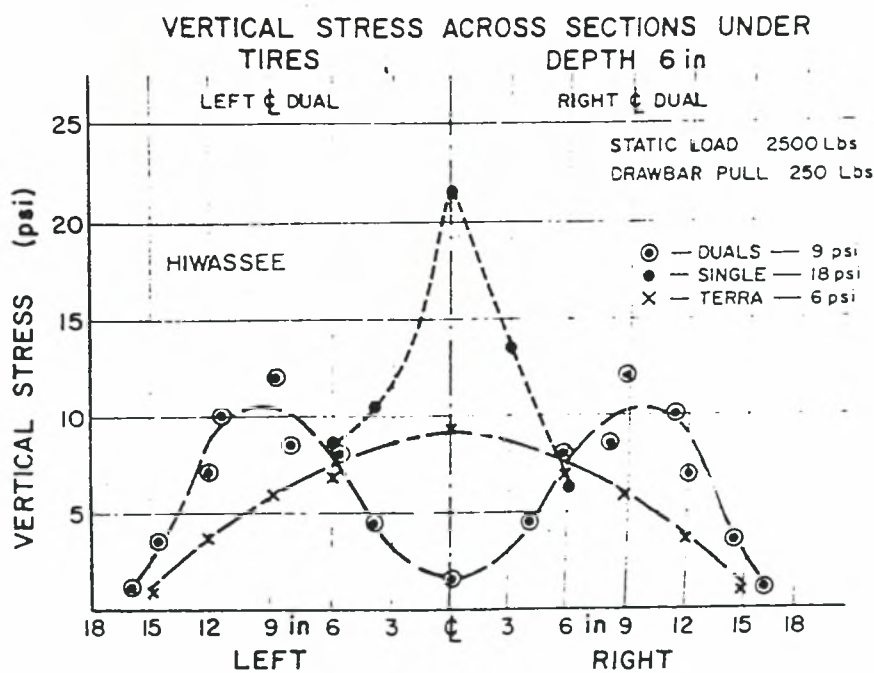


Σχήμα 31. Κάθετες πιέσεις που μετρήθηκαν σ' ένα βάθος 9 ιντσών κάτω από το λάστιχο και την ερπύστρια που περιγράφηκαν στο σχήμα 24 αλλά για ένα διαφορετικό έδαφος (Reaver and Cooper 1958, by permission of the author and ASAE, publisher).

Οι δοκιμές με διπλά λάστιχα με μειωμένες πιέσεις και με μεγάλο πλάτος, που φαίνονται στα σχήματα 32 και 33, έδειξαν ότι σε σχετικά μικρά βάθη οι μέγιστες κάθετες πιέσεις επηρεάζονται πολύ από τις πιέσεις των ελαστικών.



Σχήμα 32. Κατανομή των πιέσεων στο έδαφος η οποία μετρήθηκε κάτω από το κέντρο ενός μόνου ελαστικού με πίεση 18 lb/inch^2 , ενός διπλού ελαστικού με πίεση 9 lb/inch^2 και ενός φαρδιού χαμηλής πίεσως ελαστικού (6 lb/inch^2) το καθένα με στατικό φορτίο 2500 lb (McLeod et al. 1966, by permission of the author and ASAE, publisher).

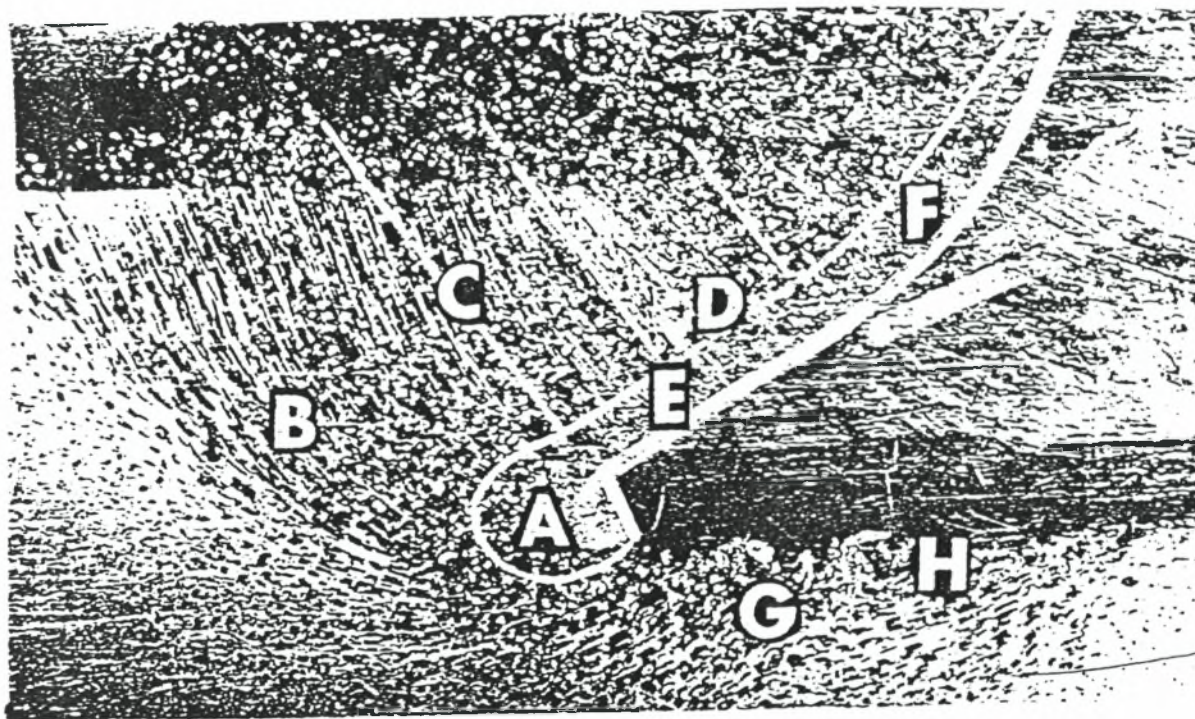


Σχήμα 33. Κάθετες εδαφικές πιέσεις που μετρήθηκαν σε βάθος 6 inch κάτω από ενός μόνου (18 lb/inch^2), διπλού (9 lb/inch^2), και φαρδιού (6 lb/inch^2) πνευματικού ελαστικού με στατικό φορτίο 2500 lb . (McLeod et al. 1966, by permission of the author and ASAE, publisher).

1.6.1. Πιέσεις από τα μηχανήματα κατεργασίας του εδάφους

Τα μηχανήματα κατεργασίας του εδάφους τα οποία δουλεύουν κάτω από την επιφάνεια του εδάφους συχνά προκαλούν υψηλές εδαφικές πιέσεις. Οι Nickols, Reed και Reaves (1958), απεικόνισαν την κίνηση του εδάφους που δημιουργείται από τέτοιες πιέσεις οι οποίες παράγονται από ένα μηχάνημα το οποίο κάνει τομές (αιχμηρό) (σχ. 34). Το έδαφος εν μέρει σπρώχνεται μπροστά και πάνω από το μηχάνημα, ενώ τη στιγμή που δεν μπορεί να διαφύγει προς τα πάνω, κατά τη διάρκεια αυτής της κίνησης συμπιέζεται.

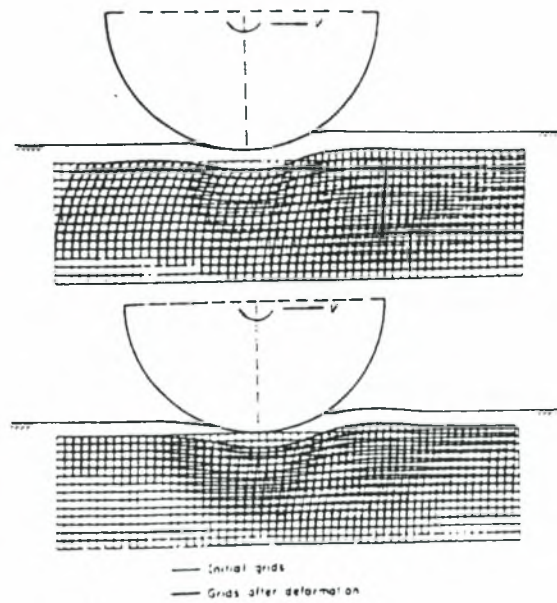
Ο υπεδαφοκαλλιεργητής, ένα μηχάνημα με πολύ υψηλές ειδικές αντιστάσεις (ή μέση αντίσταση του εδάφους κάθετα στη διεύθυνση κίνησης) μπορεί να έχει μια δύναμη έλξης (draft force) μέχρι τις 160 lb ανά ίντσα βάθους (ASAE 1973). Εάν θεωρήσουμε τις τυπικές διαστάσεις (46 inch² μπροστινή επιφάνεια κοπής και για βάθος κοπής 24 ιντσών) ή ειδική αντίσταση θα είναι 83 lb/inch². Οι Grill και οι Mc Creery (1960) βρήκαν μια ειδική αντίσταση των 27.7 lb/inch² για ένα στενό υνί βάσης το οποίο κάνει μια κοπή 1 ίντσας πλάτους.



Σχήμα 34. Σχέδιο της κίνησης του υνίου πάνω από μια τεχνητά κομμένη τομή εδάφους. Α. κώνος εδάφους, Β. περιοχή συμπίεσης, C. επιφάνειες υνίων ή ρίζης, D. γραμμή ροής εδάφους, E. περιοχή μικρής πίεσης, F. περιοχή μεγάλης πίεσης που προκαλεί συγκόλληση, G. χαλάρωση εδάφους, H. κίνηση εδάφους κάτω από το όργανο κοπής (Nickols, Reed και Reaves 1958, by permission of the author and ASAE, publisher).

1.7.1. Διατμητική παραμόρφωση κάτω από μηχανήματα έλξης

Ο μηχανισμός με τον οποίο τα ερπυστριοφόρα και τα τροχοφόρα οχήματα αναπτύσσουν την έλξη ενώ βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος οφείλεται στην πλαστική παραμόρφωση του εδάφους κατά την διάτμηση(;) (Wills 1963, Taylor και Vanden Berg 1965). Ο τύπος της παραμόρφωσης που συμβαίνει φαίνεται στο σχήμα 35. Παρόμοιες μορφές παραμόρφωσης συμβαίνουν κάτω από τροχούς ρυμουλκήσεως και κινήσεως (σχ. 36). Οι δυνάμεις που προκαλούν τέτοιες παραμορφώσεις είναι μεγαλύτερες όταν οι κάθετες πιέσεις στο έδαφος είναι επίσης μεγάλες (σχ. 25).

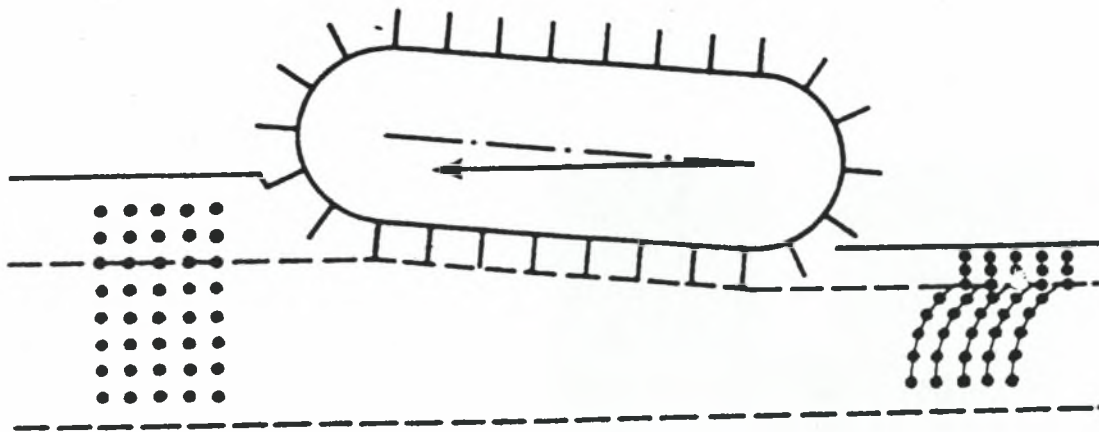


Σχήμα 36. Διατμητική παραμόρφωση μέσα στο έδαφος κατά τη διαδικασία ανάπτυξης έλξης από τους τροχούς (Wong 1967, by permission of the author and NIAE, publisher).

Πιέσεις από το υπεδάφιο τμήμα μιας λεπίδας κοπής μιας μουλντόζας η οποία έχει κοπή 6 ιντσών βάθους υπολογίστηκαν από τους Hettiaratci, Whitney και Reece (1966). Οι μέσες πιέσεις που βρέθηκαν πάνω από το βάθος των 6 ιντσών ήταν 16 lb/inch^2 , αν και θα αναμενόταν ότι οι πιέσεις στο κάτω μέρος της λεπίδας να ήταν παραπάνω από αυτό το ποσό.

Ο Mayauskas (1959) συνέδεσε όργανα μέτρησης πιέσεων σ' ένα υναρότρο. Αν και οι περισσότερες πιέσεις οι οποίες μετρήθηκαν ήταν λιγότερες από 35 lb/inch^2 , οι πιέσεις στην άκρη του υναρότρου έφτασαν τις 64 lb/inch^2 κάτω από ορισμένες συνθήκες.

Οι Willatt και Wills (1965) μέτρησαν σφήνες εδάφους που προσκολλήθηκαν στο μπροστινό μέρος κάθετων δοντιών και βρήκαν μέγιστη (από 29% σε 41%) αύξηση της φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους στη σφήνα σε σύγκριση με το περιβάλλον έδαφος. Σε παρόμοιες περιπτώσεις η ξηρή φαινομενική πυκνότητα έφτασε σε επίπεδα που ξεπέρασαν τα $1,9 \text{ g/cm}^3$. Τα εργαλεία κατεργασίας του εδάφους λοιπόν είναι ακόμη μία αιτία που προκαλεί συμπίεση στο έδαφος.

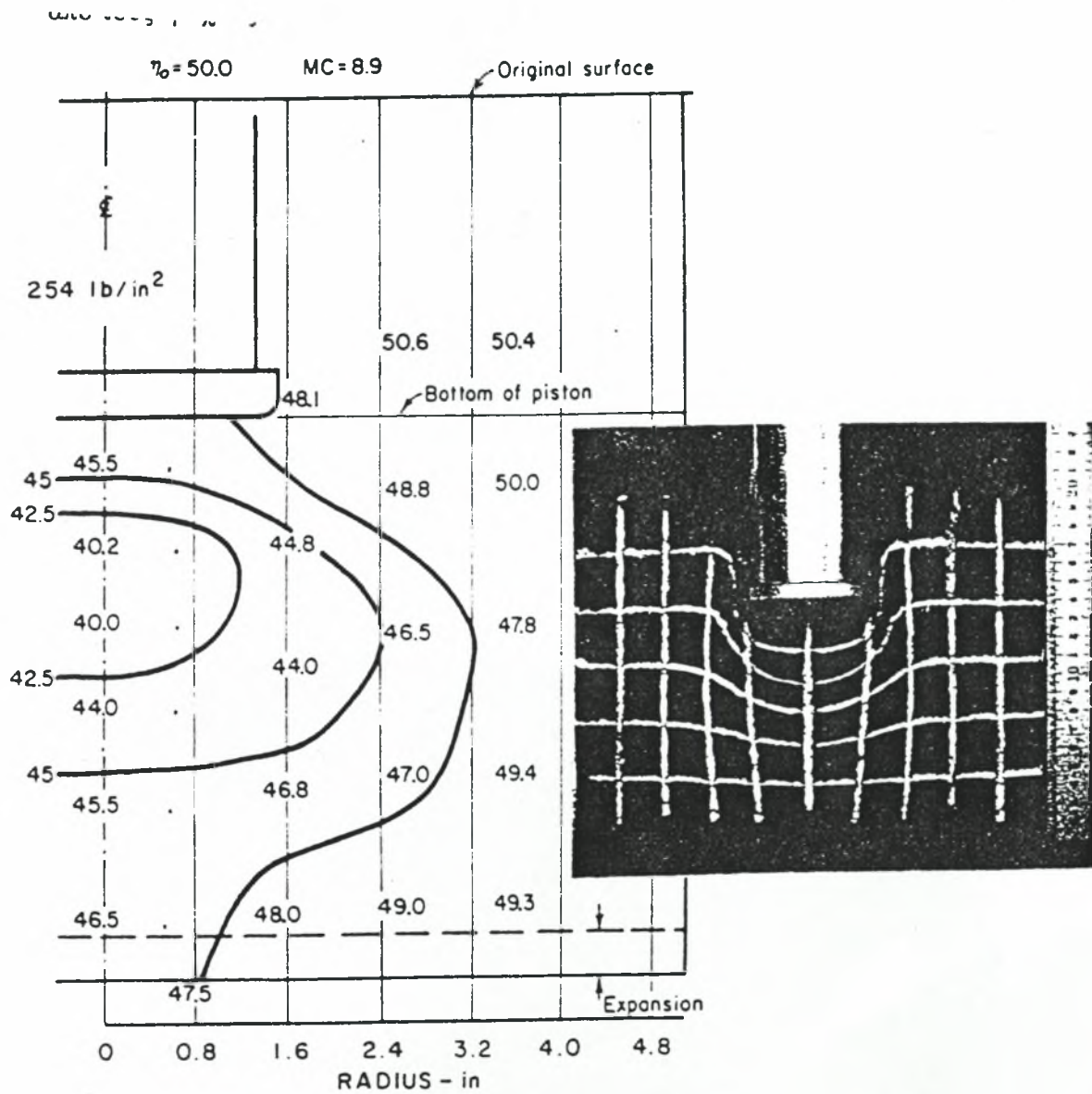


Σχήμα 35. Διατμητική παραμόρφωση μέσα στο έδαφος μέσω της οποίας αναπτύσσεται η έλξη σε ερπυστριοφόρα οχήματα (Taylor και Vanden Berg 1966, by permission of the author and ASAE, publisher).

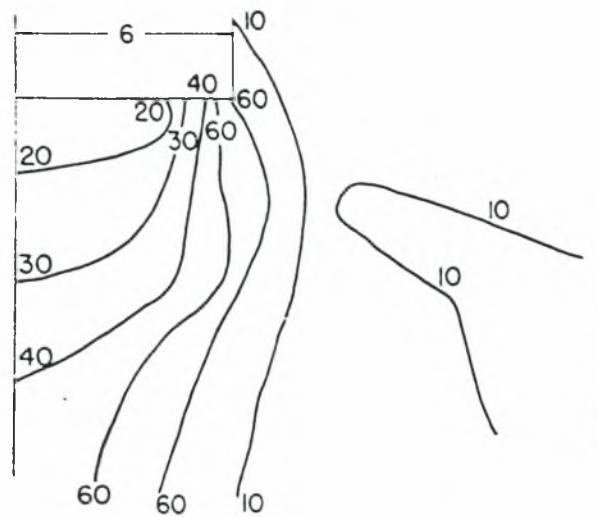
1.7 Διατμητική παραμόρφωση του εδάφους υπό πίεση

Τα εδάφη υπόκεινται όχι μόνο σε πιέσεις συμπίεσης, αλλά και σε πλαστική παραμόρφωση που μπορεί να συνεισφέρει στη συμπίεση του εδάφους. Αυτό συμβαίνει κάτω από τους τροχούς του ελκυστήρα όταν αυτός συνδυάζεται με μηχανήματα κατεργασίας του εδάφους, όταν η επιφάνεια του εδάφους παραμορφώνεται ή όταν έχουμε την μετακίνηση τμημάτων του έδαφους και αναστροφή. Τα εδάφη τα οποία είναι υγρά και υπόκεινται σε πλαστική παραμόρφωση, απογυμνώνονται συμπιέζονται από δυνάμεις συρρίκνωσης καθώς αυτά στεγνώνουν.

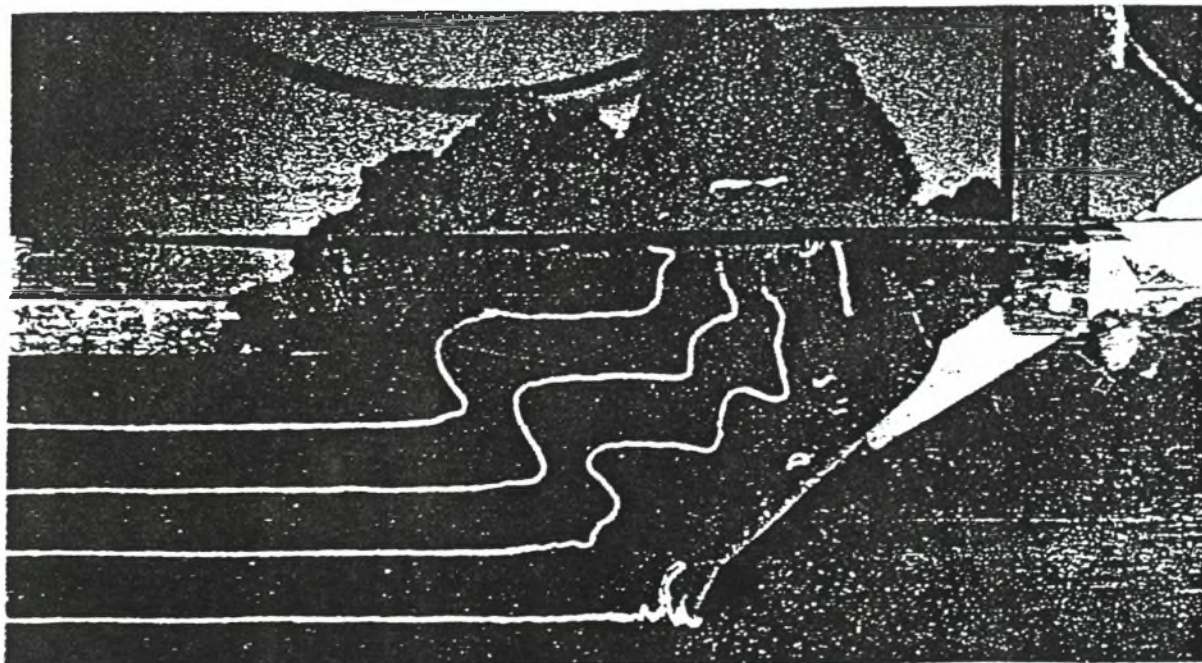
Ακόμη και η βύθιση ενός σώματος στο έδαφος μπορεί να προκαλέσει διατμητική παραμόρφωση (σχήματα 37 και 38) όπως δημιουργεί η κίνηση ενός απλού μηχανήματος κατεργασίας (σχ. 39). Οι πιέσεις και οι διατμητικές παραμορφώσεις είναι μεγαλύτερες κοντά στο κάτω άκρο των εργαλείων.



Σχήμα 37. Διατμητική παραμόρφωση που παράγεται όταν μια επιφάνεια πιέζεται κατακόρυφα στο έδαφος (Wills 1963, Taylor και Vanden Berg 1965).



Σχήμα 38. Διατμητική παραμόρφωση (ως ποσοστό % της διατμητικής τάσης) σε μια εδαφοτομή κάτω από μια φορτισμένη επιφάνεια πλάτους 12 ιντσών η οποία πιέστηκε σε βάθος 4 ιντσών μέσα στο έδαφος (Wills 1963, Taylor και Vanden Berg 1965).



Σχήμα 39. Διατμητική παραμόρφωση που προκαλείται κατά τη δράση ενός μοινού εργαλείου (Nichols, Reed, Reaves 1958, by permission of the author and ASAE, publisher).

1.7.2. Η αντίδραση του εδάφους στις πιέσεις και στις παραμορφώσεις

Οι επιφανειακές πιέσεις, η κατανομή τους στο έδαφος και μέρος της διατμητική παραμόρφωσης καθορίζονται από τον εν λειτουργία γεωργικό εξοπλισμό. Η αντίδραση του εδάφους ειδικά στις αλλαγές του όγκου για ένα δεδομένο βάρος εδάφους, είναι οι αλλαγές στη φαινομενική πυκνότητά του και στο πορώδες του.

1.7.3. Αλλαγές πυκνότητας που οφείλονται στις πιέσεις του εδάφους

Μια από τις πιο χρήσιμες και άμεσες σχέσεις ανάμεσα στη μέγιστη συμπιεστική πίεση του εδάφους και την πυκνότητα είναι αυτή που συνδέει το πορώδες ή τη φαινομενική πυκνότητα ενός εδάφους, σε μια συγκεκριμένη υγρασία, με τη μέγιστη εδαφική πίεση στην οποία υπόκειται (Söhne, 1958). Για πολλά εδάφη οι αλλαγές στο πορώδες είναι ανάλογες με τις αλλαγές του λογαρίθμου της μέγιστης εδαφικής πίεσης, PM

$$\text{Porosity (Πορώδες)} = - A \log PM + C$$

όπου:

A = Μια τιμή που τείνει να παραμένει περίπου σταθερή για κάποιο συγκεκριμένο τύπο εδάφους

C = Η τιμή η οποία αλλάζει με τις αλλαγές της υγρασίας του εδάφους

PM = μέγιστη συμπιεστική πίεση στο έδαφος

Το σχήμα 40 συσχετίζει το πορώδες με την πίεση για ένα έδαφος που βρίσκεται υπό πίεση μέσα σ' ένα κύλινδρο με ένα έμβολο. Η ημιλογαριθμική σχέση ανάμεσα στο πορώδες και την πίεση φαίνεται ότι εφαρμόζεται για μέσα επίπεδα του πορώδους σε εδάφη τα οποία αρχικά έχουν μια πολύ χαλαρή δομή (οι συνεχόμενες γραμμές του σχήματος 40).

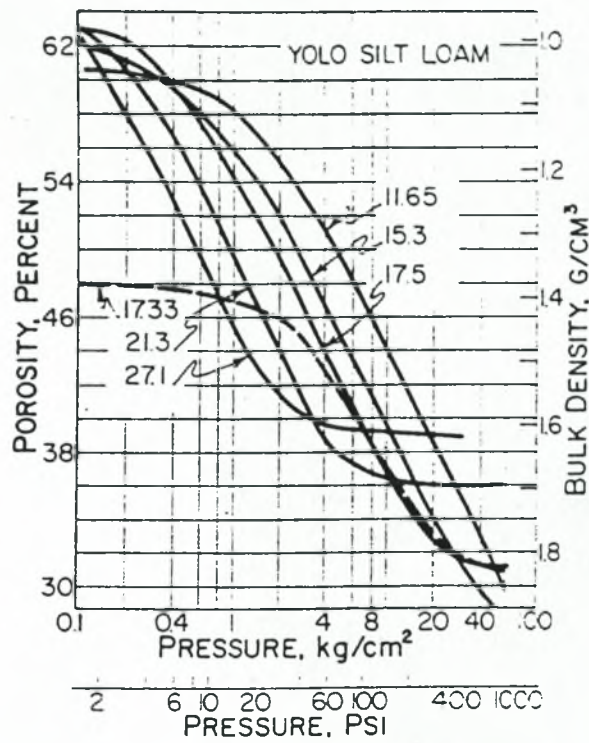
Καθώς το έδαφος συμπιέζεται από φυσικές και τεχνητές δυνάμεις στον αγρό, το πορώδες δεν επηρεάζεται τόσο από τις αλλαγές της πίεσης. Το πορώδες έχει την ικανότητα να συμπεριφέρεται σαν ελαστικό σώμα, έτσι όταν εφαρμόζουμε σε αυτό πίεση τείνει να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση ισορροπίας μετά την λήξη της εφαρμογής. Σαν ελαστικό σώμα το πορώδες έχει κάποια όρια ελαστικότητας δηλαδή υπάρχει μια μέγιστη τιμή πίεσης όπου πέρα από αυτή παύει να συμπεριφέρεται σαν ελαστικό σώμα και υφίσταται πλαστική παραμόρφωση. Η μέγιστη τιμή της πίεσης που μπορεί να ανεχτεί το έδαφος χωρίς να συμπεσθεί εκτός από το πορώδες του εδάφους εξαρτάται επίσης και από την περιεκτικότητα σε υγρασία του προ-συμπιεσμένου εδάφους (στικτή γραμμή του σχήματος 40). Μόλις αυτό το επίπεδο της πίεσης ξεπεραστεί το προ-συμπιεσμένο έδαφος συμπεριφέρεται με τον ίδιο τρόπο όπως το έδαφος που συμπιέστηκε από μια αρχική χαλαρή κατάσταση.

1.8. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη σχέση ανάμεσα στην πίεση του εδάφους και τη συμπιεστικότητα

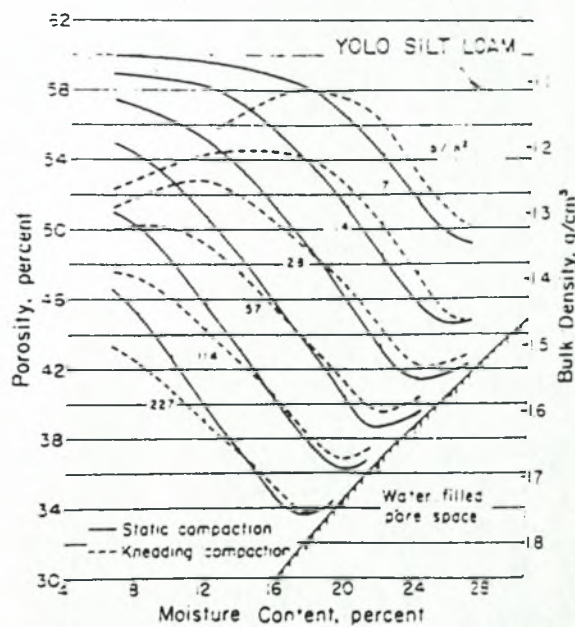
I. Η εδαφική υγρασία

Για τα στεγνά (ξηρά) εδάφη το πορώδες τους μειώνεται όσο η πίεση αυξάνεται. Για τα πολύ υγρά εδάφη, στα οποία δεν υπάρχει αέρας πλέον στους πόρους και παραμένουν μόνο πόροι γεμάτοι με νερό, το πορώδες τους δεν μειώνεται παρά τις πιέσεις που μπορεί να δέχονται. Αν σε ένα έδαφος όλοι οι πόροι δεν είναι γεμάτοι με νερό, κάτω από την ίδια πίεση, το πιο υγρό έδαφος συμπιέζεται περισσότερο, (αποκτά μικρότερο πορώδες) απ' ότι ένα ξηρότερο έδαφος. Με άλλα λόγια τα υγρά (αλλά όχι κορεσμένα) εδάφη έχουν μικρότερη

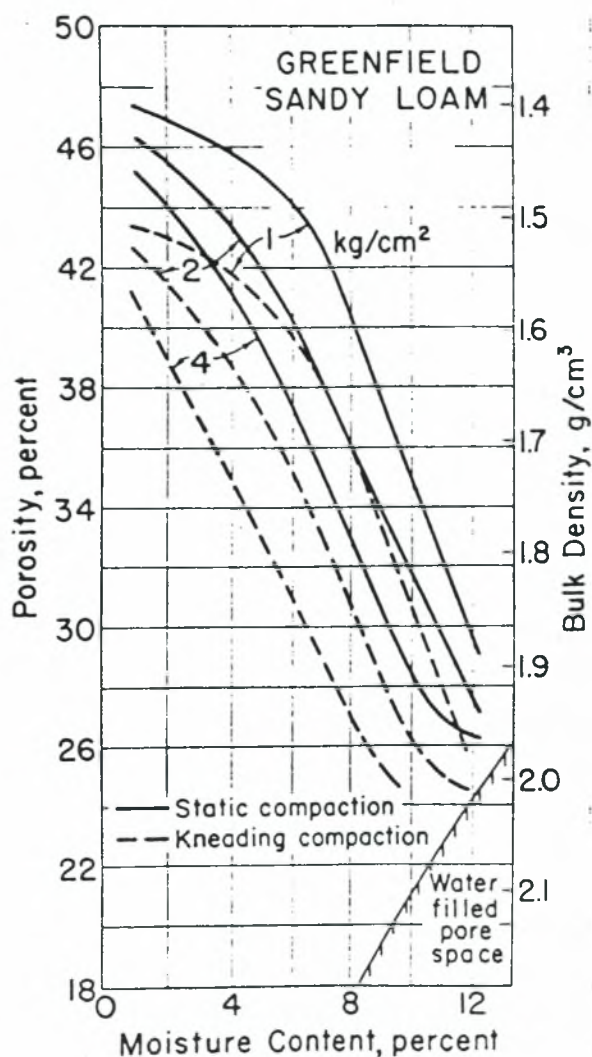
αντοχή στη συμπίεση σε σχέση με τα ξηρά εδάφη. Το σχήμα 41 (βασισμένο στα ίδια στοιχεία με του σχ. 40) παρουσιάζει αυτό το χαρακτηριστικό.



Σχήμα 40. Τυπική ημιλογαριθμική σχέση πιέσεις-πορώδους για τα γεωργικά εδάφη.



Σχήμα 41. Σύγκριση των χαρακτηριστικών του πορώδους και της πίεσης σ' ένα έδαφος το οποίο υπέστη α) στατική συμπίεση και β) ενεργή συμπίεση.



Σχήμα 42. Σχέσεις πίεσης- πορώδους- υγρασίας για ένα έδαφος που υπέστη τόσο στατική όσο και ενεργή συμπίεση..

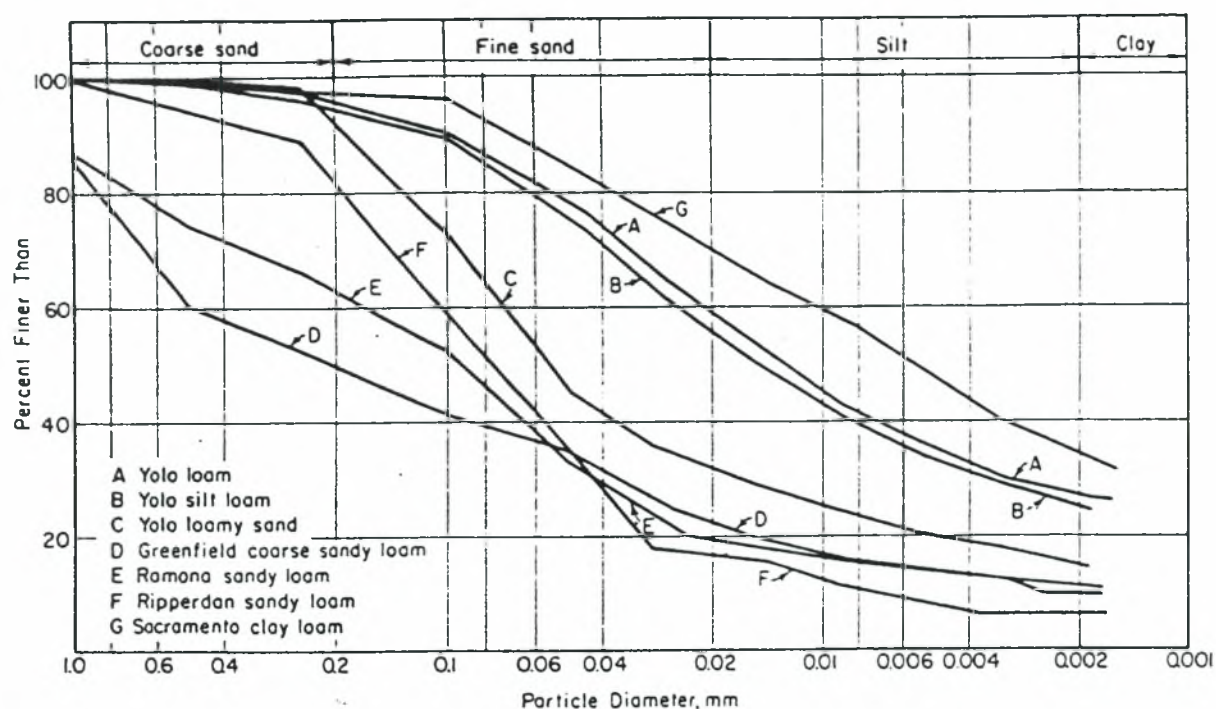
II. Η πλαστική παραμόρφωση

Όταν το έδαφος στον κύλινδρο συμπιέζεται με την χρήση έννου εμβόλου το οποίο καλύπτει το $\frac{1}{4}$ της επιφάνειας του κυλίνδρου, τότε το έδαφος στη κάτω επιφάνια του εμβόλου υφιστάμενη πλαστική παραμόρφωση. Το έδαφος συμπεριφέρεται σαν ελαστικό σώμα με συνέπεια να μπορεί να ανέχεται ένα ευρύ φάσμα πιέσεων χωρίς να συμπιέζει το πορώδες αρκεί η τιμή της πίεσης που δέχεται να μην ξεπερνά το όριο ελαστικότητας. Η ο βαθμός της πλαστικής παραμόρφωση που εμφανίζει ένα έδαφος και το μέγεθος της στατική συμπίεση που υφίσταται, εξαρτάται από το ίδιο το έδαφος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μερικά εδάφη να συμπιέζουν το πορώδες τους, ενώ άλλα να παραμένουν ανέπαφα (σχ. 41 και 42).

III. Υφή του εδάφους

Η αντίδραση ενός εδάφους στην πλαστική παραμόρφωση φαίνεται να εξαρτάται από την κοκκομετρική του σύσταση και από τη σταθερότητα της δομής του.

Σ' ένα έδαφος (βλέπε σχήμα 43, έδαφος D - Greenfield αμμοπηλώδες) οι πόροι που σχηματίζουν οι μεγάλοι κόκκοι είναι δυνατό να πληρωθούν με μικρότερους κόκκους, και οι πόροι ανάμεσα στους μικρότερους κόκκους να καλυφθούν με μικροσκοπικά τεμαχίδια.



Σχήμα 43. Μηχανική σύσταση 7 εδαφών στην Καλιφόρνια. Το έδαφος που περιγράφεται στο σχήμα 41 είναι το έδαφος B, ενώ το έδαφος που περιγράφεται στο σχήμα 42 είναι το έδαφος D. Πιστεύεται ότι η ευρύτερη κατανομή του μεγέθους των εδαφικών τεμαχιδίων συσχετίζεται με το γεγονός ότι το έδαφος D έχει μια σχέση πίεσης-πορώδους η οποία είναι πιο ευαίσθητη στην διατμητική παραμόρφωση από αυτή του εδάφους B.

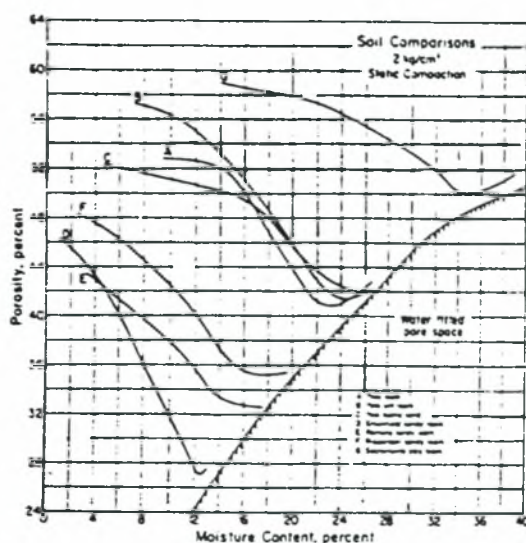
Η πλαστική παραμόρφωση δημιουργεί αυξημένες ευκαιρίες για τα τεμαχίδια του εδάφους να έρθουν σε επαφή με τους πόρους που έχουν τέτοιο μέγεθος ώστε να μπορούν να εισέλθουν σ' αυτούς. Αυτή η επίδραση της κοκκομετρικής σύστασης στο πορώδες των εδαφών που μπορούν να συμπιεστούν έχει εξηγηθεί θεωρητικά και έχει αποδειχθεί πειραματικά από τους Bodman και Constantin (1965), οι οποίοι βρήκαν ότι η σύσταση 80% άμμου και 20% αργιλοπηλού συμπιέζεται λιγότερο από κάθε άλλη σύσταση σε καθαρή μορφή.

Εδάφη με δομή σταθερή, των οποίων οι κόκκοι δεν συνθλίβονται εύκολα τείνουν να έχουν μια σχέση πίεσης - πορώδους η οποία δεν επηρεάζεται από την διατμητική παραμόρφωση. Σε υγρά εδάφη με συγκριτικά ασταθή δομή, εκτενής διατμητική κάτω από πίεση προκαλεί καταστροφή της δομής τους (ανακάτεμα). Ακόμη και αν οι πόροι γεμίσουν με νερό, περιορίζοντας έτσι το ποσό της ακαριαίας συμπίεσης, αυτά τα υποβαθμισμένα σε δομή εδάφη μπορούν να συρρικνωθούν σε εκτεταμένο βαθμό όταν στραγγίσουν. Οι δυνάμεις συρρίκνωσης συμπιέζουν το έδαφος με αποτέλεσμα αυτό γίνεται γεμάτο σβώλους και να ανθίσταται στην κατεργασία.

Η εντατική κατεργασία σπάει τους σβώλους αλλά αφήνει ένα έδαφος με υποβαθμισμένη δομή - τέτοιο που θα συμπιεσθεί ξανά και θα σβωλοποιηθεί μετά από ύγρανση και ξήρανση.

Το σχήμα 44 δείχνει σχέσεις πορώδους υγρασίας για εδάφη με διαφορετικές δομές τα οποία υπόκεινται σε στατική συμπίεση σε μια πίεση 2 bars. Εδάφη με περισσότερη άργιλο (βλέπε σχ. 43) έχουν τα μεγαλύτερα πορώδη και τη μεγαλύτερη υδατοϊκανότητα (Greenfield αμμοπηλώδη, 8.4%). Έτσι στην υδατοϊκανότητα το Sacramento αργιλοπηλώδες με ολικό

πορώδες 53.3% έχει ένα αεροπορώδες σε ποσοστό 10%. Το Greenfield αμμοπηλώδες πρέπει να συμπιεσθεί μέχρι το πορώδες του να γίνει 26.5% ώστε να έχουμε 10% αεροπορώδες.



Σχήμα 44. Αντίδραση των διαφορετικής συστάσεως εδαφών, στην στατική συμπίεση υπό πίεση 2 bars.

IV. Δονήσεις

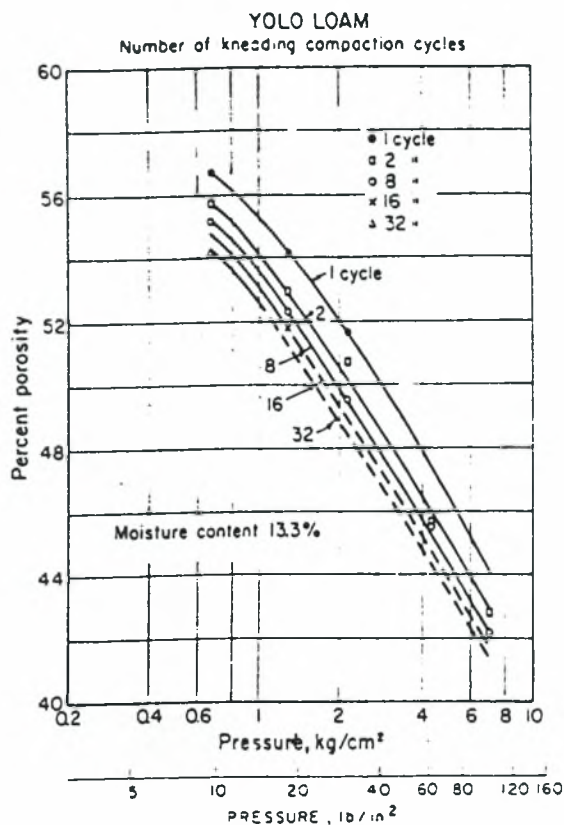
Τα μηχανήματα όπως τα ερπυστριοφόρα τα οποία μεταδίδουν δονήσεις στο έδαφος, αναμένεται να προκαλούν πρζαιτέρω μείωση του πορώδους του εδάφους. Κάτω από τις ίδιες συνθήκες, ο Selig (1967) χρησιμοποίησε έναν δονούμενο κύλινδρο με βάρος 10,500 pounds και έναν κύλινδρο στον οποίων είχαν τοποθετηθεί πνευματικά ελαστικά, ο οποίος ζύγιζε 15,300 ή 24,600 pounds, και τα δύο μηχανήματα δοκιμάστηκαν στο ίδιο έδαφος με σκοπό να μελετηθεί η επίδραση τους στη φαινομενική πυκνότητα του εδάφους.

Τα δύο μηχανήματα προκάλεσαν περίπου ίσες μέσες τιμές στην πυκνότητα του εδάφους. Η δόνηση επέτρεψε στο ελαφρύτερο μηχανήμα να προκαλέσει την ίδια συμπιεστική δράση με το μη δονούμενο μηχανήμα που είχε το διπλάσιο βάρος του. Και οι δύο κύλινδροι με τα ελαστικά φαίνεται να προκαλούν περισσότερη συμπίεση στο αργιλώδες έδαφος, αλλά οι δονούμενοι κύλινδροι παρήγαγαν μια ελαφρώς μεγαλύτερη εδαφική πυκνότητα στο ιλυοαμμώδες και αμμώδες έδαφος σε σχέση με το βαρύτερο τροχοφόρο μηχανήμα.

V. Επανεπιλημμένα φορτία

Αν και τα τελευταία από τα πολλαπλά περάσματα των άκαμπτων τροχών ή των πνευματικών ελαστικών έχουν ως συνέπεια υψηλότερες πιέσεις σε μια μικρότερη επιφάνεια του εδάφους (σχ. 19), οι Reed, Cooper και Reaves (1959) βρήκαν ότι σε κάποια απόσταση κάτω από την επιφάνεια του εδάφους υπήρχε μικρή διαφορά ανάμεσα στις πιέσεις που μετρήθηκαν στο έδαφος κατά τη διάρκεια του πρώτου και δεύτερου περάσματος ενός φορτισμένου πνευματικού ελαστικού.

Όταν η ίδια πίεση εφαρμόζεται πολλές φορές στο ίδιο έδαφος, το πορώδες γίνεται μικρότερο όσο αυξάνεται ο αριθμός των εφαρμογών, αλλά η μείωση αυτή είναι μικρότερη σε κάθε επιπλέον εφαρμογή (σχ. 45). Συνολικά όμως, τα πολλαπλά περάσματα των μηχανημάτων σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια του εδάφους δημιουργούν μικρότερο πορώδες (υψηλότερες πυκνότητες) απ' ό τι δημιουργούν τα απλά περάσματα (Selig 1967, Loo 1972).

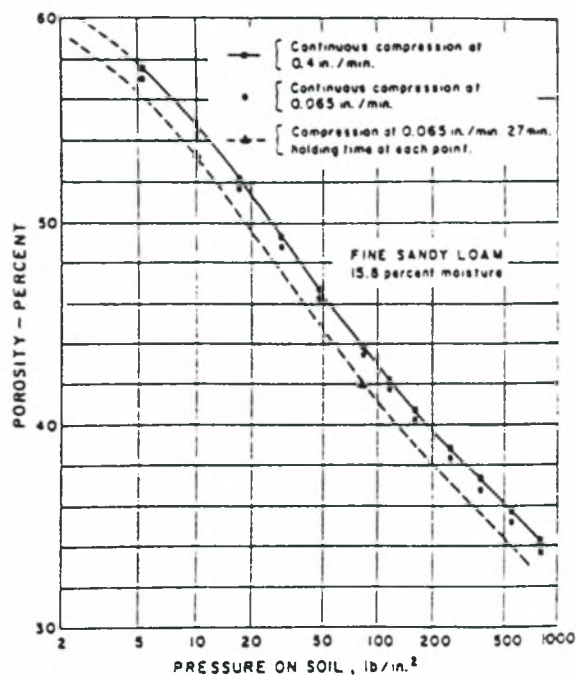


Σχήμα 45. Επίδρασεις επαναλαμβανομένων φορτίων στην σχέση πίεσης- πορώδους σ' ένα έδαφος (Selig 1967, Loo 1972).

IV. Ταχύτητα φορτίων ή περιοδικότητα φόρτισης

Η πολύ αργή κίνηση των μηχανημάτων εφαρμόζει πίεση για μεγαλύτερη χρονική περίοδο, με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη μείωση του πορώδους στο ίδιο επίπεδο της πίεσης του εδάφους (σχ. 46).

Ο Aboaba (1969) βρήκε παρόμοια αποτελέσματα σε έδαφος συμπιεσμένο από άκαμπτους κυλίνδρους. Όταν ένας οριζόντιος σταθερός κύλινδρος αφέθηκε σ' ένα χαλαρό έδαφος, άρχισε σταδιακά να βυθίζεται (με επιβραδυνόμενο ρυθμό) μέσα στο έδαφος. Όταν ο κύλινδρος κινιόταν προς τα εμπρός βυθιζόταν λιγότερο στο έδαφος. Η βύθιση ήταν τόσο μικρότερη όσο μεγαλύτερη ήταν η ταχύτητα κίνησης του κύλινδρου. Ωστόσο, αυξήσεις της ταχύτητας πέραν των 7 μιλίων την ώρα δεν προκαλούσαν περαιτέρω μείωση της βύθισης. Σε άλλες δοκιμές ο Aboaba βρήκε ότι μηχανές που εφαρμόζουν υψηλότερες πιέσεις από τα 166 pound με 21 ίντσες διάμετρο και 18 ίντσες πλάτος κυλίνδρου, και οι οποίες αρχικά χρησιμοποιήθηκαν σε (πιο σταθερά) σκληρά εδάφη, είναι απαραίτητες ταχύτητες πολύ μεγαλύτερες των 7 μιλίων την ώρα για την αισθητή μείωση της βύθισης ή της συμπίεσης.



Σχήμα 46. Επιδράσεις του ποσοστού συμπίεσης και του χρόνου πίεσης στη σχέση πίεσης-πορώδους Aboaba (Söhne, 1953 by permission of the author and VDI-VERLAG, publisher).

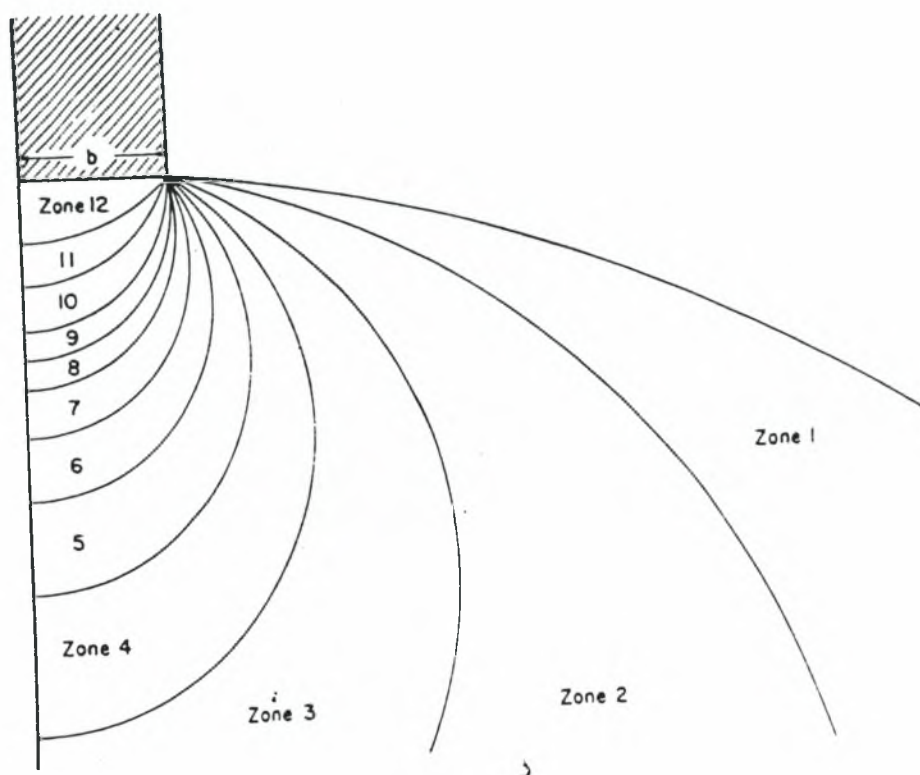
1.9. Κατανομή των δράσεων της συμπίεσης μέσα στο έδαφος

Η ακόλουθη υπολογιστική διαδικασία αναφέρεται σε μια μακριά στενή επιφάνεια εδάφους παρόμοια με αυτής της επιφάνειας της ερπύστριας:

- 1 □ □ Διαιρούμε την εδαφοτομή σε μια σειρά κυκλικών ζωνών (σχ. 47)
- 2 □ □ Υπολογίζουμε τη μέγιστη πίεση σε κάθε ζώνη, χρησιμοποιώντας την εξίσωση Boussinesq (βλέπε σχ. 28).
- 3 □ □ Προσδιορίζουμε την υγρασία του εδάφους.
- 4 □ □ Προσδιορίζουμε το πορώδες της κάθε ζώνης, χρησιμοποιώντας τις ημιλογαριθμικές σχέσεις πίεσης - πορώδους που φαίνονται στο σχ. 40.

Αυτή η διαδικασία έχει δοκιμασθεί με τη σύγκριση υπολογισμένων τιμών με πραγματικές τιμές που βρέθηκαν με πειράματα στα οποία χρησιμοποιήθηκαν ακτίνες X για να προσδιορίζουν τη συμπίεση στο έδαφος (Chanellor και Schmidt 1962). Για ένα έδαφος του οποίου η σχέση πορώδους πίεσης δεν επηρεάζονταν από την διατμητική παραμόρφωση, η υπολογισμένη και η μετρημένη κατανομή της συμπίεσης του εδάφους βρίσκονταν σε στενή συμφωνία (σχ. 48)

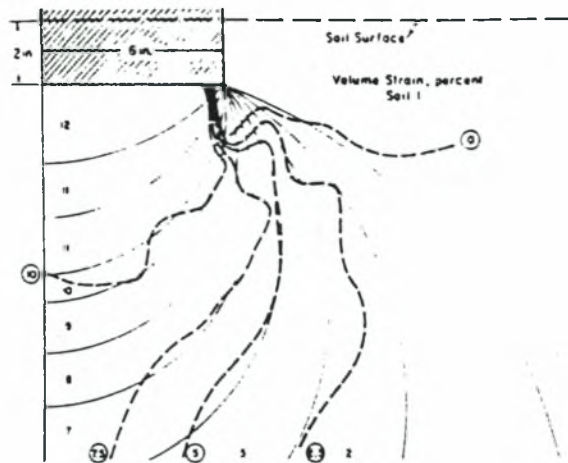
Για ένα έδαφος το οποίο είναι ευαίσθητο στην διατμητική παραμόρφωση, η μέγιστη μείωση του πορώδους συμβαίνει σε κάποιο βάθος κάτω από την επιφάνεια, παρά το γεγονός ότι η εξίσωση Boussinesq δείχνει ότι η μέγιστη πίεση βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους (σχ. 37). το ίδιο φαινόμενο έχει επίσης παρατηρηθεί σε δοκιμές στο χωράφι κάτω από το ιχνη που δημιουργήσαν τα ελαστικά του ελκυστήρα (Gill και Reaves 1956, Soane 1968). Για συγκεκριμένα εδάφη, ο συνδυασμός υψηλών πιέσεων και μέγιστης διατμητικής παραμόρφωσης σε κάποια απόσταση κάτω από τη φορτισμένη επιφάνεια, οδηγεί σε μέγιστη συμπίεση σ' αυτή τη ζώνη.



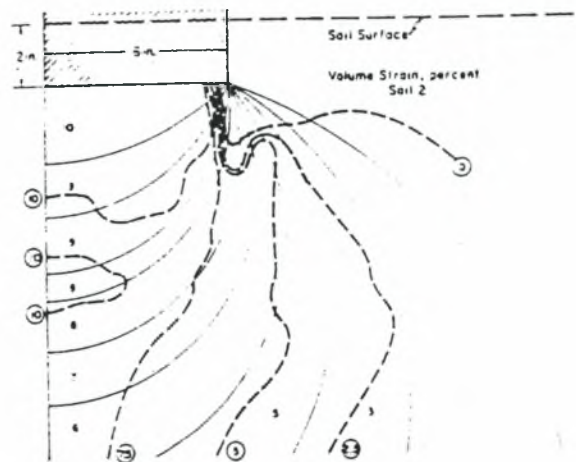
Σχήμα 47. Ζώνες πίεσης σε μια εδαφοτομή κάτω από μία επιφάνεια φορτίου το οποίο εφαρμόστηκε σε μια μακριά και στενή περιοχή (όπως για παράδειγμα κάτω από μια ερπύστρια).

Οι συνθήκες της κατανομής της πίεσης του φορτίου και της βύθισης αυτού μέσα στο έδαφος που περιγράφηκαν προηγουμένως (σχ. 47 και 48) παράγουν τα μοτίβα της διατμητική παραμόρφωσης τα οποία φαίνονται στο σχήμα 38. Σε εδάφη των οποίων οι σχέσεις πίεσης - πορώδους υπόκεινται σε διατμητική παραμόρφωση η κατανομή της συμπίεσης είναι παρόμοια με αυτή που βρέθηκε στα εδάφη τα οποία δεν υπόκεινται σε διατμητική παραμόρφωση, εκτός εάν εκεί υπάρχει μια απομονωμένη ζώνη με υψηλή συμπίεση η οποία βρίσκεται στην κεντρική γραμμή του φορτίου, σε κάποια απόσταση κάτω από το έδαφος (σχ.47).

Εν περιλήψη, η πληροφορία της κατανομής της πίεσης σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της εδαφικής πίεσης και του πορώδους, παρέχουν μια πολύ ακριβής βάση πρόγνωσης της κατανομής της συμπίεσης ενός εδάφους. Εδάφη ευαίσθητα στην διατμητική παραμόρφωση αποτελούν τη μόνη εξαίρεση, γιατί δημιουργούν μια απομονωμένη ζώνη χαμηλού πορώδους σε κάποια απόσταση κάτω από την επιφάνεια του φορτίου.



Σχήμα 48. Σύγκριση της υπολογισμένης εκατοστιαίας αύξησης της φαινομενικής πυκνότητας (αριθμοί χωρίς κύκλο) με την μετρούμενη εκατοστιαία % αύξηση της φαινομενικής πυκνότητας (αριθμοί με κύκλο) για ένα έδαφος του οποίου η σχέση πίεσης-πορώδες είναι ανεξάρτητη της διατμητικής παραμόρφωσης.

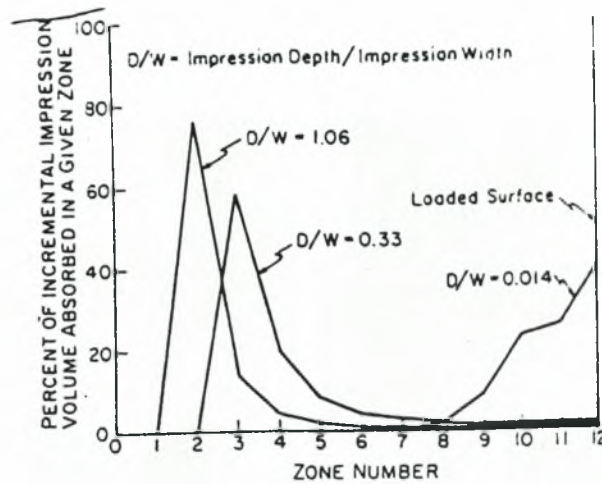


Σχήμα 49. Σύγκριση της υπολογισμένης εκατοστιαίας αύξησης της φαινομενικής πυκνότητας (αριθμοί χωρίς κύκλο) με την μετρούμενη εκατοστιαία % αύξηση της φαινομενικής πυκνότητας (αριθμοί με κύκλο) για ένα έδαφος του οποίου η σχέση πίεσης-πορώδες εξαρτάται από τη διατμητική παραμόρφωση.

1.9.1. Εδαφικός όγκος που χάνεται κατά τη συμπίεση

Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα ευρήματα από τη μελέτη των ακτινών - Χ ήταν ότι ο συνολικός όγκος όλων των διαστημάτων μεταξύ των πόρων που χάθηκαν από το έδαφος εξαιτίας της συμπίεσης είναι περίπου ίσος με τον όγκο της αυλακιάς ή της λεκάνης του εδάφους που δημιουργήθηκε στην επιφάνεια του εδάφους. Σε γεωργικά εδάφη τα οποία δεν είναι πολύ συμπιεσμένα και δεν είναι κορεσμένα με νερό, το ποσό του διαστήματος των πόρων που έχουν αέρα και που απομακρύνθηκαν από το έδαφος εξαιτίας της συμπίεσης από τα μηχανήματα μπορεί εύκολα να μετρηθεί με τη μέτρηση του όγκου της αυλακιάς που έγινε

από τα μηχανήματα είτε μ' έναν τοπογράφο (surveyor's level) ή με έναν κινούμενο πάσαλο μέσα στο έδαφος.

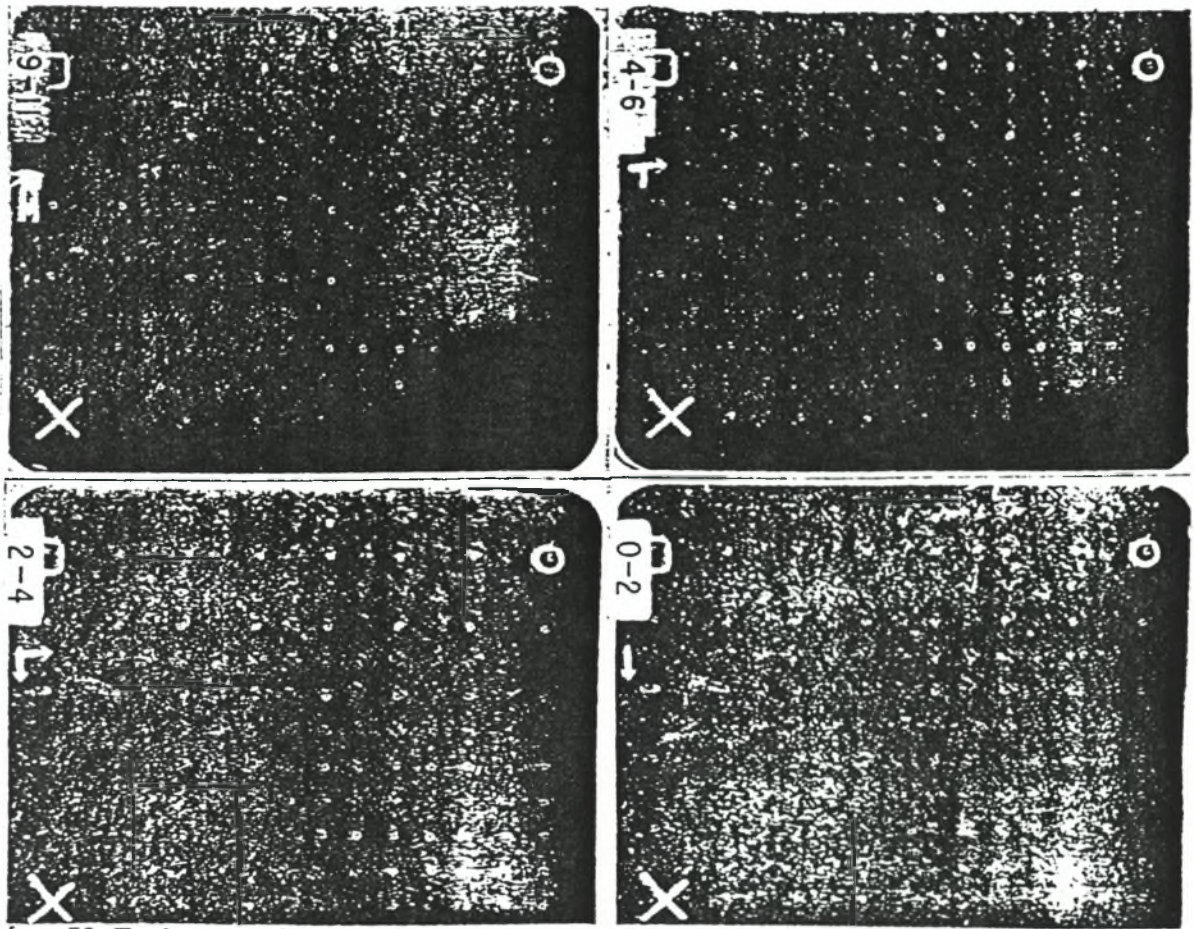


Σχήμα 50. Επίδραση της σχέσεως αποτυπωμένο βάθος - αποτυπωμένο πλάτος, στη ζώνη όπου η αυλακιά ή ο υποτιθέμενος όγκος του εδάφους απορροφάται ως εδαφική συμπίεση (μείωση του πορώδους).

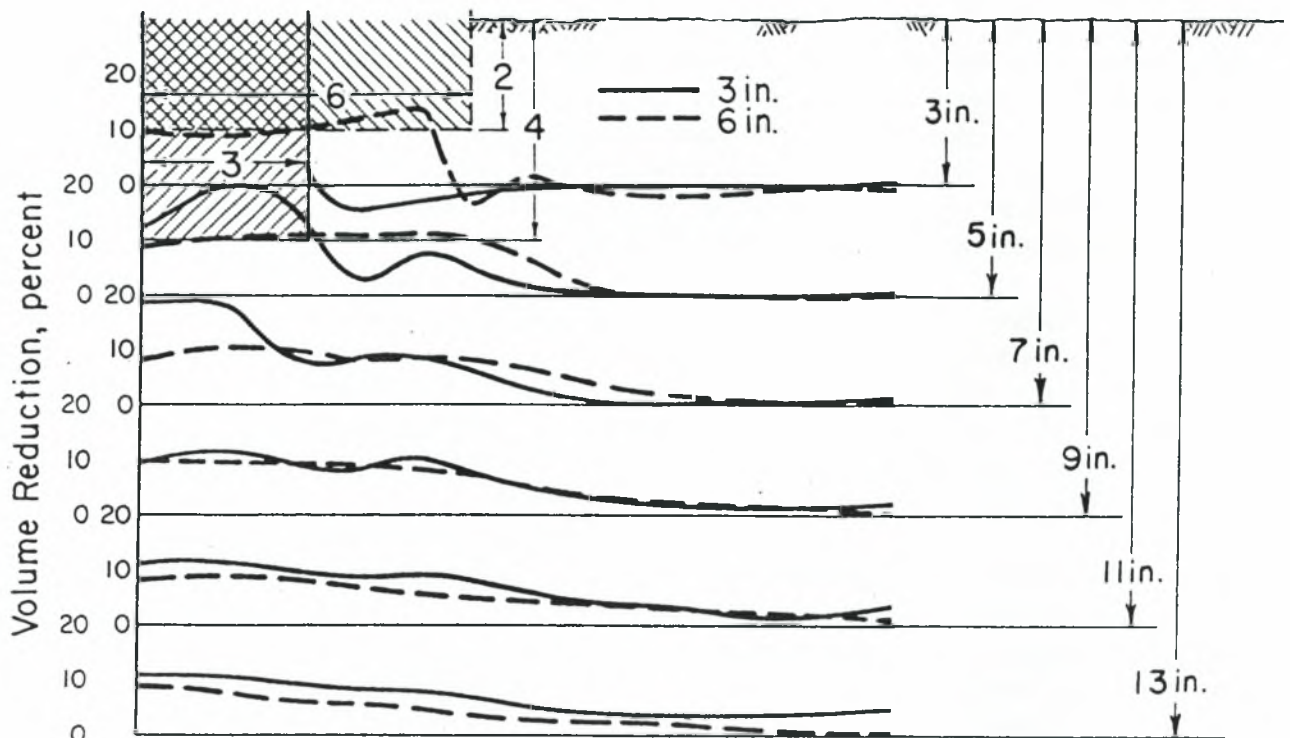
1.9.2 Αναλογία βάθους - πλάτους αυλακιάς

Όλες οι αυλακίες με την ίδια επιφάνεια τομής δεν δίνουν την ίδια κατανομή της συμπίεσης μέσα στο έδαφος. Για μια αυλακιά με συγκεκριμένη επιφάνεια τομής, η κατανομή της συμπίεσης εξαρτάται κύρια από την αναλογία βάθους - πλάτους της αυλακιάς.

Το σχήμα 50 είναι συνδυασμός των κατανομών πίεσης του Boussinesq με τα χαρακτηριστικά της εδαφικής σχέσης πίεσης - πορώδους ώστε να ερευνηθεί η επίδραση της αναλογίας βάθους - πλάτους της αυλακιάς στην κατανομή της συμπίεσης. Η διάταξη των ζωνών που χρησιμοποιούνται φαίνεται στο σχήμα 47. Όταν το βάθος της αυλακιάς είναι πολύ μικρό, συγκρινόμενο με το πλάτος της, σχεδόν όλη η συμπίεση λαμβάνει χώρα ακριβώς κάτω από τη φορτισμένη επιφάνεια. Όταν το βάθος της αυλακιάς ξεπεράσει το ένα τρίτο του πλάτους της, η συμπίεση εκτείνεται σε αρκετό βάθος κάτω από την επιφάνεια. Οι διαφορές στην κατανομή της συμπίεσης που οφείλονται στις διαφορετικές αναλογίες πλάτους - βάθους για αυλακίες με την ίδια επιφάνεια τομής φαίνονται στο σχήμα 52.



Σχήμα 51. Εικόνες που λήφθηκαν με σύνθετες ακτίνες X, κάθε μια από τις οποίες δείχνει τις επιδράσεις (στο δεξί ήμισυ της εδαφοτομής) ενός φορτίου πλάτους 6 ιντσών το οποίο προκαλεί πρόσθετη βύθιση 3/4 ιντσών στο έδαφος. Το σχήμα των κόκκων, δείχνει την κίνηση του εδάφους, ενώ η πυκνότητα που αυξάνεται (το πορώδες μειώνεται), φαίνεται με το χρώμα που γίνεται πιο ανοιχτό. Το πάνω αριστερό τμήμα δείχνει την αρχική αποτύπωση των 3/4 ιντσών. Στο κάτω δεξιό φορτίο, το αποτυπωμένο βάθος φτάνει τις 4 ίντσες.



Σχήμα 52. Επίδραση της σχέσης βάθους- πλάτους στην κατανομή της εδαφικής συμπίεσης που σχετίζεται με ένα συγκεκριμένο επίπεδο του όγκου της αυλακιάς.

1.9.3. Αυξανόμενο συνολικό φορτίο με την πίεση να διατηρείται σταθερή

Τα βαρύτερα μηχανήματα έχουν μεγαλύτερα ελαστικά ή ερπύστριες. Εάν το μηχάνημα Α είναι τέσσερις φορές το βαρύτερο με διπλάσιο μήκος και διπλάσιο πλάτος ερπύστριας από το μηχάνημα Β, ο όγκος του εδάφους που συμπιέζεται από το μηχάνημα Α, θα είναι τετραπλάσιος του όγκου του εδάφους που συμπιέζεται από το μηχάνημα Β, αν όταν και τα δύο μηχανήματα εφαρμόζουν την ίδια πίεση. Διπλασιάζοντας το πλάτος της αυλακιάς τετραπλασιάζεται ο όγκος των ζωνών πίεσης (σχ. 47) γιατί η κυκλική περιοχή η οποία ορίζει τη ζώνη του εδάφους που υπόκειται σε μια δεδομένη πίεση, είναι ανάλογη προς το τετράγωνο της ακτίνας, και αυτή η ακτίνα μεταβάλλεται σε άμεση αναλογία με το πλάτος της αυλακιάς. Από τη στιγμή που ο όγκος της αυλακιάς τετραπλασιάζεται και το πλάτος της αυλακιάς μόνο διπλασιάζεται, το βάθος της αυλακιάς πρέπει επίσης να διπλασιασθεί. Επιπλέον, επειδή η ζώνη πίεσης διπλασιάζει την ακτίνα της, η συμπίεση θα συμβεί σε μεγαλύτερο βάθος στο έδαφος και θα επεκταθεί περισσότερο στην κάθε πλευρά της αυλακιάς.

1.9.4. Μείωση της εδαφικής πίεσης με σταθερό το συνολικό φορτίο

Εάν κανονικά υψηλής πίεσης ελαστικά αντικατασταθούν με πλατιά χαμηλής πίεσης ή εάν το πλάτος και το μήκος της ερπύστριας αυξηθούν χωρίς να αυξηθεί το βάρος του μηχανήματος, η πίεση στην επιφάνεια του εδάφους θα μειωθεί. Η μείωση της πίεσης στην επιφάνεια του εδάφους θα μειώσει την έκταση της συμπίεσης σε κάθε ζώνη. Το μέγεθος αυτής της μείωσης θα εξαρτηθεί από τα χαρακτηριστικά της σχέσης πορώδους - πίεσης του εδάφους που εμπλέκεται. Πάντως η αύξηση του πλάτους της φορτισμένης περιοχής, θα αυξήσει την ακτίνα των ζωνών και τον όγκο τους, ώστε κι αν ακόμα το ποσοστό της συμπίεσης μειωθεί, ο συνολικός όγκος της συμπίεσης (και συνεπώς και ο όγκος της αυλακιάς) δεν θα αλλάξει καθόλου, ή θα μεταβληθεί λίγο, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Επομένως αναμένεται ότι η μείωση της πίεσης στην επιφάνεια θα μειώσει το βάθος της αυλακιάς καθώς και την αναλογία βάρους - πλάτους ώστε περισσότερη συμπίεση να συμβεί κοντά στην επιφάνεια του εδάφους.

Ένα πείραμα το οποίο διεξήχθη από τους McLeod et al (1966) επιβεβαιώνει αυτούς τους υπολογισμούς. Ένα φορτίο 2500 lb, αναρτήθηκε: 1) σε ένα τροχό ελκυστήρα, με μονό ελαστικό 2) σε έναν ελκυστήρα με διπλούς τροχούς με ελαστικά φουσκωμένα σε μικρότερες πιέσεις από το μονό ελαστικό 3) σε ένα μεγάλο χαμηλής πίεσης ελαστικό. Οι τομές από τις αυλακίες που δημιούργησαν αυτά τα ελαστικά σε δύο εδάφη, μετρήθηκαν (πίνακας 10). Οι αλλαγές στην τομή της αυλακιάς ήταν σχετικά μικρές και όχι εντελώς προβλέψιμες, παρά τις μεγάλες αλλαγές στις πιέσεις που εφαρμόστηκαν.

Το ότι υπήρξε μια μέγιστη μείωση στην κατακόρυφη τομή της αυλακιάς όταν η πίεση φουσκώματος των ελαστικών των 4 lb/inch² χρησιμοποιώντας με το μεγάλο χαμηλής πίεσης ελαστικό, τονίζει το γεγονός ότι εάν η πίεση που εφαρμόζεται είναι μικρότερη της πίεσης που σχετίζεται με το επίπεδο του πορώδους του εδάφους, δεν θα σχηματισθεί κοιλότητα από αυλακιά. Στο πείραμα αναφέρεται ότι το έδαφος είχε πιεσθεί από υπεδάφιους τροχούς και επιφανειακούς κυλίνδρους πριν το πέρασμα των παραπάνω ελαστικών. Είναι πιθανό ότι το πορώδες του εδάφους ήταν τόσο μικρό ώστε η εφαρμογή της πίεσης των 4 lb/inch² δεν ήταν αρκετή για να προκαλέσει περαιτέρω μείωση στο εδαφικό πορώδες.

TABLE 10. CROSS SECTIONAL AREA OF RUT PRODUCED BY VARIOUS WHEEL EQUIPMENT CARRYING A LOAD OF 2500 LB (FROM MCLEOD ET AL 1966)

Soil	Tire type	Inflation pressure	Cross sectional area of rut
		lb/inch ²	ft ²
Hiwasse Sandy loam	Low-pressure	4*	0.181
	Low-pressure	5	0.311
	Dual 13.6-38	6	0.440
	Dual 13.6-38	9	0.440
	Single 13.6-38	12	0.336
	Single 13.6-38	18	0.361
Lloyd clay	Low-pressure	6	0.246
	Low-pressure	9	0.292
	Dual 13.6-38	6	0.324
	Dual 13.6-38	9	0.380
	Single 13.6-38	12	0.263
	Single 13.6-38	18	0.292

*Operation of the low-pressure tire at 4 lb/inch² inflation pressure while carrying a load of 2500 lb is not recommended by the tire manufacturer

Πίνακας 10. Αυλακίες που δημιούργησαν οι τροχοί διαφόρων μηχανημάτων οι οποίοι έφεραν το φορτίο των 2500 lb.

1.10. ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ, ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ Η ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Αν και η εφαρμογή συμπιεστικών πιέσεων στο χωράφι είναι αναπόφευκτη, κάποιοι εναλλακτικοί χειρισμοί είναι πιθανό να προκαλέσουν μικρότερη συμπίεση σε σχέση με άλλους. Η συμπίεση του εδάφους μπορεί να μειωθεί από φυσικές δυνάμεις, κανονική κατεργασία ή ειδική κατεργασία.

1.10.1. Περιεκτικότητα της εδαφικής υγρασίας όταν γίνεται η κατεργασία του εδάφους.

Ο κυριότερος τρόπος για να αποφευχθεί η εδαφική συμπίεση είναι να γίνει η εφαρμογή των διαδικασιών που προκαλούν υψηλές εδαφικές πιέσεις σε ξηρά εδάφη με βάση την αρχή ότι όταν το έδαφος έχει λίγη υγρασία είναι πιο ανθεκτικό στη συμπίεση σε σχέση με ένα έδαφος που έχει υψηλή υγρασία. Εργασίες όπως υπεδάφια άροση και επιφανειακή επιπεδοποίηση πρέπει να γίνονται τις εποχές που τόσο το υπέρ όσο και το υπέδαφος είναι στεγνά. Εργασίες οι οποίες δεν δημιουργούν μεγάλα φορτία και υψηλές πιέσεις, απαιτούν μόνο λίγες ίντσες του εδάφους κοντά στην επιφάνεια του εδάφους να είναι στεγνές, γιατί αυτή η ζώνη είναι πιθανόν να συμπίεσθεί σε τέτοιες συνθήκες.

Η στράγγιση των εδαφών βοήθα στην διατήρηση χαμηλών επίπεδων υγρασίας, αλλά ακόμη και με καλή στράγγιση, η υδατοϊκανότητα είναι το χαμηλότερο επίπεδο υγρασίας που μπορεί να επιτευχθεί εάν η επιφανειακή εξάτμιση δεν είναι γρήγορη. Για πολλά εδάφη η μέγιστη συμπίεση συμβαίνει στο επίπεδο της υδατοϊκανότητας. Κάτω από αυτές τις συνθήκες η χρήση των καλλιεργειών κάλυψης όπως είναι τα γρασιδία μπορούν να βοηθήσουν στην επιτάχυνση της ξήρανσης του εδάφους ώστε η υγρασία να βρίσκεται κάτω από το επίπεδο της υδατοϊκανότητας. Τα φύλλα αυτών των φυτών κατακρατούν την ηλιακή ακτινοβολία η οποία παρέχει την ενέργεια για την διαπνοή του εδαφικού νερού, και το ινώδες ριζικό σύστημά τους παρέχει ένα εξαιρετικό σύστημα αγωγής με το οποίο η εδαφική υγρασία μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα.

1.9.2. Το βάρος του γεωργικού εξοπλισμού

Η τάση στον γεωργικό εξοπλισμό είναι όλο και μεγαλύτερες μονάδες να βρίσκονται υπό τον έλεγχο ενός και μόνο χειριστή. Αν και το μέγεθος των ελαστικών και των ερπυστριών είναι ανάλογο του μεγέθους του εξοπλισμού, υπάρχει η τάση ο βαρύτερος εξοπλισμός να ασκεί υψηλότερες εδαφικές πιέσεις.

Περιορίζοντας τη συγκέντρωση των φορτίων στην επιφάνεια του εδάφους μειώνεται η εδαφική συμπίεση. Πολλαπλοί τροχοί κατανεμημένοι ατομικά κάτω από τον εξοπλισμό (εν αντιθέσει με τους γειτονικούς διπλούς τροχούς), ερπυστριοφόροι τροχοί με ελαστικές ερπύστριες ή πολλαπλά συνδεδεμένα αρθρωτά οχήματα μπορούν να περιορίζουν το συγκεντρωμένο βάρος.

Η ανάπτυξη των δυνάμεων έλξης απαιτεί το βάρος του οχήματος, που έλκεται να είναι περίπου διπλάσιο της μέγιστης απαιτούμενης δύναμης έλξης. Συνεπώς, η μείωση των απαιτήσεων για έλξη ανά τροχό ή ελαστικό μπορεί να βοηθήσει στην μείωση της ανάγκης για μεγάλα κατακόρυφα φορτία σε αυτούς τους τροχούς. Τρεις είναι οι κύριοι οδοί για την μείωση του βάρους που απαιτείται για την έλξη:

A) Κίνηση σε όλους τους τροχούς ή χρήση ερπυστριών

Έχοντας όλο το βάρος του ελκυστήρα στους τροχούς ή της ερπύστριες, το βάρος

μπορεί να μειωθεί για ένα ελκυστήρα που έχει μια συγκεκριμένη ικανότητα έλξης. Πολλά μοντέλα των τροχοφόρων ελκυστήρων έχουν όλους τους τροχούς με το ίδιο μέγεθος ώστε να αποφεύγεται η συγκέντρωση του βάρους σε συγκεκριμένους τροχούς. Οι ερπυστριοφόροι ελκυστήρες όπου το κέντρο της βάρους της ερπύστριας είναι ελαφρώς πιο μπροστά από το κέντρο βάρους του ελκυστήρα, είναι λιγότερο πιθανό να εμφανίσουν συγκέντρωση πιέσεων στο πίσω μέρος κατά την έλξη μεγάλων φορτίων.

B) Μηχανική μετάδοση της δύναμης στα παρελκόμενα μηχανήματα

Τα μηχανήματα που κινούνται μόνο μέσω της έλξης, συχνά μεγάλης ισχύος ελκυστήρες με μεγάλο βάρος, ώστε η ισχύ να μεταδίδεται με την μορφή έλξης σε χαμηλή ταχύτητα. Ωστόσο μηχανήματα όπως οι περιστροφικοί καλλιεργητές, οι παλλόμενοι υπεδαφοκαλλιεργητές, χρησιμοποιούν την ισχύ του ελκυστήρα χωρίς να απαιτούν μεγάλο βάρος στους άξονες κίνησης. Αυτά τα μηχανήματα χρησιμοποιούν ισχύ που μεταδίδεται από τον ελκυστήρα σε αυτά με μηχανικά, υδραυλικά ή ηλεκτρικά μέσα και όχι μέσω των τροχών ή των ερπυστριών. Οι ελκυστήρες που είναι κατάλληλα σχεδιασμένοι για να δίνουν ισχύ σε τέτοια μηχανήματα, έχουν μικρότερο βάρος ανά μονάδα ισχύος απ' ότι έχουν οι ελκυστήρες που απλώς έλκουν.

Γ) Αυξημένες ταχύτητες στο χωράφι

Μηχανήματα έχουν σχεδιασθεί για να αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες τα οποία χρησιμοποιώντας την ισχύ στην έλξη μπορούν να αξιοποιήσουν την πλήρη ισχύ του ελκυστήρα με μικρότερο βάρος ανά μονάδα ισχύος. Μεγάλων ταχυτήτων, μικρής έλξης μηχανήματα είναι στενότερα και απαιτούν περισσότερα περάσματα του ελκυστήρα στο χωράφι. Αυτό έχει ως συνέπεια να και δημιουργούν μεγαλύτερο όγκο αυλακιών στο χωράφι, σε σχέση με ένα βαρύτερο ελκυστήρα με την ίδια ισχύ ο οποίος έλκει ένα πλατύτερο μηχανήμα. Η συμπίεση ωστόσο που προκαλεί το ελαφρύτερο μηχανήμα είναι κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, όπου το πορώδες του εδάφους μπορεί εύκολα να αυξηθεί με την κατεργασία.

Η επιφάνεια του εδάφους που ασκείται η πίεση

Η χρησιμοποίηση μικρότερου ή ελαφρύτερου εξοπλισμού με τη μικρότερη δυνατή πίεση ελαστικών βοηθάει στη μείωση των πιέσεων που ασκούνται στο έδαφος. Αν και με την αύξηση της επιφάνειας επαφής του ελαστικού με το έδαφος δεν δημιουργείται απαραίτητα μείωση του συνολικού συμπιεσμένου όγκου αυτού, (πίνακας 10), υπάρχουν δύο σημαντικά πλεονεκτήματα. Πρώτον, το πορώδες μειώνεται λιγότερο με τη μικρή επιφανειακή πίεση σε σχέση με τη μεγάλη, μειώνοντας την πιθανότητα να συμπιεσθεί το έδαφος στο σημείο που οι πόροι του αέρα να είναι μικρότεροι του 10% όταν το έδαφος βρίσκεται στην υδατοϊκανότητα. Δεύτερον, μικρές επιφανειακές πιέσεις - ειδικά αυτές που δημιουργούνται από πλατιά μεγάλης διαμέτρου ελαστικά, ή πλατιές ερπύστριες - έχουν ως συνέπεια επιφανειακές αποτυπώσεις με μικρό λόγο βάθους - πλάτους. Αυτό σημαίνει ότι το έδαφος λαμβάνει την περισσότερη συμπίεση κοντά στην επιφάνεια, όπου το πορώδες μπορεί εύκολα να αυξηθεί ξανά της κατεργασίας. Αυτό το δεύτερο πλεονέκτημα δεν ισχύει σε χωράφια με πολυετείς καλλιέργειες όπως η μηδική, όπου η ετήσια κατεργασία δεν είναι δυνατή.

Ελεγχόμενοι διάδρομοι κυκλοφορίας

Από τη στιγμή που οι ελεγχόμενοι διάδρομοι κυκλοφορίας υφίστανται σοβαρή εδαφική

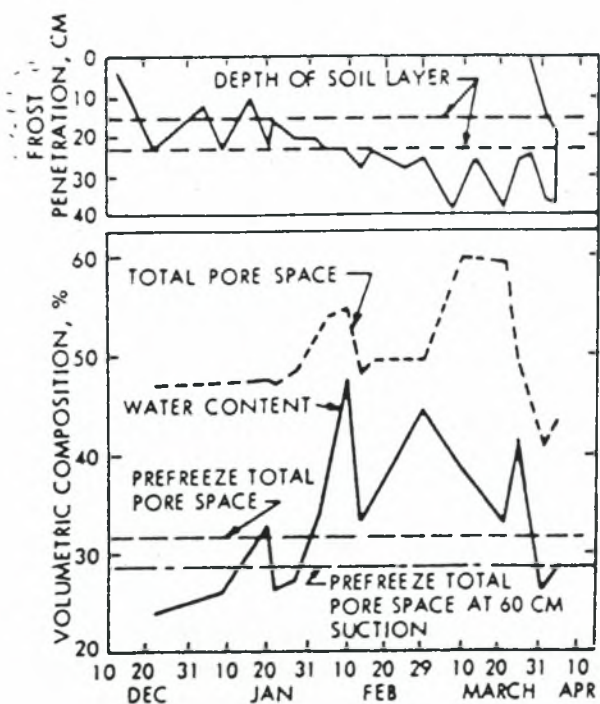
συμπύεση, δεν αναμένεται η καλή ανάπτυξη των καλλιεργειών μέσα σ' αυτούς ή στα γειτονικά τμήματά τους.

Όμως η πολύ καλή απόδοση της καλλιέργειας ανάμεσα στους διαδρόμους κυκλοφορίας αντισταθμίζει τις απώλειες της παραγωγής μέσα στους διαδρόμους. Για καλύτερα αποτελέσματα, οι διάδρομοι πρέπει να σημειώνονται, ώστε ο γεωργικός εξοπλισμός να ακολουθεί πάντα την ίδια διαδρομή ενώ το διάστημα ανάμεσα στα περάσματα να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερο.

Δοκιμάζοντας αυτό το σύστημα οι Dumas et al (1973) βρήκαν ότι αυξήθηκε η απόδοση του βαμβακιού ενώ η αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση μειώθηκε. Ο Carter (1972) δεν βρήκε σημαντική αύξηση στις αποδόσεις του βαμβακιού, αλλά η διήθηση του νερού της άρδευσης στα αυλάκια όπου δεν υπήρχε κίνηση ήταν μεγαλύτερη της διήθησης των αυλακιών κυκλοφορίας (Abemathy et al, 1975). Η χρήση σποροκλινών πλάτους 80 ίντσες με την κίνηση να περιορίζεται ανάμεσα στα αυλάκια των κλινών, βρέθηκε ότι βελτίωσε τη στράγγιση του χωραφιού και αύξησε την απόδοση της μηδικής (anonymous 1971).

Φυσικές δυνάμεις

Η μείωση της συμπύεσης από τις φυσικές δυνάμεις, αν και δεν στοιχίζει τίποτα για να εφαρμοσθεί, είναι συχνά χρονοβόρα και μπορεί να συνεπάγεται οικονομικές απώλειες σε εδάφη με δυνατότητα να παράγουν καλλιέργειες με υψηλή παραγωγή των καλλιεργειών. Υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες φυσικών δυνάμεων που επιδρούν στην μείωση της συμπύεσης ψύξη-τήξη, συρρίκνωση - διόγκωση και η δράση των ριζών. Η ψύξη ή τήξη μειώνει το πορώδες των χαλαρών εδαφών, αλλά αυξάνει το πορώδες των πιο συμπιεσμένων εδαφών (Larson και Allmaras 1971) καθώς οι πόροι του εδάφους εμποτίζονται με νερό το οποίο διογκώνεται κατά την περίοδο των θερμοκρασιών παγετού (σχ. 53).

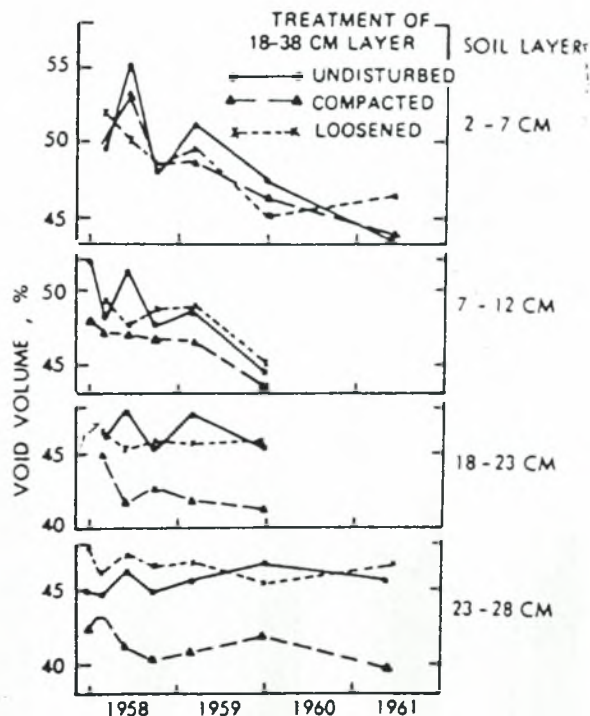


Σχήμα 53. Επίδραση του παγετού στο πορώδες του εδάφους (Larson and Allmaras 1971, developed from Krumbach and White 1964, with permission of the authors and soil science society of America, publisher).

Στο Ιλινόις, τεχνητή συμπίεση του εδάφους πριν την κατεργασία οδήγησε σε σημαντική μείωση της απόδοσης του καλαμποκιού (Bateman 1959). Κατά τη διάρκεια του δεύτερου χρόνου, αυτά τα χωράφια τα οποία δεν ξανασυμπιέστηκαν δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές στην απόδοση του καλαμποκιού, στην ειδική αντίσταση άρωσης, ή στην περιεκτικότητα σε υγρασία σε σχέση με χωράφια που δεν είχαν ποτέ πριν συμπιεσθεί.

Από την άλλη πλευρά, σ' ένα πείραμα στην Ουάσιγκτον σ' ένα έδαφος ιλυοπηλώδες με μια φυσικά σχηματισμένη στιβάδα υψηλής πυκνότητας (Mech et al, 1967) τα προβλήματα στην απόδοση συνεχίστηκαν για μια περίοδο τεσσάρων ετών, αν και είχε λάβει χώρα παγετός. Οι Larson και Allmaras (1971) αναφέρουν μια μελέτη στην Ολλανδία όπου η ψύξη συμβαίνει ετησίως (van Ouwerkerk, 1968). Το πορώδες σε ένα αμμοπηλώδες τεχνητώς συμπιεσμένο υπέδαφος δεν αυξήθηκε για μια περίοδο μεγαλύτερη των τεσσάρων χρόνων (σχ. 54).

Η συρρίκνωση και η διόγκωση με αλλαγές στην περιεκτικότητα σε υγρασία, σχετίζονται κύρια με την αναλογία και τον τύπο της αργίλου στο έδαφος. Εδάφη με μεγάλη αναλογία σε μοντοριλλονιτική άργιλο υφίστανται τόσο μεγάλες αλλαγές στον όγκο εξαιτίας της συρρίκνωσης και της διόγκωσης ώστε η συμπίεση δεν αποτελεί σοβαρό πρόβλημα (Larson και Allmaras 1971). Κατά τη διόγκωση υπάρχει μια αύξηση του πορώδους η οποία οδηγεί στη μείωση της συμπίεσης. Μετά από εκτενή συρρίκνωση δημιουργούνται στο έδαφος πολλές ρωγμές οι οποίες επιτρέπουν τη διείσδυση των ριζών και τη διήθηση του νερού.



Σχήμα 54. Επίδραση του χρόνου και των κύκλων διαβροχής - ξήρανσης στο πορώδες του εδάφους (Larson και Allmaras 1971 developed by van Ouwerkerk 1968 with permission of the authors and Royal Netherlands society for agricultural science, publisher).

Εδάφη με πολύ άμμο έχουν περιορισμένη συρρίκνωση εξαιτίας της μικρής περιεκτικότητας σε άργιλο. Η ύγραση και ξήρανση επομένως δεν μετριάζει τη συμπίεση. Τέλος, το πορώδες δεν έδειξε να αυξήθηκε στις συμπιεσμένες ζώνες τόσο του πηλοαμμώδες

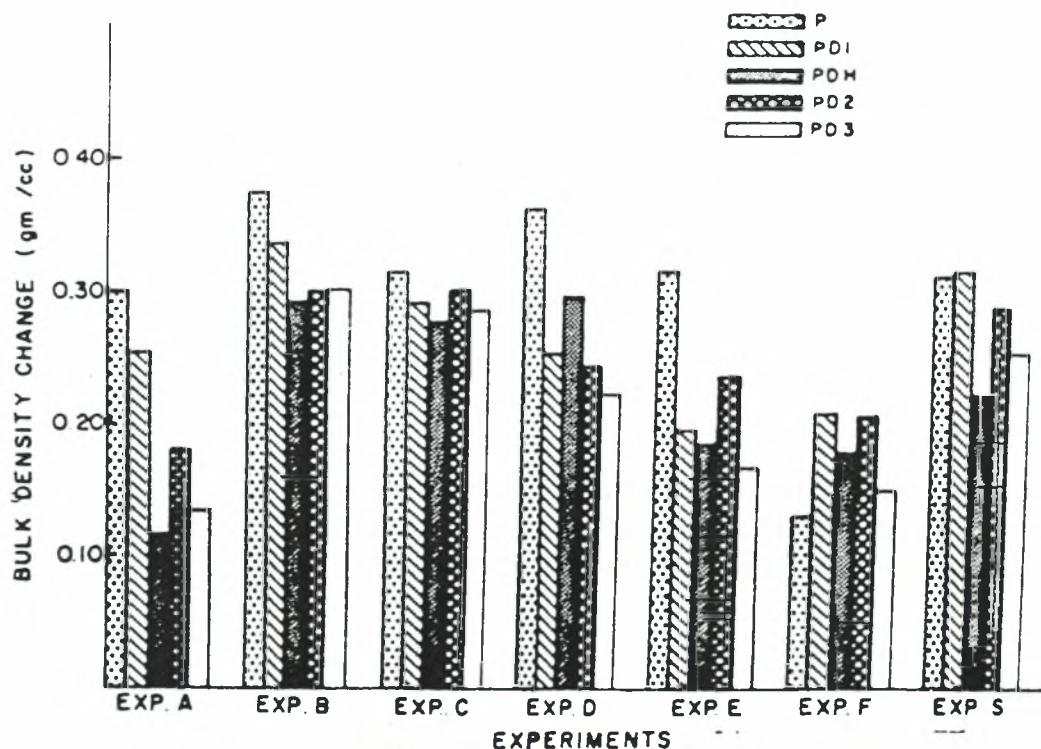
εδάφους με το φυσικά συμπιεσμένο στρώμα όσο και στο τεχνητώς συμπιεσμένο αμμοπηλώδες έδαφος (Larson και Allmaras 1971) (σχ. 54) για μια περίοδο παρατηρήσεων 4 ετών .

Οι Vomocil και Flocker (1965) και ο Das (1972) βρήκαν ότι η επίδραση της συμπίεσης παρέμεινε σε ένα πηλώδες έδαφος, το οποίο είχε τεχνητώς συμπιεσθεί και έπειτα καλλιεργήθηκε για έξι χρόνια, παρά το ότι η περιεκτικότητα σε άργιλο ήταν περίπου 20%, 75% της οποίας ήταν μοντμοριλλονίτης, και παρά τις πολλές περιόδους ύγρανσης και ξήρανσης. Οι Vomocil και Flocker (1965) συμπέραναν ότι αυτή η έλλειψη αντίδρασης οφειλόταν στη μόνιμη υποβάθμιση της δομής του συμπιεσμένου εδάφους.

Η διείσδυση των ριζών μπορεί να προκαλέσει συμπίεση στην άμεση γειτονιά των ριζών. Όταν τα υπολείμματα των ριζών αποσυντίθενται, το έδαφος είναι περισσότερο διαπερατό στον αέρα και το νερό λόγω της αυξημένης ροής στα κανάλια των ριζών. Τα οργανικά υπολείμματα των ριζών συχνά βελτιώνουν τη δομή και αυξάνουν το πορώδες του εδάφους.

Όταν τεχνητώς συμπιεσμένα εδάφη υπόκεινται σε ύγρανση και ξήρανση για περισσότερα από 4 χρόνια το βάθος των 3 - 5 ιντσών αύξησε το πορώδες του στα τεμάχια που υπήρχε καλλιέργεια, αλλά το μείωσε στα τεμάχια που μείνανε χωρίς καλλιέργεια (σχ. 54).

Οι ρίζες και η οργανική ύλη των ριζών μπορεί να έχουν μικρή επίδραση στη δομή του εδάφους και στο πορώδες όταν η εδαφική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή και η οργανική ουσία οξειδώνεται γρήγορα. Ο Das (1972) διαπίστωσε την εκτεταμένη ανάπτυξη των ριζών στην τεχνητώς συμπιεσμένη επιφάνεια των 3 ποδιών σ' ένα έδαφος στην Καλιφόρνια με μικρό πορώδες. Το έδαφος ωστόσο, είχε διατηρήσει το μειωμένο πορώδες του για έξι χρόνια πριν το πείραμα και συνέχισε να το διατηρεί και μετά, παρά την εκτεταμένη διείσδυση των ριζών.

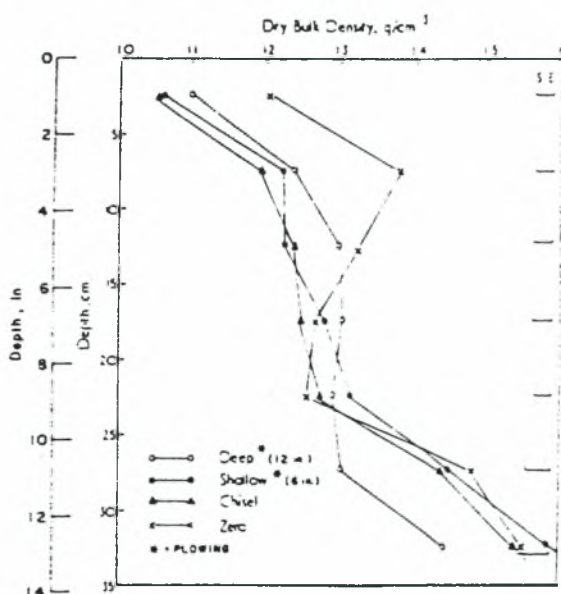


Σχήμα 55. Επίδραση των κοινών καλλιεργητικών εργασιών στη μείωση της φαινομενικής πυκνότητας σε μια επιφάνεια 6 ιντσών στο έδαφος (Luttrell, Bakhop και Lovely 1964 by permission of the authors).

Κανονική κατεργασία

Η κατεργασία του εδάφους είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ισορροπίας του εδαφικού πορώδους. Οι Luttrell, Bakhor και Lovely (1964) μέτρησαν τις αυξήσεις της εδαφικής πυκνότητας που δημιουργήθηκαν από τη συμβατική σειρά των καλλιεργητικών χειρισμών. Το άροτρο προκάλεσε τη μέγιστη μείωση της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους (αύξηση του πορώδους), ενώ όλες οι υπόλοιπες καλλιεργητικές εργασίες με δίσκους και οδοντωτές σβάρνες έδωσαν ένα ελαφρώς μικρότερο πορώδες από αυτό που δημιούργησε η άροση (σχ. 55). Όλη η σειρά των καλλιεργητικών χειρισμών είχαν ως συνέπεια τη σημαντική αύξηση του πορώδους της επιφάνειας σε βάθος 6 ίντσες του εδάφους.

Η εκτεταμένη μείωση της εδαφικής φαινομενικής πυκνότητας κατά την άροση φαίνεται στο σχ. 56, όπου η βαθιά και ρηχή άροση συγκρίνεται με το ψιλοχωμάτισμα. Το άροτρο και ο καλλιεργητής μείωσαν αποτελεσματικά τις πυκνότητες στην επιφάνεια 8 ιντσών του εδάφους. Όταν έγινε άροση βάθους 1 ποδιού, οι πυκνότητες μειώθηκαν επίσης σ' αυτό το βάθος.



Σχήμα 56. Επιδράσεις των πολλαπλών καλλιεργητικών κατεργασιών στη φαινομενική πυκνότητα σε μια επιφάνεια 13 ιντσών του εδάφους (Soane 1970, by permission of the authors Institution Agricultural Engineers, publisher).

Ο Bateman (1959) βρήκε ότι σε ένα τεχνητώς συμπιεσμένο έδαφος στο οποίο ακολούθησε άροση και δισκοσβάρνισμα για μια φορά, υπήρχε μια σημαντική μείωση των αποδόσεων καλαμποκιού. Πάντως, κατά τη διάρκεια του ενός από τα δύο χρόνια των πειραμάτων, η άροση και τέσσερα δισκοσβάρνισματα, ήταν υπεύθυνα για αποδόσεις που διέφεραν σημαντικά από αυτές που προέκυψαν από ασυμπιεστα χωράφια. Παρόμοια αποτελέσματα σημειώθηκαν σ' ένα άλλο πείραμα (Bateman 1963) στο οποίο το έδαφος

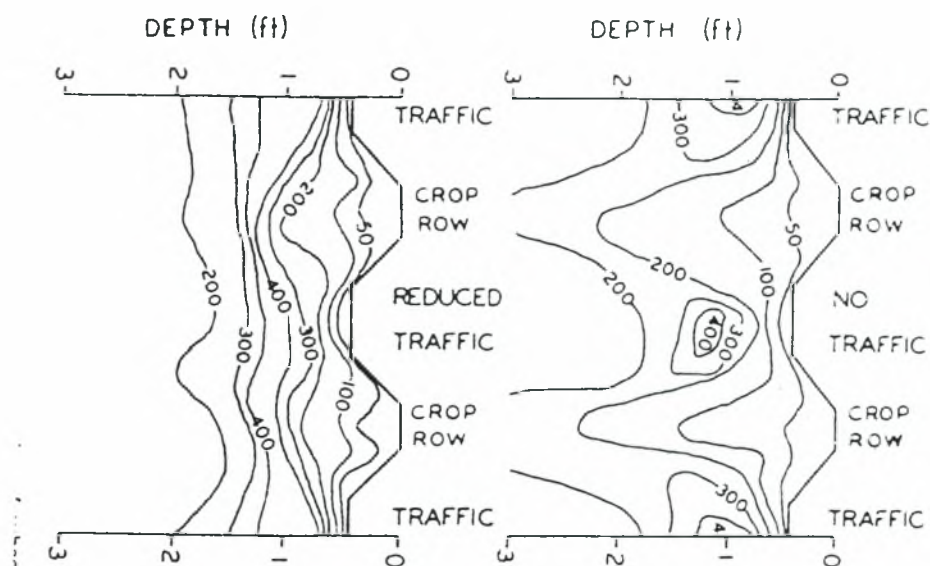
υπέστη μεγάλα επίπεδα τεχνητής συμπίεσης. Οι αποδόσεις ήταν μεγαλύτερες όταν το έδαφος οργώθηκε και έγινε δισκοσβάρνισμα 6 φορές, παρά όταν έγινε μόνο άροση.

Υπεδαφοκαλλιέργεια

Η υπεδαφοκαλλιέργεια είναι η πιο κοινή μορφή βαθιάς κατεργασίας. Η υπεδαφοκαλλιέργεια ακριβώς κάτω από τις γραμμές στις οποίες επρόκειτο να φυτευτεί βαμβάκι σ' ένα τεχνητά συμπιεσμένο έδαφος είχε ως συνέπεια η αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση να είναι πολύ μειωμένη κοντά στο κανάλι που δημιούργησε το μηχάνημα (Carter και Tavernetti 1968)

Οι Carter και Colwick (1971), παρατήρησαν μια παρόμοια επίδραση σε φυσικά εδάφη, στα οποία συγκρίθηκε η συμβατική κατεργασία με την υπεδάφια κατεργασία (σχ. 57).

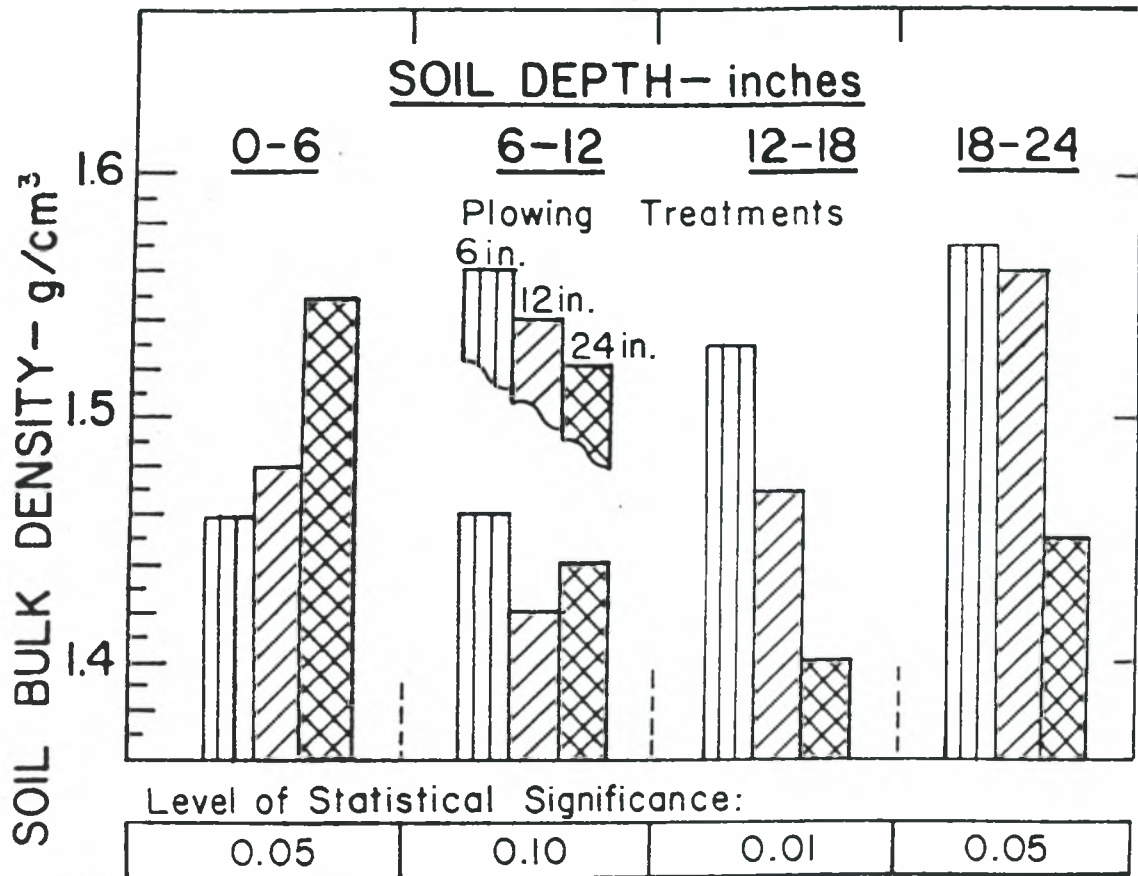
Η βαθιά άροση χρησιμοποιήθηκε σε πολλά πειράματα όπου η συμπίεση του εδάφους ήταν πολύ σοβαρή. Οι Dumas et al (1973) βρήκαν μέγιστες αυξήσεις στην απόδοση του βαμβακιού και στην αναλογία του εδαφικού προφίλ στο οποίο η ένδειξη του διεισδυσιόμετρου ήταν μικρότερη από 150 lb/inch^2 , όταν το όργωμα σ' ένα βάθος 18 inch συγκρίθηκε με το όργωμα σε βάθος μόνο 8 - 10 inch (βλέπε πίνακα 1).



Σχήμα 57. Επίδραση της γραμμικής κατεργασίας και της συμβατικής κατεργασίας στα επίπεδα της αντίστασης του διεισδυσιόμετρου (Carter and Colwick 1971, by permission of the authors and ASAE, publisher).

Σε ορισμένα εδάφη υπάρχουν στρώσεις υλικών τα οποία προκαλούν προβλήματα στην παραγωγή των καλλιεργειών. Η βαθιά άροση στα εδάφη αυτά εξυπηρετεί το διπλό

σκοπό της μείωσης της εδαφικής συμπίεσης και της ανάμιξης διαφορετικών στρωμάτων του εδάφους. Οι Sandoval, Bond και Reichman (1972) βρήκαν ότι η άροση σε βάθη 6, 12 και 24 ιντσών μείωσε τις φαινομενικές πυκνότητες σε όλα τα βάθη, και αυτή η επιθυμητή κατάσταση παρέμεινε για 5 χρόνια μετά τη βαθιά άροση (σχ. 58).



Σχήμα 58. Επιδράσεις της βαθιάς άροσης στη φαινομενική πυκνότητα σε διάφορα βάθη ενός πυκνού εδάφους (Sandoval, Bond, and Reichman 1972, by permission of the authors and ASAE, publisher).

Ο Mech et al (1967) δοκίμασε άροση σε βάρος 36 ιντσών και ανακάτεμα του εδάφους με ένα βαρύ καλλιεργητή ως ένα βάθος 48 ιντσών, ώστε να αντιμετωπίσει τα προβλήματα της υψηλής πυκνότητας μιας στιβάδας εδάφους που βρισκόταν 1 πόδι κάτω από την επιφάνεια. Αυτές οι δύο ακραίες μεταχειρίσεις μείωσαν αποτελεσματικά τη φαινομενική πυκνότητα του εδάφους.

Οι Burgett και Hansen (1967) έψαξαν τη βιβλιογραφική έρευνα για να βρουν πόσο διαρκούν οι επιδράσεις της βαθιάς κατεργασίας. Η ομοφωνία ήταν ότι οι αλλαγές που επιφέρει η βαθιά κατεργασία ήταν βραχύβιες και ότι το έδαφος τείνει να γίνει ξανά συμπαγές μετά από ικανοποιητική ύγρανση όταν:

α) τα εδάφη είναι μέτριας σύστασης (υψηλή περιεκτικότητα άμμου) ιλυοπηλώδη.

β) Η συμπιεσμένη στιβάδα προκαλούνταν από τα αγροτικά μηχανήματα και

γ) Τα μηχανήματα βαθιάς κατεργασίας ήταν συνήθως ο υπεδαφοκαλλιεργητής ή κάποιος βαρύς καλλιεργητής.

Τα θετικά αποτελέσματα της βαθιάς άροσης τα οποία παραμένουν σταθερά για αρκετά χρόνια συμβαίνουν όταν:

α) τα εδάφη είχαν είτε λεπτή υφή (υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλο) σ' όλο το προφίλ, ή υπήρχε μια σκληρή στιβάδα από έδαφος λεπτής υφής σε κάποιο σημείο μέσα στο προφίλ.

β) Η κατεργασία ήταν δραστική και περιελάμβανε τεράστιους δίσκους ή άροτρα ή ινιά ή μηχανήματα για να ανοίγουν αυλάκια τα οποία παρείχαν μια επαρκή μηχανική διαταραχή και ανάμιξη.

γ) Οι πυκνές ζώνες ήταν κατά βάση φυσικά δημιουργήματα.

1.9. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1) Η εδαφική συμπίεση

- αυξάνει την αντίσταση του εδάφους στη διείδυση των ριζών και βλάστηση των φυταρίων.
- Περιορίζει την ανταλλαγή οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ των ριζών και της ατμόσφαιρας.
- Μειώνει τη διείδυση του νερού στο έδαφος.

2) Η παραγωγή των καλλιεργειών και η απόδοση επηρεάζονται δυσμενώς μόνο όταν:

- Υπάρχει υπερβολική μείωση στο φύτρωμα των καλλιεργειών.
- Όταν τα φυτά υπόκεινται σε αυξημένα επίπεδα έλλειψης υγρασίας.
- Η πρόσληψη των θρεπτικών από τις ρίζες περιορίζεται..

3) Η εδαφική συμπίεση μετριέται με τα επίπεδα της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας ή με το πορώδες του εδάφους. Αυτές οι τιμές σχετίζονται αριθμητικά.

4) Η ανάπτυξη των φυτών περιορίζεται από τη συμπίεση όταν το πορώδες συμπίεζεται σε ένα επίπεδο μικρότερο από αυτό στο οποίο οι πόροι με αέρα αντιπροσωπεύουν το 10% ή λιγότερο του συνολικού όγκου του εδάφους όταν η υγρασία βρίσκεται στο επίπεδο της υδατοϊκανότητας.

5) Ο γεωργικός εξοπλισμός προκαλεί συμπίεση των εδαφών όταν:

- Εφαρμόζονται υψηλές πιέσεις στο έδαφος.
- Εφαρμόζονται υψηλές πιέσεις στην επιφάνεια όπου βρίσκεται σε εξέλιξη η κατεργασία του εδάφους.
- Προκαλεί διατμητική παραμόρφωση την ίδια στιγμή που εφαρμόζει τις πιέσεις.

6) Οι πιέσεις που προκαλεί ο γεωργικός εξοπλισμός καθορίζονται σχεδόν αποκλειστικά από τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού και τη λειτουργία τους και επηρεάζονται ελάχιστα από τα χαρακτηριστικά του εδάφους.

7) Οι πιέσεις που παράγονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους είναι κύρια μια συνάρτηση των πιέσεων που εφαρμόζουν τα μηχανήματα.

8) Οι πιέσεις που προκαλούνται σε κάποιο βάθος μέσα στο έδαφος είναι κύρια μια συνάρτηση του συνολικού βάρους του εξοπλισμού ή του βάρους που κουβαλάει ο ένας τροχός ή η ερπύστρια.

9) Οι πιέσεις που εφαρμόζονται στην επιφάνεια από τα πνευματικά ελαστικά είναι περίπου ίσες με τις πιέσεις των ελαστικών. Η ύπαρξη των υψηλών πιέσεων μέσα σε βάθος 6 - 10 ίντσες του εδάφους μπορεί να οφείλεται στις προεξοχές των ελαστικών.

10) Οι πιέσεις που εφαρμόζονται στην επιφάνεια από τις ερπύστριες δεν κατανέμονται ομοιόμορφα, ώστε η κορυφή των πιέσεων συνήθως είναι δύο ως τρεις φορές μεγαλύτερη από την εκτιμώμενη μέση εδαφική πίεση.

11) Για κάθε επίπεδο πίεσης υπάρχει (για κάθε ένα συγκεκριμένο έδαφος και περιεκτικότητα υγρασίας) μια αντίστοιχη τιμή του πορώδους και για κάθε ένα επίπεδο εδαφικού πορώδους υπάρχει το αντίστοιχο επίπεδο της εδαφικής πίεσης το οποίο πρέπει να ξεπερασθεί για να λάβει χώρα περαιτέρω συμπίεση.

12) Τα ξηρά εδάφη έχουν μεγαλύτερη αντοχή στην συμπίεση από τις εδαφικές πιέσεις σε σχέση με τα υγρά, π.χ. ένα υψηλότερο επίπεδο πίεσης απαιτείται για να συμπιεσθεί ένα ξηρό έδαφος με ένα δεδομένο πορώδες απ' ότι απαιτείται για να συμπιεσθεί ένα υγρό έδαφος με το ίδιο πορώδες.

13) Μερικά εδάφη με μεγάλο εύρος δομικών στοιχείων μπορούν να συμπιεσθούν σ' ένα μικρότερο πορώδες όταν εκτενής διατμητική παραμόρφωση λαμβάνει χώρα, παρά όταν το ποσό αυτής της παραμόρφωσης είναι μικρό.

14) Όταν τα εδάφη είναι κορεσμένα δεν μπορούν να συμπιεσθούν περαιτέρω από τις μικρής διάρκειας πιέσεις που ασκεί ο γεωργικός εξοπλισμός, άσχετα από το πόσο μεγάλες είναι οι πιέσεις. Έτσι εδάφη υγρά στο σημείο του κορεσμού είναι λιγότερο επίερα στη συμπίεση σε

σχέση με εδάφη των οποίων η υγρασία βρίσκεται σε μέσα επίπεδα .

15) Όταν πολύ υγρά ή κορεσμένα εδάφη υφίστανται υπερβολική διατμητική παραμόρφωση μπορεί να καταστραφεί η δομή τους, με αποτέλεσμα ακόμη και εάν δεν έχουν συμπιεσθεί άμεσα, να συμπιεσθούν σε ένα πολύ μεγαλύτερο βαθμό όταν συρρικνωθούν.

16) Ο όγκος του μεσοδιαστήματος των πόρων ο οποίος χάνεται από το έδαφος εξαιτίας της συμπίεσης από τα μηχανήματα είναι περίπου ίσος με τον όγκο των αυλακίων που παράγει αυτός ο εξοπλισμός στην επιφάνεια του εδάφους .

17) Αυλακίες με μικρές αναλογίες βάθους - πλάτους συσχετίζονται με την επιφανειακή συμπίεση, ενώ αυτές με μεγάλη αναλογία βάθους - πλάτους προκαλούν συμπίεση σε σχετικά μεγαλύτερα βάθη.

18) Για αυλακίες με τον ίδιο λόγο βάθους - πλάτους, οι πλατύτερες έχουν ως αποτέλεσμα συμπίεση σε μεγαλύτερα βάθη και σε μεγαλύτερη οριζόντια απόσταση από την αυλακία σε σχέση με τις πιο στενές .

19) Η πιο σημαντική μέθοδος για την αποφυγή της συμπίεσης των μηχανημάτων είναι να περιορίσουμε τα μηχανήματα που προκαλούν υψηλές εδαφικές πιέσεις στα εδάφη τα οποία είναι αρκετά στεγνά ώστε λίγη ή όχι άλλη συμπίεση να μπορεί να λάβει χώρα.

20) Η αντικατάσταση των μεγάλων μηχανημάτων με ελαφρύτερα μπορεί να ελαχιστοποιήσει τη συμπίεση. Ελαφρύτερες μονάδες μπορεί να είναι το ίδιο ισχυρές με τις βαρύτερες όταν:

- η ισχύς μεταδίδεται στα εξαρτήματα μέσω του δυναμοδοτικού άξονα παρά από την έλξη,
- ερπύστριες ή οχήματα με κίνηση στους τέσσερις τροχούς χρησιμοποιούνται για να μεγιστοποιήσουν την ικανότητα έλξης ανά μονάδα βάρους,
- εξαρτήματα υψηλών ταχυτήτων με μικρό πλάτος χρησιμοποιούνται ,τα οποία απαιτούν μικρά επίπεδα έλξης

21) Η μείωση των πιέσεων στις επιφάνειες που εκτίθενται στα μηχανήματα με τη χρησιμοποίηση πλατειών ερπυστριών ή μεγάλων - χαμηλών- πιέσεων ελαστικών δεν θα μειώσει πολύ τον όγκο της συμπίεσης, αλλά θα μειώσει την αναλογία βάθους -πλάτους των αυλακίων που δημιουργούνται ώστε οι ζώνες συμπίεσης προσεγγίζονται ευκολότερα από την κατεργασία.

22) Η ελεγχόμενη κίνηση σε περάσματα που απέχουν πολύ μεταξύ τους και έχουν προκαθορισθεί θα βοηθήσει να ελαχιστοποιηθεί η ολική επίδραση της συμπίεσης στη συνολική γεωργική παραγωγή.

23) Το πορώδες των συμπιεσμένων εδαφών μπορεί να αυξηθεί από φυσικές δυνάμεις που σχετίζονται με την ψύξη και τήξη ή με τη συρρίκνωση και διόγκωση των εδαφών τα οποία περιέχουν μεγάλη αναλογία μοντμοριλλονιτικής αργίλου.

24) Η συμβατική κατεργασία αυξάνει το πορώδες των συμπιεσμένων εδαφών κοντά στην επιφάνεια. Η άροση είναι η πιο αποτελεσματική από αυτές τις εργασίες αν και το δυσκοσβάρνισμα έχει αποδειχθεί χρήσιμο σε κάποιες περιπτώσεις.

25) Η υπεδαφοκαλλιέργεια μπορεί να μειώσει την αντίσταση στη διείσδυση στις ζώνες κάτω από το πέρασμα των εργαλείων, αλλά αυτά τα αποτελέσματα δεν διαρκούν στις περισσότερες περιπτώσεις.

26) Η βαθιά άροση ή η ανάμιξη του εδάφους με μηχανήματα ανασκαφής έχει βρεθεί ότι έχει μια διαρκή δράση στην αύξηση του πορώδους των εδαφών με λεπτή υφή και με εγγενή προκαλεσθείσες ζώνες μικρού πορώδους.

2. ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

2.1. ΣΚΟΠΟΙ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Εκτός από την μετρίαση της συμπίεσης του εδάφους, άλλοι σκοποί που εξυπηρετεί η κατεργασία του εδάφους πριν τη σπορά είναι οι εξής:

α) Να βρεθεί ο σπόρος σε επαφή με το χώμα έτσι ώστε να αποκτήσει την υγρασία που χρειάζεται για να βλαστήσει ενώ παράλληλα προστατεύεται με την κάλυψή του από τα πουλιά.

β) Η κατεργασία του εδάφους προκαλεί αύξηση της βιολογικής δραστηριότητας βοηθώντας στη ταχύτερη αποσύνθεση των οργανικών υπολειμμάτων.

γ) υποβοηθάτε ο καλύτερος αερισμός των ριζών των καλλιεργούμενων φυτών.

δ) Καταστρέφονται τα ζιζάνια που θα συναγωνιστούν τα φυτά στην πρώτη ανάπτυξη.

Ο σπόρος εφόσον έχει ξεπεράσει την περίοδο του λήθαργου δεν έχει κληρονομικά ελαττώματα και δεν έχει προσβληθεί από έντομα και ασθένειες έχει τη δυνατότητα με την τοποθέτησή του σε περιβάλλον με κατάλληλη θερμοκρασία, υγρασία και αερισμό να βλαστήσει.

Οι σπόροι διαφέρουν από φυτό σε φυτό τόσο ως προς τη φυτρωτική ικανότητα όσο και στις απαιτήσεις τους σκετικά με την θερμοκρασία και την υγρασία του εδάφους.

Βασικό ρόλο στην επιτυχία του φυτρώματος παίζει εκτός από την εποχή σποράς. Ο βαθμός κατεργασίας εδάφους και το βάθος σποράς.

Φυσικά η επιτυχία μιας καλλιέργειας καθορίζεται τόσο από τους παράγοντες του περιβάλλοντος (παγετός, ξηρασία κ.τ.λ.) όσο και από την ποιότητα των καλλιεργητικών επεμβάσεων του γεωργού. Παρόλα αυτά το καλό φύτευμα είναι πάντοτε το πρώτο βασικό βήμα για την επιτυχία μιας καλλιέργειας. Γι' αυτό και η κατεργασία του εδάφους που τόσο άμεσα συνδέεται με το φύτευμα θεωρείται μια από τις κυριότερες γεωργικές εργασίες.

Η προετοιμασία μιας ευνοϊκής σποροκλίνης για την εγκατάσταση της καλλιέργειας περιλαμβάνει ένα συνδυασμό χειρισμών πρωτογενούς και δευτερογενούς κατεργασίας του εδάφους.

2.2 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η ανάγκη για δημιουργία της κατάλληλης σποροκλίνης οδήγησε στην κατασκευή και την εξέλιξη ενός συνόλου σύνολο μηχανημάτων με σκοπό την επίτευξη του αρχικού στόχου.

Ήδη από τον πρωτόγονο άνθρωπο είχε παρατηρηθεί ότι η διατάραξη της επιφανειακής στοιβάδας του εδάφους και μετέπειτα η σπορά συνέβαλε θετικά στην εγκατάσταση και την επιτυχία της καλλιέργειας. Η παρατήρηση αυτή οδήγησε στην εφεύρεση του πρώτου καλλιεργητικού εργαλείου του εδάφους, που ήταν το άροτρο.

Τα πρωτόγονα άροτρα ήταν απλές ξύλινες κατασκευές διαμορφωμένες κατάλληλα σαν σφήνα στο μπροστινό τμήματους δημιουργώντας έτσι ένα σκίσιμο και αναστροφή του εδάφους κατά την έλξη τους είτε από τον άνθρωπο είτε απ' τα ζώα. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας δημιουργήθηκε μια μεγάλη ποικιλία εργαλείων κατεργασίας εδάφους όπου μπορούμε να τα κατατάξουμε σε δύο κατηγορίες:

1) Στα εργαλεία κύριας ή πρωτογενούς κατεργασίας του εδάφους όπου είναι τα μηχανήματα που χρησιμοποιούμε για την πρώτη αναμόχλευση (σπάσιμο) του εδάφους μετά από μία καλλιέργεια. Τέτοια είναι:

A) Το άροτρο

B) Οί βαρείς και μέσοι καλλιεργητές

- Γ) Οί υπεδαφοκαλλιεργητές
- Δ) Οί αυλακωτήρες
- 2) Στα εργαλεία δευτερεύουσας κατεργασίας που προετοιμάζουν το έδαφος για να δεχτεί τον σπόρο. Η προετοιμασία και αποσκοπεί στη κατάτμηση των βόλων (ψιλοχωματισμό) του εδάφους και την καταστροφή των ζιζανίων. Για των σκοπό αυτών χρησιμοποιούμε μια σειρά μηχανημάτων ανάλογα με τις επιδιώξεις μας και της συνθήκες του χωραφιού. Στη κατηγορία αυτήν περιλαμβάνονται κύριως τα έξεις μηχανήματα:
 - Α) Ελαφρύς καλλιεργητές
 - Β) Οί σβάρνες
 - Γ) και ορισμένοι τύποι κυλίνδρων
 - Δ) Οί φρέζες

Οι βιβλιογραφία που χρησιμοποίησα προέρχεται από τις πανεπιστημιακές του σημειώσεις του μαθήματος της γεωργικής μηχανολογίας του καθηγητή Θεοφάνη Γέμτου. Οι σημειώσεις κάνουν μια λεπτομερειακή περιγραφή του εξοπλισμού του αγροκτήματος του πανεπιστήμιου Θεσσαλίας στο οποίο πραγματοποιήθηκε το πειραματικό μέρος της πτυχιακής εργασίας.

2.3. Μηχανήματα πρωτογενούς κατεργασίας

2.3.1. Άροτρα

Άροτρα ονομάζουμε μηχανήματα που κόβουν λωρίδες το έδαφος τρέφουν τις μετατοπίζουν και τις θρυμματίζουν λιγότερο ή περισσότερο. Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Α) Τα υνάροτρα
- Β) Τα δισκάρωτρα

2.3.1.1. Υνάροτρα

Ένα φερόμενο υνάροτρα αποτελείται από τα έξεις μέρη:

- 1) πλαίσιο
- 2) σταβάρι
- 3) σώμα
- 4) τροχός εδάφους
- 5) βοηθητικά εξαρτήματα

το πλαίσιο είναι το εξάρτημα πάνω στο οποίο στηρίζονται όλα τα άλλα εξαρτήματα του αρότρου. Στο πλαίσιο εφαρμόζεται η ελκτική δύναμη του ελκυστήρα. Αποτελείται από ένα σύνολο μεταλλικών δοκών που στο πρόσθιο μέρος σχηματίζουν το σύστημα πρόσδεσης στον ελκυστήρα. Στα φερόμενα άροτρα το σύστημα ανάρτησης αποτελείται από ένα ισχυρό μεταλλικό άξονα κάθετο στην κατεύθυνση κίνησης του αρότρου έχοντάς τα δύο άκρα του κεκαμένα αντίθετα ωστέ να προσαρμόζονται στους δύο κάτω βραχίονες του υδραυλικού του ελκυστήρα σχήμα 59. Στο πάνω σημείο δημιουργείτε υποδοχή για τον πρώτο βραχίονα του υδραυλικού του ελκυστήρα (σχήμα 60).

Το σταβάρι είναι το τμήμα που συνδέει το πλαίσιο με το σώμα. Είναι ένα κεκαμένο δοκάρι που η προέκταση του συντελεί στην δημιουργία του πλαισίου και στο κάτω μέρος διαμορφώνεται για την πρόσδεση της βάσης του σώματος.

Το σώμα είναι το κύριο εξάρτημα του υναρότρου. Αυτό κάνει την κοπή -αναστροφή- μετατόπισή και θράψη του εδάφους. Το σώμα αποτελείται από το υνί, των αναστρεπτήρα, την στώση και την βάση.

2.3.1.2. Δισκάρωτρο

Το δισκάρωτρο του αγροκτήματος είναι φερόμενο με δύο δίσκους απλής αναστροφής. Τα μέρη όπου αποτελείτε είναι το πλαίσιο που φέρει σύστημα ανάρτησης στα τρία σημεία του υδραυλικού του ελκυστήρα. Το πλαίσιο αποτελείται από κυλινδρικό δοκάρι ισχυρής κατασκευής και μεγάλου βάρους για να βοηθά την διείδυση του δισκαρότρου. Στο πλαίσιο είναι κολλημένα τα δύο σταβάρια που καταλήγουν στις βάσης δύο υποδοχών. Στις υποδοχές εδράζονται τα κουζινέτα που φέρουν τους άξονες των δίσκων. Σε κάθε δίσκο υπάρχει μια ζύστρα. Η ζύστρα είναι διαμορφωμένη έτσι ώστε να κάνει δύο δουλειές. Η μία είναι να καθαρίζει τον δίσκο από τα χώματα που κολλούν στην επιφάνια του . η άλλη είναι να δίνει μια περιστροφική κίνηση στη λωρίδα εδάφους που ανέρχεται (εξαιτίας της κοίλης κατασκευής του) που διευκολύνει την αναστροφή του εδάφους. Το δισκάρωτρο έχει στο πίσω μέρος του ένα τροχό εδάφους ειδικής κατασκευής. Έχει μία στεφάνι στη περιφέρεια του και έχει κλίση ως προς την κατακόρυφο. Ο τροχός συνδέεται με ένα κυλινδρικό άξονα με υποδοχή έτσι ώστε να είναι δυνατή η μεταβολή της κλίσης του. Η θέση του τροχού σχετικά με τους δίσκους ρυθμίζεται από ένα κοχλία. Ο τροχός εδάφους καθορίζει το βάθος οργώματος και αντισταθμίζει τις πλάγιες τάσεις που αναπτύσσονται στο άροτρο από την μετακίνηση του εδάφους. Η ειδική διαμόρφωση του τροχού και η κλίση του εξασφαλίζει την κίνηση του στη γωνία που σχηματίζει ο πυθμένας και τα τοιχώματα της αύλακας έτσι ώστε να υπάρχει η μέγιστη αντίστασή στη κίνηση του αρότρου προς τα πλάγια.

2.3.2. καλλιεργητής

Ο καλλιεργητής χρησιμοποιείται και σαν μηχανήμα πρωτογενούς κατεργασίας του εδάφους και σαν μηχανήμα προετοιμασίας της σποροκλίνης μετά από όργωμα.

Για πρωτογενή κατεργασία χρησιμοποιείτε για αβαθή καλλιέργεια του εδάφους 8-10cm όταν δεν ενδιαφερόμαστε για βαθιά αναμόχλευση του εδάφους (καλλιέργεια που μπορεί να αναπτύξη ρίζες σε σχετικά συνεκτικά εδάφη όπως τα σιτηρά). Η ενέργεια του καλλιεργητή είναι μόνο η αναμόχλευσή του εδάφους χωρίς αναστροφή επομένως πρέπει να χρησιμοποιείται όταν τα όταν το χώραφι είναι καθαρό από φυτικά υπολείματα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ύπαρξη φυτικών υπολοίπων κάνει αδύνατη την χρήση του καλλιεργητή σε ένα χώραφι επειδή τα υλικά συσσωρεύονται ανάμεσα τα σώματα και ανασκώνουν τον καλλιεργητή.

Γενικά εφ" όσον δεν υπάρχουν φυτικά υπολείματα και δεν ενδιαφέρει η βαθιά καλλιέργεια, ο καλλιεργητής πρέπει να προτιμάται από το αλέτρι, διότι έχει μεγάλη απόδοση και απαιτεί μικρή κατανάλωση καυσίμων. Μετά από όργωμα ο καλλιεργητής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θραύση μεγάλων σχετικά βόλων εδάφους και καταστροφή τυχών αυτοφυούς βλάστησης.

Ο καλλιεργητής φέρει σώματα σταθερά με κατακόρυφο στέλεχος και κεκαμένο τμήμα στο κατώτερο σημείο όπου στερεώνεται με τα ινία. Το ανώτερο τμήμα είναι επίμηκες και κεκαμένο και συνδέεται σε ένα σημείο του πλαισίου ενώ το άλλο συνδέεται με το πλαίσιο διάμεσου ελατήριου που αποτελεί τον μηχανισμό προστασίας των υνιών από τυχών εμπόδια κατά την διάρκεια της δουλειάς.

Τα υνιά είναι επίμηκη κοίλα με δύο αιχμές που μπορούν να εναλλάσσονται. Είναι στερεωμένα στο σώμα με δύο υνόβιδες.

Πολλοί καλλιεργητές έχουν δύο τροχούς εδάφους που ρυθμίζουν το βάθος κατεργασίας. Στο καλλιεργητή του αγροκτήματος το βάθος ρυθμίζεται από το υδραυλικό του ελκυστήρα.

2.3.3. Υπεδαφοκαλλιεργητής

Ο υπεδαφοκαλλιεργητής χρησιμοποιείται για την αναμόχλευση του εδάφους σε βάθος με

αποτέλεσμα να σπάσει ο τυχών υπαρκτός σκληρός ορίζοντας. Διευκολύνει την αποστράγγιση των επιφανειακών στρωμάτων εδάφους και διευκολύνει την διείσδυση των ριζών σε βαθύτερα στρωματά

Πρέπει να χρησιμοποιείται σε πολλή ξηρές συνθήκες εδάφους και είναι ιδιαίτερα χρήσιμος σε βαριά αργιλώδη εδάφη. Η απόσταση κάθε επεμβάσεις είναι συναρτήσεως του βάθους εργασίας. Πρέπει να αναμοχλεύεται όλη επιφάνια του χωραφιού. Σε ξηρές συνθήκες για βάθος κατεργασίας 0,60 μέτρα, καλλιέργεια ανά ένα μέτρο θεωρείται αρκετή. Ο υπεδαφοκαλλιεργητής μπορεί να πάρει εξαρτήματα για την δημιουργία οπών αποστραγγίσεως στο έδαφος. Αυτά είναι σφαιρικά σώματα που καθώς κινούνται στο έδαφος ανοίγουν οπές από της οποίες κινείται το πλεονάζων νερό. Στη περίπτωση αυτή το πέραμα πρέπει να γίνεται όταν το υπέδαφος είναι σχετικά υγρό δώστε να διακρίνονται οι οπές. Ο υπεδαφοκαλλιεργητής αποτελείτε από ένα ισχυρής κατασκευής πλαίσιο που στο μπροστινό μέρος έχει υποδοχές για ανάρτηση στον ελκυστήρα. Έχει δύο θέσεις ανάρτησης των κάτω βραχιόνων και τέσσερις για τον μεσαίο βραχίονα. Στο πλαίσιο συνδέεται το σώμα που έχει μικρή κλίση προς τα μπροστά. Η πλάκα στο κάτω άκρο δημιουργεί μια προέκταση προς τα μπροστά πάνω στην οποία στηρίζεται με κοχλίες το ινίο. Το ινίο σχηματίζει γωνία 45° με το ορίζοντα και μπορεί να μεταβάλλεται λίγο από τον κεντρικό βραχίονα του υδραυλικού. Το υνί έχει σχήμα παραλληλεπίπεδο με αιχμή στο πρόσθιο μέρος και εναλλάσσεται όταν φθαρεί.

2.4. Μηχανήματα δευτερογενής κατεργασίας

2.4.1. Περιστροφικός καλλιεργητής

Ο περιστροφικός καλλιεργητή αποτελείτε από ένα πλαίσιο όπου στο μπροστινό τμήμα του φέρει το μηχανισμό σύνδεσης με τους τρεις βραχίονες του ελκυστήρα. Το πλαίσιο είναι μια μεταλλική κατασκευή μήκους περίπου δύο μέτρων όπου περικλείει των μηχανισμό κατεργασίας του εδάφους. Στο πίσω τμήμα του πλαισίου υπάρχει μια ειδική θυρίδα ρυθμιζόμενου ύψους η οποία κινείται πάνω στο επίπεδο του εδάφους προκαλώντας το σπάσιμο τον βολών του εδάφους μέσω της πίεσης που τους εξασκεί και την ικανότητα της να τους παρασέρνει σε κίνηση κατά την λειτουργία του μηχανήματος. Η ρύθμιση του ύψους κατεργασίας πραγματοποιείτε από ειδικά πέδιλα που υπάρχουν στα άκρα των δύο πλευρικών τοιχωμάτων του πλαισίου.

Ο μηχανισμός κατεργασίας του εδάφους παίρνει κίνηση από το δυναμοδότη του ελκυστήρα. Αποτελήτε από άξονες που είναι τοποθετημένοι οριζόντια στο επίπεδο κίνηση του ελκυστήρα οι οποίοι φέρουν στη περιφέρειά τους επιμήκη κατακόρυφα σκαφτικά εργαλία που μιάζουν με βελόνες. Κατά την λειτουργία του μηχανήματος τα σκαφτικά εργαλία περιστρέφονται οριζόντια στο επίπεδο της κίνησης του ελκυστήρα αναμοχλεύοντας το έδαφος.

Οι περιστροφικοί καλλιεργητές ψιλοχωματίζουν το έδαφος χωρίς να το συμπιέζουν. Είναι μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία της σποροκλίνης και για την καταπολέμηση των ζιζανίων όταν δεν είναι αρκετά αναπτυγμένα.

2.4.2. Ελαφρεί καλλιεργητές

Ο ελαφρός καλλιεργητής με ελλατηριοτά σώματα αποτελείται από ένα πλαίσιο από ελάσματα. Στο πρόσθιο μέρος φέρει τα σημεία ανάρτησης στον ελκυστήρα. υπάρχουν δύο δυνατά σημεία ανάρτησης των κάτω βραχιόνων και τέσσερα του κεντρικού βραχίονα. Το σύστημα ανάρτησης στηρίζεται με το κατώτερο σημείο στο πλαίσιο με μικρά ελάσματα και στο ανώτερο με δύο μεγάλα ελάσματα. Στο πίσω μέρος του πλαισίου στηρίζεται αρθρωτά το πλαίσιο του κυλίνδρου. Η συγκράτησι του πλαισίου του κυλίνδρου γίνεται με ένα σωληνωτό που καταλήγει σε μια μανιβέλα στο άλλο άκρο όπου και συνδέεται το σύστημα ανάρτησης. Με την μανιβέλα μπορεί να μεταβάλλετε η θέση του πλαισίου ανάρτησης καθώς και η πίεση στο έδαφος. Το ελλατηριωτό σώμα στο κατώτερο μέρος τους είναι διαμορφωμένο για να προσαρμόζεται υνί. Η προσαρμογή γίνεται με δύο υνόβιδες. Τα υνιά είναι επιμήκη κοίλα με δύο αιχμές. Η πρόσδεσή των σωμάτων στο πλαίσιο γίνεται με σφικτήρες στα κάθετα προς την κατεύθυνση κίνησης δοκάρια του πλαισίου. Ο ελαφρύς καλλιεργητής χρησιμοποιείτε για των θρυμματισμό των βόλων του εδάφους και καταστροφή των ζιζανίων μετά από όργωμα. Η κατάτμηση των βόλων γίνεται με κτύπημα των βόλων από τα ινιά του καλλιεργητή. Η ελλατηριωτη διαμορφώσει των σωμάτων επιτρέπει μια ταλάνταιψη των ινίων προς την κατευθησή της κίνησης και κάθετη προς αυτή που αυξάνει την ικανότητα ψιλοχωματισμου του εδάους. Ο κύλινδρος πιέζει κατά διαστήματα το έδαφος ενώ αφήνει ενδιάμεσα έδαφος σχετικά αφράτο. Στα σημεία που ασκείται πίεση οι τυχόν βόλοι σπάζουν η πιέζονται στο έδαφος και έτσι παραμένει η επιφάνια ψιλοχωματίσμενη.

2.4.3. Σβάρνες

Ονομάζονται τα μηχανήματα που κάνουν ελαφρύ κατεργασία του εδάφους (σε βάθος μικρότερο των 10 εκατοστών) και το ψιλοχωματίζουν δηλαδή νιώνουν το μέγεθος των βόλων. Η θραύση των βόλων γίνεται και με πίεση και με αναμόχλευση του εδάφους. Υπάρχουν τρία είδη σβαρνων (δισκοσβάρνες, οδοντωτές σβάρνες, σβάρνες με ελλατηριοτά σώματα). Οι δισκοσβάρνες αποτελούνται από το πλαίσιο που φέρει τα σημεία ανάρτησης και στο πίσω μέρος τον ελαστικό τροχό που φέρει ένα μέρος του βάρους της δισκοσβάρνας και την ανύψωση. Αυτό καθιστά δυνατή την ανάρτηση στα τρία σημεία του υδραυλικού χωρίς να ανατρέπεται ο ελκυστήρας. Πάνω στο πλαίσιο είναι προσαρμοσμένες δύο ομάδες δίσκων. Κάθε ομάδα αποτελείται από ένα άξονα πάνω στον οποίο είναι περασμένοι και στερεωμένοι οι δίσκοι. Οι δίσκοι περιστρέφονται μαζί με τον άξονα. Η σύνδεση του πλαισίου με των άξονα γίνεται με μία πλάκα πάνω στην οποία στηρίζονται δύο βραχίονες. Οι βραχίονες συνδέονται με τον άξονα με κουζινέτα.

Στη πλάκα και παράλληλα με αυτήν είναι συνδεδεμένη μία δοκός πάνω στην οποία στηρίζονται οι ξύστρες δηλαδή τα εξαρτήματα που καθαρίζουν την εσωτερική πλευρά των δίσκων από της λάσπες.

Οι δίσκοι έχουν ακτίνα με μεγάλη διάμετρο καμπυλότητας. Υπάρχουν δύο τύποι δίσκων. στον μπροστινό άξονα είναι δίσκοι οδοντωτή (με μεανδρική περιφέρεια). Έχουν μεγαλύτερη ικανότητα διεϊσδυσης στο έδαφος. Στο πίσω άξονα υπάρχουν δίσκοι με λεία περιφέρεια που έχουν μεγαλύτερη ικανότητα ψιλοχωματισμού.

Οι οδοντωτή σβάρνας του αγροκτήματος φέρει σταθερά κατακόρυφα σώματα και είναι συρόμενη διαμέσου μιας αλυσίδας. Έχει πλαίσιο αρθρωτό με τρία συγκροτήματα σωμάτων τα οποία είναι κατακόρυφα με μικρό κεκαμένο τμήμα στο κατώτερο σημείο για υποβοήθηση της διεϊσδύσεως. Τα σώματα είναι διατεταγμένα σε πέντε σειρές.

Κατά την λειτουργία του στο χωράφι προκαλεί θρυμματισμό των βόλων χώματος είτε με συμπίεση (κλίσει σωμάτων προς τα εμπρός) είτε με ώθηση προκαλώντας κίνηση και θρυμματισμό (κάθετα σώματα η με μικρή κλίση προς τα εμπρός).

Η σβάρνα με τα ελλατηριοτά σώματα είναι φερόμενη στο υδραυλικό του ελκυστήρα. Τα

ελλατιριωτα σώματα είναι διατεταγμένα σε τρεις σειρές. Είναι αναρτημένα σε άξονες κάθετα στην κατεύθυνση της κίνησής. Οι άξονες είναι αρθρωτά συνδεδεμένοι με το πλαίσιο και μπορούν να περιστρέφονται με μοχλούς. Έτσι μπορούμε να μεταβάλουμε την γωνία κοπής του εδάφους από τα σώματα.

Κατά την λειτουργία του μηχανήματος παρατηρείτε θρυμματισμός των βόλων του εδάφους καθώς και μία μικρή εκσκαφή και καταστροφή των ζιζανίων. Η παλινδρομική κίνηση των σωμάτων που είναι παράλληλη με την κατεθειση της κίνησης ευνοεί τον θρυμματισμό των βόλων.

2.4.4 Φρέζες

Χαρακτηρίζονται από ένα άξονα κάθετο προς την κατεύθυνση κινήσεως του μηχανήματος. Ο άξονας αυτός φέρει διάφορες εξαρτήσεις και καθώς περιστρέφονται σκάβουν το έδαφος και το ρίχνουν προς τα πίσω σε μια ποδιά. Οι φρέζες χρησιμοποιούνται για εκσκαφή και ψιλοχωματισμού του εδάφους.

3. ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ (Zea mays)

Το καλαμπόκι αποτελεί ένα ευρέως διαδεδομένο φυτό μεγάλης καλλιέργειας για τον χώρο της Ελληνικής γεωργίας. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκε ως μια από τις καλλιέργειες για την διεξαγωγή ενός πειράματος που θα μελετούσε την επίδραση διαφορετικών μεθόδων κατεργασίας του εδάφους στην ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Παρακάτω δίδεται μια γενική περιγραφή του καλαμποκιού ως καλλιέργεια και μια γενική εικόνα των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και των απαιτήσεων της φυτείας.

3.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ - ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Από το ριζίδιο προέρχονται οι εμβρυακές ρίζες σε βάθος όσο το βάθος σποράς του φυτού. Μεταγενέστερα κάτω από τον 1^ο κόμβο και κοντά στην επιφάνεια του εδάφους σχηματίζονται οι μόνιμες ρίζες οι οποίες κατά τα πρώτα στάδια παρουσιάζουν οριζόντιες αναπτύξεις και έντονες διακλαδώσεις. Το βάθος του κυρίου ριζοστρώματος δεν ξεπερνά τα 30cm, ενώ οι ρίζες μπορούν να φτάσουν μέχρι 60cm ακόμα και 1m. Το γεγονός αυτό εξαρτάται από τις εδαφικές συνθήκες και την εδαφική υγρασία.

Το στέλεχος είναι εσωτερικά γεμάτο με εντεριώνη. Εξωτερικά φέρει ένα μεγάλο αριθμό κόμβων όπου σε κάθε έναν υπάρχει καταβολή ενός οφθαλμού εκτός από τους πρώτους 2 - 3 κόμβους όπου φέρουν καταβολές ριζών.

Το αναπτυγμένο φύλλο αποτελείται από :

- α) τον κολεό όπου περιλαμβάνει το μεσογονάτιο ως τον επόμενο κόμβο
- β) το έλασμα πλάτους 8 - 13cm
- γ) τη γλωσσίδα

Οι νευρώσεις είναι παράλληλες και ο αριθμός των φύλλων από φυτό σε φυτό συνδέεται άμεσα με την πρωιμότητα της ποικιλίας.

Οι πρώιμες ποικιλίες φέρουν συνήθως 9 - 10 φύλλα, οι μεσοπρώιμες 17 - 21 και οι όψιμες 40 και περισσότερα.

Ο αραβόσιτος είναι φυτό μονόκικο δικλινές με την αρσενική ταξιανθία (φοβή) στην κορυφή και τις θηλυκές (στάχεις ή σπάδικες) στις μασχάλες των φύλων. Η καταβολή της φοβής δημιουργείται στο τέλος της διαφοροποίησης των φιλικών καταβολών. Μετά από 7 - 10 ημέρες δημιουργούνται οι καταβολές των σπαδικών.

Ο αραβόσιτος παρουσιάζει το φαινόμενο της προταντρίας ανθίζοντας τα αρσενικά άνθη 1 εβδομάδα νωρίτερα από τα θηλυκά. Το φαινόμενο αυτό σε συνδυασμό με την μονόκικη δίκλινη μορφή ευνοεί τη σταυρογονιμοποίηση.

Το μήκος του σπάδικα κυμαίνεται από 4- 40 cm ανάλογα με την πρωιμότητα της ποικιλίας και τις καιρικές συνθήκες ενώ η τελική μορφή του προκύπτει από τον μετασχηματισμό και τη συνένωση των διακλαδώσεως της θηλυκής ταξιανθίας σχηματίζοντας έτσι την ράχη του.

3.2. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Οι βραχύσωμες ποικιλίες με ύψος 60cm προσαρμόζονται σε περιβάλλοντα με βραχεία βλαστική περίοδο (ωρίμανση σε 60 - 70 ημέρες) ενώ για περιβάλλοντα θερμότερα με μακριά βλαστική περίοδο δημιουργήθηκαν ποικιλίες και υβρίδια παραγωγικά με απαιτήσεις για ωρίμανση 11 μήνες και ύψος στελέχους από 1,5m - 6m.

Η τροπική καταγωγή του φυτού το καθιστά απαιτητικό σε υψηλές θερμοκρασίες. Το φύτρωμα του σπόρου πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες άνω των 10°C. Η άριστη θερμοκρασία ημέρας για την αύξηση του αραβόσιτου κυμαίνεται στους 24 - 30°C ενώ της νύχτας 14 - 15°C.

Μέση θερμοκρασία ημέρας κάτω των 19°C και νύχτας κάτω των 13°C, δεν είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη του φυτού και αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την μη ευδοκίμηση της καλλιέργειας στην ΒΔ Ευρώπη.

Αντίστοιχα και η υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με την έλλειψη υγρασίας μειώνουν σημαντικά την παραγωγή, προκαλώντας διαταραχές του μεταβολισμού του αζώτου δυσχεραίνοντας τη γονιμοποίηση των ανθέων.

Ο αραβόσιτος ανήκει στην κατηγορία C4 με αποτέλεσμα να είναι πολύ αποδοτικός σε συνθήκες υψηλής έντασης φωτός ενώ παράλληλα αξιόλογη είναι η φωτοσυνθετική ικανότητα του φυτού σε ακραίες θερμοκρασίες (30 - 40°C).

Είναι φυτό με υψηλές απαιτήσεις σε μεγάλη διάρκεια ημέρας για την ολοκλήρωση του βλαστικού σταδίου ανάπτυξης. Η εισαγωγή του στον αναπαραγωγικό κύκλο προϋποθέτει μικρή περίοδο φωτός (μικρές ημέρες).

Οι ανάγκες σε νερό κατά την περίοδο ανάπτυξης του φυτού κυμαίνονται στα 460 - 600mm. Σε περιοχές όπου οι ανάγκες σε νερό δεν καλύπτονται από επαρκείς βροχοπτώσεις συνιστάται εγκατάσταση αρδευτικού συστήματος. Ξηρική καλλιέργεια συναντάται σε περιοχές με επαρκείς βροχοπτώσεις.

Ο αραβόσιτος ευδοκίμει σε βαθιά γόνιμα πηλώδη εδάφη έως υλιοπηλώδη πλούσια σε οργανική ουσία και Ca, θερμά με καλή κυκλοφορία αέρα καλή στράγγιση και ευκατέργαστα.

Ακατάλληλα θεωρούνται τα αμμώδη και τα αργιλώδη. Τα αμμώδη συγκρατούν 4 φορές λιγότερο νερό από τα βαριά εδάφη με συνέπεια να πρωιμίζουν την καλλιέργεια. Παρόλα αυτά τα φυτά που καλλιεργούνται σε αμμώδη εδάφη παρουσιάζουν μεγαλύτερη επιρρέπεια στους παγετούς γιατί η μειωμένη ικανότητα να κρατούν σημαντικές ποσότητες νερού τα οδηγούν σε γρήγορη απώλεια της θερμοκρασίας. Η έλλειψη οργανικής ουσίας καθώς επίσης η μειωμένη περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία τα καθιστά πλέον ακατάλληλα.

Τα βαριά αργιλώδη παρουσιάζουν το μειονέκτημα ότι λόγω των υψηλών ποσοτήτων νερού που κρατούν θερμαίνονται δυσκολότερα και οδηγούν σε οπήμιση της παραγωγής. Η συνεκτικότητά τους δυσχεραίνει σημαντικά το φύτρωμα του σπόρου.

Το άριστο pH ανάπτυξης του αραβόσιτου κυμαίνεται μεταξύ 5,6 - 7,5. Όξινα εδάφη προκαλούν κακή ανάπτυξη του φυτού, εμφάνιση συμπτωμάτων τροφολπενίας στα φύλα π.χ. (Mg) και μειωμένες αποδόσεις. Χαρακτηριστική είναι η τροφολπενία ιχνοστοιχείων που παρουσιάζει το φυτό σε όξινα εδάφη καθώς και σε εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε τύρφη.

Τα αλκαλικά εδάφη καθώς και το νερό άρδευσης με υψηλή αγωγιμότητα οδηγούν σε χαμηλές αποδόσεις.

3.3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ

3.3.1. Αμειψισπορά

Ο αραβόσιτος είναι φυτό που χαρακτηρίζεται από τα πλέον εξαντλητικά για το έδαφος.

Ο αραβόσιτος έχει την ικανότητα να προσθέτει υψηλή ποσότητα κυτταρίνης στο έδαφος αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία προβλημάτων στη χρησιμοποίηση της οργανικής ουσίας λόγω διαταράξεως της σχέσης C / N αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία έντονών προβλημάτων στην ευδοκιμηση των καλλιεργειών που θα τον διαδεχτούν την επόμενη χρονιά.

Η μονοκαλλιέργεια προκαλεί παράλληλα αύξηση του ποσοστού των παθογόνων και ανάπτυξη εντόμων εδάφους σε τέτοιο σημείο όπου η χημική καταπολέμηση εκμηδενίζει το κέρδος που προσφέρει η υψηλή παραγωγή.

Η υιοθέτηση συστημάτων αμειψισποράς ιδίως όταν συμπεριλαμβάνουν κάποιο ψυχανθές, είναι μια λύση για την διατήρηση της γονιμότητας και την εξισορρόπηση του ποσού των παθογόνων στο έδαφος. Το κέρδος είναι σαφώς μεγαλύτερο από τη μέθοδο της χημικής καταπολέμησης διότι το ψυχανθές εμπλουτίζει το έδαφος με επιπλέον άζωτο βελτιώνοντας τις σχέσεις C : N.

Με την υιοθέτηση συστημάτων αμειψισποράς, έχουμε μείωση του ποσού των παθογόνων του εδάφους και καλύτερη διαχείριση των ζιζανίων.

3.3.2. Προετοιμασία του εδάφους

Η συνήθης πρακτική που ακολουθείται σήμερα για τη σωστή προετοιμασία του εδάφους είναι ένα φθινοπωρινό όργωμα και δύο με τρία περάσματα με κάποιο ελαφρύ καλλιεργητή η δισκοσβάρνα το μήνα Φεβρουάριο ή Μάρτιο με σκοπό την καταστροφή των ζιζανίων που έχουν φυτρώσει και το ψιλοχωματισμό του εδάφους για την προετοιμασία της σποροκλίνης.

Το φθινοπωρινό όργωμα μειώνει την επιφανειακή ροή του νερού αυξάνοντας το ποσοστό υγρασίας που συγκρατεί το έδαφος κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Παράλληλα πραγματοποιείται ενσωμάτωση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας αρκετά νωρίς ώστε να γίνεται χουμοποίηση κατά τους χειμερινούς μήνες.

3.3.3. Σπορά

Το βάθος σποράς του αραβόσιτου καθορίζεται από τους παρακάτω παράγοντες.

Το βάθος σποράς είναι μικρότερο:

1. σε συνεκτικά και υγρά εδάφη
2. σε εδάφη όπου θερμαίνονται όψιμα
3. σε μικρόκοκκες ποικιλίες και σε πρώιμη σπορά.

Το βάθος σποράς είναι μεγαλύτερο:

1. σε αμμώδη εδάφη
2. σε ξηρά εδάφη όπου δεν χρησιμοποιούμε αρδευτικό σύστημα
3. για ποικιλίες με μεγαλύτερους κόκκους
4. σε όψιμες σπορές και σε περιοχές που επικρατούν ξηρασίες.

Το άριστο βάθος σποράς συνήθως κυμαίνεται 2,5-3 φορές πιο βαθιά από το μέγεθος της μεγαλύτερης διαμέτρου του σπόρου. Από αυτά καταλαβαίνουμε ότι:

Μεγάλος ® βαθύτερη σπορά

Μικρός ® μικρό βάθος σποράς

Η πυκνότητα σποράς στο στρέμμα για υβρίδια μεγάλου βιολογικού κύκλου κυμαίνεται στα 6500 - 7500 ενδιάμεσου 7500 - 8000 και μικρού 8000 - 9000 φυτά ανά στρέμμα.

3.3.4. Λίπανση

Η λιπαντική αγωγή και οι ποσότητες που θα εφαρμοστούν στο έδαφος καθορίζονται από τους παρακάτω κανόνες:

- 1) γονιμότητα του εδάφους
- 2) είδος της προηγούμενης καλλιέργειας
- 3) ποσότητα λιπάσματος που χορηγήθηκε στην προηγούμενη καλλιέργεια
- 4) ύψος των βροχοπτώσεων της προηγούμενης χρονιάς

Γενικά προτείνεται από το ινστιτούτο σιτηρών όταν το έδαφος είναι γόνιμο ή όταν η προηγούμενη καλλιέργεια ήταν ψυχανθές εισαγωγή στο έδαφος 10 - 20 μονάδες αζώτου, 10 - 6 μονάδες φωσφόρου, 20 μονάδες καλίου, 4 - 6 μονάδες Mg.

3.3.5. Άρδευση

Οι συνολικές ανάγκες του αραβοσίτου σε νερό ανάλογα με τις συνθήκες κυμαίνονται 500 - 800mm. Οι συνολικές ανάγκες είναι μεγαλύτερες στα γόνιμα εδάφη αλλά σε αυτά γίνεται καλύτερη αξιοποίηση του νερού ανά παραγόμενη φυτομάζα

Εάν υπάρχει άφθονο νερό αρδεύουμε το έδαφος συχνά ώστε να διατηρείται υγρό χωρίς να λιμνάζει.

Οι αρδεύσεις είναι πιο συχνές στα ελαφρά εδάφη (συνολικά 10 - 15) και πιο αραιές αλλά με μεγαλύτερη ποσότητα νερού στα βαθύτερα εδάφη έως 5.

Η άρδευση μπορεί να γίνει με αυλάκια, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σύστημα καταιονισμού ή με σταγόνες.

3.3.6. Καταπολέμηση ζιζανίων

Η Καταπολέμηση των ζιζανίων γίνεται κυρίως με ζιζανιοκτόνα:

- α) Προσπαρτικά τα οποία εφαρμόζονται πριν από τη σπορά και απαιτούν ενσωμάτωση στο έδαφος όπως: Eradicane, Eradicane + Atrazine και το Atrazine + Sutan
- β) Προφυτρωτικά τα οποία εφαρμόζονται αμέσως μετά τη σπορά προτού φυτρώσει η καλλιέργεια χωρίς ενσωμάτωση όπως: primextra, Lasso-AT, Stomp + Atrazine.
- γ) Μετραφυτρωτικά τα οποία εφαρμόζονται μετά το φύτεμα του καλαμποκιού και των ζιζανίων. Καλύτερα ζιζανιοκτόνα είναι: Atrazine + 2,4D, MCPA, primextra και Lasso-AT.

2.3.7. Συγκομιδή

Η συγκομιδή του αραβοσίτου πραγματοποιείται όταν το φυτό βρίσκεται στην πλήρη ωρίμανση. Ο κόκκος είναι φυσιολογικά ώριμος όταν παύει να τροφοδοτείται με προϊόντα φωτοσύνθεσης.

Τότε στο σημείο πρόσφυσης στο σπάδικα εμφανίζεται μια ζώνη μαύρου χρώματος ορατή με γυμνό μάτι. Η υγρασία του κόκκου είναι κάτω του 40%. Η συγκομιδή πραγματοποιείται με θεριζοαλωνιστική αραβοσίτου.

ΜΕΡΟΣ 2^ο

ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

4.1.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την μελέτη της επίδρασης διαφορετικών μεθόδων κατεργασίας στην καλλιέργεια του αραβόσιτου οργανώθηκε ένα πείραμα και εγκαταστάθηκε σε 2 αγρούς. Ο κάθε αγρός περιελάμβανε 4 επαναλήψεις με 5 πειραματικά τεμάχια. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο εφαρμόστηκαν 5 διαφορετικοί μέθοδοι για την προετοιμασία του εδάφους. Η μορφή του πειραματικού σχεδίου ήταν πλήρως τυχαιοποιημένες ομάδες.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που βρίσκεται στο Βελεστίνο.

Στον πίνακα 1 περιγράφονται χαρακτηριστικά του εδάφους των δύο πειραματικών αγρών.

	Χαρακτηρισμός εδάφους	Άμμος (%)	Ιλύς (%)	Αργίλος (%)	Οργαν. C (%)	pH	Όρια πλαστικότητας (% υγρασία υγρού)	
							κατώτερο όριο	ανώτερο όριο
αγρός 1:	Ιλυοαργιλώδες	9.7	41	49.2	1.26	8	19.7	31.14
αγρός 2:	Αργιλώδες	20.1	23.6	47.1	1.08	7.9	17.95	30.23

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Χαρακτηριστικά του εδάφους των πειραματικών αγρών

Στον πειραματικό αγρό 1 κατά το έτος 1995-96 είχαν εγκατασταθεί 4 συστήματα αμειψισποράς. Στα δύο πρώτα συστήματα αμειψισποράς, είχε καλλιεργηθεί βαμβάκι και στα υπόλοιπα σιτάρι. Στον πειραματικό αγρό 2 δεν υπήρχε η διαφοροποίηση των δύο προϋπαρχουσών καλλιεργειών, (βαμβάκι - σιτάρι), και κατά το έτος 1995-96 είχε καλλιεργηθεί εξ' ολοκλήρου με βαμβάκι.

	Προϋπαρχουσες Καλλιέργειες (1995-1996)	καλλιέργειες 1 ^{ου} έτους πειράματος (1996-1997)
Αμειψισπορά 1	βαμβάκι	βαμβάκι
Αμειψισπορά 2	βαμβάκι	καλαμπόκι
Αμειψισπορά 3	σιτάρι	βαμβάκι
Αμειψισπορά 4	σιτάρι	τεύτλα

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Τα 4 συστήματα αμειψισποράς του πειράματος.

Η εγκατάσταση των συστημάτων αμειψισποράς και στους δύο αγρούς κατά το πρώτο έτος του πειράματος παρουσιάζεται στον πίνακα 2. Στο πρώτο έτος του πειράματος είχαν εγκατασταθεί 4 συστήματα αμειψισποράς και στους δύο αγρούς. Στα δύο πρώτα συστήματα αμειψισποράς, είχε καλλιεργηθεί βαμβάκι και στα υπόλοιπα Τεύτλα και καλαμπόκι. Πειραματικά τεμάχια είχαν διαστάσεις 6Χ10 m και περιελάμβαναν τις εξής 5 διαφορετικές μεθόδους προετοιμασίας του εδάφους για την εγκατάσταση των καλλιεργειών:

1. **Συμβατική κατεργασία (Σ):** Όργωμα σε βάθος 25-30 cm κατά τη περίοδο του φθινοπώρου και δύο περάσματα με δισκοσβάρνα την άνοιξη πριν τη σπορά.
2. **Μειωμένη κατεργασία με χρήση βαρύ καλλιεργητή (BK):** Ένα πέραςμα με βαρύ καλλιεργητή σε βάθος 20-25 cm το φθινόπωρο και δύο περάσματα με δισκοσβάρνα την άνοιξη πριν τη σπορά.
3. **Μειωμένη με χρήση περιστροφικού καλλιεργητή (ΠΚ):** Ένα πέραςμα με περιστροφικό καλλιεργητή σε βάθος 10 cm το φθινόπωρο και δύο περάσματα με δισκοσβάρνα την άνοιξη.
4. **Μειωμένη με χρήση δισκοσβάρνας (Δ):** Δύο περάσματα με δισκοσβάρνα σε βάθος 8 cm το φθινόπωρο και δύο την άνοιξη.
5. **Ακαλλιέργεια (Α).** Απ' ευθείας σπορά σε ακατέργαστο έδαφος και καταστροφή της υπάρχουσας βλάστησης με εφαρμογή *glyphosate* πριν το φύτευμα της καλλιέργειας.

Οι πρωτογενείς κατεργασίες του εδάφους για την καλλιεργητική περίοδο του 1996-97, έγιναν μέσα στον Νοέμβριο του 96 ενώ η προετοιμασία της σποροκλίνης ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 97 με δύο περάσματα της δισκοσβάρνας σε όλα τα τεμάχια πλην αυτών της ακαλλιέργειας. Για την καταστροφή της βλάστησης, στα τεμάχια αυτά έγινε ψεκασμός στις 26/3/97 με 400 g/στρέμμα του καθολικού ζιζανιοκτόνου *glyphosate* (ROUNDUP).

Για την καλλιέργεια του καλαμποκιού έγινε ενσωμάτωση 10-12-35 μονάδων N-P-K στον αγρό 1 και 15-12-35 μονάδων N-P-K στον αγρό 2 πριν τη σπορά, ενώ μέσα στον Ιούνιο προστέθηκαν και στους δυο αγρούς άλλες 10 μονάδες N επιφανειακά. Η σπορά υβριδίου του καλαμποκιού της PIONEER έγινε στις 9/4 σε γραμμές πλάτους 1 m με την πνευματική μηχανή ρυθμισμένη να τοποθετεί 9 σπόρους/m γραμμής σε βάθος 4 cm. Στις 7/5 έγινε ψεκασμός όλων των μεταχειρίσεων με 430 g/στρέμμα *alachlor-atrazine* (LASSO AT) ενώ για τον έλεγχο των ζιζανίων πραγματοποιήθηκαν δύο χειρονακτικά σκαλίσματα στις 28/5 και στις 29/6.

Η συγκομιδή του καλαμποκιού έγινε με το χέρι στις 15/9/97.

Σύμφωνα με την χημική ανάλυση του εδάφους, ο πειραματικός αγρός 1 εμφάνιζε περίσσεια αζώτου ενώ αμφότεροι οι αγροί παρουσίαζαν έλλειψη καλίου γεγονός που σε ένα ποσοστό οφειλόταν στην βαριά μηχανική σύσταση των εδαφών.

Για την άρδευση των καλλιεργειών χρησιμοποιήθηκαν λάστιχα Φ20 που είχαν σταλάκτες παροχής 4 lt/h σε αποστάσεις 1 m. Τα λάστιχα τοποθετήθηκαν ανά δεύτερη γραμμή σε κάθε καλλιέργεια δηλαδή σε πλάτος 2 m στο καλαμπόκι. Η ποσότητα του νερού άρδευσης για κάθε καλλιέργεια διαφοροποιήθηκε ρυθμίζοντας τη χρονική διάρκεια της άρδευσης. Για την καλλιέργεια του καλαμποκιού έγιναν κατά την διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων έξι συνολικά ποτίσματα το κάθε ένα με 60 κυβικά εκατοστά/ στρέμμα. Στις 14/5/97 πραγματοποιήθηκε το πρώτο πότισμα με την χρέυση τεχνητής βροχής για το φύτευμα των φυτών και η χρονική διάρκεια ήταν 2 ώρες. Το ίδιο συνέβει και στις 21/5/97 και είχε την είδια χρονική διάρκεια.

Στη συνέχεια ακολουθήσαν 8 ποτίσματα με λάστιχα κατά τα παρακάτω χρονικά διαστήματα: 13/6/97, 23/6/97, 2/7/97, 12/7/97, 26/7/97, 4/8/97, 13/8/97, 24/8/97.

4.2.Μετρήσεις

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ελήφθησαν παρατηρήσεις που αφορούσαν τόσο τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους όσο και τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης

των καλλιεργειών. Ένας τρίτος τομέας περιελάμβανε την ποσότητα των ζιζανίων που φύτεψαν στις διαφορετικές μεταχειρίσεις.

4.2.1. Η ποσότητα των ζιζανίων

Οι παρατηρήσεις που αφορούσαν την ποσότητα των ζιζανίων που φύτεψαν στις διαφορετικές μεταχειρίσεις βασίστηκαν στον υπολογισμό της υπέργειας ξηράς τους βιομάζας. Από δύο τυχαίες επιφάνειες 0.25 m² σε κάθε τεμάχιο συλλέχθηκε το υπέργειο μέρος των ζιζανίων με τη χρήση δρεπανιού, και τοποθετήθηκε το συλλεγόμενο υλικό σε μαύρη σακούλα, η οποία έφερε εξωτερικά τον αριθμό του πειραματικού τεμαχίου στο οποίο πραγματοποιήθηκε η παρατήρηση. Στη συνέχεια οδηγήθηκαν τα δείγματα στο εργαστήριο όπου ξηράθηκαν σε κλίβανο στους 74⁰ C για 48 ώρες. Στη συνέχεια ζυγίστηκε κάθε δείγμα χωριστά. Για κάθε πειραματικό τεμάχιο προέκυψε ένας μέσος όρος μεταξύ των δύο δειγμάτων του ξηρό βάρος των ζιζανίων και έγινε αναγωγή σε g/m² επιφάνειας εδάφους. Ο υπολογισμός του μέσου όρου του αθροίσματος των τιμών των τεμαχίων που έχουν υποστεί την ίδια κατεργασία θα μας δείξει κατά πόσο η κατεργασία επιδρά στο ξηρό βάρος των ζιζανίων. Οι παρατηρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα εξής χρονικά διαστήματα 16/1/97, 14/3/97, και τέλος στις 18/5/97.

4.2.2. Φυσικές Ιδιότητες του εδάφους:

A. Η υγρασία

Οι μετρήσεις της υγρασίας του εδάφους επικεντρώθηκαν στην περιοχή της σποροκλίνη κυρίως κατά την περίοδο του φυτρώματος των καλλιεργειών. Από κάθε πειραματικό τεμάχιο συλλέχθηκαν τρία δείγματα εδάφους από δύο βάθη, 0.5-3 cm και 7.5-10 cm. Στα δείγματα υπολογιστικό το βάρος τους. Στην συνέχεια τοποθετήθηκαν σε κλίβανο και ξηράθηκαν στους 104⁰ C για 48 ώρες και κατά την έξοδο τους από των κλίβανο ξαναζυγίστηκαν. Η νέα μέτρηση αντιπροσωπεύει το ξηρό βάρος των δειγμάτων. Η διαφορά των δύο τιμών (υγρό βάρος - ξηρό βάρος) μας δίνει το βάρος του νερού στο εδαφικό δείγμα. Στη συνέχεια γνωρίζοντας ότι η υγρασία υγρού εδάφους ισούται με το πηλίκον του βάρους του νερού στο εδαφικό δείγμα προς το ξηρό βάρος του δείγματος εκφρασμένο επί της % , υπολογίστηκε η μέση % υγρασία. Στο επόμενο βήμα υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τριών δειγμάτων που πάρθηκαν στο ίδιο βάθος. Κατά την διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις στις 26/3/97, 20/4/97 και 8/5/97.

B. Η φαινομενική πυκνότητα

Οι μετρήσεις της φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους ελήφθησαν, όπως και η υγρασία, από την περιοχή της σποροκλίνης. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας δείγματα σταθερού όγκου με την μέθοδο του κυλινδρικού δειγματολήπτη. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ένας μεταλλικός κύλινδρος που είχε 70 mm διάμετρο και 25 mm ύψος. Τα δείγματα ελήφθησαν και πάλι σε δύο βάθη, 0.5-3 cm και 7.5-10 cm και σε τρεις περιοχές από

κάθε πειραματικό τεμάχιο. Μετρήσεις έγιναν στις 26/3 και 20/4 το 1997.

Γ. Η αντοχή του εδάφους στη διάτμηση

Οι μετρήσεις της αντοχής του εδάφους στη διάτμηση πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση ενός μεταλλικού πτερυγίου που αποτελείται από δύο κάθετα ελάσματα μήκους 5 cm και πλάτους 2,5 cm. Το πτερύγιο εισερχόταν μέσα στο έδαφος και το περιστρέφαμε. Η ροπή στρέψης του πτερυγίου μέσα στο έδαφος εκφραζόμενη σε $N \cdot m$ μέσω ενός ηλεκτρονικού ροπόκλειδου. Από κάθε πειραματικό τεμάχιο λαμβάνονταν τρεις μετρήσεις μέχρι το μεγαλύτερο δυνατό βάθος σε διαστήματα των 5 cm από τις οποίες για κάθε βάθος και κάθε πειραματικό τεμάχιο προέκυπτε ένας μέσος όρος. Ο υπολογισμός του μέσου όρου του αθροίσματος των τιμών των τεμαχίων που έχουν υποστεί την ίδια κατεργασία θα μας δείξει κατά πόσο η κατεργασία επιδρά στην αντοχή του εδάφους στην διάτμηση. Το 1997 πραγματοποιήθηκαν δύο σειρές μετρήσεων στις 23/5 και 20/6 σε βάθη 5 cm, 10 cm, και 15 cm.

Δ. Η αντίσταση στη διείσδυση

Η αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση μετρήθηκε με τη χρήση ενός κωνικού διεισδυσιόμετρου με κώνο διαμέτρου 12,83 mm. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε ένα ηλεκτρονικό όργανο που κατέγραφε την αντίσταση σε διαστήματα του 1 cm και σε συνολικό βάθος μέχρι 45 cm. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο λαμβάνονταν 3 μετρήσεις από τις οποίες για κάθε βάθος προέκυπτε ένας μέσος όρος. Το 1997 πραγματοποιήθηκαν δύο σειρές μετρήσεων στις 17/6/97 και 20/7/97 και σε βάθη 1-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm, 25-30 cm, 30-35 cm, 35-40 cm, 40-45 cm. Ο υπολογισμός του μέσου όρου του αθροίσματος των τιμών των τεμαχίων που έχουν υποστεί την ίδια κατεργασία θα μας δείξει κατά πόσο η κατεργασία επιδρά στην αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση.

4.2.3. Χαρακτηριστικά της ανάπτυξης του καλαμποκιού.

1. Το φύτευμα του καλαμποκιού. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο ορίστηκε μια γραμμή παρατηρήσεων μήκους 6 m στην οποία περιοδικά και μέχρι την ολοκλήρωση του φυτρώματος καταγραφόταν τα φυτά που είχαν φυτρώσει.

Στη συνέχεια γνωρίζοντας πόσος σπόρος έχει πέσει στο μέτρο (9 σπόρους/m γραμμής) και με βάση τα φυτά που φύτεψαν υπολογίζουμε την φυτρωτική ικανότητα ως το πλήθος των φυτών που φύτεψαν προς τον αντίστοιχο σπόρο που σπείραμε στην γραμμή. Τα δεδομένα τα ανάγαμε σε ποσοστό % του σπόρου που φύτεψε. Καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου οι μετρήσεις γινότανε στα φυτά αυτής της γραμμής. Παράλληλα με κάθε μέτρηση, λαμβάνονταν 3 δείγματα εδάφους από κάθε πειραματικό αγρό για εκτίμηση της εδαφικής υγρασίας. Μετά τον υπολογισμό της φυτρωτικής ικανότητας για κάθε πειραματικό τεμάχιο αθροίσαμε την φυτρωτική ικανότητα των τεμαχίων που είχαν υποστεί την ίδια κατεργασία και τα διερέσαμε με το συνολικό αριθμό τους υπολογίζοντας έτσι την μέση φυτρωτική ικανότητα κάθε κατεργασίας χωριστά. Πραγματοποιήθηκαν 6 μετρήσεις τα εξής χρονικά διαστήματα 27/4/97, 30/4/97, 3/5/97, 6/5/97, 6/5/97 και τέλος 12/5/97.

2. Ο μέσος αριθμός των φύλλων ανά φυτό. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο σηματοδεύτηκαν πέντε φυτά με την χρήση πλαστικής κορδέλας στα οποία καταγραφόταν ο αριθμός των φύλλων μέχρι την τελική τους ανάπτυξη. Στη συνέχεια υπολογίζαμε τον μέσο όρο φύλλων ανά φυτό σε κάθε πειραματικό τεμάχιο. Μετά τον υπολογισμό του μέσου όρου των τιμών

των φύλλων για κάθε πειραματικό τεμάχιο αθροίσαμε τον αριθμό των φύλλων των τεμαχίου που είχαν υποστεί την ίδια κατεργασία και το διαίρεσαμε με τον συνολικό αριθμό τους υπολογίζοντας έτσι τον μέσο όρο φύλλων σε κάθε κατεργασία χωριστά. Πραγματοποιήθηκαν 4 μετρήσεις τα εξής χρονικά διαστήματα 30/5/97, 10/6/97, 19/6/97 και 2/7/97.

3. Το μέσο ύψος των φυτών. Στα πέντε προηγούμενα σηματοδοτημένα φυτά καταγραφόταν επιπλέον, μέχρι την τελική τους ανάπτυξη, το ύψος των φυτών. Ως υψηλότερο σημείο αναφοράς ορίστηκε η βάση του κολεού του τελευταίου εκπτυγμένου φύλλου. Για την μέτρηση του ύψους των φυτών χρησιμοποιήθηκε μεζούρα.

Από τις παραπάνω μετρήσεις προέκυπτε ένας μέσος όρος για κάθε πειραματικό τεμάχιο. Ο υπολογισμός του μέσου όρου του αθροίσματος των τιμών των πειραματικών τεμαχίων που έχουν υποστεί την ίδια κατεργασία μας έδωσε το μέσο ύψος των φυτών ανά κατεργασία. Πραγματοποιήθηκαν 4 μετρήσεις τα εξής χρονικά διαστήματα: 30/5/97, 10/6/97, 19/6/97, 2/7/97.

4. Ο ρυθμός εμφάνισης των αρσενικών ταξιανθιών και των σπαδικών. Κατά την διάρκεια του αναπαραγωγικού σταδίου, καταγράφοταν επί των γραμμών παρατηρήσεων το ποσοστό των φυτών που είχαν εκπτύξει την αρσενική τους ταξιανθία καθώς και ο συνολικός αριθμός σπαδικών επί της γραμμής. Πραγματοποιήθηκαν 5 μετρήσεις τα εξής χρονικά διαστήματα: 2/7/97, 5/7/97, 8/7/97, 11/7/97 και τέλος 14/7/97.

Οι συγκομιδή του αραβοσίτου πραγματοποιήθηκε 157 ημέρες μετά την σπορά. Οι συγκομιδή πραγματοποιήθηκε με το χέρι. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά το διάστημα της συγκομιδής και μεταγενέστερα παρουσιάζονται παρακάτω.

5. Ο αριθμός των συγκομιζόμενων σπαδικών ανά μονάδα επιφάνειας.

Οι σπάδικες από κάθε πειραματικό τεμάχιο συγκεντρώθηκαν σε μαύρες σακούλες αριθμημένες έτσι ώστε να γνωρίζουμε από ποιο πειραματικό τεμάχιο προήλθαν κατά την συγκομιδή. Κατά την διάρκεια της συγκομιδής μετρούσαμε τους σπάδικες από κάθε πειραματικό τεμάχιο. Στη συνέχεια κάναμε αναγωγή των αποτελεσμάτων ανά μονάδα επιφάνειας.

6. Βάρος των συγκομιζόμενων σπαδικών.

Η σακούλες μεταφέρθηκαν στο μηχανοστάσιο του αγροκτήματος και με την χρήση ζυγού υπολογίσαμε το συνολικό βάρος των συγκομιζόμενων σπαδικών ανά πειραματικό τεμάχιο χωριστά.

7. Βάρος του συγκομιζόμενου σπόρου μετά την εκκόκιση των σπαδικών

Ακολούθησε αλωνισμός των σπαδικών με ειδικό αλωνιστικό μηχάνημα και η συλλογή του σπόρου από κάθε πειραματικό τεμάχιο χωριστά σε τιτλοδοτημένες διαφανείς σακούλες. Κάθε ένα σακουλάκι ζυγίστηκε με σκοπό να υπολογίσουμε το βάρος του συγκομιζόμενου σπόρου.

8. Η υγρασία του σπόρου. Ο υπολογισμός της υγρασίας βασίστηκε στην ξήρανση δειγμάτων σπόρου από κάθε πειραματικό τεμάχιο σε πυραντήριο για 48 ώρες σε θερμοκρασία 72 βαθμούς Κελσίου. Μετά της 48 ώρες τα σακουλάκια ζυγίστηκαν. Η αφαίρεση από το βάρος συγκομιζόμενου σπόρου που υπολογίστηκε παραπάνω από το νέο βάρος του σπόρου μετά την έξοδο από το πυραντήριο μας έδωσε την υγρασία του σπόρου κάθε πειραματικού τεμαχίου.

9. Η απόδοση σε σπόρο.

Μετά τον υπολογισμό του ξηρού βάρους του σπόρου για κάθε πειραματικό τεμάχιο κάνουμε

αναγωγή του βάρους αυτού σε υγρασία σπόρου 15,2% υπολογίζοντας με αυτό τον τρόπο την απόδοση σε σπόρο. Το συγκεκριμένο ποσοστό υγρασίας αποτελεί την ελάχιστη υγρασία που πρέπει να έχει ο σπόρος για να είναι εμπορεύσιμος.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Πριν την παράθεση των αποτελεσμάτων της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων θα γίνει μια γενική αναφορά στη δομή των πινάκων και στο είδος των στοιχείων που περιέχονται σε αυτούς. Οι πίνακες φέρουν ένα αριθμό στηλών. Σε κάθε στήλη αναγράφεται το είδος της μέτρησης και η ημερομηνία που πραγματοποιήθηκε. Η κάθε στήλη χωρίζεται σε 3 μέρη. Στο πρώτο μέρος περιλαμβάνονται οι μέσοι όροι των παρατηρήσεων σε κάθε αγρό χωριστά καθώς και αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Στο δεύτερο μέρος περιλαμβάνεται οι μέσοι όροι των μετρήσεων σε κάθε κατεργασία για τους δύο αγρούς, τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου και οι ελάχιστες στατιστικά σημαντικές διαφορές για :

LSD P = 0,5

LSD P=0,1

Το σύμβολο ns σημαίνει στατιστικώς μη σημαντική διαφορά, το σύμβολο * σημαίνει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P=0,05$ και το σύμβολο ** σημαίνει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P=0,01$.

Το τρίτο μέρος περιλαμβάνει την σύγκριση της αλληλεπίδρασης της περιοχής X κατεργασίες, τις ελάχιστες στατιστικά σημαντικές διαφορές LSD για $P = 0,5$ και $P = 0,1$ και τέλος αναφέρεται ο συντελεστής παραλλακτικότητας CV της κάθε μέτρησης.

5.1. Ξηρή βιομάζα ζιζανίων.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ξηρής βιομάζας των ζιζανίων. Πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις στα εξής χρονικά διαστήματα 16/ 1/ 97, 14/ 3/ 97, 18/ 5/ 97.

Και στις τρεις μετρήσεις οι μέσοι όροι των δύο αγρών παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$.

Συγκεκριμένα:

Την χρονική περίοδο 16/ 1/ 97 ο αγρός ένα εμφάνισε σημαντικά μεγαλύτερο μέσο όρο ξηρής μάζας ζιζανίων από ότι ο αγρός 2.

Το ίδιο συνέβη και κατά την δεύτερη και Τρίτη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 14/ 3/ 97 και στις 18/5/97 αντίστοιχα .

Από τα παραπάνω δεδομένα συμπεραίνουμε ότι: ο αγρός 1 παρουσιάζει μεγαλύτερη βιομάζα ζιζανίων από τον αγρό 2 σε όλο το διάστημα των μετρήσεων και μπορεί να ερμηνευτεί εάν λάβουμε υπ' όψιν την διαφορετική προίστορία των δύο αγρών.

Στους δύο αγρούς στα προηγούμενα χρόνια δεν εφαρμόστηκε παρόμοια καλλιεργητική τεχνική ούτε το είδος των φυτών που καλλιεργήθηκαν ήταν το ίδιο. Στον αγρό 1 είχε συσσωρευτεί ένα μεγαλύτερο απόθεμα σπόρων ζιζανίων και σε αυτό προφανώς συνέβαλλε και η αναποτελεσματική ζιζανιοκτονία με αποτέλεσμα κατά το έτος εγκατάστασης του πειράματος η βλάστησή του, να αυξήσει σημαντικά την ξηρή μάζα ζιζανίων έναντι του αγρού 2.

Στο διάγραμμα 1 παρασταίνεται η εξέλιξη της ξηρής βιομάζας των ζιζανίων για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους.

Από την συνδυασμένη μελέτη των διαγραμμάτων και των στοιχείων που περιλαμβάνονται στον πίνακα 1 συμπεραίνουμε τα εξής:

Στις 16/ 1/ 97 η ακαλλιέργεια παρουσίασε τον μεγαλύτερο μέσο όρο ξηρής βιομάζας ζιζανίων ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής, η δισκοσβάρνα, ο περιστροφικός καλλιεργητής με και τέλος η συμβατική κατεργασία.

Τα ζιζάνια στην ακαλλιέργεια έχουν αυξηθεί σημαντικά και παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με τους μέσους όρους όλων των υπολοίπων κατεργασιών ενώ και ο βαρύς καλλιεργητής παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές με τους μέσο όρο των υπολοίπων κατεργασιών.

Στη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 14/ 3/ 97 η ακαλλιέργεια παρουσίασε και πάλι μεγαλύτερο μέσο όρο ξηρής βιομάζας ζιζανίων ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής, ο περιστροφικός καλλιεργητής, η δισκοσβάρνα και τέλος η συμβατική κατεργασία. Και πάλι η ακαλλιέργεια παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$ από τον μέσο όρο όλων των άλλων κατεργασιών, ενώ και ο βαρύς καλλιεργητής παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις άλλες κατεργασίες.

Η τελευταία μέτρηση στις 18-05-97 πραγματοποιήθηκε μετά από ζιζανιοκτονία και για αυτό ο γενικός μέσος όρος έχει μειωθεί σημαντικά σε όλες τις κατεργασίες.

Ωστόσο, η ακαλλιέργεια συνεχίζει να παρουσιάζει τον μεγαλύτερο αριθμό ζιζανίων ακολουθεί η δισκοσβάρνα, ο περιστροφικός καλλιεργητής, ο βαρύς καλλιεργητής και τέλος πάλι η συμβατική κατεργασία.

Η ακαλλιέργεια εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$ με τους μέσους όρους όλων των υπολοίπων κατεργασιών.

Η δισκοσβάρνα εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ από τον μέσο όρο της συμβατικής κατεργασίας και σε επίπεδο $P = 0,5$ με τον βαρύ καλλιεργητή, ενώ με τον περιστροφικό καλλιεργητή δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά.

Ο περιστροφικός καλλιεργητής και ο βαρύς καλλιεργητής δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ενώ και η δύο κατεργασίες εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφορά από την συμβατική κατεργασία σε επίπεδο $P = 0,5$ και $P = 0,1$ αντίστοιχα.

Από το διάγραμμά 1 σε συνδυασμό με τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε τα εξής:

Η ακαλλιέργεια του εδάφους προάγει την εμφάνιση σημαντικά περισσότερων ζιζανίων από οποιαδήποτε άλλη κατεργασία. Αντιθέτως η συμβατική κατεργασία καταπολεμά αποτελεσματικότερα τα ζιζάνια από οποιαδήποτε άλλη κατεργασία. Αυτό οφείλεται κυρίως στην αναστροφή του εδάφους και για αυτό το λόγο αποτελεί μια αποτελεσματική μέθοδο μηχανικής καταπολέμησης των ζιζανίων. Η έλειψη μηχανικής κατεργασίας στο έδαφος της ακαλλιέργειας επιβάρυνε περισσότερο τα πειραματικά τεμάχια σε ζιζάνια, αντιθέτως η συμβατική κατεργασία αποτελεί την σπουδαιότερη μέθοδο καταπολέμησης των μονοετών ζιζανίων.

Ο βαρύς καλλιεργητής στις 2 πρώτες μετρήσεις παρουσίασε την δεύτερη μεγαλύτερη τιμή βιομάζας ζιζανίων αλλά κατά την τελευταία μέτρηση η οποία έγινε μετά τις κατεργασίες για την προετοιμασία της σποροκλίνης, κατατάσσεται προτελευταίος. Αυτό οφείλεται στην δράση του βαρύ καλλιεργητή ο οποίος προκαλεί κατά την λειτουργία του χαλάρωση του εδάφους χωρίς αναστροφή η οποία οδηγεί σε εγκλωβισμό των σπόρων ζιζανίων που υπήρχαν στην επιφάνεια του εδάφους μέσα στο έδαφος. Μετά την ζιζανιοκτονία το φορτίο των σπόρων ζιζανίων που υπήρχε στο έδαφος του βαρύ καλλιεργητή ήταν μικρό με αποτέλεσμα να παρουσιάσει τον παραπάνω μέσο όρο.

Οι κατεργασίες της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού καλλιεργητή κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα σε όλο το διάστημα των μετρήσεων χωρίς να εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1				
Ξηρά βιομάζα ζιζανίων (g / m ²)				
ημερομηνία	16/1/97	14/3/97	18/5/97	
ΠΕΡΙΟΧΕΣ				
αγρός 1	92,48	183,19	50,21	
αγρός 2	16,08 **	52,08 **	18,18 **	
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ				
Σ	10,27	19,72	9,00	
ΒΚ	72,42	128,31	24,62	
ΠΚ	36,25	67,03	33,87	
Δ	40,00	62,27	33,81	
A	112,45 **	310,83 **	69,68 **	
LSD _{0,5}	29,16	62,10	9,84	
LSD _{0,1}	39,52	84,15	13,34	
ΠΕΡ Χ ΚΑΤΕΡΥ				
αγρός 1	Σ	15,70	28,23	14,76
	ΒΚ	126,31	221,35	36,67
	ΠΚ	61,20	115,32	56,51
	Δ	71,65	98,70	46,30
	A	187,54	452,35	96,81
αγρός 2	Σ	4,84	11,22	3,24
	ΒΚ	18,54	35,28	12,58
	ΠΚ	11,30	18,74	11,23
	Δ	8,36	25,84	21,33
	A	37,36 **	169,32 **	42,55 **
LSD _{0,5}	41,24	87,82	13,92	
LSD _{0,1}	55,89	119,00	18,86	
CV (%)	52,07	51,15	27,89	



5.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ

Για την μελέτη της επίδρασης των κατεργασιών στη δομή του εδάφους πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ορισμένων φυσικών ιδιοτήτων.

Οι παρατηρήσεις αυτές αφορούσαν, την μεταβολή της εδαφικής υγρασίας, τη φαινομενική πυκνότητα, την αντοχή του εδάφους στην διάτμηση και την αντίσταση του στην διείσδυση.

5.2.1. Μελέτη της υγρασίας στο έδαφος.

Η μελέτη της υγρασίας του εδάφους περιλαμβάνει δύο βάθη. Το πρώτο στα 0,5 - 3 cm ενώ το δεύτερο στα 7,5 - 10 cm πίνακας 2.

		ΠΙΝΑΚΑΣ 2					
		Υγρασία (%)					
ημερομηνία	βάθος	0.5-3 cm			7.5-10 cm		
		26/3/97	20/4/97	8/5/97	26/3/97	20/4/97	8/5/97
ΠΕΡΙΟΧΕΣ							
	αγρός 1	20,12	17,38	17,84	23,85	19,42	19,16
	αγρός 2	21,81	15,93	15,72	23,25	19,28	18,88
		**	**	**	ns	ns	ns
κατεργασία							
	Σ	19,81	15,70	15,08	23,97	19,92	19,46
	ΒΚ	20,91	15,88	15,96	24,02	19,69	19,34
	ΠΚ	22,89	17,23	17,09	24,05	18,80	19,30
	Δ	21,94	16,73	16,47	23,87	19,66	18,35
	Α	19,28	17,72	19,29	21,83	18,69	18,64
		**	*	**	**	ns	ns
	LSD _{0.5}	1,77	1,31	1,67	1,22	-	-
	LSD _{0.1}	2,40	-	2,27	1,66	-	-
περ Χ κατεργ							
αγρός 1	Σ	18,53	16,54	15,89	23,87	21,00	19,56
	ΒΚ	19,98	16,22	16,54	24,36	20,15	19,28
	ΠΚ	22,25	18,23	17,99	24,55	18,65	19,73
	Δ	21,74	17,35	17,20	24,88	19,21	18,49
	Α	18,12	18,56	21,58	21,59	18,11	18,75
αγρός 2	Σ	21,10	14,87	14,27	24,08	18,85	19,36
	ΒΚ	21,85	15,55	15,38	23,68	19,23	19,41
	ΠΚ	23,52	16,23	16,20	23,55	18,95	18,88
	Δ	22,14	16,11	15,74	22,86	20,12	18,21
	Α	20,45	16,89	17,00	22,07	19,27	18,54
		ns	ns	ns	ns	*	ns
	LSD _{0.5}	-	-	-	-	1,42	-
	LSD _{0.1}	-	-	-	-	-	-
	CV (%)	8,19	7,61	9,67	5,03	5,01	5,08

Σε βάθος 0,5 - 3 cm η υγρασία του εδάφους παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε όλο το χρονικό διάστημα των μετρήσεων μεταξύ των 2 πειραματικών αγρών.

Τελικά, ο αγρός 1 παρουσίαζε το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας από τον αγρό 2 σε βάρος 0,5-3cm καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων. Αυτό οφείλεται στην διαφορετική μηχανική σύσταση των αγρών.

Στο διάγραμμα 2 περιγράφονται τα ποσοστά της υγρασίας για τις 5 κατεργασίες του εδάφους σε βάθος 0,5 - 3 cm.

Από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

Στην 26/3/97 ο περιστροφικός καλλιεργητής παρουσίασε το μεγαλύτερο ποσοστό ακολουθεί η δισκοσβάρνα, ο βαρύς καλλιεργητής, η συμβατική κατεργασία και τέλος η ακαλλιέργεια.

Ο περιστροφικός καλλιεργητής παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με το ποσοστό υγρασίας της ακαλλιέργειας και της συμβατικής κατεργασίας και σε επίπεδο $P = 0,5$ με τον βαρύ καλλιεργητή ενώ με την δισκοσβάρνα δεν παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική διαφορά.

Η δισκοσβάρνα παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με το ποσοστό υγρασίας της ακαλλιέργειας σε επίπεδο $P = 0,5$ με την συμβατική κατεργασία ενώ με τον βαρύ καλλιεργητή δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Μεταξύ του βαρύ καλλιεργητή της συμβατικής κατεργασίας και της ακαλλιέργειας δεν εμφανίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά.

Στη 20/ 4/ 97 η ακαλλιέργεια παρουσίασε μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας, ακολουθεί ο περιστροφικός καλλιεργητής η δισκοσβάρνα, ο βαρύς καλλιεργητής και τέλος η συμβατική κατεργασία.

Η ακαλλιέργεια παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με τα ποσοστά υγρασίας της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή ενώ με την δισκοσβάρνα και τον περιστροφικό καλλιεργητή δεν εμφανίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά.

Ο περιστροφικός καλλιεργητής παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με τα ποσοστά της υγρασίας στον βαρύ καλλιεργητή και την συμβατική κατεργασία ενώ με την δισκοσβάρνα δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά.

Η δισκοσβάρνα, ο βαρύς καλλιεργητής και η συμβατική κατεργασία δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Στη τρίτη μέτρηση (8/ 5/ 97) η εικόνα παραμένει παρόμοια με την ακαλλιέργεια να παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας, ακολουθεί ο περιστροφικός καλλιεργητής, η δισκοσβάρνα, ο βαρύς καλλιεργητής και τέλος η συμβατική καλλιέργεια. Μεταξύ των ποσοστών υπάρχουν και πάλι στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Συμπερασματικά για το διάγραμμα 2 έχουμε να διατυπώσουμε τα εξής:

Η ακαλλιέργεια παρουσιάζει τα υψηλότερα ποσοστά υγρασίας εκτός από την πρώτη μέτρηση όπου το υψηλότερο ποσοστό παρουσίασε ο περιστροφικός καλλιεργητής. Αυτό οφείλεται στο κακό αερισμό του εδάφους της ακαλλιέργειας εξαιτίας του μικρού αριθμού πόρων μεγάλης διαμέτρου και στην ύπαρξη μεγάλου αριθμού πόρων μικρής διαμέτρου που κατά βάση ευθύνονται για την υψηλή υγρασία αλλά και στην κάλυψη του εδάφους από φυτικά υπολείμματα.

Το χαμηλότερο ποσοστό υγρασίας παρουσιάζει η συμβατική κατεργασία εκτός από την πρώτη μέτρηση όπου το χαμηλότερο ποσοστό παρουσίασε η ακαλλιέργεια. Αυτό οφείλεται στην δράση του αρότρου που κατά την εργασία του δημιουργεί πλούσιο πορώδες που είναι υπεύθυνο για το καλό αερισμό του εδάφους.

Καθ' όλο το διάστημα των μετρήσεων ο βαρύς καλλιεργητής κινείται στα ίδια επίπεδα με την συμβατική κατεργασία και οι τυχόν διαφορές μεταξύ των ποσοστών δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά. Η κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή παράγει επίσης πλούσιο πορώδες στο έδαφος συντελώντας στο καλλίτερο αερισμό του εδάφους και στην μείωση της εδαφικής υγρασίας.

Η δισκοσβάρνα κυμάνθηκε στα επίπεδα του περιστροφικού καλλιεργητή.

Στο διάγραμμα 3 περιγράφεται η εδαφική υγρασία στις 5 κατεργασίες σε βάθος 7,5 - 10 cm.

Συμπεραίνουμε τα εξής:

Μόνο στην πρώτη μέτρηση εμφανίστηκε επίδραση των κατεργασιών στα ποσοστά υγρασίας στο έδαφος και σε βάθος 7,5 - 10 cm. Στις άλλες 2 μετρήσεις οι κατεργασίες δεν επιδρούν στην περιεκτικότητα υγρασίας του εδάφους στο συγκεκριμένο βάθος. Αναλύοντας την πρώτη μέτρηση παρατηρούμε τα παρακάτω:

Ο περιστροφικός καλλιεργητής εμφάνισε το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής, η συμβατική κατεργασία, η δισκοσβάρνα και τέλος η ακαλλιέργεια.

Μεταξύ των κατεργασιών του βαρύ καλλιεργητή του περιστροφικού καλλιεργητή της δισκοσβάρνας της συμβατικής κατεργασίας δεν εμφανίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά

στην επεξεργασία των ποσοστών υγρασίας. Αντιθέτως όλες οι κατεργασίες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με τα ποσοστά της ακαλλιέργειας. Αυτό οφείλεται στη μείωση της διήθησης του νερού στο έδαφος εξαιτίας του κακού αερισμού.

5.2.2. Φαινομενική Πυκνότητα

Στον πίνακα 3 παρουσιάζεται η ανάλυση των μέσων όρων της φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους σε όλο το διάστημα των μετρήσεων και στα δύο βάθη ο αγρός 1 δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά με τον αγρό 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3					
Φαινομενική πυκνότητα					
βάθος	ημερομηνία	0.5-3 cm		7.5-10 cm	
		26/3/97	20/4/97	26/3/97	20/4/97
περιοχές					
αγρός 1		1,17	1,17	1,36	1,38
αγρός 2		1,19	1,14	1,40	1,40
		ns	ns	ns	ns
κατεργασία					
	Σ	1,11	1,04	1,27	1,28
	ΒΚ	1,13	1,09	1,31	1,32
	ΠΚ	1,16	1,16	1,40	1,38
	Δ	1,17	1,18	1,43	1,44
	Α	1,32	1,31	1,51	1,52
		*	**	**	**
	LSD _{0.5}	0,12	0,12	0,09	0,10
	LSD _{0.1}	-	0,16	0,13	0,13
περ Χ κατερυ					
αγρός 1	Σ	1,11	1,07	1,24	1,27
	ΒΚ	1,14	1,11	1,31	1,30
	ΠΚ	1,14	1,18	1,39	1,38
	Δ	1,15	1,21	1,40	1,44
	Α	1,31	1,28	1,48	1,51
αγρός 2	Σ	1,12	1,01	1,30	1,30
	ΒΚ	1,13	1,08	1,31	1,34
	ΠΚ	1,18	1,14	1,41	1,38
	Δ	1,19	1,15	1,47	1,45
	Α	1,34	1,35	1,55	1,54
		ns	ns	ns	ns
	LSD _{0.5}	-	-	-	-
	LSD _{0.1}	-	-	-	-
	CV (%)	9,98	10,01	6,65	6,75

Στο διάγραμμα 4 παρουσιάζονται οι μετρήσεις φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους για τις 5 κατεργασίες και σε βάθος 0,5-3 cm.

Στις δύο μετρήσεις που αφορούν το βάθος των 0,5 - 3 cm παρατηρήθηκε ότι το είδος της κατεργασίας επηρεάζει την τιμή της φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους.

Αναλυτικά:

Στις 26/ 3/ 97 η κατεργασία της ακαλλιέργειας παρουσίασε το μεγαλύτερο μέσο όρο ακολουθεί η δισκοσβάρνα ο περιστροφικός, ο βαρύς καλλιεργητής και η συμβατική κατεργασία.

Η ακαλλιέργεια παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με τους μέσους όρους των υπολοίπων κατεργασιών. Αντιθέτως οι άλλες κατεργασίες κινήθηκαν στα ίδια πλαίσια χωρίς να εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσο όρο. Στις 20/ 4/ 97 η ακαλλιέργεια παρουσίασε και πάλι το μεγαλύτερο μέσο όρο ακολουθεί η δισκοσβάρνα, ο περιστροφικός καλλιεργητής, ο βαρύς καλλιεργητής και τέλος η συμβατική κατεργασία.

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε και πάλι στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$.

Συμπερασματικά μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής:

Η ακαλλιέργεια εμφάνισε τη μεγαλύτερη φαινομενική πυκνότητα από οποιαδήποτε άλλη κατεργασία. Γνωρίζοντας ότι η φαινομενική πυκνότητα επηρεάζεται από την υγρασία και το πορώδες του εδάφους καταλαβαίνουμε γιατί η ακαλλιέργεια παρουσίασε της μεγαλύτερες τιμές.

Στο διάγραμμα 5 παρουσιάζεται η διακύμανση τις φαινομενικής πυκνότητας στις 5 μεθόδους κατεργασίας εδάφους σε βάθος 7 - 10 cm.

Από την συνδυασμένη μελέτη του διαγράμματος και των δεδομένων του πίνακα 8 προκύπτει ότι το είδος της κατεργασίας επιδρά στη φαινομενική πυκνότητα του εδάφους σε βάθος 7 - 10 cm εμφανίζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$.

Αναλυτικά:

Στις 26/ 3/ 97 η ακαλλιέργεια παρουσίασε τη μεγαλύτερη φαινομενική πυκνότητα ακολουθεί η δισκοσβάρνα ο περιστροφικός καλλιεργητής, ο βαρύς καλλιεργητής και τέλος η συμβατική κατεργασία.

Η ακαλλιέργεια παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με τον μέσο όρο της Συμβατικής κατεργασίας και τον βαρύ καλλιεργητή ενώ με την δισκοσβάρνα δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά. Η δισκοσβάρνα εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με τον μέσο όρο της συμβατικής κατεργασίας σε επίπεδο $P = 0,5$ με τον βαρύ καλλιεργητή ενώ με τον περιστροφικό καλλιεργητή παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$. Μεταξύ βαρύ καλλιεργητή και συμβατικής κατεργασίας δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Τα ίδια παρατηρήθηκαν και κατά την επόμενη μέτρηση στις 20/ 4/ 97.

Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε για το βάθος των 7,5 - 10 cm τα εξής:

Η ακαλλιέργεια παρουσίασε τη μεγαλύτερη φαινομενική πυκνότητα. Δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά με την δισκοσβάρνα ενώ με τις άλλες κατεργασίες παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές εξαιτίας του περιορισμένου πορώδους του εδάφους λόγω της έλλειψης κατεργασίας.

Η δισκοσβάρνα κινήθηκε περίπου στα ίδια επίπεδα με τον περιστροφικό καλλιεργητή ενώ με τον βαρύ καλλιεργητή και την συμβατική κατεργασία παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ο περιστροφικός καλλιεργητής δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές με τον βαρύ καλλιεργητή ενώ με την συμβατική κατεργασία παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά.

Ο βαρύς καλλιεργητής κινήθηκε στα ίδια επίπεδα με την συμβατική κατεργασία χωρίς να εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Αυτό οφείλεται στο ότι η συμβατική κατεργασία και ο βαρύς καλλιεργητή αυξάνουν περισσότερο το πορώδες του εδάφους από οποιαδήποτε άλλη κατεργασία με αποτέλεσμα την μείωση της φαινομενικής πυκνότητας.

5.2.3. Αντοχή του εδάφους στην διάτμηση.

Για την αντοχή του εδάφους στην διάτμηση πραγματοποιήθηκε μία μέτρηση στις 23/ 5/ 97 σε βάθη 5cm, 10cm, 15cm και μία στις 20/ 6/ 97 στα αντίστοιχα βάθη.

Κατά το διάστημα της πρώτης μέτρησης παρατηρήθηκε (πίνακας 4) ότι ο μέσος όρος

του αγρού 2 είναι μεγαλύτερος από το μέσο όρο του αγρού 1 παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ για το βάθος των 5 cm ενώ για τα άλλα 2 βάθη δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4							
Αντοχή στη διάτμηση (N*m)							
ημερομηνία	βάθος	23/5/97			20/6/97		
		5 cm	10 cm	15 cm	5 cm	10 cm	15 cm
ΠΕΡΙΟΧΕΣ							
αγρός 1		3,32	5,52	5,76	2,84	4,34	5,03
αγρός 2		2,36	6,46	6,30	3,51	5,91	6,80
		**	*	ns	**	**	**
κατεργασία							
Σ		2,32	5,62	5,55	2,80	4,62	5,33
BK		2,78	5,12	5,71	2,73	4,50	5,13
PK		2,65	6,01	6,27	3,29	4,78	6,35
Δ		2,75	5,92	6,33	3,22	5,50	6,43
A		3,69	7,28	6,30	3,82	6,23	6,34
		*	ns	ns	*	**	*
LSD _{0,5}		0,85	-	-	0,74	1,00	0,96
LSD _{0,1}		-	-	-	-	1,35	-
ΠΕΡ Χ ΚΑΤΕΡΥ							
αγρός 1	Σ	2,46	5,25	5,79	2,47	4,32	4,75
	BK	3,72	5,15	5,52	2,42	3,98	4,23
	PK	2,88	5,45	5,66	2,81	4,26	5,68
	Δ	2,95	5,28	5,73	2,83	4,37	5,43
	A	4,59	6,49	6,10	3,66	4,77	5,07
αγρός 2	Σ	2,19	5,99	5,30	3,14	4,93	5,92
	BK	1,85	5,09	5,90	3,05	5,02	6,04
	PK	2,42	6,57	6,88	3,77	5,31	7,02
	Δ	2,56	6,56	6,94	3,60	6,64	7,43
	A	2,79	8,07	6,50	3,99	7,69	7,61
		ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD _{0,5}		-	-	-	-	-	-
LSD _{0,1}		-	-	-	-	-	-
CV (%)		28,95	23,23	17,39	22,62	18,87	15,76

Κατά το διάστημα της δεύτερης μέτρησης που πραγματοποιήθηκε στις 20/6/97 ο αγρός 2 σε βάθος 5cm εμφάνισε μικρότερο μέσο όρο από τον μέσο όρο του αγρού 1 όμως δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά.

Στα βάθη 10 και 15cm ο αγρός 2 παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$ όσον αφορά την αντοχή στην διάτμηση σε σχέση με τον αγρό 1.

Οι διαφορές αυτές μεταξύ των 2 αγρών πιθανώς να οφείλονται σε διαφορετικά επίπεδα υγρασίας μεταξύ αυτών.

Στο διάγραμμα 6 περιλαμβάνεται η αντοχή του εδάφους στην διάτμηση για τις 5 κατεργασίες κατά το χρονικό διάστημα 23/ 5/ 97. Από τον πίνακα 2 και την στατιστική ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι το είδος της κατεργασίας επηρεάζει την αντοχή του

εδάφους στην διάτμηση σε βάθη 5cm και 10cm σε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$. Αντιθέτως το είδος της κατεργασίας δεν επηρέασε την αντοχή του εδάφους στη διάτμηση σε βάθος 15cm. Αυτό αποτελεί μια ένδειξη ότι σε αυτό το βάθος δεν αναμοχλεύεται το έδαφος και η συμπίεση που παρατηρήθηκε οφείλεται στην επίδραση διαφόρων φαινομένων όπως ο καιρός και η κίνηση μηχανημάτων.

Αναλυτικά:

Σε βάθος 5cm η ακαλλιέργεια παρουσίασε το μεγαλύτερο μέσο όρο. Ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής, η δισκόσβαρνα, ο περιστροφικός καλλιεργητής και τέλος η συμβατική κατεργασία. Η ακαλλιέργεια παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με τον μέσο όρο όλων των άλλων κατεργασιών ενώ οι υπόλοιπες κατεργασίες κινήθηκαν στα ίδια επίπεδα χωρίς να εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Στην ακαλλιέργεια δεν αναμοχλεύεται το έδαφος με αποτέλεσμα η συμπίεση του να οφείλεται στην επίδραση διαφόρων φαινομένων (καιρός, κίνηση μηχανημάτων).

Στο βάθος των 10cm η ακαλλιέργεια παρουσίασε και πάλι την μεγαλύτερη αντοχής στην διάτμηση. Ακολουθεί η δισκόσβαρνα, ο βαρύς καλλιεργητής, ο περιστροφικός καλλιεργητής και τέλος η συμβατική κατεργασία. Η ακαλλιέργεια παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με τον μέσο όρο του περιστροφικού καλλιεργητή, του βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής κατεργασίας ενώ με την δισκοσβάρνα δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά.

Οι άλλες κατεργασίες κινήθηκαν στα ίδια επίπεδα χωρίς να εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφορά.

Στο βάθος 15 cm προέκυψε ότι η κατεργασίες δεν επηρεάζουν το έδαφος όσον αφορά την αντοχή του στην διάτμηση.

Συμπερασματικά μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής για το διάγραμμα 6.

Η ακαλλιέργεια διαμορφώνει ένα έδαφος με σημαντικά μεγαλύτερη αντοχή σε διάτμηση ιδίως στην ανώτερη επιφάνεια. Στην ακαλλιέργεια δεν αναμοχλεύεται το έδαφος με αποτέλεσμα η συμπίεση του να οφείλεται στην επίδραση διαφόρων φαινομένων (καιρός, κίνηση μηχανημάτων).

Στο βάθος 5 -10 cm μεταξύ των κατεργασιών δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές, εκτός της ακαλλιέργειας.

Στο βάθος των 15cm οι κατεργασίες δεν επιδρούν στην αντοχή του εδάφους σε διάτμηση. Αυτό αποτελεί μια ένδειξη ότι σε αυτό το βάθος δεν αναμοχλεύεται το έδαφος και η συμπίεση που παρατηρήθηκε οφείλεται στην επίδραση διαφόρων φαινομένων όπως ο καιρός και η κίνηση μηχανημάτων.

Στον διάγραμμα 7 περιγράφεται η αντοχή του εδάφους στην διάτμηση στις 5 κατεργασίες εδάφους την χρονική περίοδο 20/ 6/ 97. Από την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε ότι οι κατεργασίες επηρεάζουν την αντοχή του εδάφους στη διάτμηση παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,5$ σε βάθος 5 και 15cm και σε επίπεδο $P = 0,1$ σε βάθος 10cm.

Αναλυτικά:

Σε βάθος 5cm την μεγαλύτερη αντοχή στην διάτμηση παρουσίασε η ακαλλιέργεια με. Ακολουθούν ο περιστροφικός καλλιεργητής, η δισκόσβαρνα, η συμβατική κατεργασία και τέλος ο βαρύς καλλιεργητής.

Η ακαλλιέργεια παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με την συμβατική κατεργασία και του βαρύ καλλιεργητή ενώ με την δισκοσβάρνα και τον περιστροφικό καλλιεργητή δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Μεταξύ των κατεργασιών του βαρύ καλλιεργητή του περιστροφικού καλλιεργητή της δισκοσβάρνας και της συμβατικής κατεργασίας δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Σε βάθος 10cm η ακαλλιέργεια παρουσιάζει και πάλι τον μεγαλύτερο μέσο όρο αντοχής του εδάφους στην διάτμηση. Ακολουθούν η δισκοσβάρνα, ο περιστροφικός καλλιεργητής, η συμβατική κατεργασία και τέλος ο βαρύς καλλιεργητής. Η συμβατική κατεργασία και ο βαρύς καλλιεργητής παράγουν κατά την εργασία τους αυξημένο πορώδες με αποτέλεσμα των καλύτερο αερισμό του εδάφους και την ταυτόχρονη μείωση της

φαινομενικής πυκνότητας με συνέπεια την μείωση της αντίστασης του εδάφους στην διάτμηση.

Η ακαλλιέργεια παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ τον περιστροφικό καλλιεργητή, και τον βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής κατεργασίας ενώ με την δισκοσβάρνα δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά.

Στο βάθος των 15cm την μεγαλύτερη τιμή αντοχή στην διάτμηση του εδάφους παρουσιάζει η δισκοσβάρνα. Ακολουθεί ο περιστροφικός καλλιεργητής, η ακαλλιέργεια, η συμβατική κατεργασία και τέλος ο βαρύς καλλιεργητής. Η δισκοσβάρνα εργάστηκε σε βάθος 8 cm με αποτέλεσμα να δημιουργήσει μια ζώνη συμπιεσμένου εδάφους κάτω από το βάθος εργασίας που σε συνδιασμό με την μικρότερη υγρασία του εδάφους που εμφάνισε κατά το διάστημα της δεύτερης μέτρησης να παρουσιάσει τον μεγαλύτερη τιμή όσον αφορά στην αντοχή στην διάτμηση.

Η δισκοσβάρνα παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με τον βαρύ καλλιεργητή και με την συμβατική κατεργασία ενώ με τον περιστροφικό καλλιεργητή και την ακαλλιέργεια δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ο περιστροφικός καλλιεργητής εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με τον μέσο όρο του βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής κατεργασίας. Ο βαρύς καλλιεργητής και η συμβατική κατεργασία κινήθηκαν στα ίδια επίπεδα. Μεταξύ των δύο μετρήσεων μπορούμε να συμπεράνουμε ότι κατά το διάστημα της πρώτης μέτρησης οι δύο αγροί είχαν μεγαλύτερη υγρασία από ότι στην δεύτερη μέτρηση για αυτό το λόγο στην δεύτερη μέτρηση εμφανίζεται επίδραση των κατεργασιών στην αντοχή του εδάφους στη διάτμηση στο βάθος των 15 cm. Από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων του πίνακα 4 προέκυψε ότι μεταξύ των 5 κατεργασιών και των δύο περιοχών δεν υπήρξαν αλληλεπιδράσεις.

5.2.4. Αντίσταση στην διείσδυση

Για τον υπολογισμό της αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση πραγματοποιήθηκαν 2 μετρήσεις στα εξής χρονικά διαστήματα 17/ 6/ 97 και 20/ 7/ 97 και σε βάθη 1-5cm, 5 - 10cm, 10 - 15 cm, 15 - 20cm, 20 - 25cm, 25 - 30cm, 30 - 35cm, 35 - 40cm, και 40 - 45cm (πίνακας 5).

Το διάγραμμα 8 περιλαμβάνει την αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση για τις 5 κατεργασίες εδάφους στις (17-6-97). Από την στατιστική μελέτη των δεδομένων στον πίνακα 5 συμπεραίνουμε τα εξής:

Οι 5 κατεργασίες δεν επηρεάζουν την αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση στα βάθη 15 - 20cm, 20 - 25cm, 25 - 30cm, 30 - 35cm, 35 - 40cm, 40 - 45cm. Αντίθετα, στα βάθη 1 - 5cm οι 5 κατεργασίες εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$ ενώ στο βάθος 10-15 cm σε $P = 0,5$ την αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση. Σε βάθος 1 - 5cm, η ακαλλιέργεια παρουσίασε την μεγαλύτερη αντίσταση στην διείσδυση. Ακολουθεί η δισκοσβάρνα, ο περιστροφικός, ο βαρύς καλλιεργητής και τέλος η συμβατική κατεργασία.

Η ακαλλιέργεια παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με τον περιστροφικού καλλιεργητή, το βαρύ καλλιεργητή και την συμβατικής κατεργασίας, ενώ με τη με την δισκοσβάρνα παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$. Η δισκοσβάρνα εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με την συμβατική κατεργασία ενώ με τον περιστροφικό καλλιεργητή και τον βαρύ καλλιεργητή δεν εμφανίζει σημαντικά σημαντικές διαφορές.

Ο περιστροφικός καλλιεργητής ο βαρύς καλλιεργητής και η συμβατική κατεργασία δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφορά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

17/6/97. Αντίσταση στη διείσδυση (kPa)

βάθος	1-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-25 cm	25-30 cm	30-35 cm	35-40 cm	40-45 cm	
ΠΕΡΙΟΧΕΣ										
αγρός 1	1198	1961	2105	2120	2255	2540	2691	2665	2768	
αγρός 2	1326	1772	1802	1894	2031	2141	2379	2605	2631	
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ										
Σ	873	1170	1192	1445	1632	2007	2482	2585	2652	
BK	946	1394	1672	1895	2103	2399	2461	2565	2594	
ΠΚ	1079	2345	2345	2228	2263	2439	2714	2800	2844	
Δ	1437	2305	2270	2271	2448	2490	2526	2706	2774	
A	1973	2120	2288	2198	2269	2365	2491	2517	2632	
	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
LSD _{0.5}	540	670	632	-	-	-	-	-	-	
LSD _{0.1}	731	908	856	-	-	-	-	-	-	
ΠΕΡ Χ ΚΑΤΕΡΓ										
αγρός 1	Σ	993	1363	1402	1638	1791	2172	2474	2554	2705
	BK	725	1511	1911	2218	2289	2623	2678	2526	2582
	ΠΚ	899	2406	2528	2276	2284	2635	2979	2990	3029
	Δ	1383	2397	2359	2335	2629	2767	2649	2737	2930
	A	1988	2129	2323	2132	2285	2501	2673	2516	2593
αγρός 2	Σ	753	977	982	1252	1473	1842	2490	2616	2598
	BK	1168	1277	1432	1572	1917	2175	2245	2605	2606
	ΠΚ	1259	2285	2162	2180	2243	2244	2449	2610	2659
	Δ	1492	2213	2181	2206	2267	2214	2403	2675	2619
	A	1958	2111	2253	2264	2254	2230	2308	2517	2671
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	LSD _{0.5}	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LSD _{0.1}	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CV (%)	41,45	34,76	31,33	32,36	31,73	27,32	21,81	18,84	18,09

Συμπερασματικά για το βάθος 1 - 5cm μπορούμε να πούμε τα εξής (17-6-97):

Η ακαλλιέργεια παρουσίασε την μεγαλύτερη αντίσταση στην διείσδυση από οποιαδήποτε άλλη κατεργασία, ακολουθεί η δισκοσβάρνα ενώ ο περιστροφικός καλλιεργητής, ο βαρύς καλλιεργητής και η συμβατική κατεργασία κυμάνθηκαν περίπου στα ίδια επίπεδα χωρίς να εμφανίζεται στατιστική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων. Αυτό οφείλεται στην υψηλή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους που παρουσιάζει η ακαλλιέργεια.

Στο βάθος 5 - 10cm η δισκοσβάρνα παρουσιάζει την μεγαλύτερη αντίσταση στην διείσδυση. Αυτό οφείλεται στο βάθος εργασίας της δισκοσβάρνας όπου κυμάνθηκε στα 8 cm προκαλώντας μια μικρή αύξηση της φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους στο συγκεκριμένο βάθος. Ακολουθεί η ακαλλιέργεια, ο περιστροφικός καλλιεργητής, η συμβατική κατεργασία και ο βαθύς καλλιεργητής.

Η δισκοσβάρνα παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο P= 0,1 με την συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή ενώ με την ακαλλιέργεια και τον περιστροφικό καλλιεργητή δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά.

Η ακαλλιέργεια παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με τον βαρύ καλλιεργητή και σε επίπεδο $P = 0,5$ με την συμβατική κατεργασία ενώ με τον περιστροφικό καλλιεργητή δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά.

Μεταξύ των κατεργασιών του περιστροφικού καλλιεργητή της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Σε βάθος 10 - 15 cm η δισκοσβάρνα παρουσίασε και πάλι την μεγαλύτερη αντίσταση στην διείσδυση, ακολουθεί ο περιστροφικός καλλιεργητής, η ακαλλιέργεια, ο βαρύς καλλιεργητής και τέλος η συμβατική κατεργασία.

Η τιμή της δισκοσβάρνας παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με τον τιμή του βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής κατεργασίας ενώ δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά με τις υπόλοιπες κατεργασίες.

Ο περιστροφικός καλλιεργητής εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με την συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή ενώ με την ακαλλιέργεια δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η συμβατική κατεργασία και ο βαρύς καλλιεργητής δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Από την στατιστική επεξεργασία των τιμών στον πίνακα 5 προέκυψε ότι μεταξύ των 5 κατεργασιών και των 2 περιοχών εμφανίστηκε μια αλληλεπίδραση κατά το διάστημα της δεύτερης μέτρησης και στα βάθη 1-5 και 10-15 cm. Η στατιστικά σημαντική διαφορά στην συγκεκριμένη περίπτωση κιμάνθηκε σε επίπεδο $P = 0,5$.

Στο διάγραμμα 9 και στον πίνακα 6 περιγράφεται η εξέλιξη της αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση για τις 5 κατεργασίες εδάφους το χρονικό διάστημα 20/ 7/ 97.

Από την στατιστική ανάλυση των στοιχείων του πίνακα 3 παρατηρούμε ότι οι 5 κατεργασίες επηρεάζουν την αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση σε βάθη 1 - 5cm, 5 - 10cm, 10 - 15cm εμφανίζοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$. Στα υπόλοιπα βάθη δεν υπάρχει επίδραση των κατεργασιών στην αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση και αυτό οφείλεται στο ότι η επίδραση των κατεργασιών φαινομενική πυκνότητα του εδάφους σε αυτά τα βάθη είναι αμελητέα.

Αναλυτικά:

Στο βάθος 1 - 5cm τη μεγαλύτερη αντίσταση στην διείσδυση παρουσιάζει η ακαλλιέργεια. Ακολουθεί ο περιστροφικός καλλιεργητής, η δισκοσβάρνα, η συμβατική κατεργασία και τέλος ο βαρύς καλλιεργητής.

Η ακαλλιέργεια παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με τις τιμές των υπόλοιπων κατεργασιών.

Στο βάθος 5 - 10cm ο περιστροφικός καλλιεργητής παρουσίασε την μεγαλύτερη αντίσταση στην διείσδυση. Ακολουθεί η ακαλλιέργεια, η συμβατική κατεργασία και ο βαρύς καλλιεργητής.

Ο περιστροφικός καλλιεργητής παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με την συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή ενώ με την δισκοσβάρνα και την ακαλλιέργεια δεν εμφανίζει στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Η ακαλλιέργεια παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με την συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή ενώ με την δισκοσβάρνα δεν εμφανίζει στατιστικές διαφορές.

Η δισκοσβάρνα παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με την συμβατική κατεργασία ενώ με τον βαρύ καλλιεργητή δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Στο βάθος 10 - 15cm η ακαλλιέργεια παρουσίασε την μεγαλύτερη αντίσταση στην διείσδυση. Ακολουθούν ο περιστροφικός καλλιεργητής, η δισκοσβάρνα ο βαρύς καλλιεργητής και τέλος η συμβατική κατεργασία.

Η ακαλλιέργεια παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με την συμβατική κατεργασία ενώ με τις υπόλοιπες κατεργασίες δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ο περιστροφικός καλλιεργητής εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με την συμβατική κατεργασία ενώ με την δισκοσβάρνα και τον βαρύ καλλιεργητή δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η δισκοσβάρνα παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με την συμβατική κατεργασία ενώ με τον βαρύ καλλιεργητή δεν διαφέρει σημαντικά. Μεταξύ του βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής κατεργασίας δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

20/7/97. Αντίσταση στη διείδυση (kPa)

βάθος		1-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-25 cm	25-30 cm	30-35 cm	35-40 cm	40-45 cm
ημερομηνία										
ΠΕΡΙΟΧΕΣ										
αγρός 1		850	1461	1470	1532	1673	1876	2094	2118	2287
αγρός 2		1377	1656	1541	1580	1687	1827	2095	2191	2326
		**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
κατεργασία										
Σ		917	1195	1232	1398	1624	1827	2003	2122	2381
ΒΚ		843	1302	1445	1526	1648	1775	1997	2114	2161
ΠΚ		1236	1891	1682	1621	1737	1889	2120	2173	2284
Δ		990	1764	1550	1611	1677	1755	2104	2141	2309
Α		1581	1642	1616	1625	1713	2012	2249	2222	2398
		**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	LSD _{0,5}	215	188	200	-	-	-	-	-	-
	LSD _{0,1}	291	255	272	-	-	-	-	-	-
ΠΕΡ Χ ΚΑΤΕΡΥ										
αγρός 1	Σ	733	1207	1262	1407	1614	1803	1992	2080	2451
	ΒΚ	749	1182	1247	1374	1623	1775	1983	2113	2161
	ΠΚ	800	1682	1612	1540	1677	1981	2057	2149	2176
	Δ	673	1659	1500	1663	1719	1753	2201	2111	2312
	Α	1297	1576	1727	1676	1731	2068	2237	2136	2335
αγρός 2	Σ	1100	1182	1202	1389	1634	1851	2014	2164	2312
	ΒΚ	938	1421	1643	1677	1672	1774	2012	2114	2160
	ΠΚ	1673	2101	1753	1703	1797	1797	2184	2196	2392
	Δ	1307	1868	1601	1560	1636	1756	2006	2172	2306
	Α	1866	1707	1506	1573	1694	1956	2260	2307	2462
		*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	LSD _{0,5}	304	-	283	-	-	-	-	-	-
	LSD _{0,1}	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CV (%)	18,68	11,69	12,90	13,29	11,41	11,58	13,07	12,58	13,88

Στο βάθος 15-20 cm, 20 -25cm, 30 - 35cm, 35 - 40cm, 40 - 45cm οι 5 κατεργασίες δεν επηρέασαν την αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση αυτό οφείλεται στο ότι οι κατεργασίες δεν επηρεάζουν φαινομενική πυκνότητα του εδάφους σε αυτά τα βάθη.

Αυτή οι διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων που παρατηρήθηκε κατά το διάστημα της δεύτερης μέτρησης πιθανών οφείλεται στην μεταβολή της υγρασιακής κατάστασης των δύο αγρών. Αυτό είναι ορατό στο πίνακα 5 και στον πίνακα 6 όπου παρουσιάζεται η αντοχή του εδάφους στη διείσδυση μεταξύ των δύο αγρών. Στο πίνακα 5 οι δύο αγροί δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους και κινήθηκαν στα ίδια επίπεδα σε όλα τα βάθη σε αντίθεση με την δεύτερη μέτρηση (πίνακας 6) όπου σε βάθη 1-5 cm, 5-10 cm ο αγρός 2 παρουσίασε μεγαλύτερο μέσο όρο από τον αγρό1 στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P=0.1$.

6.1. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΤΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ

6.1.1. Μελέτη επίδρασης των διαφορετικών κατεργασιών εδάφους στο φύτρωμα των φυτών του αραβόσιτου

Για το φύτρωμα πραγματοποιήθηκαν 6 μετρήσεις ανά διαστήματα τριών ημερών (βλ. Πίνακα 7). Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στις 27/ 4/ 1997, 18 ημέρες μετά την σπορά και η τελευταία 12/ 5/ 97, 33 ημέρες μετά την σπορά.

Μετρήθηκε ο αριθμός των φυτών που βλάστησαν ανά μέτρο γραμμής. Στον πίνακα 7 παρατηρούμε ότι ο γενικός μέσος όρος των φυτών του αγρού 1 σε σύγκριση με τον γενικό μέσο όρο των φυτών του αγρού 2 δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά.

		ΠΙΝΑΚΑΣ 7					
		Φύτρωμα (φυτά/μ)					
ημερομηνία		27/4/97	30/4/97	3/5/97	6/5/97	6/5/97	12/5/97
ημέρες μετά τη σπορά		18	21	24	27	30	33
ΠΕΡΙΟΧΕΣ							
αγρός 1		1,78	3,78	5,13	6,05	6,50	6,89
αγρός 2		1,80	3,65	4,80	5,73	6,20	6,44
		ns	ns	ns	ns	ns	ns
κατεργασία							
	Σ	2,44	5,00	6,13	6,81	7,13	7,38
	ΒΚ	2,56	5,25	6,50	7,00	7,38	7,56
	ΠΚ	1,63	3,25	4,56	5,75	6,25	6,59
	Δ	1,06	2,56	4,00	5,38	6,19	6,50
	Α	1,25	2,50	3,63	4,50	4,81	5,28
		**	**	**	**	**	**
	LSD ₀₅	0,37	0,58	0,74	0,87	0,97	1,00
	LSD ₀₁	0,50	0,78	1,00	1,18	1,31	1,36
περ Χ κατεργ							
αγρός 1	Σ	2,63	5,38	6,50	6,75	6,88	7,00
	ΒΚ	2,50	5,38	6,75	7,25	7,63	7,94
	ΠΚ	1,50	3,25	4,50	5,88	6,25	6,69
	Δ	1,00	2,50	4,13	5,63	6,63	6,94
	Α	1,25	2,38	3,75	4,75	5,13	5,88
αγρός 2	Σ	2,25	4,63	5,75	6,88	7,38	7,75
	ΒΚ	2,63	5,13	6,25	6,75	7,13	7,19
	ΠΚ	1,75	3,25	4,63	5,63	6,25	6,50
	Δ	1,13	2,63	3,88	5,13	5,75	6,06
	Α	1,25	2,63	3,50	4,25	4,50	4,69
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	LSD ₀₅	-	-	-	-	-	-
	LSD ₀₁	-	-	-	-	-	-
	CV (%)	20,19	15,08	14,38	14,30	14,79	14,61

Η τελευταία μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 12/ 5/ 97 μας δίνει την τελική εικόνα της επίδρασης της κατεργασίας στο φύτρωμα των φυτών αραβοσίτου. Ο μεγαλύτερος μέσος όρος φυτών στο μέτρο παρουσιάστηκε στην κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή και ο μικρότερος στην ακαλλιέργεια. Η ανάλυση των μέσων όρων των κατεργασιών έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά για $P = 0,1$.

Ειδικότερα ο μέσος όρος φυτών του βαρύ καλλιεργητή παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά για $P = 0,1$ από το μέσο όρο της ακαλλιέργειας και στατιστικά σημαντική διαφορά για $P = 0,5$ από τον μέσο όρο της δισκοσβάρνας. Σε σύγκριση με τους μέσους όρους των υπολοίπων κατεργασιών δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ο μέσο όρος φυτών συμβατικής κατεργασίας παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά για $P = 0,1$ από τον μέσο όρος των φυτών της ακαλλιέργειας ενώ με τους μέσους όρους των φυτών των άλλων κατεργασιών δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ο περιστροφικός καλλιεργητής παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διάφορα σε επίπεδο $P=0,5$ από τον μέσο όρο της ακαλλιέργειας.

Τέλος και η δισκοσβάρνα παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά $P = 0,5$ από τον μέσο όρο της ακαλλιέργειας.

Από τα παραπάνω κατανοούμε ότι η κατεργασία με βαθύ καλλιεργητή βοήθησε περισσότερο το φύτρωμα των φυτών και έδωσε περισσότερα φυτά στο μέτρο από όλες τις άλλες κατεργασίες. Ακολούθησε η συμβατική κατεργασία, ο περιστροφικός καλλιεργητής και η δισκοσβάρνα. Η ακαλλιέργεια μας έδωσε τον μικρότερο αριθμό φυτών στο μέτρο.

Ο βαρύς καλλιεργητής κηνίθηκε στα ίδια σχεδόν επίπεδα με την συμβατική κατεργασία το γεγονός το ότι η δύο κατεργασίες βοήθισαν περισσότερο την βλάστηση των φυτών οφείλεται στη δημιουργία πλούσιου πορώδους στο έδαφος με αποτέλεσμα ο καλός αερισμός του εδάφους να δημιουργήσει ιδανικότερες συνθήκες για τη βλάστηση του σπόρου.

Η ακαλλιέργεια παρουσιάζει μειωμένο πορώδες εξαιτίας της έλειψης κατεργασίας με αποτέλεσμα ο κακός αερισμός του εδάφους να δυσχεραίνει το φύτρωμα των σπόρων.

Στον πίνακα 8 παρουσιάζεται η φυτρωτική ικανότητα ως ποσοστό τοις εκατό του σπόρου που βλάστησε σε σύγκριση με το συνολικό σπόρο που χρησιμοποιήθηκε.

Η φυτρωτική ικανότητα του καλαμποκιού μεταξύ του αγρού 1 και του αγρού 2 κατά όλο το διάστημα των παρατηρήσεων δεν παρουσίασε καμιά στατιστικά σημαντική διαφορά. Αντιθέτως μεταξύ των διαφορετικών μεθόδων κατεργασίας διαφάνηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$.

Ειδικότερα στις 12/ 5/ 1997 που πραγματοποιήθηκε η τελευταία μέτρηση η κατεργασία με βαρύς καλλιεργητή παρουσίασε το μεγαλύτερο ποσοστό φυτών στο μέτρο ακολουθούμενη από τη συμβατική κατεργασία, το περιστροφικό καλλιεργητή, τη δισκοσβάρνα και τέλος την ακαλλιέργεια.

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι φυτρωτική ικανότητα του βαρύ καλλιεργητή παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P= 0,1$ με της τιμές στην ακαλλιέργεια και σε επίπεδο $P= 0,5$ και της δισκοσβάρνα. Μεταξύ των άλλων κατεργασιών δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το καλαμπόκι στον συμβατική κατεργασία παρουσίασε ποσοστό που εμφάνιζε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P= 0,5$ από το ποσοστό της Ακαλλιέργειας ενώ αντιθέτως δεν παρουσίαζε καμιά στατιστικά σημαντική διαφορά με τις άλλες κατεργασίες.

Το ποσοστό των φυτών του περιστροφικός καλλιεργητής παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά $P = 0,5$ από το ποσοστό της ακαλλιέργειας ενώ αντίστοιχα δεν παρουσίαζε καμιά στατιστικά σημαντική διαφορά το ποσοστό της δισκοσβάρνα

Η δισκοσβάρνα παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά $P = 0,5$ με το ποσοστό των φυτών της ακαλλιέργεια.

Μεταξύ των περιοχές και των κατεργασιών δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά

σημαντικές διαφορές.

Στο διάγραμμα 10 παρατίθεται η εξέλιξη του φυτρώματος του καλαμποκιού στους πειραματικούς αγρούς ενώ στο διάγραμμα 11 η εξέλιξη του φυτρώματος του καλαμποκιού στις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8							
Φυτρωτική ικανότητα							
ημερομηνία	27/4/97	30/4/97	3/5/97	6/5/97	6/5/97	12/5/97	
ημέρες μετά τη σπορά	18	21	24	27	30	33	
ΠΕΡΙΟΧΕΣ							
αγρός 1	19,72	41,94	56,94	67,22	72,22	76,53	
αγρός 2	20,00	40,56	53,33	63,61	68,89	71,53	
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
κατεργασία							
Σ	27,08	55,56	68,06	75,69	79,17	81,94	
ΒΚ	28,47	58,33	72,22	77,78	81,94	84,03	
ΠΚ	18,06	36,11	50,69	63,89	69,44	73,26	
Δ	11,81	28,47	44,44	59,72	68,75	72,22	
Α	13,89	27,78	40,28	50,00	53,47	58,68	
	**	**	**	**	**	**	
LSD _{0,5}	4,14	6,42	8,18	9,65	10,77	11,16	
LSD _{0,1}	5,61	8,70	11,09	13,08	14,60	15,13	
περ Χ κατεργ							
αγρός 1	Σ	29,17	59,72	72,22	75,00	76,39	77,78
	ΒΚ	27,78	59,72	75,00	80,56	84,72	88,19
	ΠΚ	16,67	36,11	50,00	65,28	69,44	74,31
	Δ	11,11	27,78	45,83	62,50	73,61	77,08
	Α	13,89	26,39	41,67	52,78	56,94	65,28
αγρός 2	Σ	25,00	51,39	63,89	76,39	81,94	86,11
	ΒΚ	29,17	56,94	69,44	75,00	79,17	79,86
	ΠΚ	19,44	36,11	51,39	62,50	69,44	72,22
	Δ	12,50	29,17	43,06	56,94	63,89	67,36
	Α	13,89	29,17	38,89	47,22	50,00	52,08
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
LSD _{0,5}	-	-	-	-	-	-	
LSD _{0,1}	-	-	-	-	-	-	
CV (%)	20,19	15,08	14,38	14,30	14,79	14,61	

6.1.2. Μελέτη του αριθμού των φύλλων ανά φυτό.

Στον πίνακα 9 παρατίθενται 4 μετρήσεις για τον αριθμό των φύλλων των φυτών στα παρακάτω χρονικά διαστήματα 30/ 5/ 97 (51 ημέρες μετά την σπορά), 10/ 6/ 1997 (62 ημέρες μετά τη σπορά), 19/ 6/ 97 (71 ημέρες μετά τη σπορά), 2/ 7/ 97 (84 ημέρες μετά την σπορά).

		ΠΙΝΑΚΑΣ 9			
		Αριθμός φύλλων (φύλλα/φυτό)			
ημερομηνία ημέρες μετά τη σπορά		30/5/97	10/6/97	19/6/97	27/97
		51	62	71	84
ΠΕΡΙΟΧΕΣ					
αγρός 1		9,00	10,85	13,00	14,45
αγρός 2		9,10	10,90	12,95	14,55
		ns	ns	ns	ns
κατεργασία					
	Σ	9,63	11,63	14,00	15,00
	ΒΚ	9,38	11,38	13,63	14,88
	ΠΚ	8,63	10,13	12,13	14,13
	Δ	9,00	10,88	12,75	14,50
	Α	8,63	10,38	12,38	14,00
		*	**	*	**
	LSD _{0,5}	0,69	0,87	1,23	0,52
	LSD _{0,1}	-	1,18	-	0,71
περ Χ κατεργ					
αγρός 1	Σ	9,50	11,75	14,00	15,00
	ΒΚ	9,25	11,25	13,75	14,75
	ΠΚ	8,50	9,75	11,75	13,75
	Δ	9,25	11,00	13,25	14,75
	Α	8,50	10,50	12,25	14,00
αγρός 2	Σ	9,75	11,50	14,00	15,00
	ΒΚ	9,50	11,50	13,50	15,00
	ΠΚ	8,75	10,50	12,50	14,50
	Δ	8,75	10,75	12,25	14,25
	Α	8,75	10,25	12,50	14,00
		ns	ns	ns	ns
	LSD _{0,5}	-	-	-	-
	LSD _{0,1}	-	-	-	-
	CV (%)	7,38	7,74	9,20	3,48

Η γραφική απεικόνιση των μέσων όρων των φύλλων δίνονται στο διάγραμμα 14,15,16,17. Στο διάγραμμα 14 και στον πίνακα 9 παρατηρούμε ότι για όλη την χρονική εξέλιξη των μετρήσεων, οι μέσοι όροι των φύλλων ανά φυτό στους 2 αγρούς δεν παρουσίαζαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Στο διάγραμμα 15 έχουμε την γραφική απεικόνιση της εξέλιξης των φύλλων του καλαμποκιού στις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους. Στη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 31 ημέρες μετά τη σπορά η συμβατική κατεργασία παρουσίασε το μεγαλύτερο μέσο όρο φύλλων ανά φυτό. Ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής, η ακαλλιέργεια και ο περιστροφικός καλλιεργητής παρουσιάζουν τον ίδιο μέσο όρο.

Η στατιστική επεξεργασία μας έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$. Αναλυτικότερα η συμβατική κατεργασία παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με τον περιστροφικό καλλιεργητή και την ακαλλιέργεια. Η συμβατική κατεργασία δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά με τους μέσους όρους του βαρύ καλλιεργητή και της δισκόσβαρνας.

Ο βαρύς καλλιεργητής παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με τον μέσο όρο της ακαλλιέργειας και του περιστροφικού καλλιεργητή ενώ δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά με τον μέσο όρο της δισκόσβαρνας. Τέλος μεταξύ των μέσων όρων της δισκόσβαρνας, του περιστροφικού καλλιεργητή και της ακαλλιέργειας δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Κατά τη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε 62 ημέρες μετά τη σπορά, η εξέλιξη του αριθμού των φύλλων ανά κατεργασία στο διάγραμμα 15 παρουσιάζει την παρακάτω εικόνα: Μεγαλύτερο μέσο όρο φύλλων ανά φυτό παρουσιάζει η συμβατική κατεργασία, ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής, η δισκόσβαρνα, η ακαλλιέργεια και ο περιστροφικός καλλιεργητής.

Η στατιστική επεξεργασία μας έδειξε και πάλι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών σε επίπεδο $P = 0,1$ ακολουθώντας το μοτίβο της προηγούμενης ημερομηνίας μέτρησης. Τα ίδια διαπιστώθηκαν και για τις υπόλοιπες ημερομηνίες των μετρήσεων.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε τα εξής:

Τα φυτά του καλαμποκιού στη συμβατική κατεργασία εμφάνιζαν μεγαλύτερο αριθμό φύλλων ανά φυτό από όλες τις άλλες κατεργασίες αλλά ο μέσος όρος των τιμών δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις τιμές του βαθύ καλλιεργητή και της δισκοσβάρνας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι και οι τρεις κατεργασίες δημιούργησαν ευνοϊκές εδαφικές συνθήκες και συντέλεσαν στην ανάπτυξη ισχυρού ριζικού συστήματος στα φυτά. Γνωρίζουμε από την φυσιολογία ότι ισχυρό ριζικό σύστημα προκαλεί καλύτερη απορρόφηση θηρευτικών στοιχείων και ευνοεί την γρηγορότερη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους των φυτών.

Τα φυτά στον βαθύ καλλιεργητή εμφάνισαν τον δεύτερο μεγαλύτερο μέσο όρο φύλλων ανά φυτό. Η ακαλλιέργεια και ο περιστροφικός καλλιεργητής κινήθηκαν περίπου σε παρόμοια επίπεδα σε όλο το διάστημα των μετρήσεων και τυχόν διαφορές μεταξύ τους δεν είχαν στατιστικό ενδιαφέρον. Μεταξύ της δισκοσβάρνας, της ακαλλιέργειας και του περιστροφικού καλλιεργητή δεν υπάρχουν μεταξύ των μέσων όρων στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η ακαλλιέργεια παρουσίασε τον μικρότερο αριθμό φύλλων ανά φυτό εξαιτίας της δυσμενής επίδρασης που εξασκεί το έδαφος της στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών.

Στο Διάγραμμα 16 φαίνεται η εξέλιξη του αριθμού των φύλλων του καλαμποκιού για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στον πειραματικό αγρό 1 και το διάγραμμα 17 η εξέλιξη του αριθμού των φύλλων του καλαμποκιού για τις 5 μεθόδους κατεργασίας εδάφους στον αγρό 2. Από την συνδυασμένη παρατήρηση των γραφημάτων συμπεραίνουμε ότι μεταξύ κατεργασιών -περιοχών δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

6.1.3. Εξέλιξη του ύψους του αραβόσιτου

Στον πίνακα 10 πραγματοποιήθηκαν 4 μετρήσεις στα παρακάτω χρονικά διαστήματα 30/ 5/ 97, 51 ημέρες μετά την σπορά, 10/ 6/ 97, 62 ημέρες μετά την σπορά, 19/ 6/ 97, 71 ημέρες μετά την σπορά και 2/ 7/ 97, 84 ημέρες μετά την σπορά.

Το διάγραμμα 18 παραθέτει την εξέλιξη του ύψους του καλαμποκιού στους 2 πειραματικούς αγρούς. Από την μελέτη του διαγράμματος παρατηρούμαι τα εξής:

Το ύψος των φυτών στους αγρούς 1 και 2 κατά το διάστημα των πρώτων 2 μετρήσεων κινείται στα ίδια επίπεδα χωρίς να εμφανίζουν οι δύο αγροί στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ωστόσο ο αγρός 1 κατά τις 2 τελευταίες μετρήσεις παρουσίασε ψηλότερα φυτά σε σχέση με τον αγρό 2 παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$. Για τους δύο αγρούς η διαφορά ύψους που παρουσίασαν τα φυτά οφείλεται στο ότι ο αγρός 1 εμφάνισε κατά την χημική ανάλυση του εδάφους περίσσια αζώτου σε σχέση με τον αγρό 2 με αποτέλεσμα να προάγει ποίο πολλή την ανάπτυξη του ύψους των φυτών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10				
Ύψος φυτών (cm)				
ημερομηνία ημέρες μετά τη σπορά	30/5/97 51	10/6/97 62	19/6/97 71	27/97 84
ΠΕΡΙΟΧΕΣ				
αγρός 1	29,50	52,20	90,60	162,50
αγρός 2	30,70	49,45	79,40	145,55
	ns	ns	**	**
κατεργασία				
Σ	36,00	60,25	102,88	175,63
ΒΚ	33,00	57,00	99,38	167,88
ΠΚ	26,75	46,63	78,00	146,63
Δ	28,00	47,00	78,13	147,13
Α	26,75	43,25	66,63	132,88
	**	**	**	**
<i>LSD_{0.5}</i>	2,59	4,39	9,14	14,34
<i>LSD_{0.1}</i>	3,51	5,95	12,39	19,44
ΠΕΡ Χ ΚΑΤΕΡΥ				
αγρός 1	Σ	35,00	61,25	106,50
	ΒΚ	31,00	56,75	106,00
	ΠΚ	27,50	49,50	84,75
	Δ	27,00	49,00	84,50
	Α	27,00	44,50	71,25
αγρός 2	Σ	37,00	59,25	99,25
	ΒΚ	35,00	57,25	92,75
	ΠΚ	26,00	43,75	71,25
	Δ	29,00	45,00	71,75
	Α	26,50	42,00	62,00
	ns	ns	ns	ns
<i>LSD_{0.5}</i>	-	-	-	-
<i>LSD_{0.1}</i>	-	-	-	-
CV (%)	8,33	8,37	10,42	9,02

Η διαφορά στην περιεκτικότητα σε άζωτο μεταξύ των δύο αγρών οφείλεται στο ότι οι δύο αγροί έχουν διαφορετική μηχανική σύσταση, και στο γεγονός ότι στους δύο αγρούς στο παρελθόν είχαν καλλιεργηθεί διαφορετικά φυτά όπου παρουσίαζαν διαφορετικές απαιτήσεις όσο αναφορά την λιπαντική αγωγή, και η καλλιεργητική τεχνική που ακολουθήθηκε ήταν τελείως διαφορετική και προσαρμοσμένη στις ανάγκες των συγκεκριμένων φυτών με αποτέλεσμα ο αγρός 1 να παρουσιάζει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άζωτο από τον αγρό 2.

Στο διάγραμμα 19 παρατίθεται η εξέλιξη του ύψους των φυτών του καλαμποκιού στις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους. Παρατηρούμε ότι 51 ημέρες μετά την σπορά η συμβατική καλλιέργεια εμφάνιζε τα ψηλότερα φυτά. Ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής, η δισκοσβάρνα και ο περιστροφικός καλλιεργητής και η ακαλλιέργεια που παρουσίαζαν τα κοντύτερα φυτά. Από την στατιστική ανάλυση των μέσων όρων διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των κατεργασιών σε επίπεδο $P = 0,1$.

Ειδικότερα ο μέσος όρος του ύψους των φυτών στη συμβατική κατεργασία παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$ με τον μέσο όρο του ύψους των φυτών στην δισκοσβάρνα, στον περιστροφικό καλλιεργητή και την ακαλλιέργεια ενώ με την κατεργασία του βαρύ καλλιεργητή παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$.

Ο Μέσος όρος του βαρύ καλλιεργητή παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$ με τους μέσους όρους της δισκοσβάρνας, του περιστροφικού καλλιεργητή και της ακαλλιέργειας.

Το μέσο ύψος των φυτών της δισκοσβάρνας του περιστροφικού και της ακαλλιέργειας δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Εξήντα δύο ημέρες μετά την σπορά, τον μεγαλύτερο μέσο ύψος φυτού παρουσιάζει η συμβατική κατεργασία ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής, η δισκοσβάρνα, ο περιστροφικός, και η ακαλλιέργεια.

Στον πίνακα 10 η στατιστική μελέτη των αποτελεσμάτων των κατεργασιών έδειξε ότι μεταξύ τους υπάρχουν και πάλι στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$.

Η τελευταία μέτρηση πραγματοποιήθηκε 84 ημέρες μετά την σπορά όταν τα φυτά είχαν ολοκληρώσει την ανάπτυξη τους. Η συμβατική κατεργασία παρουσίασε τελικά τα υψηλότερα φυτά. Ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής, η δισκοσβάρνα, ο περιστροφικός και τέλος η ακαλλιέργεια.

Η στατιστική μελέτη των αποτελεσμάτων έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$. Αναλυτικότερα:

Οι μέσοι όροι του ύψους των φυτών στην συμβατική κατεργασία και τον βαρύ καλλιεργητή παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με τον μέσο όρο της δισκοσβάρνας, του περιστροφικού καλλιεργητή και της ακαλλιέργειας, ενώ μεταξύ τους δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Επίσης, μεταξύ των μέσων όρων του ύψους των φυτών στις κατεργασίες της Δισκοσβάρνας, του Περιστροφικού καλλιεργητή και της ακαλλιέργειας δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Από την μελέτη του διαγράμματος 19 συμπεραίνουμε τα εξής:

Η συμβατική κατεργασία βοήθησε περισσότερο την ανάπτυξη των φυτών και το ίδιο περίπου έκανε ο βαρύς καλλιεργητής. Η συμβατική κατεργασία και ο βαρύς καλλιεργητής προκαλεί στο έδαφος χαλάρωση με αποτέλεσμα τόσο τον καλύτερο αερισμό του ριζικού συστήματος όσο και την έντονη ανάπτυξή του με συνέπεια και την καλύτερη πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων και την μεγαλύτερη ανάπτυξη του ύψους των φυτών.

Μεταξύ των 2 κατεργασιών παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο κατά την πρώτη μέτρηση ενώ στις επόμενες μετρήσεις οι διαφορές δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η δισκοσβάρνα και ο περιστροφικός καλλιεργητής είχαν την ίδια επίδραση στο ύψος των φυτών κατά την διάρκεια των μετρήσεων, ενώ η ακαλλιέργεια ευνόησε λιγότερο την ανάπτυξη υψηλότερων φυτών. Η ακαλλιέργεια παρουσίασε το μικρότερο ύψος φυτών διότι ο κακός αερισμός του εδάφους περιόρισε την εξάπλωση του ριζικού συστήματος με αποτέλεσμα την παραγωγή χαμηλότερων φυτών.

Στο διάγραμμα 20 παρουσιάζεται η πορεία εξέλιξης του ύψους του καλαμποκιού στις 5 μεθόδους κατεργασίας στον αγρό 1 και στο διάγραμμα 21 η πορεία εξέλιξης στον αγρό 2. Από την συνδυασμένη μελέτη των 2 διαγραμμάτων συμπεραίνουμε ότι μεταξύ των περιοχών και των κατεργασιών δεν εμφανίσθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

		ΠΙΝΑΚΑΣ 11				
		Αρσενικές ταξιανθίες (φόβες/τη)				
ημερομηνία		2/7/97	5/7/97	8/7/97	11/7/97	14/7/97
ημέρες μετά τη σοπορά		84	87	90	93	96
περιοχές						
αγρός 1		1,15	3,15	5,46	5,82	6,14
αγρός 2		2,15	3,10	4,94	5,25	5,59
		**	ns	ns	ns	ns
κατεργασία						
Σ		3,47	4,86	6,52	6,73	6,98
BK		2,27	4,24	6,77	7,19	7,33
ΠΚ		0,83	2,17	4,71	5,04	5,41
Δ		0,99	2,59	4,67	5,07	5,49
A		0,69	1,75	3,31	3,66	4,10
		**	**	**	**	**
	LSD _{0,5}	0,67	0,90	0,98	0,94	0,91
	LSD _{0,1}	0,91	1,22	1,32	1,27	1,23
περ Χ κατεργ						
αγρός 1	Σ	2,41	4,12	5,98	6,26	6,49
	BK	1,31	3,69	7,08	7,58	7,72
	ΠΚ	0,64	2,43	5,11	5,37	5,75
	Δ	0,92	3,34	5,28	5,68	6,03
	A	0,48	2,15	3,83	4,22	4,71
αγρός 2	Σ	4,52	5,61	7,07	7,20	7,47
	BK	3,22	4,78	6,45	6,79	6,95
	ΠΚ	1,03	1,90	4,32	4,71	5,08
	Δ	1,06	1,84	4,06	4,46	4,96
	A	0,90	1,35	2,78	3,10	3,50
		*	**	ns	ns	ns
	LSD _{0,5}	0,95	1,28	-	-	-
	LSD _{0,1}	-	1,73	-	-	-
	CV (%)	39,52	28,03	18,21	16,38	14,96

6.1.4. Εξέλιξη της εμφάνισης της αρσενικής ταξιανθίας.

Ο πίνακας 11 περιλαμβάνει 4 μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν τα εξής χρονικά διαστήματα: 2/ 7/ 97 (84 ημέρες μετά την σπορά), 5/ 7/ 97 (87 ημέρες μετά την σπορά), 8/7/97(90 ημέρες μετά την σπορά), 11/ 7/ 97 (93 ημέρες μετά την σπορά), 14/ 7/ 97 (96 ημέρες μετά την σπορά).

Στην παραπάνω μέτρηση υπολογίστηκε ο αριθμός των αρσενικών ταξιανθιών στο μέτρο, και το ποσοστό των φυτών με αρσενική ταξιανθία σε σχέση με τον συνολικό αριθμό φυτών.

Ογδόντα τέσσερις ημέρες μετά τη σπορά ο αγρός ένα παρουσίασε μικρότερο μέσο όρο αρσενικών ταξιανθιών σε σχέση με τον αγρό 2. Η στατιστική ανάλυσή των στοιχείων έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$.

Στις επόμενες μετρήσεις ο αριθμός των αρσενικών ταξιανθιών στο μέτρο τόσο στον αγρό 1 όσο και στον αγρό 2 κινήθηκε στα ίδια επίπεδα, με τον αγρό 1 να παρουσιάζει τελικά μεγαλύτερο σε σχέση με τον αγρό 2 χωρίς όμως να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά.

Από τα παραπάνω παρατηρούμε μια πρωίμηση της ανθοφορίας στον αγρό 2 σε σχέση με τον αγρό 1. Αυτό οφείλεται στην διαφορετική περιεκτικότητα άζωτου που προέκυψε από την χημική ανάλυση του εδάφους των δύο αγρών, εάν αναλογιστούμε ότι το άζωτο προκαλεί οψείμιση της ανθοφορίας.

Η διαφορά στην περιεκτικότητα σε άζωτο μεταξύ των δύο αγρών οφείλεται στο ότι οι δύο αγροί έχουν διαφορετική μηχανική σύσταση, και στο γεγονός ότι στους δύο αγρούς στο παρελθόν είχαν καλλιεργηθεί διαφορετικά φυτά όπου παρουσίαζαν διαφορετικές απαιτήσεις όσο αναφορά την λιπαντική αγωγή, και η καλλιεργητική τεχνική που ακολουθήθηκε ήταν τελείως διαφορετική και προσαρμοσμένη στις ανάγκες των συγκεκριμένων φυτών με αποτέλεσμα ο αγρός 1 να παρουσιάζει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άζωτο από των αγρό 2. Στην σύγκριση μεταξύ των κατεργασιών παρατηρήσαμε τα παρακάτω:

Όλο το διάστημα των μετρήσεων ο αριθμός των ταξιανθιών στο μέτρο σχετίζεται με το είδος της κατεργασίας παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$.

Πιο συγκεκριμένα η επίδραση της κατεργασίας στην εμφάνιση των αρσενικών ταξιανθιών σύμφωνα με την τελευταία μέτρηση κυμαίνεται στα εξής επίπεδα.

Ο βαρύς καλλιεργητής παρουσίασε τον μεγαλύτερο μέσο όρο αρσενικών ταξιανθιών στο μέτρο. Ακολουθεί η συμβατική κατεργασία. Μεταξύ των τιμών της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η δύο κατεργασίες παρουσίασαν την μεγαλύτερη παραγωγή διότι έδωσαν την ικανότητα στα φυτά να καλύψουν γρήγορα το στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης και να εισέλθουν πρώιμα στην παραγωγή αρσενικών ταξιανθιών. Οι μέσοι όροι του βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ από τους μέσους όρους των φόβων στο μέτρο των άλλων κατεργασιών.

Μεταξύ των μέσων όρων της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού καλλιεργητή δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η ακαλλιέργεια όμως εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές με τους μέσους όρους της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού καλλιεργητή σε επίπεδο $P = 0,1$. Αυτό οφείλεται στους ίδιους παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη του ύψους των φυτών. Το έδαφος της ακαλλιέργειας στρεσάρει περισσότερο το φυτό και το ωθεί σε μια μειωμένη παραγωγή αρσενικών ταξιανθιών.

Στο διάγραμμα 23 περιγράφεται η εμφάνιση της αρσενικής ταξιανθίας του καλαμποκιού στους 2 πειραματικούς αγρούς ως το ποσοστό των φυτών με φόβη. Στο διάγραμμα 24, 25 μας δείχνουν την εξέλιξη της εμφάνισης αρσενικής ταξιανθίας του καλαμποκιού στις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στον αγρό 1 και στον αγρό 2 αντίστοιχα. Στο πίνακα 12 παρατιθεται το ποσοστό φυτών με φόβη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12

Ποσοστό φυτών με φόβη (%)

ημερομηνία ημέρες μετά τη σπορά		2/7/97	5/7/97	8/7/97	11/7/97	14/7/97
		84	87	90	93	96
ΠΕΡΙΟΧΕΣ						
αγρός 1		15,89	45,77	79,60	85,31	90,06
αγρός 2		31,47	45,76	75,98	81,30	87,14
		**	ns	ns	ns	ns
κατεργασία						
	Σ	46,41	66,40	89,37	92,28	95,70
	ΒΚ	31,34	57,75	91,22	96,79	98,71
	ΠΚ	11,90	32,25	72,23	77,65	83,43
	Δ	14,57	38,96	72,11	78,63	85,50
	Α	14,18	33,45	64,02	71,18	79,66
		**	**	**	**	**
	LSD _{0,5}	9,46	11,63	9,25	8,99	6,15
	LSD _{0,1}	12,81	15,75	12,54	12,18	8,34
ΠΕΡ Χ ΚΑΤΕΡΥ						
αγρός 1	Σ	33,97	60,08	86,62	90,73	93,98
	ΒΚ	16,24	47,02	90,78	97,15	98,75
	ΠΚ	8,70	36,18	76,78	81,20	87,12
	Δ	12,11	48,32	77,10	83,37	88,40
	Α	8,42	37,22	66,73	74,10	82,04
αγρός 2	Σ	58,85	72,73	92,12	93,82	97,41
	ΒΚ	46,44	68,48	91,67	96,43	98,68
	ΠΚ	15,09	28,31	67,67	74,10	79,75
	Δ	17,03	29,61	67,12	73,90	82,59
	Α	19,93	29,68	61,31	68,26	77,28
		*	**	ns	ns	ns
	LSD _{0,5}	13,37	16,44	-	-	-
	LSD _{0,1}	-	22,28	-	-	-
	CV (%)	38,69	24,62	11,53	10,45	6,73

6.1.5. Εξέλιξη των σπαδικών.

Ο πίνακας 13 περιλαμβάνει 5 μετρήσεις που αφορούν την εξέλιξη της παραγωγής σπαδικών οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στα εξής χρονικά διαστήματα: 2/ 7/ 97 (84 ημέρες μετά την σπορά), 5/ 7/ 1997 (87 ημέρες μετά την σπορά), 8/ 7/ 1997 (90 ημέρες μετά την σπορά), 11/ 7/ 97 (93 ημέρες μετά την σπορά), 14/ 7/ 97 (96 ημέρες μετά την σπορά). Στο διάγραμμα 26 περιγράφεται η εξέλιξη της εμφάνισης των σπαδικών στο καλαμπόκι στους 2 πειραματικούς αγρούς. Σε συνδυασμό με τον πίνακα 13 μπορούμε να παρατηρούμε τα εξής:

Κατά την πρώτη μέτρηση 84 ημέρες μετά την σπορά, ο μέσος αριθμός σπαδικών στο μέτρο στον αγρό 2 παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ σε σύγκριση με τον αγρό 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13						
Αριθμός θυληκών ταξιανθιών (σπαδικες/m)						
ημερομηνία ημέρες μετά τη σπορά	2/7/97	5/7/97	8/7/97	11/7/97	14/7/97	
	84	87	90	93	96	
ΠΕΡΙΟΧΕΣ						
αγρός 1	0,02	1,11	3,60	4,82	6,47	
αγρός 2	0,50	1,54	2,82	3,83	4,93	
	**	ns	*	**	**	
κατεργασία						
Σ	0,99	3,17	5,43	6,34	7,01	
BK	0,31	1,77	4,22	5,72	6,37	
ΠΚ	0,00	0,45	2,47	3,45	5,27	
Δ	0,00	0,70	2,15	3,30	5,14	
A	0,00	0,53	1,79	2,81	4,71	
	**	**	**	**	**	
LSD _{0,5}	0,31	0,72	0,96	0,88	0,98	
LSD _{0,1}	0,42	0,97	1,30	1,19	1,33	
περ Χ κατεργ						
αγρός 1	Σ	0,07	2,21	5,28	6,46	7,68
	BK	0,03	1,33	4,53	6,40	7,09
	ΠΚ	0,00	0,60	3,18	3,92	5,80
	Δ	0,00	0,92	2,78	3,97	6,24
	A	0,00	0,48	2,24	3,33	5,53
αγρός 2	Σ	1,90	4,14	5,58	6,22	6,35
	BK	0,58	2,22	3,90	5,05	5,65
	ΠΚ	0,00	0,29	1,76	2,98	4,74
	Δ	0,00	0,48	1,53	2,63	4,04
	A	0,00	0,58	1,33	2,29	3,89
	**	*	ns	ns	ns	
LSD _{0,5}	0,44	1,01	-	-	-	
LSD _{0,1}	0,59	-	-	-	-	
CV (%)	115,55	52,44	29,01	19,66	16,66	

Ογδόντα επτά ημέρες μετά τη σπορά ο αγρός 2 εμφανίζει μεγαλύτερο μέσο όρο από τον αγρό 1. Ωστόσο δεν εμφανίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά.

Ενενήντα ημέρες μετά την σπορά, η κατάσταση ανατρέπεται και ο αγρός 1 εμφανίζει μεγαλύτερο αριθμό σπαδικών στο μέτρο από τον αγρό 2. Μεταξύ των 2 μέσων όρων υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$. Το ίδιο συμβαίνει και στις επόμενες μετρήσεις 93 και 96 ημέρες μετά την σπορά όπου ο αγρός ένα εμφάνισε μεγαλύτερο αριθμό σπαδικών στο μέτρο σε σχέση με τον αγρό 2.

Συμπερασματικά αν και διαφάνηκε μια πρωίμηση στον αγρό 2, ο αγρός 1 απέδωσε μεγαλύτερο αριθμό σπαδικών στο μέτρο. Στο διάγραμμα 27 παρατίθεται η εξέλιξη της εμφάνισης των σπαδικών στο καλαμπόκι στις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους. Σε συνδυασμό με τη στατιστική επεξεργασία στον πίνακα 5 συμπεραίνουμε ότι οι μέθοδοι κατεργασίας επηρέασαν την εξέλιξη των σπαδικών εμφανίζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ κατά όλο το διάστημα των μετρήσεων.

Ειδικότερα:

Ογδόντα τέσσερις ημέρες μετά την σπορά τον μεγαλύτερο αριθμός σπαδικών στο μέτρο παρουσίαζε η συμβατική κατεργασία ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής ενώ στις υπόλοιπες κατεργασίες δεν εμφανίζονται στην συγκεκριμένη χρονική περίοδο θηλυκές ταξιανθίες.

Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι η συμβατική καλλιέργεια παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$ με τις υπόλοιπες κατεργασίες.

Ογδόντα επτά ημέρες μετά την σπορά ο μεγαλύτερος μέσος όρος θηλυκών ταξιανθιών στο μέτρο παρουσίασε η συμβατική κατεργασία ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής η δισκόσβαρνα, η ακαλλιέργεια και τέλος ο περιστροφικός καλλιεργητής.

Η συμβατική κατεργασία παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με τους μέσους όρους όλων των άλλων κατεργασιών το ίδιο και ο βαρύς καλλιεργητής που παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με τους μέσους όρους όλων των άλλων κατεργασιών. Μεταξύ των υπολοίπων κατεργασιών δεν παρουσιάζονταν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Ενενήντα ημέρες μετά την σπορά, η κατάσταση παραμένει ίδια με την συμβατική κατεργασία συνεχίζει να παρουσιάζει τον μεγαλύτερο αριθμός σπαδικών στο μέτρο, ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής, η δισκόσβαρνα και τέλος η ακαλλιέργεια.

Ενενήντα τρεις ημέρες μετά την σπορά ο αριθμός της συμβατικής κατεργασίας είναι ο μεγαλύτερος ακολουθούν ο βαρύς καλλιεργητής ο περιστροφικός, η δισκόσβαρνα και τέλος η ακαλλιέργεια.

Ενενήντα έξι ημέρες μετά την σπορά η συμβατική κατεργασία παρουσιάζει τον μεγαλύτερο αριθμό σπαδικών, ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής, ο περιστροφικός, η δισκόσβαρνα και τέλος η ακαλλιέργεια.

Συμπερασματικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι οι κατεργασίες επηρεάζουν ουσιαστικά την εξέλιξη των θηλυκών ταξιανθιών με την συμβατική κατεργασία να ευνοεί την εμφάνιση περισσότερων θηλυκών ταξιανθιών.

Ο βαρύς καλλιεργητής έδωσε τα δεύτερα καλύτερα αποτελέσματα μετά την συμβατική κατεργασία. Οι μέσοι όροι του βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής κατεργασίας παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$ κατά το διάστημα των πρώτων 2 μετρήσεων και στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,5$ κατά την τρίτη μέτρηση ενώ δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά τις 2 τελευταίες μετρήσεις. Αυτό οφείλεται στο ότι οι δύο κατεργασίες ώθησαν τα φυτά σε πρώιμη παραγωγή σπαδικών. Τόσο ο βαρύς καλλιεργητής όσο και η συμβατική κατεργασία παρουσιάζαν στατιστικώς σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με τις υπόλοιπες

κατεργασίες οι οποίες δεν διέφεραν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικά καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Στα διαγράμματα 28 και 29 παρουσιάζεται η εξέλιξη της θηλυκής ταξιανθίας για τις 5 διαφορετικές κατεργασίες στον αγρό 1 και στον αγρό 2 αντίστοιχα.

6.1.6. Αριθμός συγκομιζόμενων σπαδικών

Η συγκομιδή του αραβόσιτου πραγματοποιήθηκε 157 ημέρες μετά την σορά. Στον πίνακα 14 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι ενός συνόλου παρατηρήσεων που πραγματοποιήθηκαν το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 14							
ημερομηνία	Συγκομιζόμενοι σπάδικες			Βάρος σπόρου	Υγρασία σπόρου	Απόδοση σε σπόρο	
	Αριθμός (σπάδ. / m)	Βάρος kg/στρ	Μέσο βάρος g/σπάδικα	Υγρασία συγκομιδής kg/στρ	Υγρασία σπόρου %	Υγρασία 15.2% kg/στρ	
ημέρες μετά τη σορά							
ΠΕΡΙΟΧΕΣ							
αγρός 1							
αγρός 2	6,77	1174,03	138,87	956,93	16,58	941,84	
	5,14	953,16	142,42	767,77	19,33	732,36	
κατεργασία	**	**	ns	**	**	**	
Σ	7,10	1188,63	139,03	987,99	15,76	983,97	
BK	6,39	1096,42	142,82	911,55	14,93	911,37	
ΠΚ	5,52	1049,48	141,81	829,10	19,60	785,75	
Δ	5,40	958,20	139,88	780,69	17,85	759,82	
A	5,37	1025,24	139,71	802,42	21,64	744,58	
LSD _{0.5}	**	ns	ns	ns	**	*	
LSD _{0.1}	1,03	-	-	-	2,89	156,16	
ΠΕΡ Χ ΚΑΤΕΡΥ	1,40	-	-	-	3,92	-	
αγρός 1							
Σ	7,65	1207,40	134,84	1014,76	13,78	1033,33	
BK	7,30	1256,33	142,95	1041,78	15,03	1039,77	
ΠΚ	6,09	1103,13	135,58	867,41	18,18	835,88	
Δ	6,25	1097,17	141,49	902,09	16,25	893,79	
αγρός 2	A	6,57	1206,10	139,51	958,62	19,68	906,42
Σ	6,54	1169,85	143,22	961,22	17,75	934,61	
BK	5,49	936,51	142,69	781,32	14,83	782,96	
ΠΚ	4,95	995,82	148,04	790,79	21,03	735,62	
A	4,55	819,23	138,27	659,28	19,45	625,85	
	4,16	844,38	139,91	646,22	23,60	582,74	
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
LSD _{0.5}	-	-	-	-	-	-	
LSD _{0.1}	-	-	-	-	-	-	
CV (%)	16,83	18,76	9,90	17,80	15,59	18,08	

Από τον πίνακα παρατηρούμε τα εξής:

Ο αριθμός των συγκομιζόμενων σπαδικών στον αγρό 1 είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο στον αγρό 2. Συγκεκριμένα μεταξύ των 2 μέσων όρων παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$. Αυτό οφείλεται στο ότι ο αγρός 1 παρήγαγε περισσότερους σπάδικες από των αγρό 2 όπως φαίνεται και στον πίνακα 13 όπου περιγράφεται η εξέλιξη των θηλυκών ταξιανθιών.

Επίσης στον πίνακα 14 φαίνεται το είδος των κατεργασιών επηρεάζουν τον αριθμό των σπαδικών παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$.

Αναλυτικότερα:

Η συμβατική κατεργασία εδάφους απέδωσε το μεγαλύτερο αριθμό συγκομιζόμενων σπαδικών στο μέτρο. Ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής, ο περιστροφικός, η Δισκόσβαρνα και τέλος η ακαλλιέργεια. Η ακαλλιέργεια δεν ευνόησε την έκπτυξη μεγάλου αριθμού σπαδικών με αποτέλεσμα και ο αριθμός των σπαδικών κατά την συγκομιδή να είναι μικρός.

Η συμβατική κατεργασία παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με τους μέσους όρους της ακαλλιέργειας της δισκόσβαρνας και του περιστροφικού καλλιεργητή. Η συμβατική κατεργασία και ο βαρύς καλλιεργητής απέδωσαν μεγαλύτερο αριθμό σπαδικών γιατί όπως είδαμε στον πίνακα 13 παρήγαγαν μεγαλύτερο αριθμό θηλυκών ταξιανθιών από οποιαδήποτε άλλη κατεργασία.

Ο βαρύς καλλιεργητής ή δισκόσβαρνα, η ακαλλιέργεια και ο περιστροφικός καλλιεργητής δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Στο διάγραμμα 30 παρουσιάζεται ο αριθμός των συγκομιζόμενων σπαδικών στις διαφορετικές κατεργασίες εδάφους στον αγρό 1 και στον αγρό 2. Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έδειξε ότι δεν υπήρχε αλληλεπίδραση μεταξύ περιοχών και κατεργασιών.

6.1.7. Βάρος συγκομιζόμενων σπαδικών, (υγρασία συγκομιδής).

Η μελέτη του βάρους των συγκομιζόμενων σπαδικών (πίνακας 14) στην υγρασία συγκομιδής έδειξε ότι μεταξύ των μέσων όρων του αγρού 1 και του αγρού 2 υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$ με τον αγρό 1 παρουσιάζει μεγαλύτερους σπάδικες έναντι του αγρού 2. Σε αυτό επέδρασε η μεγαλύτερη περιεκτικότητα του αγρού 1 σε άζωτο σε σχέση με των αγρό 2.

Στον πίνακα 14 παρατηρούμε ότι η στατιστική ανάλυση των μέσων όρων του βάρους των σπαδικών για τις 5 κατεργασίες δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

6.1.8. Βάρος σπόρου (υγρασία συγκομιδής)

Η μελέτη του βάρους του συγκομιζόμενου σπόρου στην υγρασία συγκομιδής έδειξε ότι μεταξύ των γενικών μέσων όρων του αγρού 1 και του αγρού 2 υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,1$.

Ο αγρός 1 έδωσε μεγαλύτερη απόδοση σπόρου σε σχέση με τον αγρό 2. Αυτό οφείλεται στο ότι από τον αγρός 1 συγκομίσαμε μεγαλύτερο αριθμό σπαδικών από των αγρό 2.

Στον πίνακα 14 παρατηρούμε ότι οι διαφορετικές κατεργασίες δεν επηρέασαν το βάρος του συγκομιζόμενου σπόρου και μεταξύ των μέσων όρων των κατεργασιών δεν εμφανίζονταν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

6.1.9. Υγρασία σπόρου.

Στα στοιχεία του πίνακα 14 παρατηρούμε ότι το ποσοστό της υγρασίας του σπόρου στον αγρό 2 ήταν μεγαλύτερο από αυτό στον αγρό. Η στατιστική επεξεργασία των παραπάνω τιμών έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι στον αγρό 2 υπήρχε μια οψίμηση της παραγωγής.

Στον πίνακα 14 περιλαμβάνονται επίσης τα ποσοστά υγρασίας του σπόρου στις 5 κατεργασίες. Από την στατιστική μελέτη των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι το είδος της κατεργασίας επηρεάζει σημαντικά το ποσοστό υγρασίας του σπόρου μετά την συγκομιδή σε στατιστικό επίπεδο $P = 0,1$.

Πιο συγκεκριμένα.

Ο σπόρος των σπαδικών της ακαλλιέργειας μετά την συγκομιδή είχε το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας από όλες τις άλλες κατεργασίες. Αυτό οφείλεται στην οψίμηση της παραγωγής των φυτών της ακαλλιέργειας. Ακολουθεί ο περιστροφικός καλλιεργητής με ποσοστό, η δισκόσβαρνα η συμβατική κατεργασία και τέλος ο βαρύς καλλιεργητής. Το ποσοστό της ακαλλιέργειας παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με τα ποσοστά του βαρύ καλλιεργητή και της συμβατικής κατεργασίας, σε επίπεδο $P = 0,5$ με το ποσοστό της δισκόσβαρνας ενώ δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά με το ποσοστό στον περιστροφικό καλλιεργητή.

Ο περιστροφικός καλλιεργητής παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,1$ με το ποσοστό του βαρύ καλλιεργητή, σε επίπεδο $P = 0,5$ με το ποσοστό της συμβατικής κατεργασίας ενώ με το ποσοστό της δισκόσβαρνας δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η δισκόσβαρνα παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με το ποσοστό του βαρύ καλλιεργητή ενώ δεν εμφανίζει διαφορά με την συμβατική κατεργασία.

Τέλος μεταξύ των ποσοστών της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή δεν εμφανίζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Συμπερασματικά:

Η ακαλλιέργεια είχε σπόρους με σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας κατά την συγκομιδή σε σύγκριση με τις άλλες κατεργασίες γεγονός που υποδεικνύει ότι στην ματαχείρηση αυτή υπάρχει οψίμηση της παραγωγής.

Τα μικρότερα ποσοστά υγρασίας παρουσίασε ο βαρύς καλλιεργητής και η συμβατική κατεργασία που όπως φαίνεται προωμίζουν την παραγωγή.

Ο περιστροφικός καλλιεργητής και η δισκόσβαρνα κινήθηκαν σε ενδιάμεσα επίπεδα.

Στο διάγραμμα 31 παρατίθενται τα ποσοστά της υγρασίας του σπόρου στις 5 κατεργασίες εδάφους στον αγρό 1 και στον αγρό 2.

6.1.10. Απόδοση σπόρου (υγρ. 15,2%)

Η απόδοση σε σπόρο μελετήθηκε ξανά αφού έγινε αναγωγή όλων των τιμών σε επίπεδο υγρασίας 15,2%. Η απόδοση του αγρού 1 ήταν σαφώς μεγαλύτερη από του αγρού 2. Η στατιστική επεξεργασία των 2 μέσων όρων έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά σε $P = 0,1$ (πίνακας 14).

Επιπλέον παρατηρήθηκε ότι και το είδος της κατεργασίας επηρεάζει την απόδοση του σπόρου εμφανίζοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $P = 0,5$ (διάγραμμα 32).

Αναλυτικότερα:

Την μεγαλύτερη απόδοση εμφάνισε η συμβατική κατεργασία ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής, ο περιστροφικός καλλιεργητής, η δισκόσβαρνα και τέλος η ακαλλιέργεια.

Η συμβατική κατεργασία παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P =$

0,5 με τους μέσους όρους του περιστροφικού καλλιεργητή της δισκόσβαρνας και της ακαλλιέργειας ενώ με τον βαρύ καλλιεργητή κινείται στα ίδια πλαίσια χωρίς να εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά. Ο βαρύς καλλιεργητής παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $P = 0,5$ με τον μέσο όρο της ακαλλιέργειας ενώ μεταξύ του βαρύ καλλιεργητή, της δισκόσβαρνας και του περιστροφικού δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Συμπερασματικά:

Αν και η ανάλυση των δεδομένων για σπόρο στην υγρασία συγκομιδής δεν είχε δείξει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των κατεργασιών, εν τούτοις όταν έγινε αναγωγή των μέσων όρων στο ίδιο επίπεδο υγρασίας (15,2%) για όλες τις μεταχειρίσεις διαφάνηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αυτών. Αυτό σημαίνει ότι οι μέσοι όροι που αναφέρονται στην υγρασία συγκομιδής δεν ανεδείκνυαν την πραγματική εικόνα της απόδοσης, διότι ο παράγοντας της διαφορετικής υγρασίας απέκρυπτε τις πραγματικές διαφορές.

Την μεγαλύτερη απόδοση λοιπόν έδωσε η συμβατική κατεργασία και ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής που κινήθηκε περίπου στα ίδια επίπεδα.

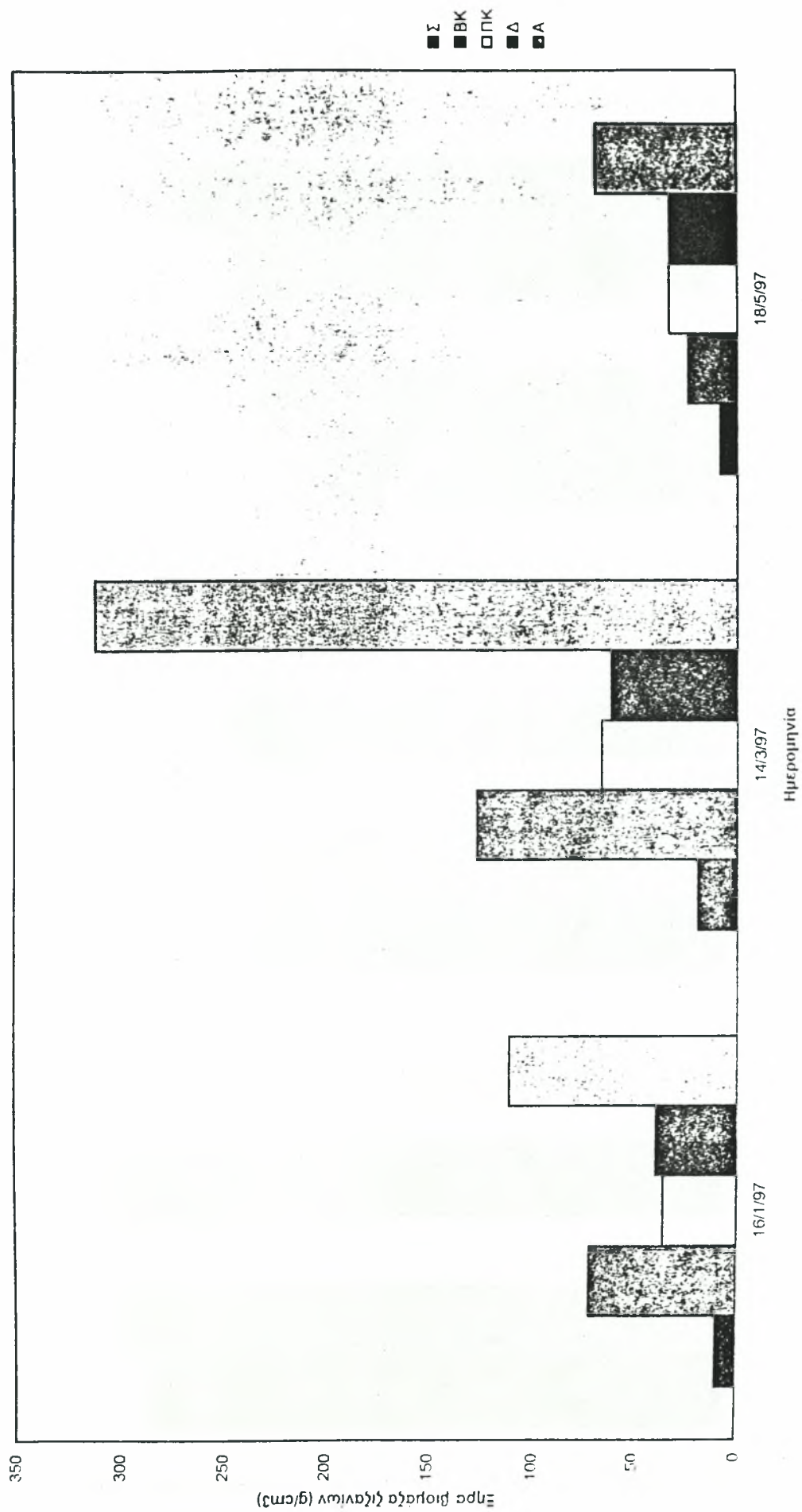
Η ακαλλιέργεια παρουσίασε την μικρότερη απόδοση και δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά με τις κατεργασίες της δισκόσβαρνας και του περιστροφικού καλλιεργητή.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

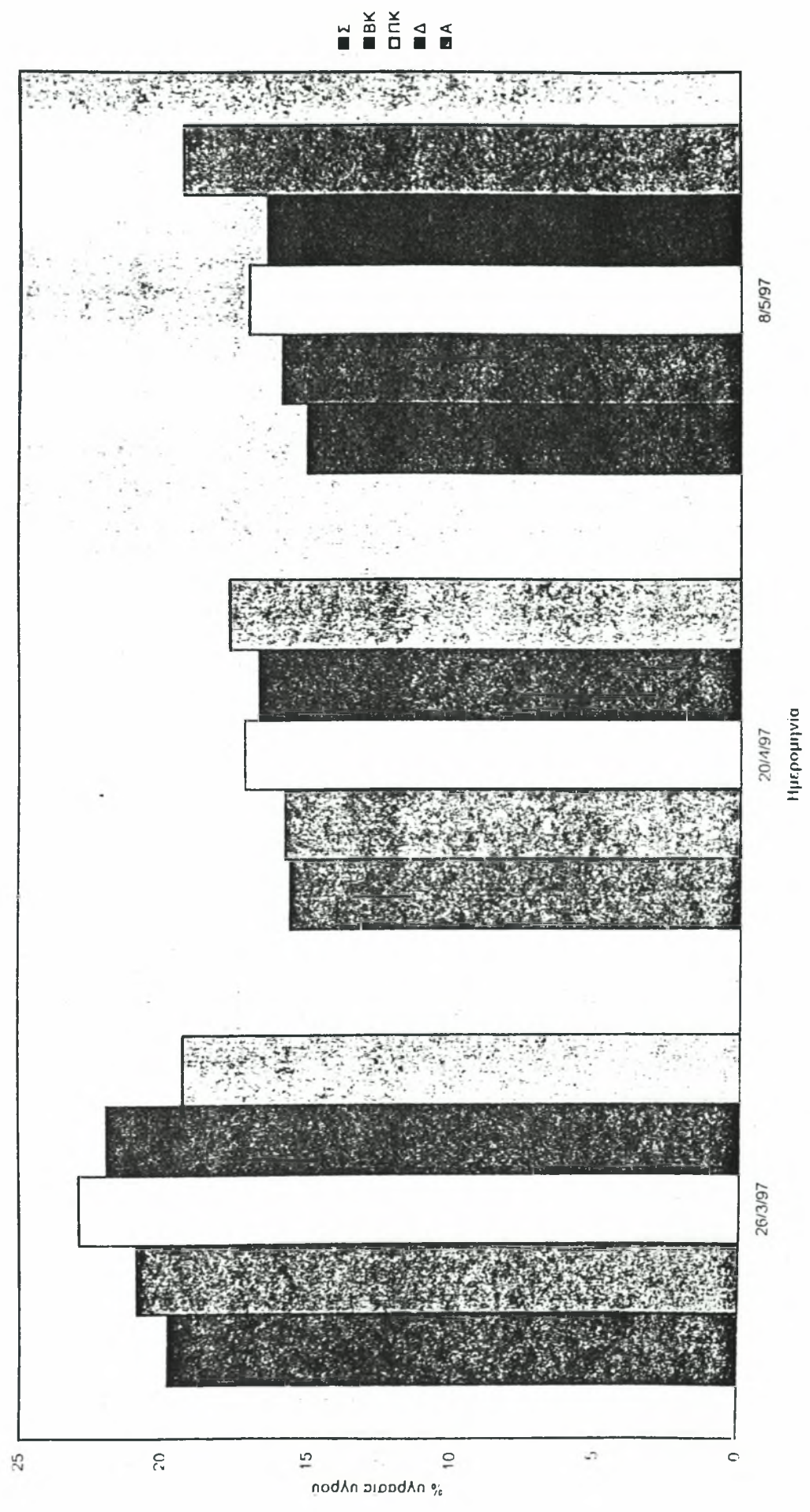
- Η ακαλλιέργεια του εδάφους επιτρέπει την εμφάνιση σημαντικά περισσότερων ζιζανίων από οποιαδήποτε άλλη κατεργασία
- Η ακαλλιέργεια παρουσιάζει τα υψηλότερα ποσοστά υγρασίας.
- Η ακαλλιέργεια παρουσίασε τη μεγαλύτερη φαινομενική πυκνότητα.
- Η συμβατική κατεργασία παρουσίασε την μικρότερη φαινομενική πυκνότητα.
- Η ακαλλιέργεια διαμορφώνει ένα έδαφος με σημαντικά μεγαλύτερη αντοχή σε διάτμηση ιδίως στην ανώτερη επιφάνεια.
- Την μικρότερη αντοχή του εδάφους στη διάτμηση παρουσίασε ο βαρύς καλλιεργητής.
- Οι 5 κατεργασίες δεν επηρεάζουν την αντίσταση του εδάφους στην διείδυση σε βάθη μεγαλύτερα των 15 cm.
- Η κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή έδωσε περισσότερα φυτά στο μέτρο από όλες τις άλλες κατεργασίες.
- Τα φυτά του καλαμποκιού στη συμβατική κατεργασία εμφάνιζαν μεγαλύτερο αριθμό φύλλων ανά φυτό από όλες τις άλλες κατεργασίες.
- Η ακαλλιέργεια προκάλεσε την ανάπτυξη κοντόσωμων φυτών.
- Η κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή ευνόησε την εξέλιξη των αρσενικών ταξιανθιών.
- Η συμβατική κατεργασία ευνόησε την εξέλιξη των θηλυκών ταξιανθιών.
- Οι διαφορετικές κατεργασίες εδάφους δεν επηρεάζουν το βάρος των συγκομιζόμενων σπαδικών, το βάρος του σπόρου, και το βάρος των στελεχών στην υγρασία συγκομιδής.
- Η ακαλλιέργεια παρουσίασε σπόρους με σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας.
- Το μέσο βάρος στελέχους ήταν μεγαλύτερο στην ακαλλιέργεια. Άλλα είχε το μικρότερο αριθμός φυτών στον μέτρο.
- Η παραγωγή σπόρου αναγώμενη σε υγρασία 15,2 % ήταν μεγαλύτερη στη συμβατική κατεργασία. Η ακαλλιέργεια μας έδωσε την μικρότερη παραγωγή σπόρου σε σύγκριση με τις άλλες κατεργασίες.
- Γενικά η συμβατική κατεργασία βοηθά στην καταπολέμηση των ζιζανίων και δίνει καλύτερες αποδόσεις.
- Ο βαρύς καλλιεργητής προκαλεί αρχικά σοβαρό πρόβλημα ζιζανίων αργότερα όμως, μετά την καταπολέμηση τους τα φυτά του καλαμποκιού αναπτύσσονται ικανοποιητικά και δίνει την δεύτερη καλύτερη απόδοση.
- Ο περιστροφικός καλλιεργητής και η δισκοσβάρνα επιτρέπει καλύτερο αρχικά έλεγχο των ζιζανίων φαίνεται όμως ότι η αβαθή κατεργασία μειώνει την ανάπτυξη των ριζών και δεν ευνοεί την απόδοση των φυτών.
- Η ακαλλιέργεια προκαλεί αρχικά πολλή σοβαρό πρόβλημα ζιζανίων και επιδρά αρνητικά στην ανάπτυξη των φυτών χωρίς η μίωση της απόδοσης να είναι σημαντική σε σχέση με τις αβαθής κατεργασίες. Προφανώς η ακαλλιέργεια πρέπει να συνδεθεί με αμειψισπορά και επιμελημένη ζιζανιοκτονία για να μπορεί να ανταγωνιστεί σε απόδοση τις άλλες κατεργασίες. Η επιμελημένη ζιζανιοκτονία αυξάνει το κόστος της καλλιέργειας και πιθανότατα αναιρεί σε κάποιο ποσοστό το μειωμένο κόστος κατεργασίας.

Διαγράμματα

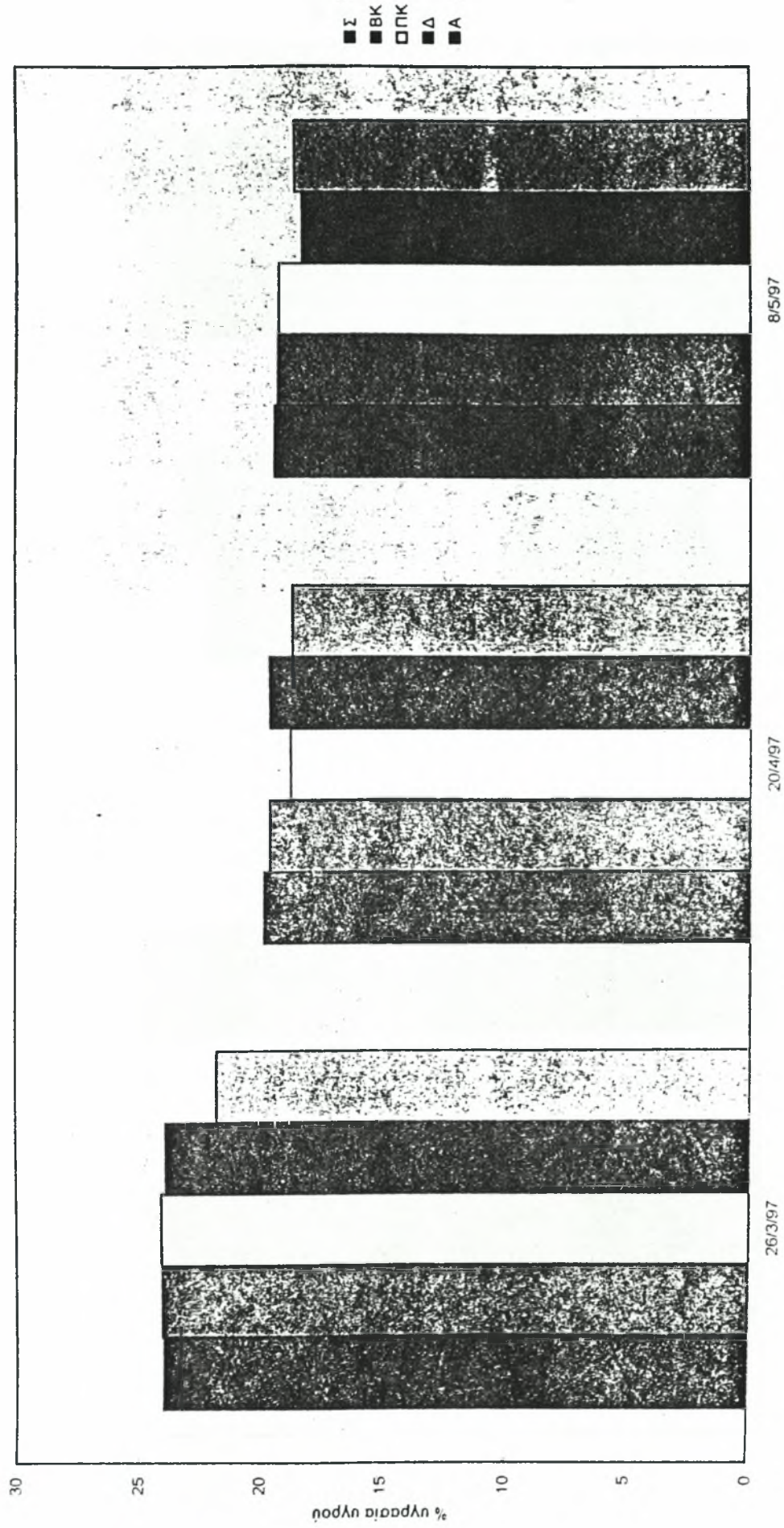
Διάγραμμα 1. Ξηρά βιομάζα ζιζανίων



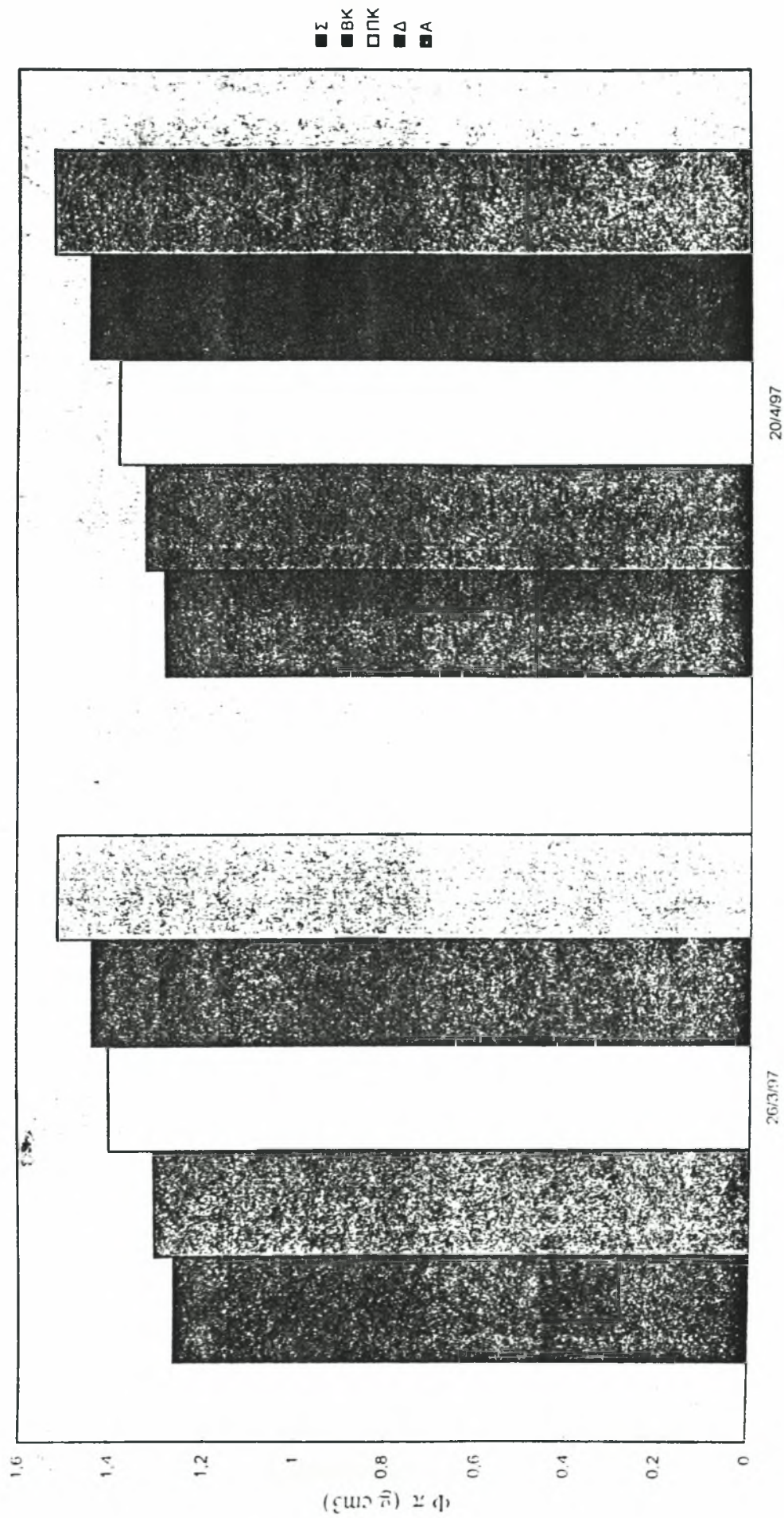
Διάγραμμα 2, % υγρασία του εδάφους σε βάθος 0,5-3 εκ.



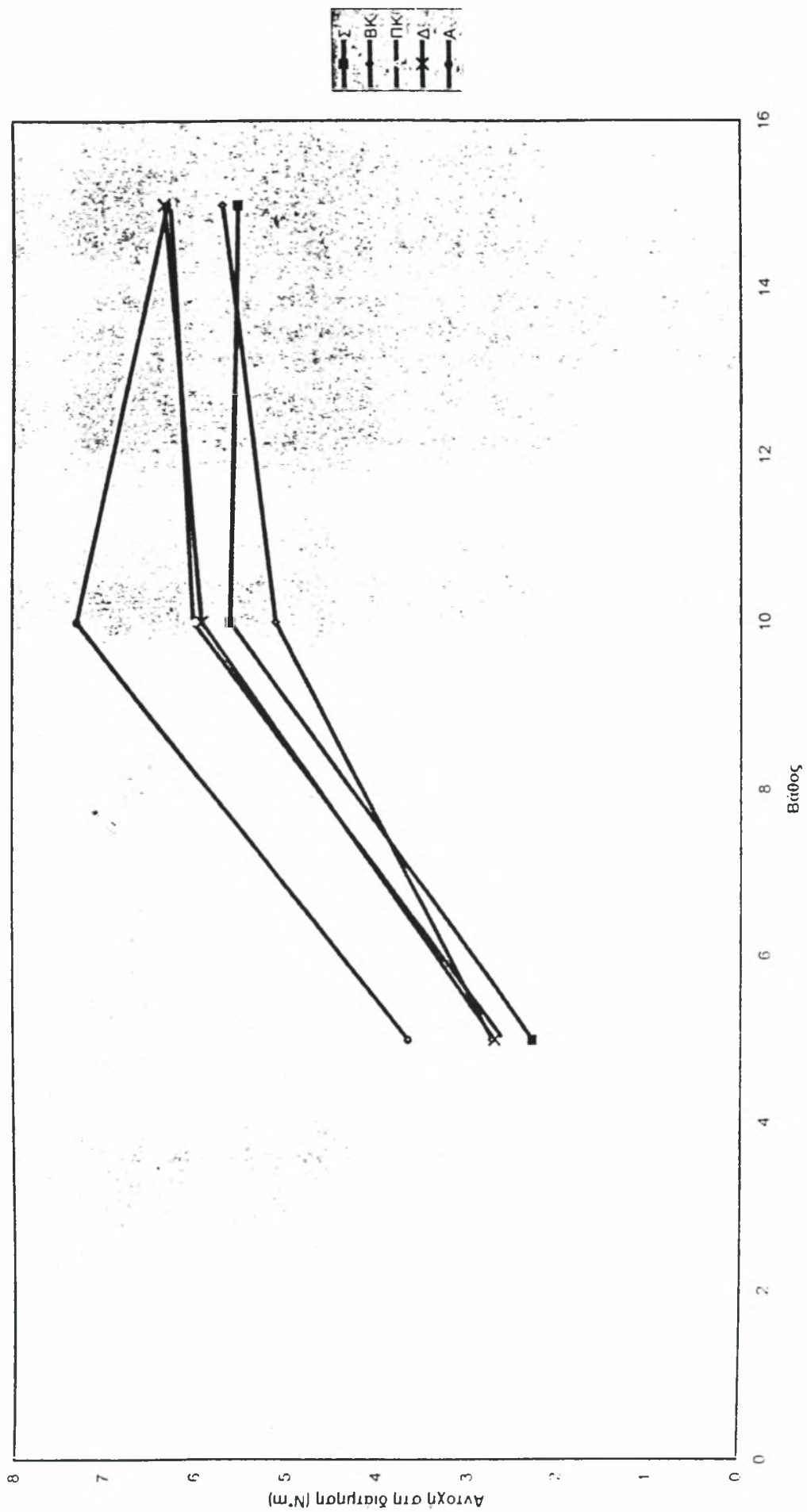
Διάγραμμα 3, % υγρασία του εδάφους σε βάθος 7,5-10 εκ



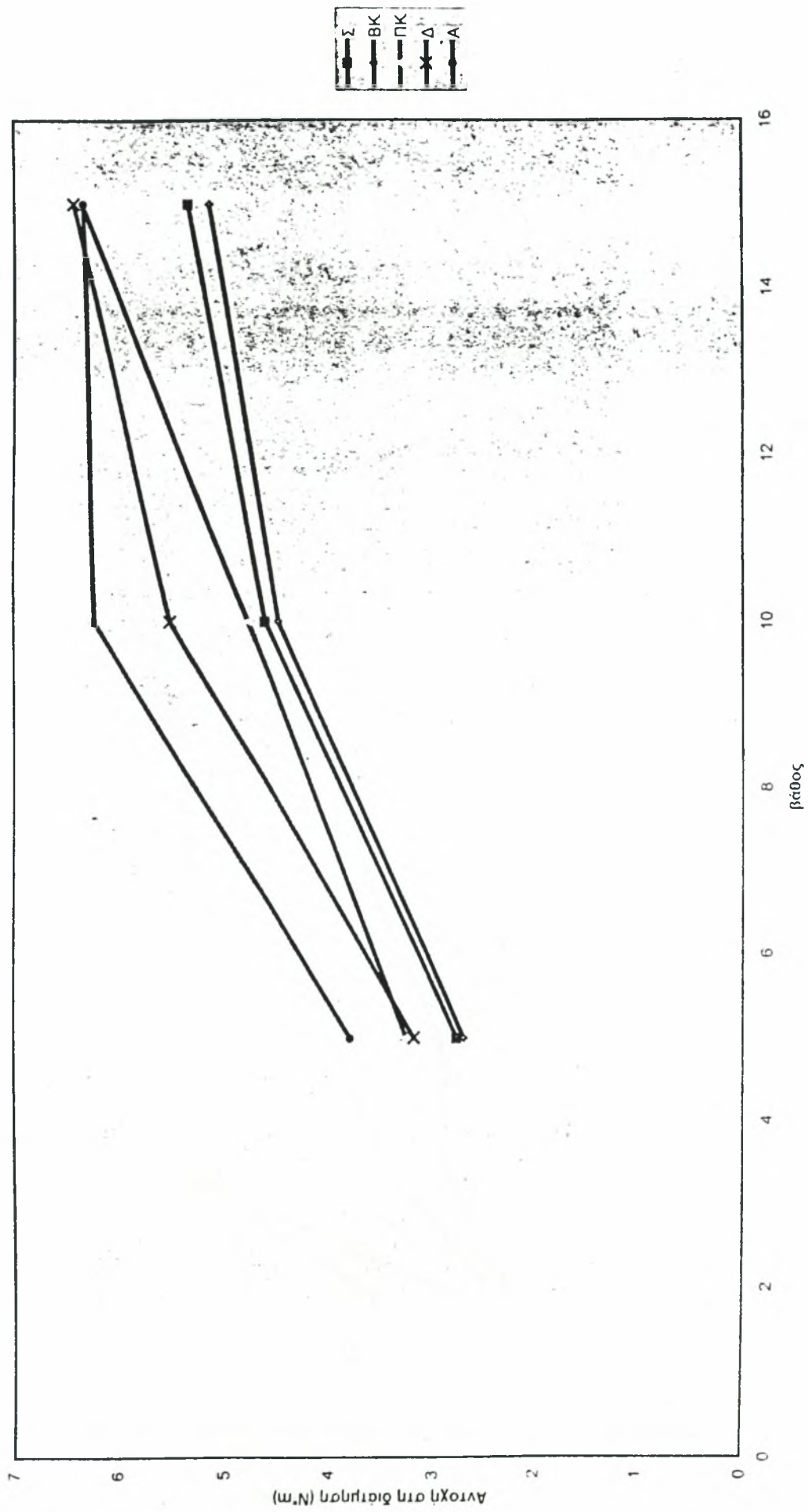
Διάγραμμα 5. Φαινομενική πυκνότητα του εδάφους σε βάθος 7.5-10 εκ.



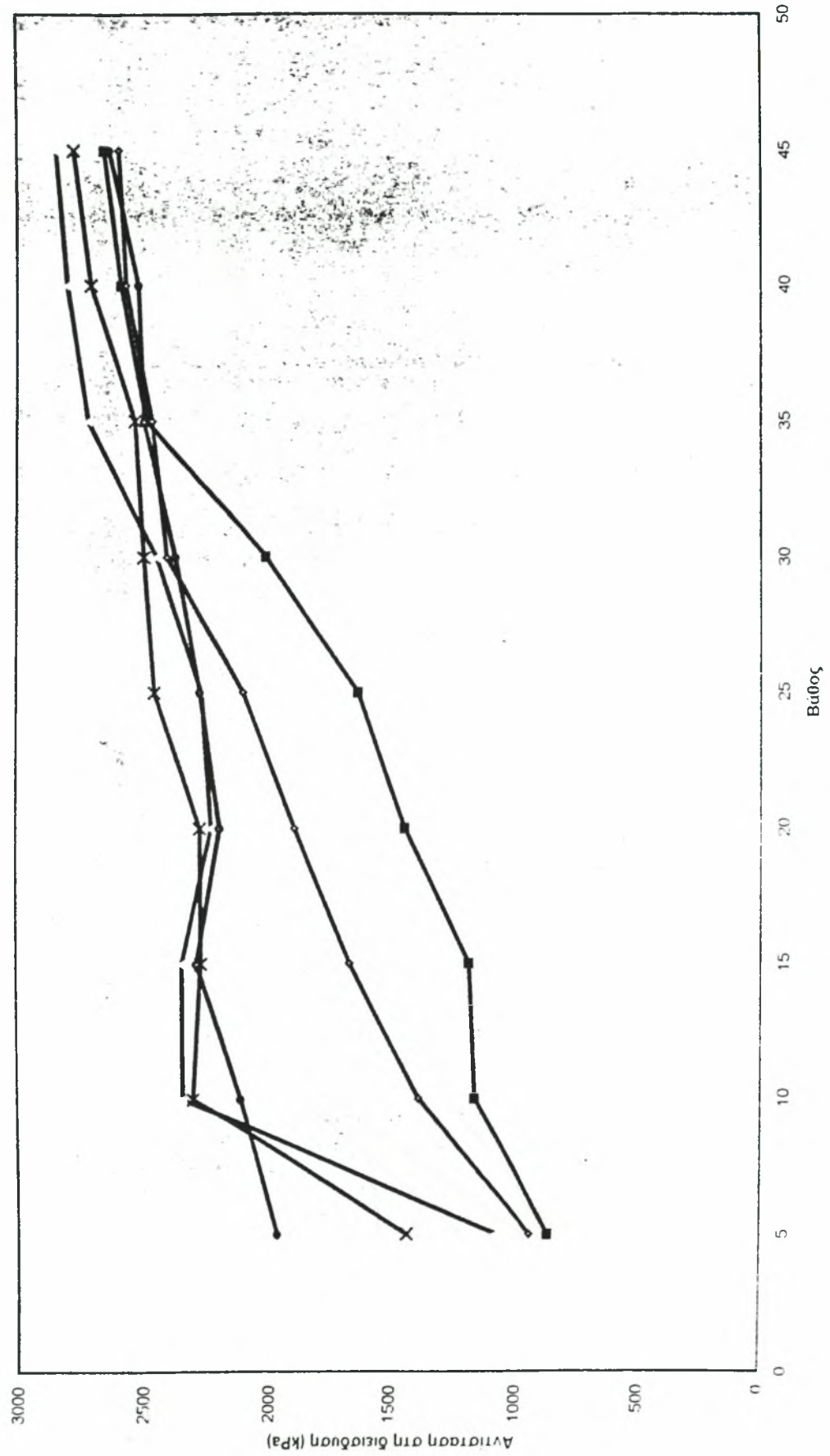
Διάγραμμα 6. Αντοχή του εδάφους στην διάτμηση στις 23/5/97



Διάγραμμα 7. Αντοχή του εδάφους στην διάτμηση στις 20/6/97

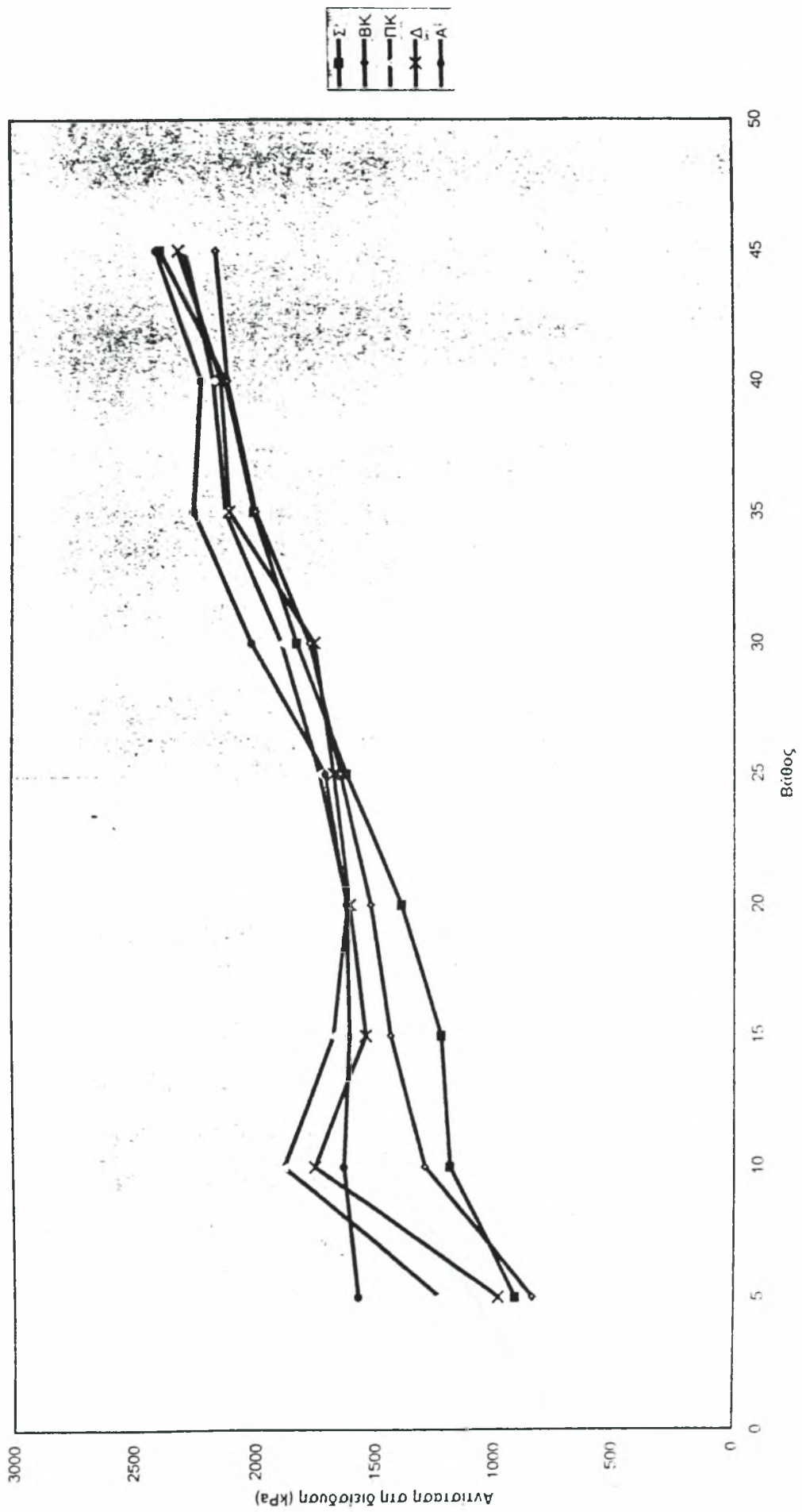


Διάγραμμα 8. Αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση στις 17/6/97



Legend:
● BK
○ PK
▲ Δ
■ A
x (unlabeled)

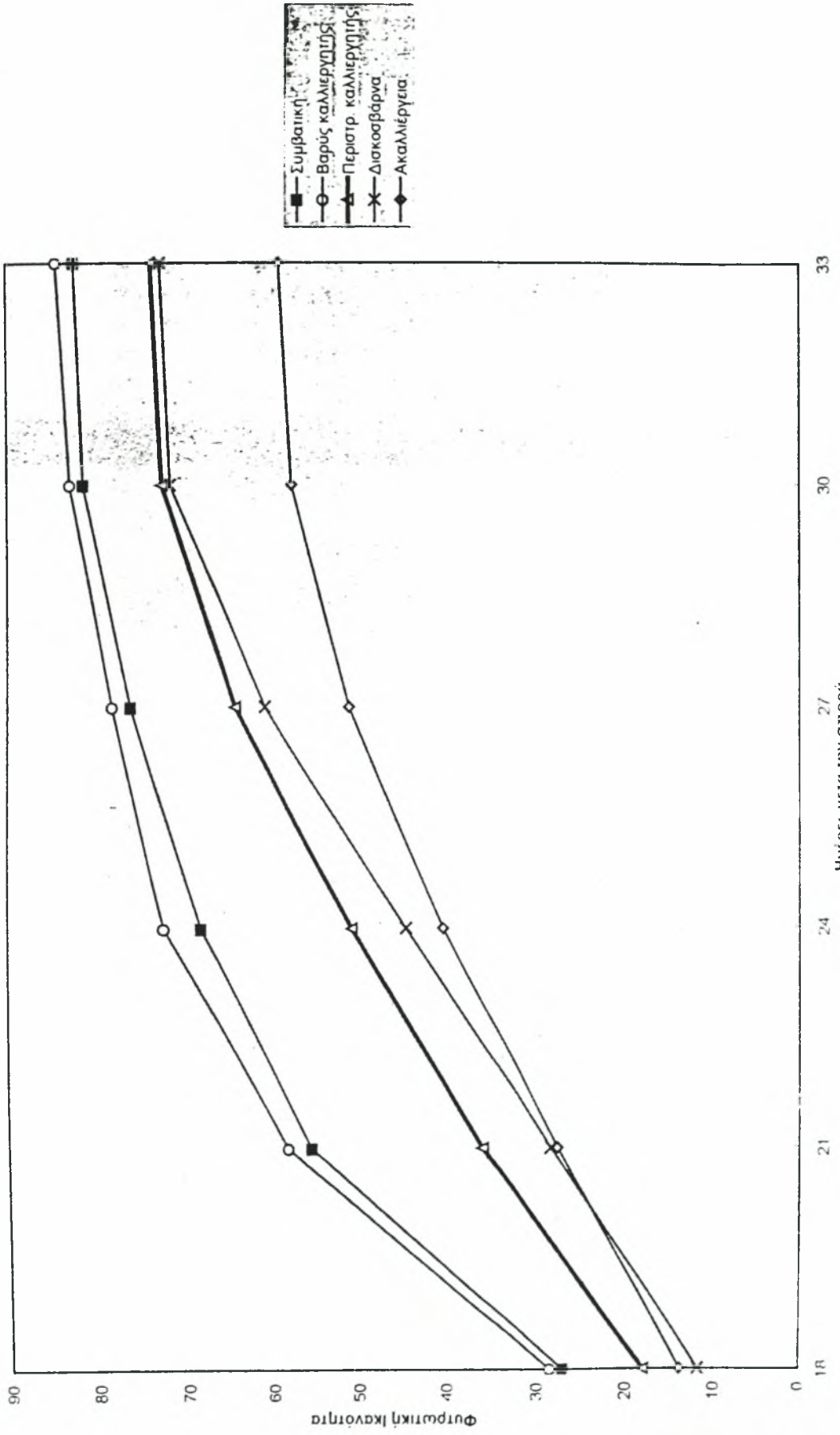
Διάγραμμα 9. Αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση στις 20/7/97



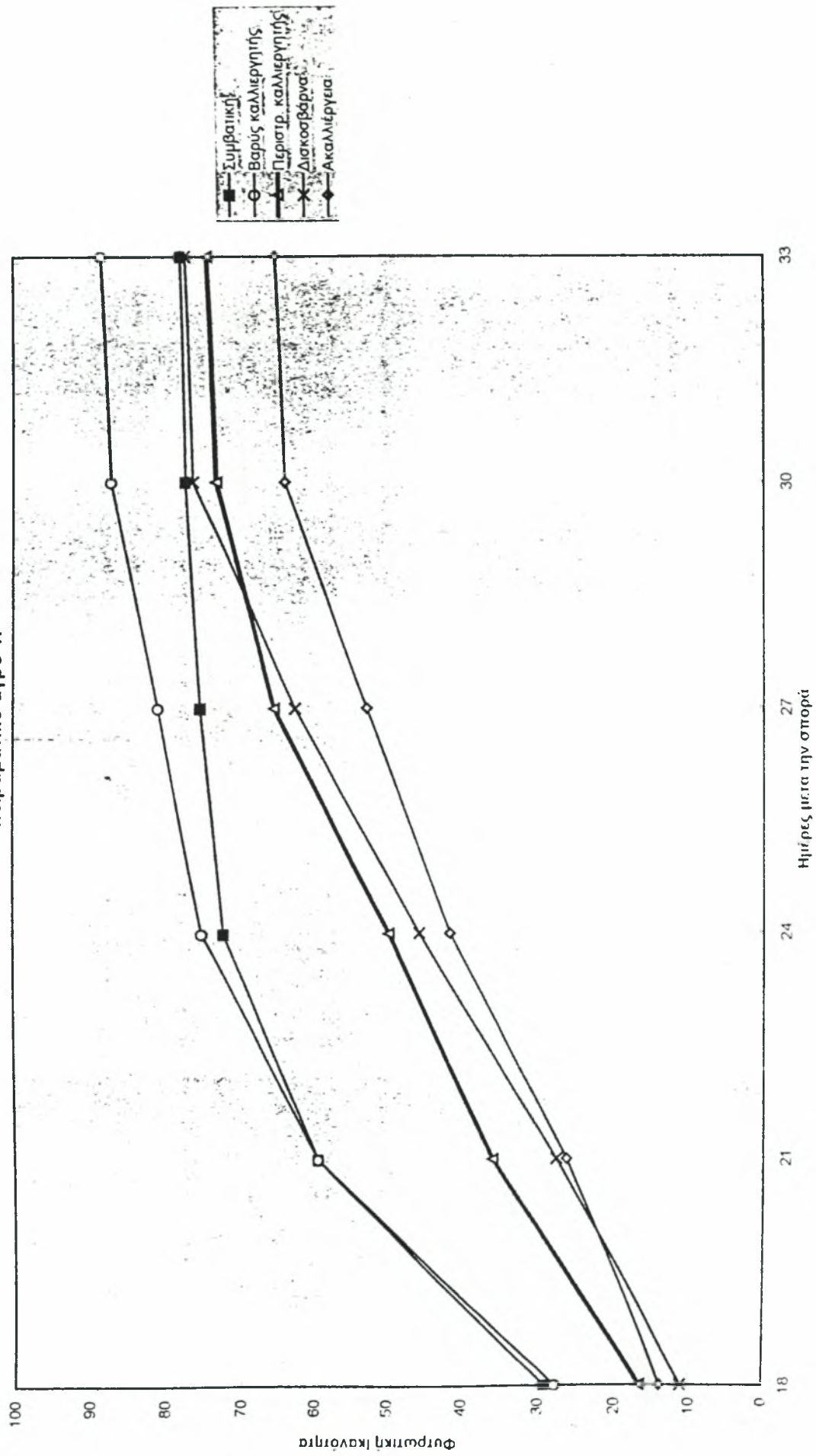
Διάγραμμα 10. Εξέλιξη του φυτώματος του καλαμποκιού στους 2 πειραματικούς αγρούς



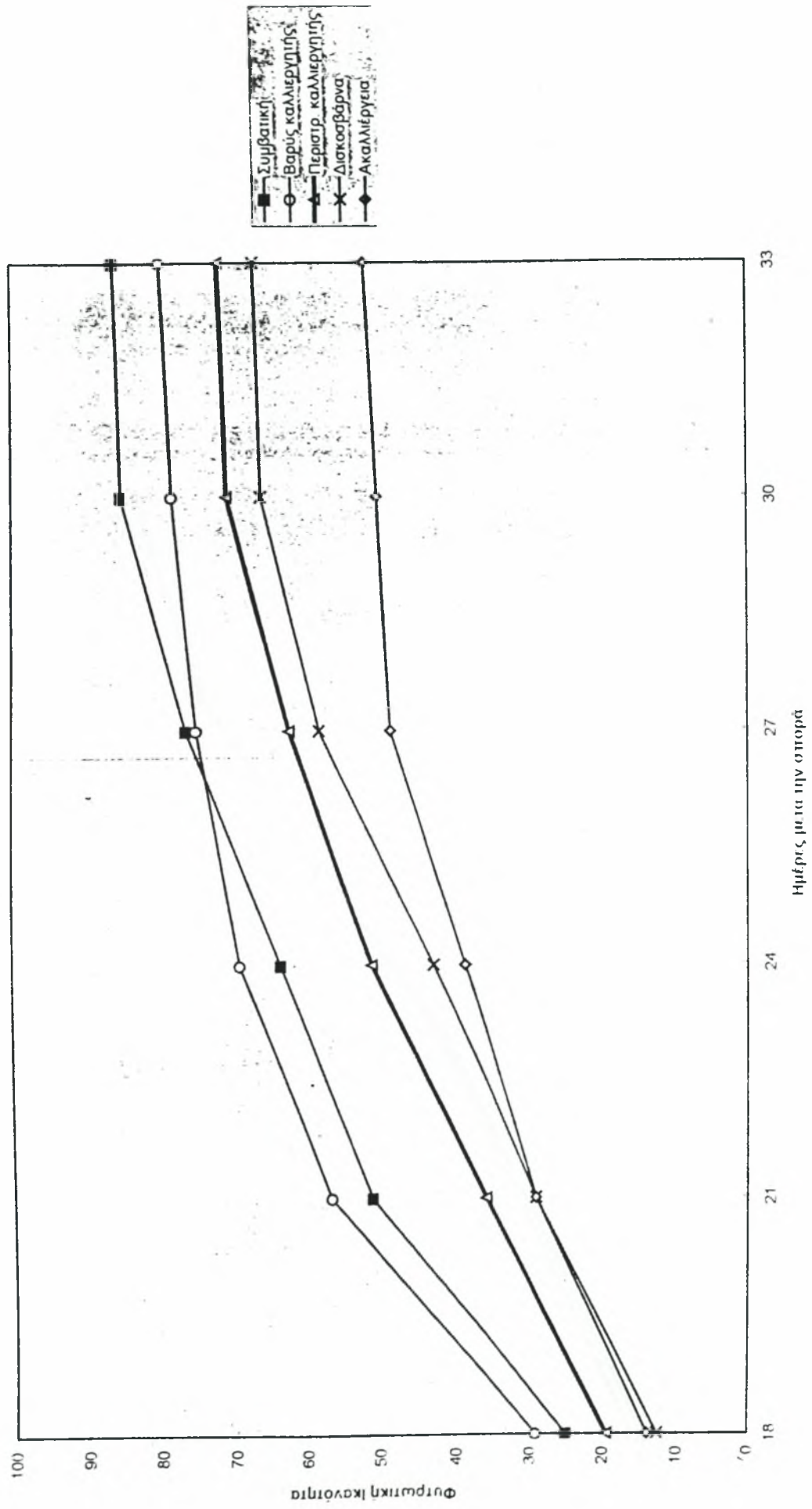
Διάγραμμα 11. Εξέλιξη του φυτώματος του καλαμποκιού στις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους



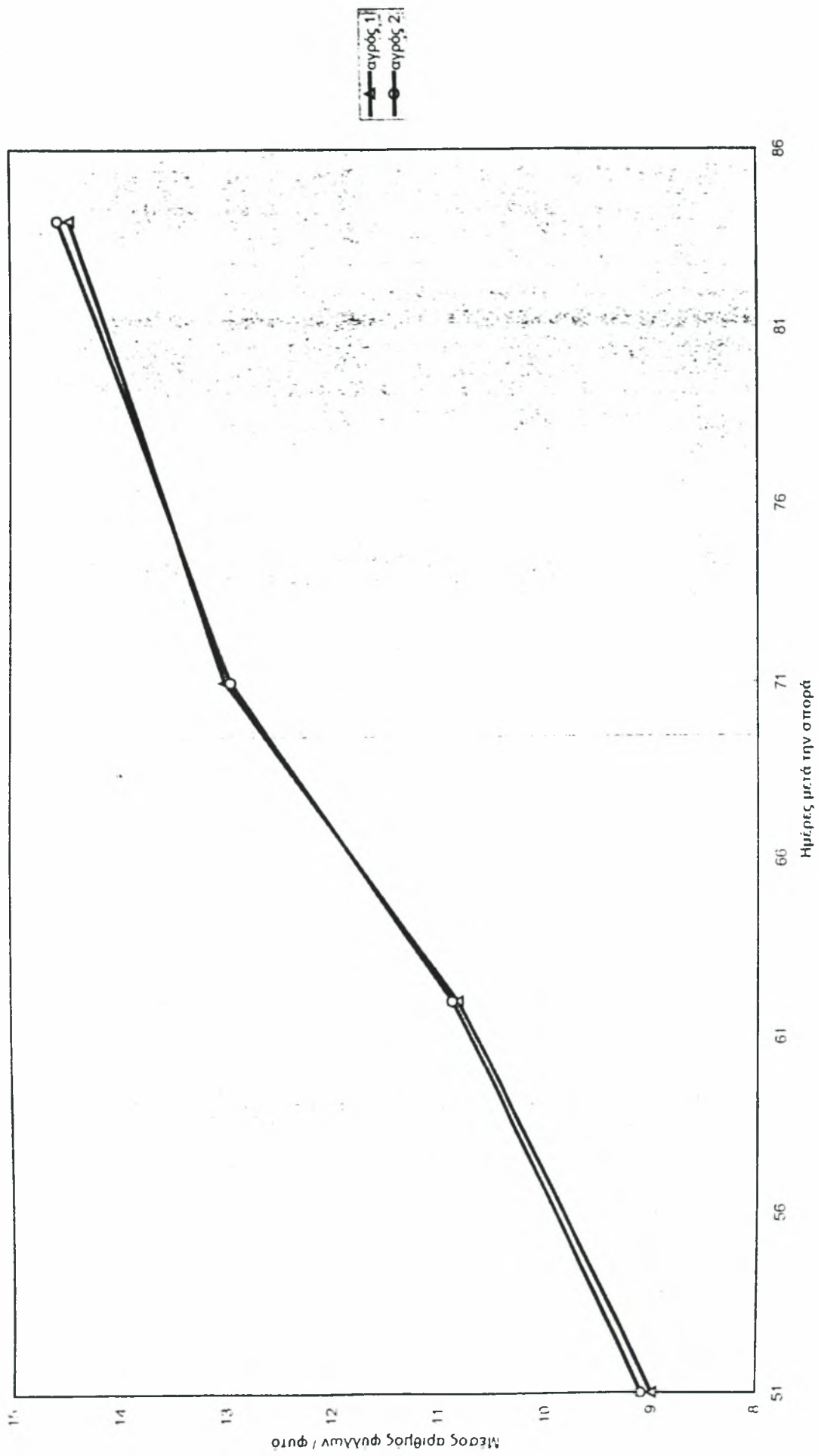
Διάγραμμα 12. Εξέλιξη του φυτρώματος του καλαμποκιού για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στον πειραματικό αγρό 1.



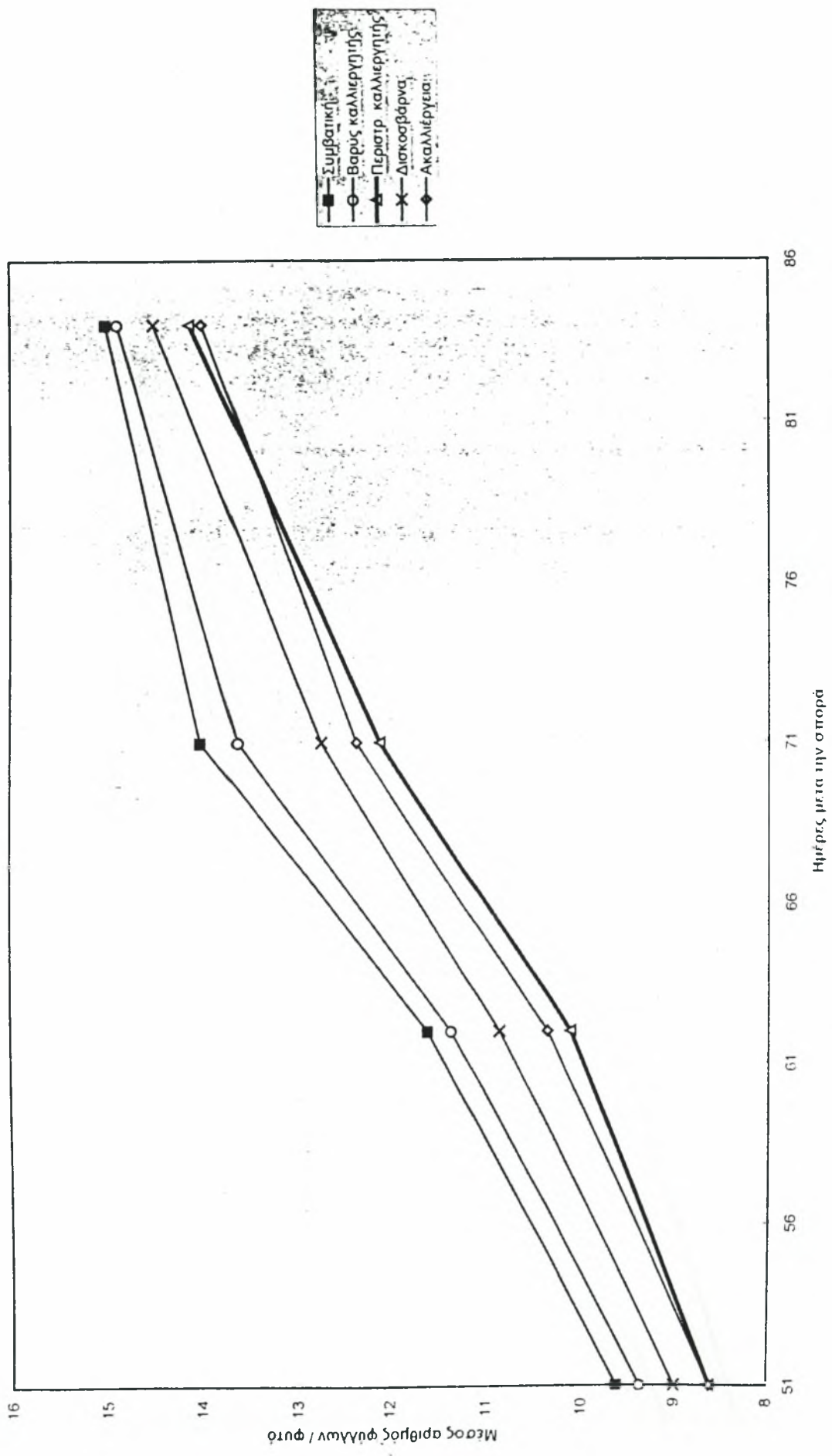
Διάγραμμα 13. Εξέλιξη του φυτρώματος του καλαμποκιού για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στον πειραματικό αγρό 2.



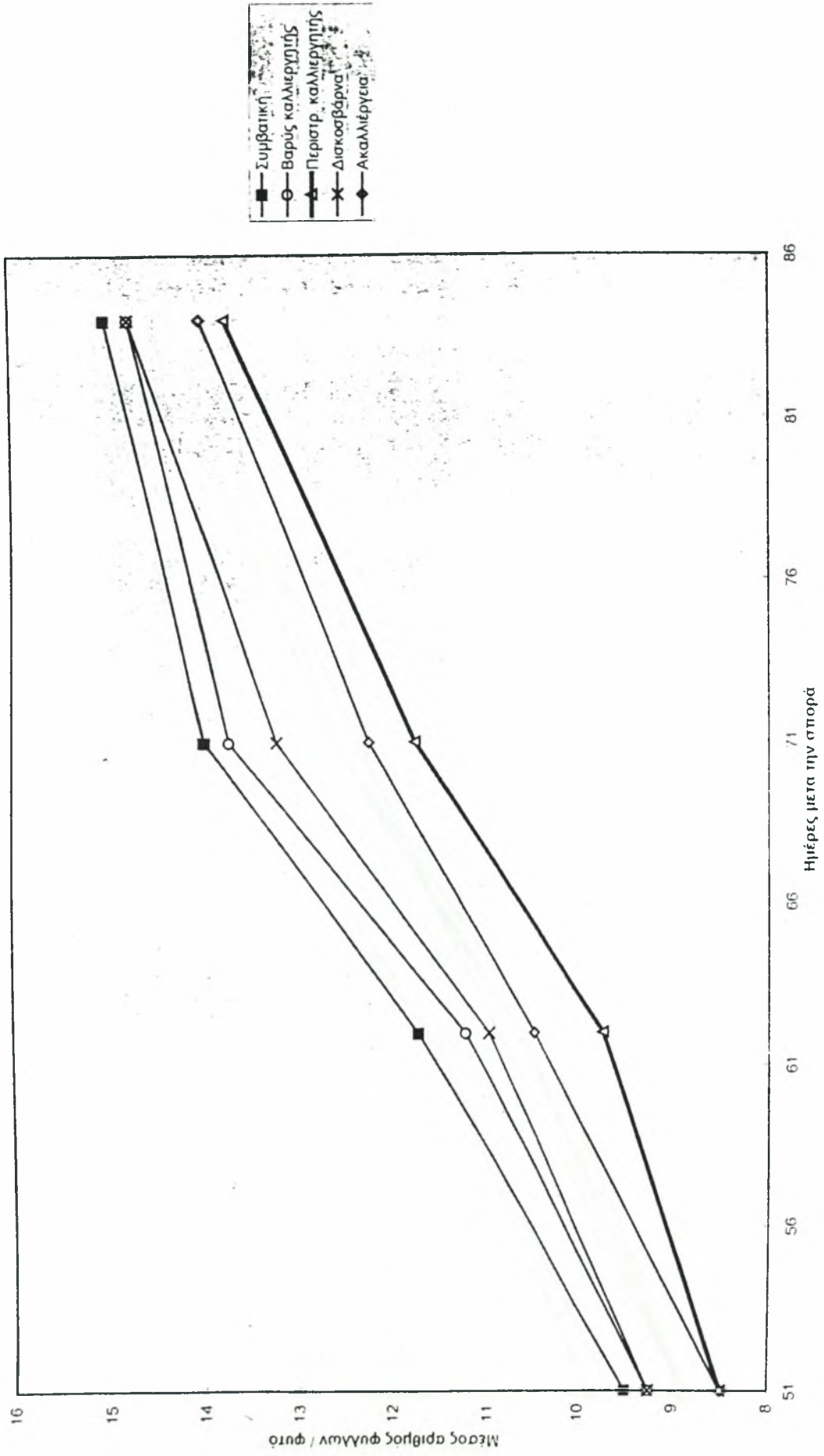
Διάγραμμα 14. Εξέλιξη του αριθμού των φύλλων του καλαμποκιού στους 2 πειραματικούς αγρούς



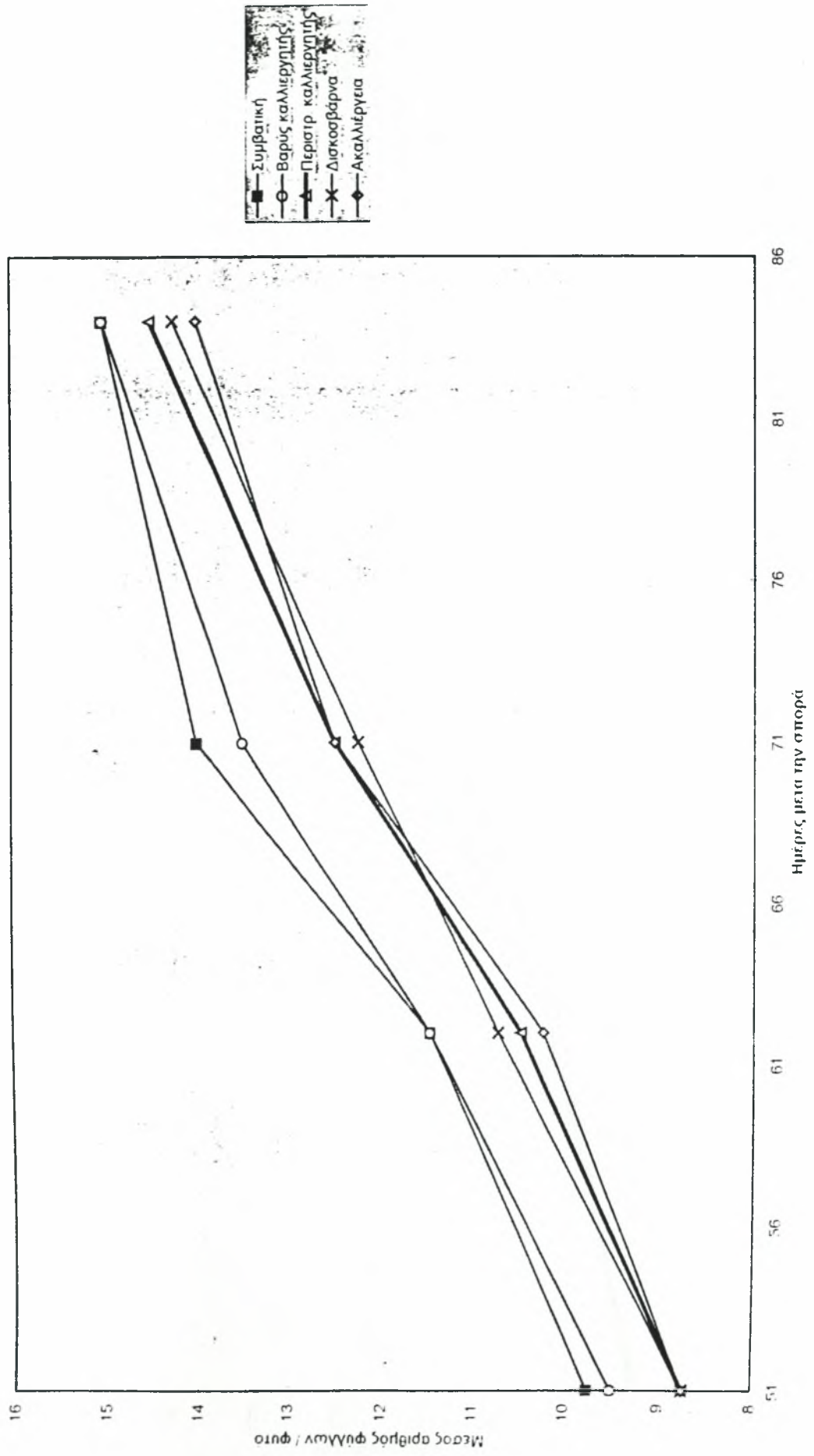
Διάγραμμα 15. Εξέλιξη του αριθμού των φύλλων του καλαμποκιού στις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους



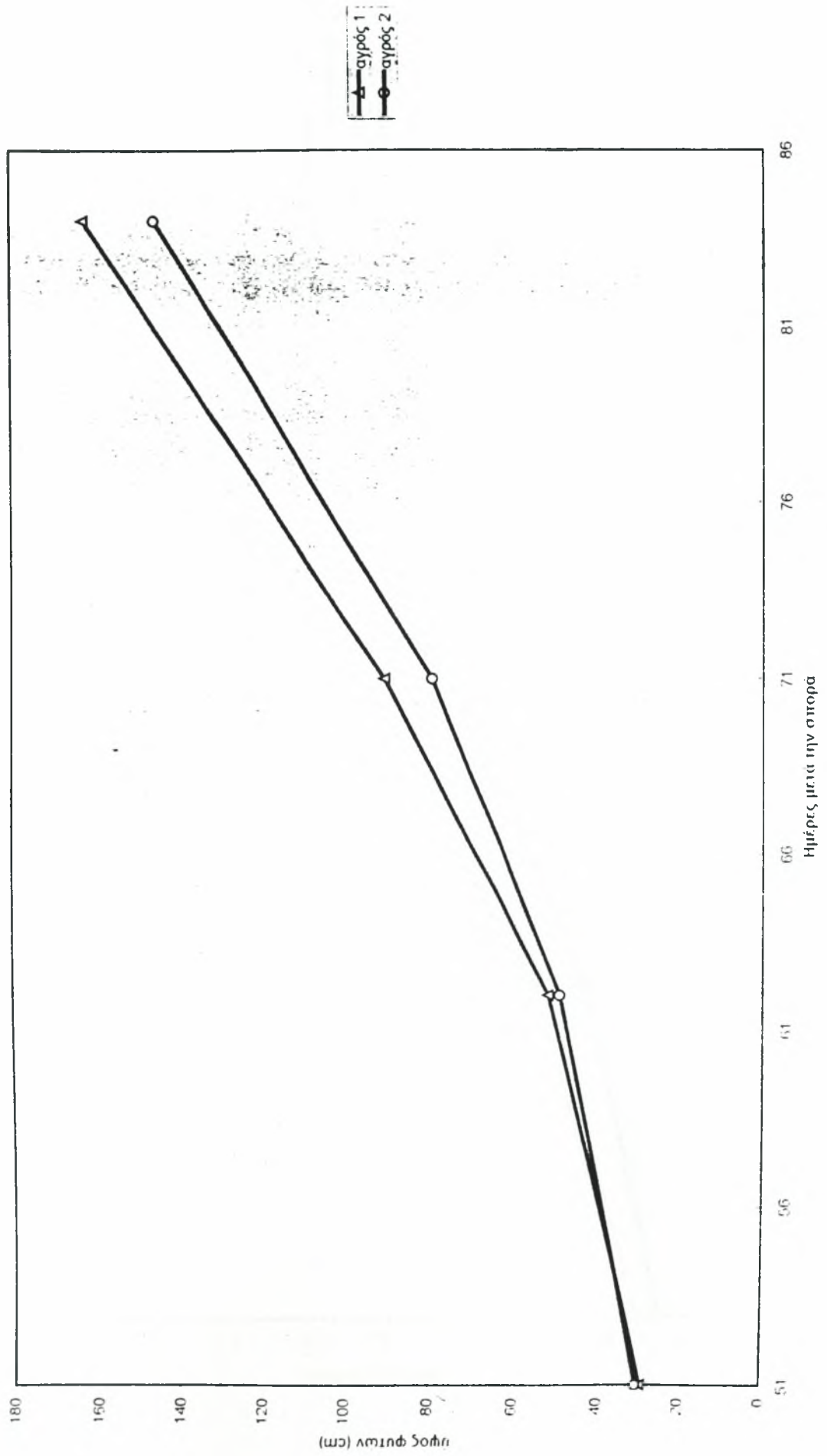
Διάγραμμα 16. Εξέλιξη του αριθμού των φύλλων του καλαμποκιού για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στον πειραματικό αγρό 1.



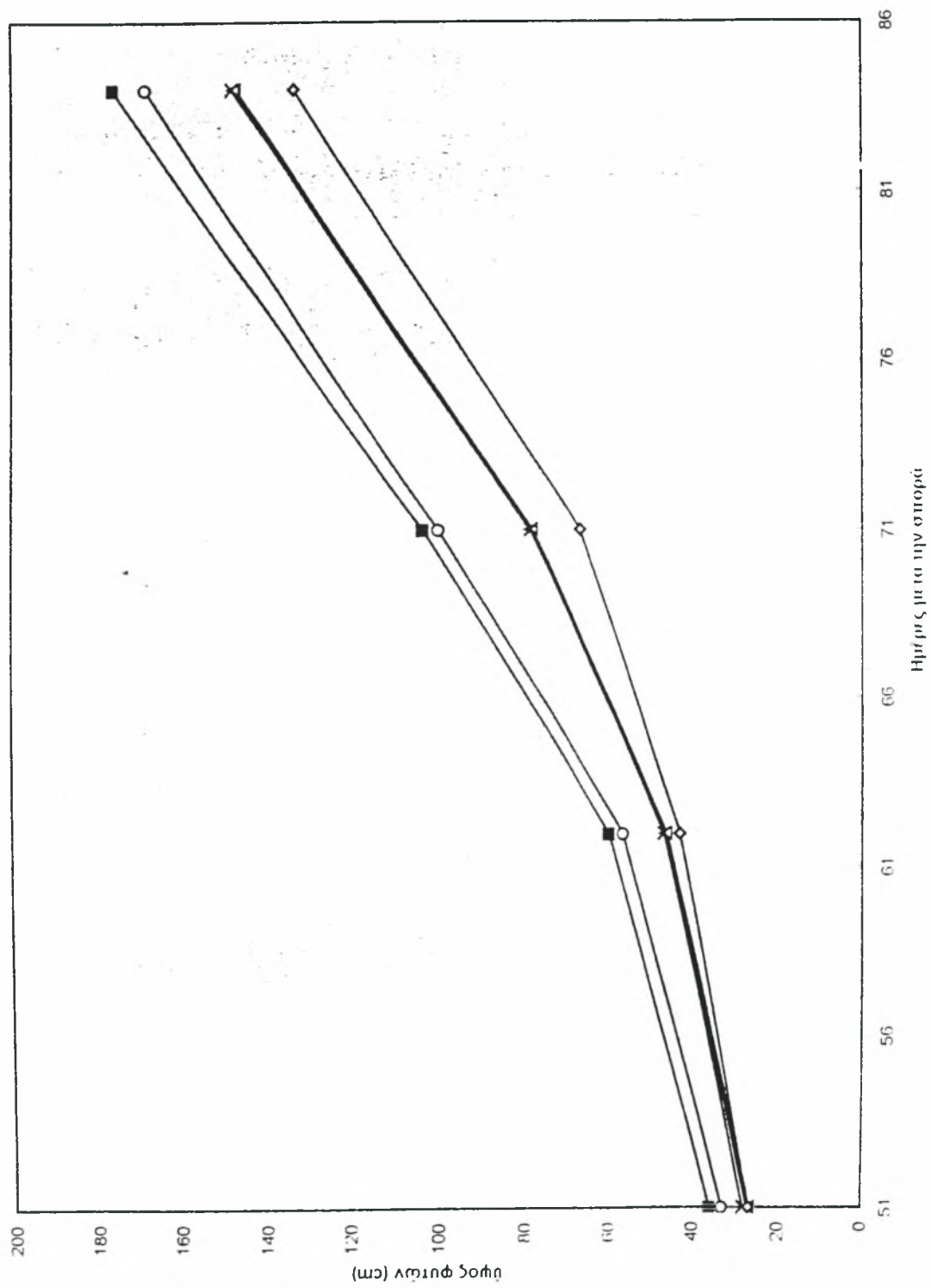
Διάγραμμα 17. Εξέλιξη του αριθμού των φύλλων του καλαμποκιού για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στον πειραματικό αγρό 2.



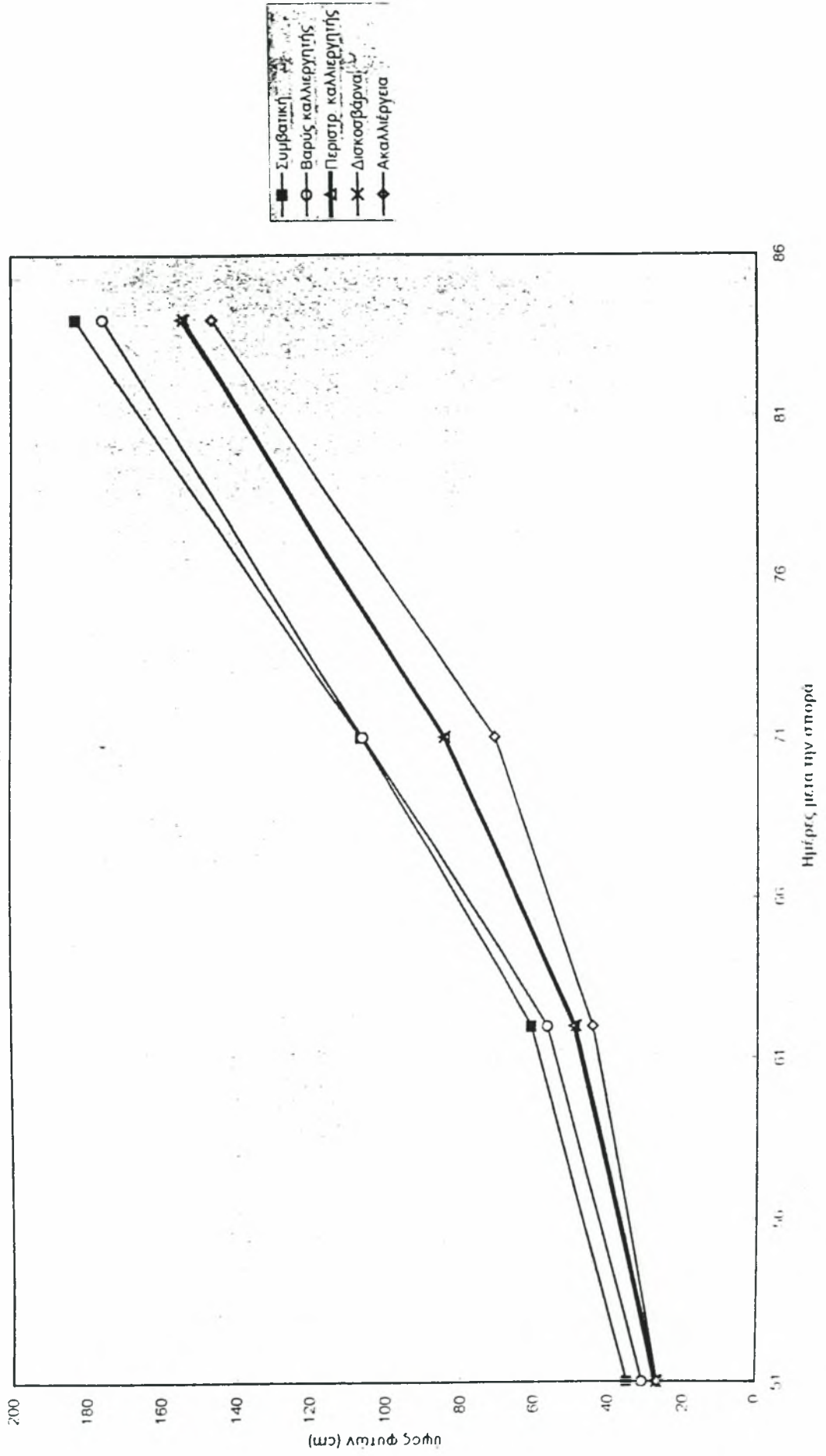
Διάγραμμα 18. Εξέλιξη του ύψους του καλαμποκιού στους 2 πειραματικούς αγρούς



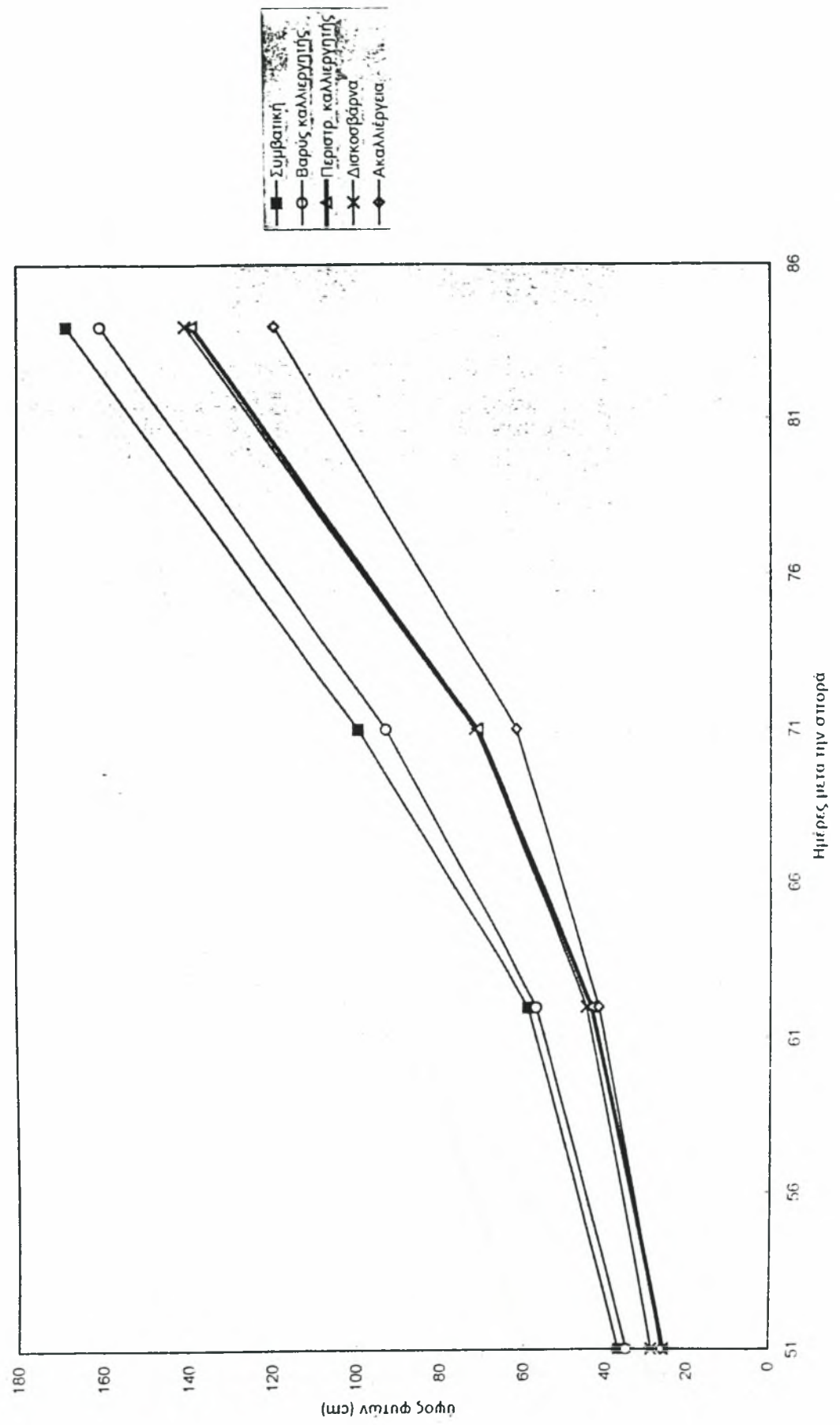
Διάγραμμα 19. Εξέλιξη του ύψους του καλαμποκιού στις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους



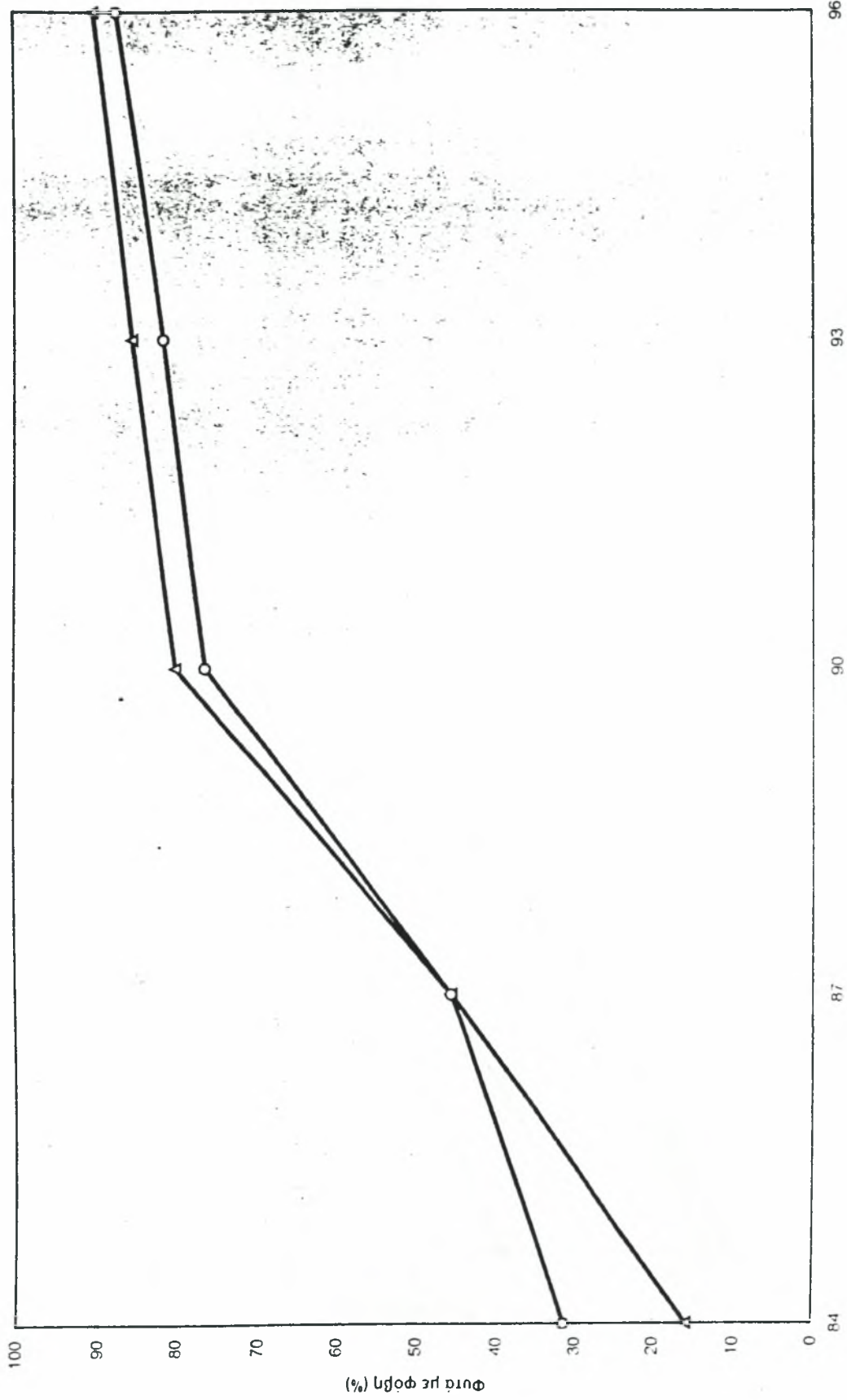
Διάγραμμα 20. Εξέλιξη του ύψους του καλαμποκιού για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στον πειραματικό αγρό 1.



Διάγραμμα 21. Εξέλιξη του ύψους του καλαμποκιού για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στον πειραματικό αγρό 2.

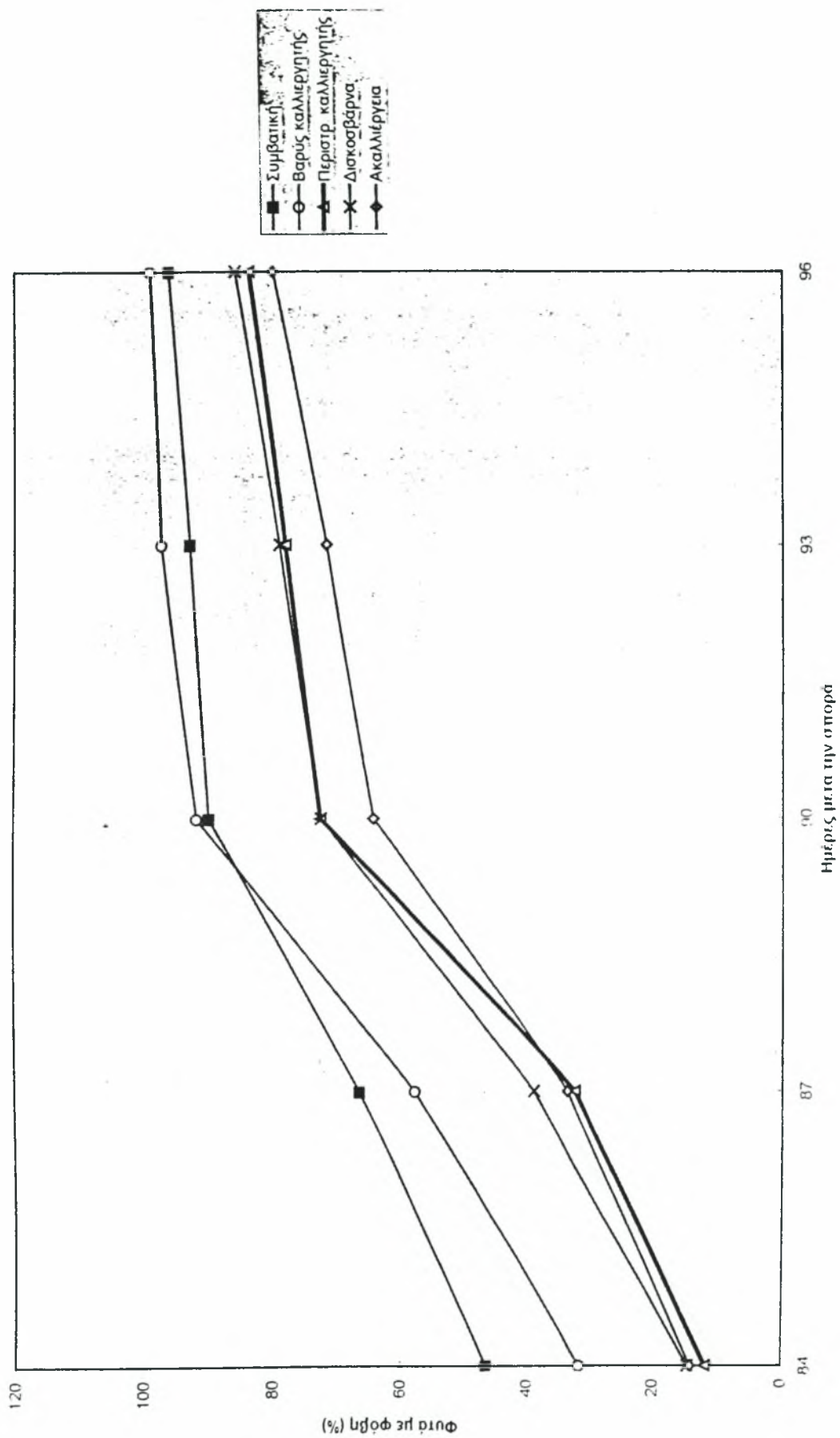


Διάγραμμα 22. Εξέλιξη της εμφάνισης της αρσενικής ταξιανθίας του καλαμποκιού στους 2 πειραματικούς αγρούς

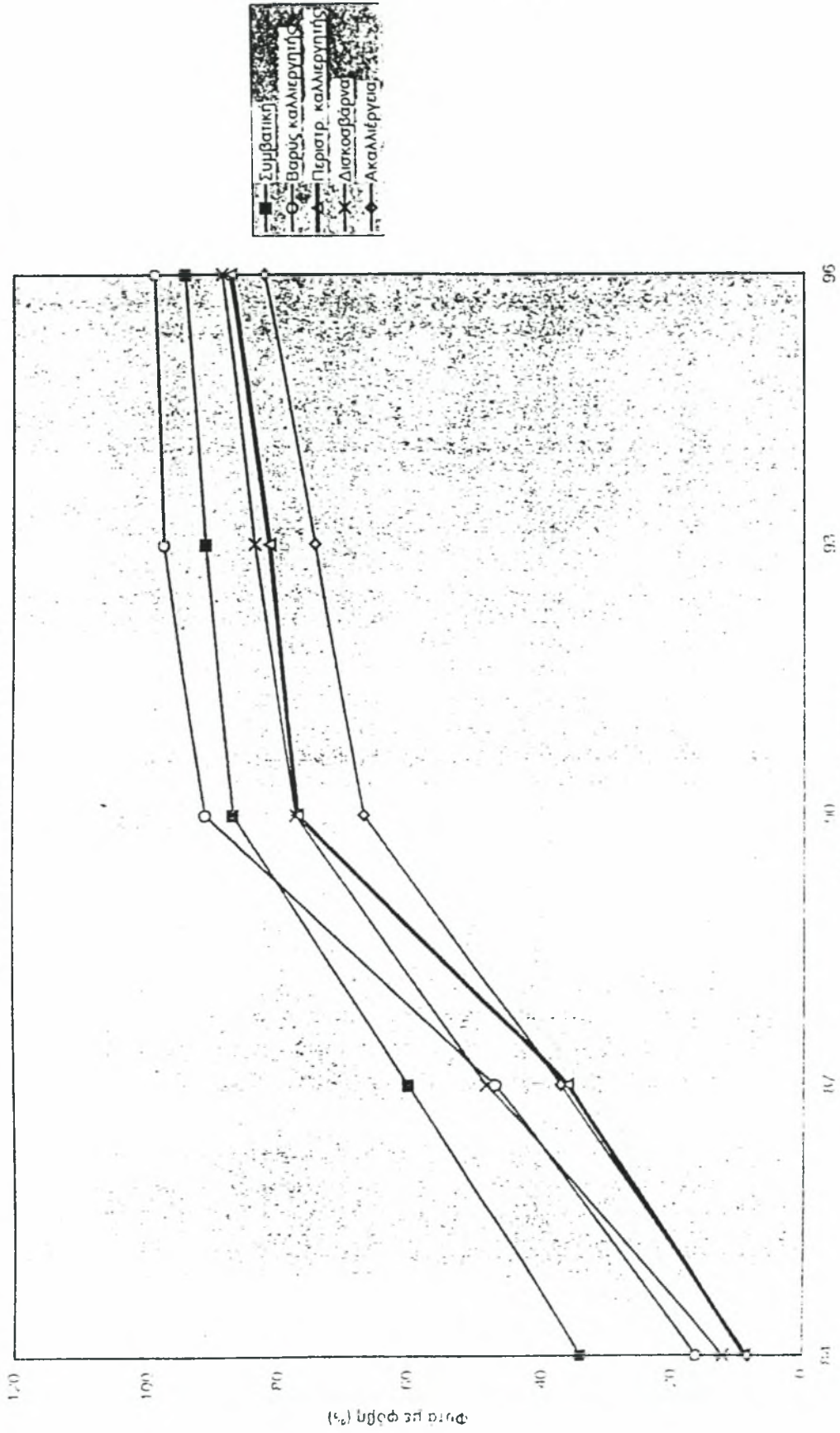


Πειραματικός αγρός 1
Πειραματικός αγρός 2

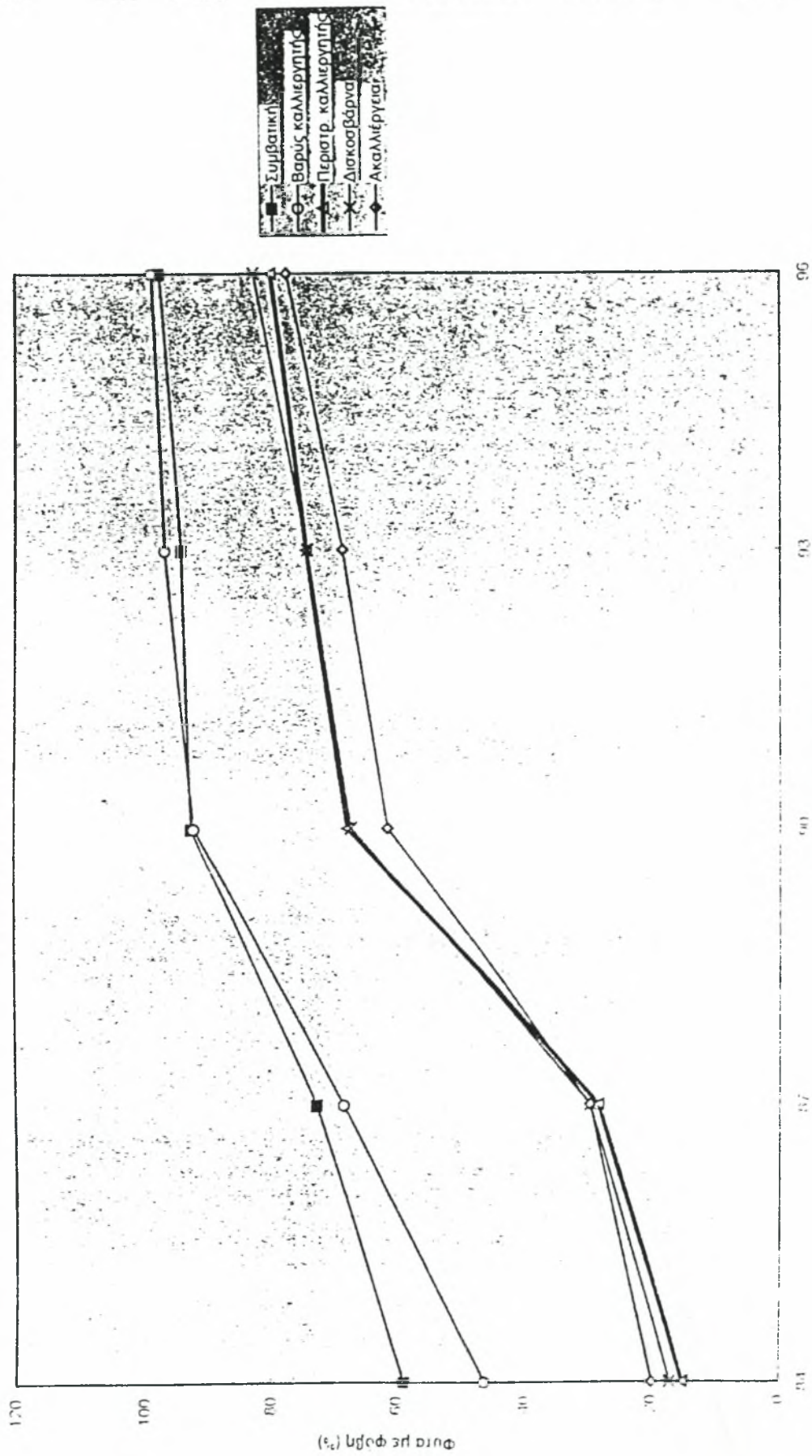
Διάγραμμα 23. Εξέλιξη της εμφάνισης της αρσενικής ταξιανθίας του καλαμποκιού στις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους



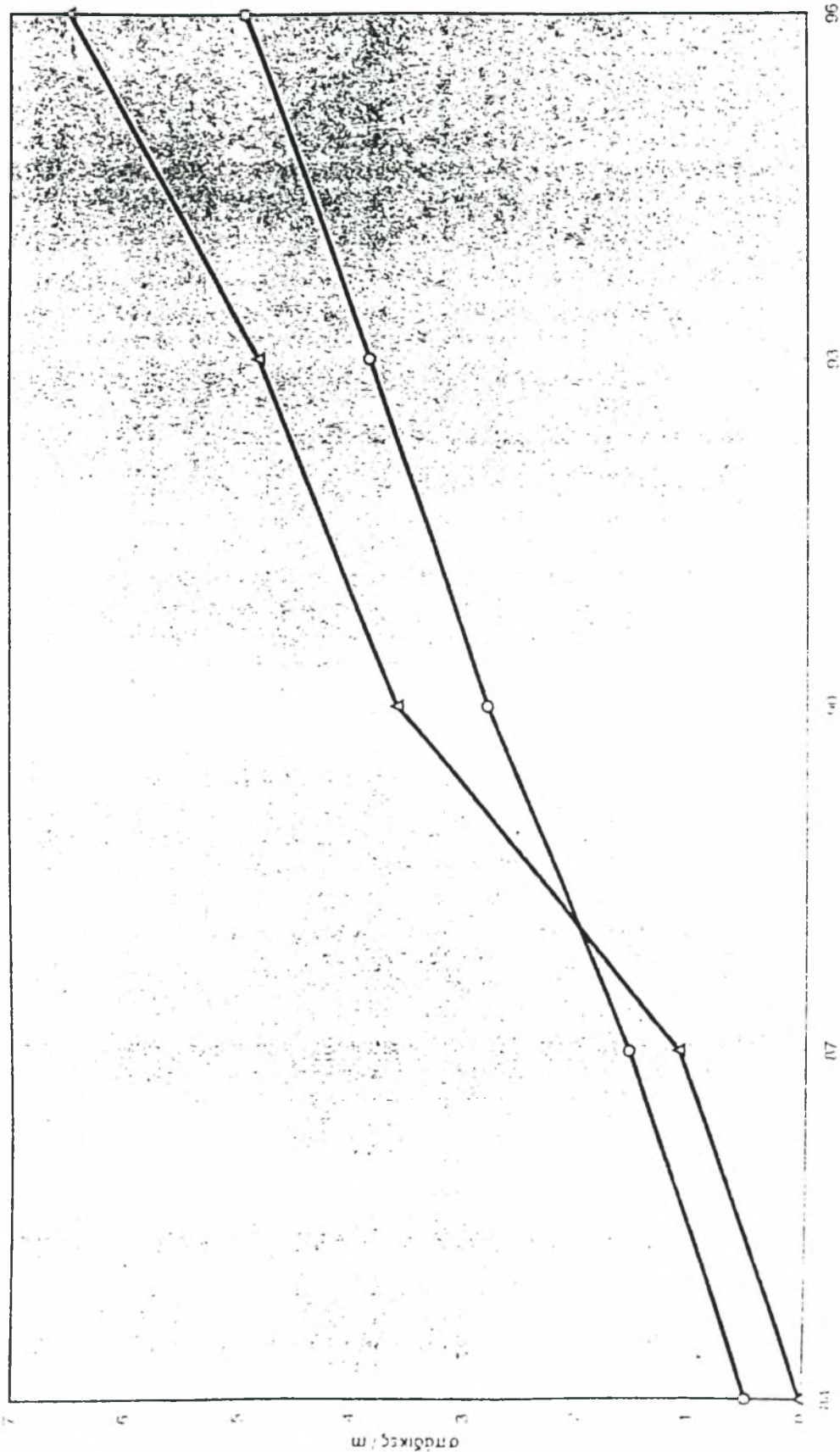
Διάγραμμα 24. Εξέλιξη της εμφάνισης της αρσενικής ταξιανθίας του καλαμποκιού για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στον πειραματικό αγρό 1.



Διάγραμμα 25. Εξέλιξη της εμφάνισης της αρσενικής ταξινόμησης του καλαμποκιού για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στον πειραματικό αγρό 2.



Διάγραμμα 26. Εξέλιξη της εμφάνισης σπιδίκων στο καλαμπόκι στους 2 πειραματικούς αγρούς



Πειραματικός αγρός 1
Πειραματικός αγρός 2

96

93

90

87

84

Πειραματικός αγρός 1
Πειραματικός αγρός 2

σπιδίκες / m

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

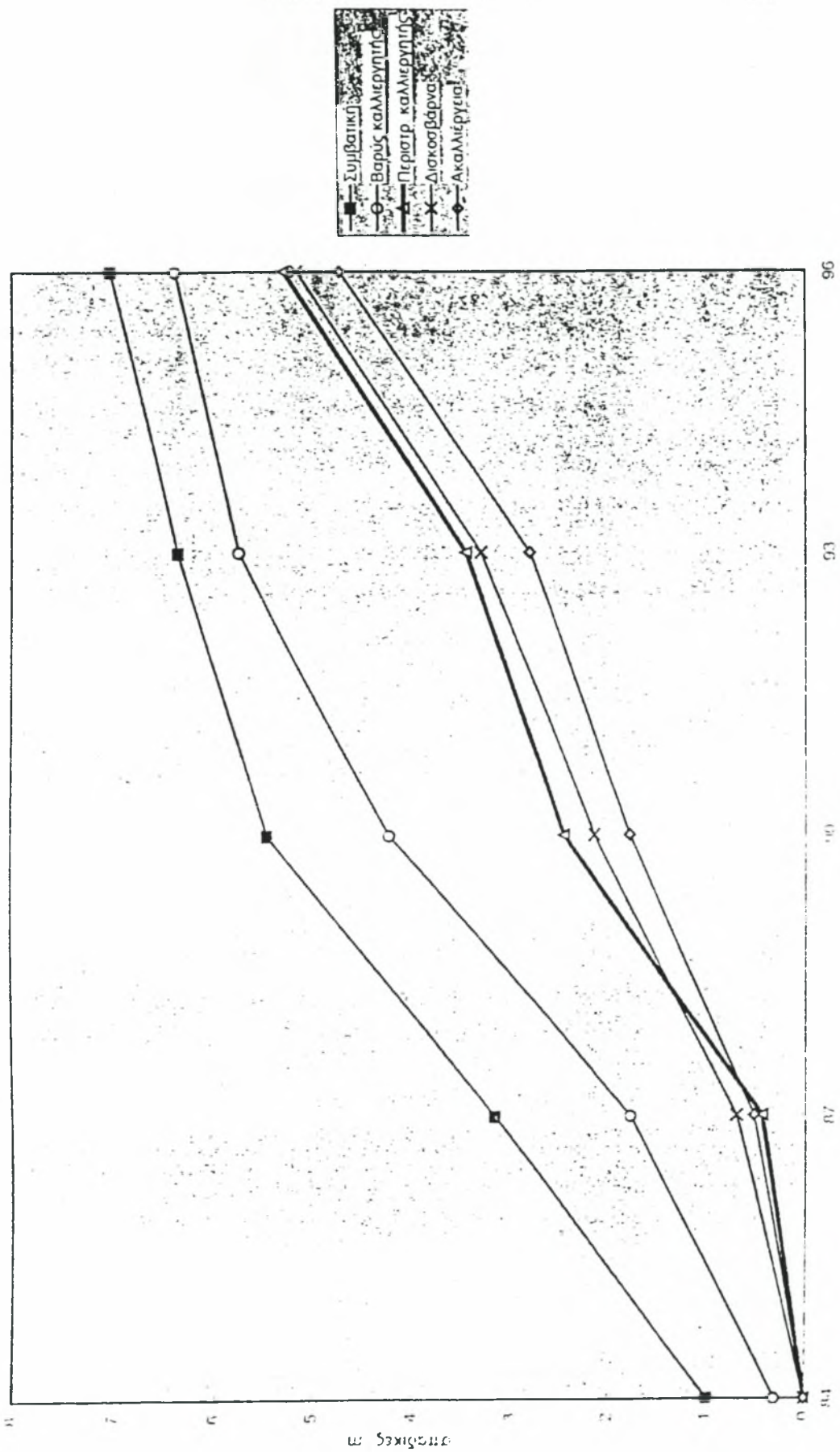
287

288

289

290

Διάγραμμα 27. Εξέλιξη της εμφάνισης σπυδαίων στο καλαμπόκι στις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους



Ημέρες, μετά την σπορά

96

93

90

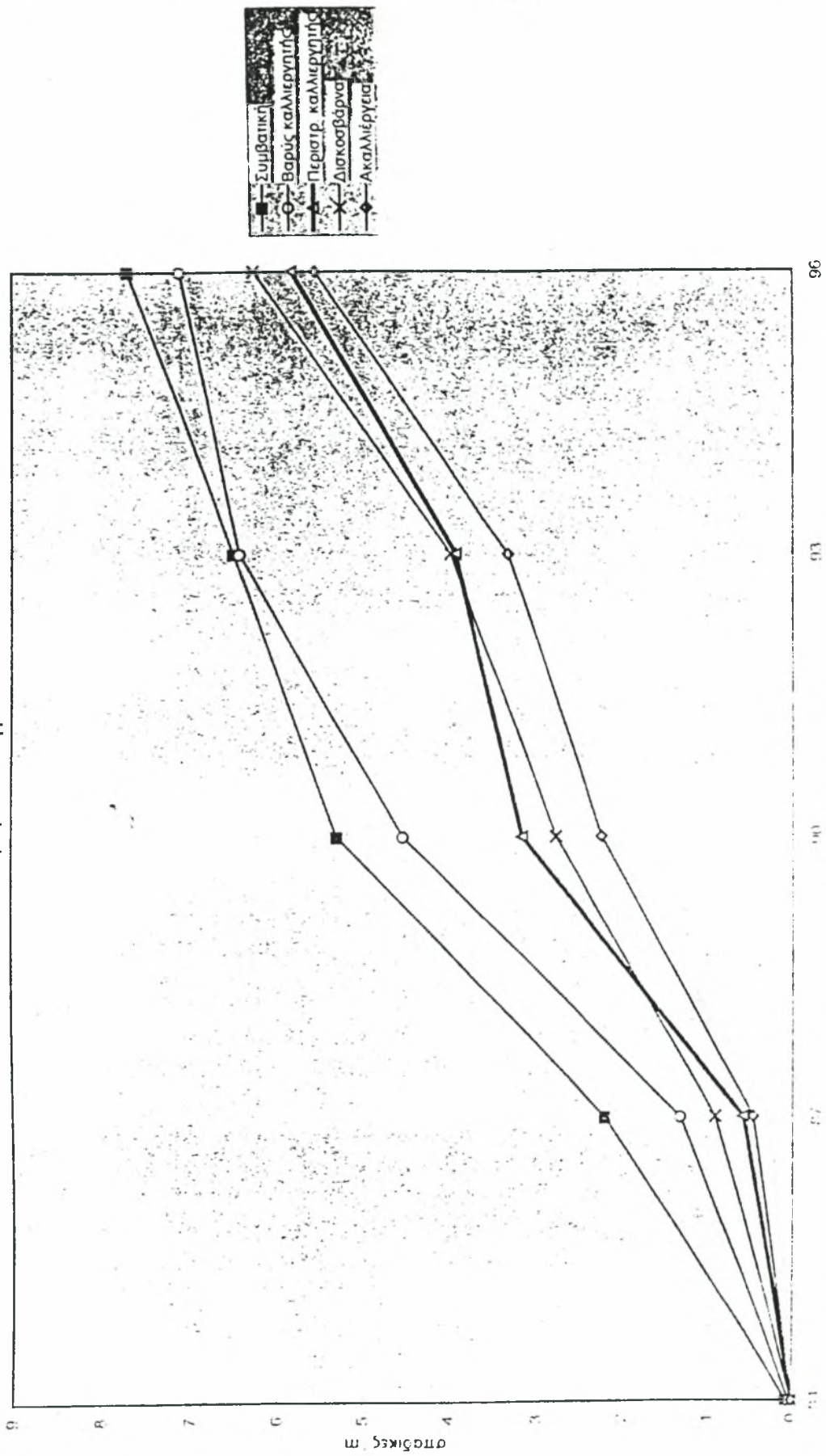
87

84

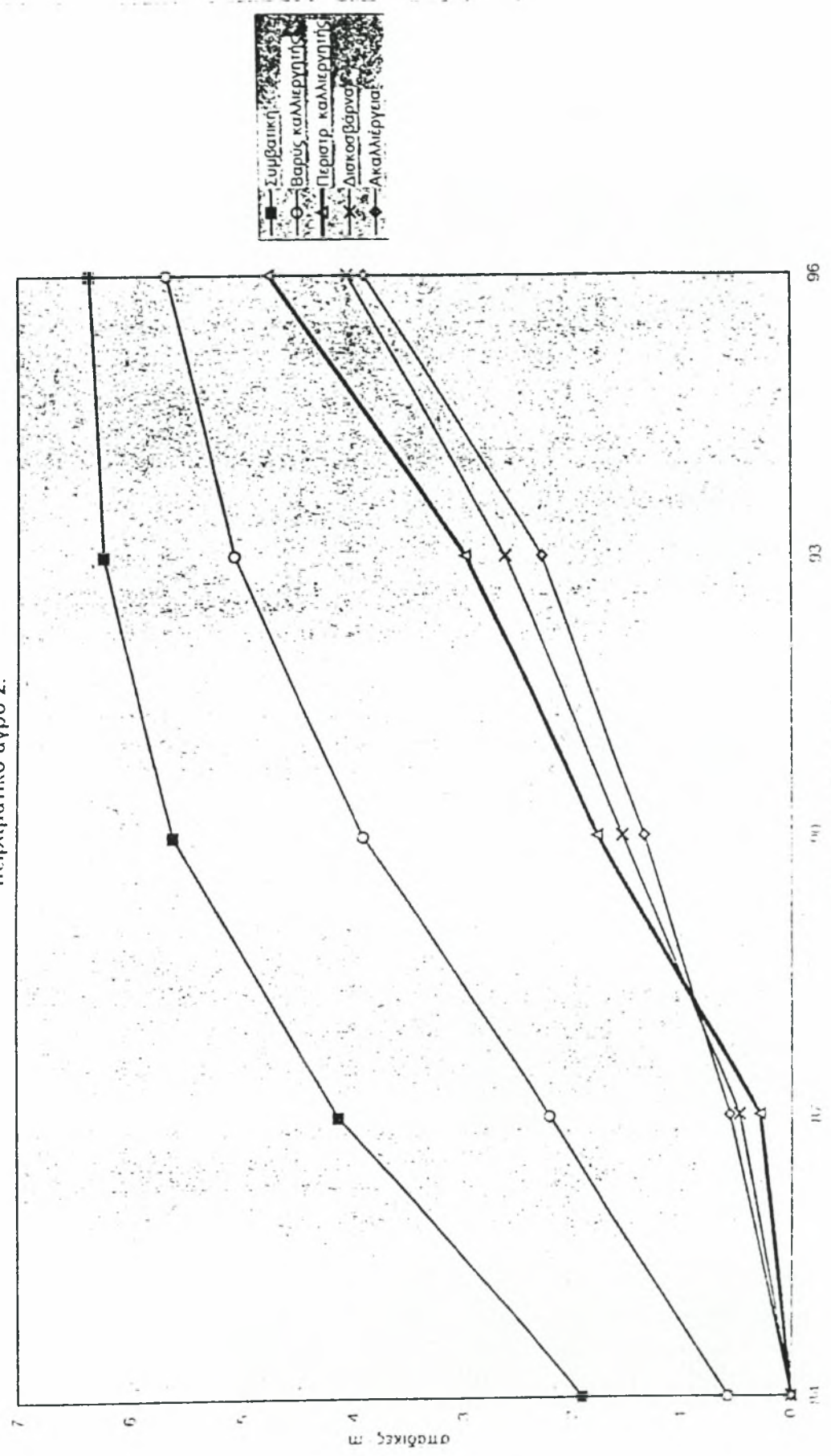
σπυδαίωση π.

■ Συμβατική
 ○ Βαρύς καλλιεργητής
 ▲ Πρισιπ
 × Διπασβάρνα
 ● Ακαλλέργεια

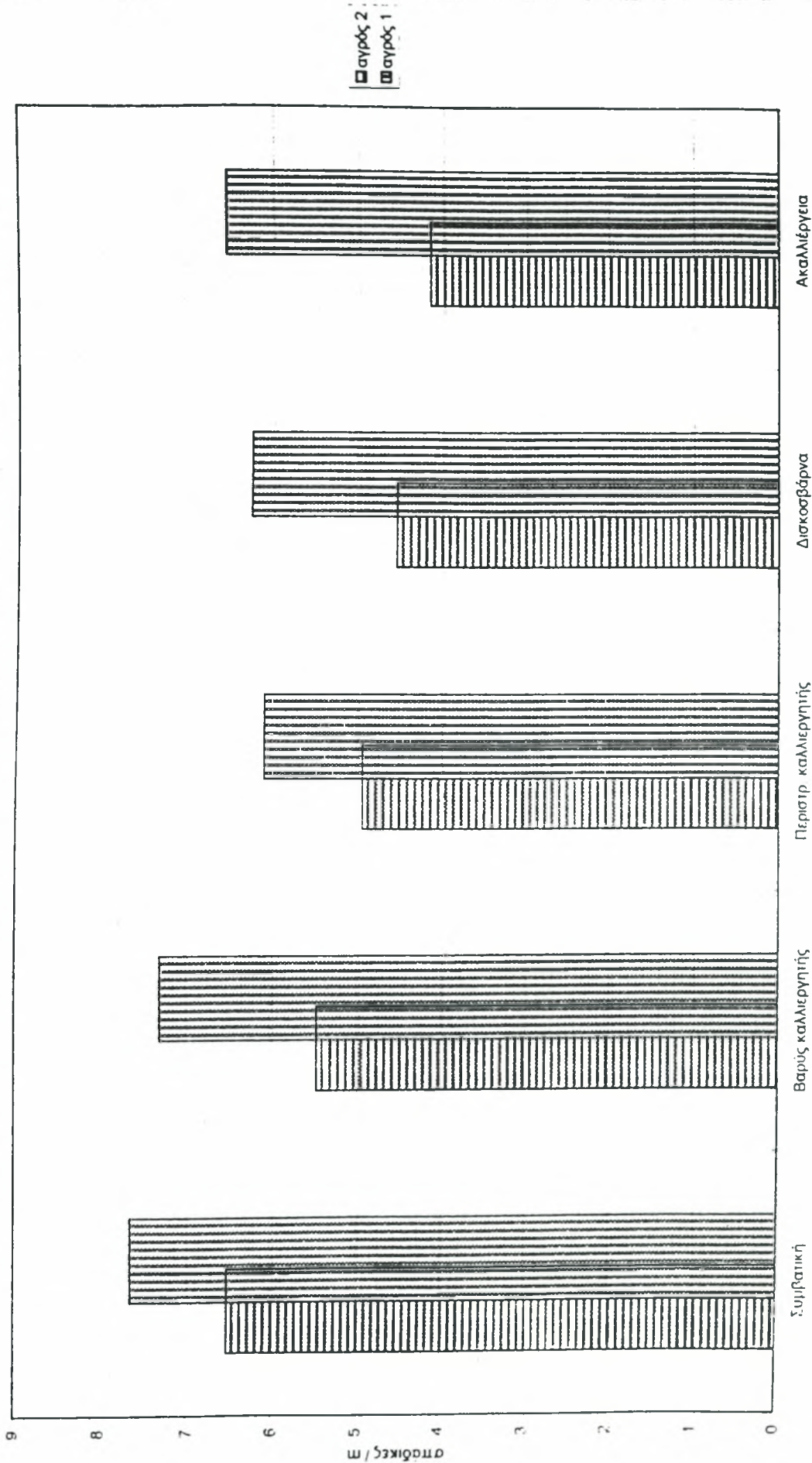
Διάγραμμα 28. Εξέλιξη της εμφάνισης σπαδικών στο καλαμπόκι για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στον πειραματικό αγρό 1.



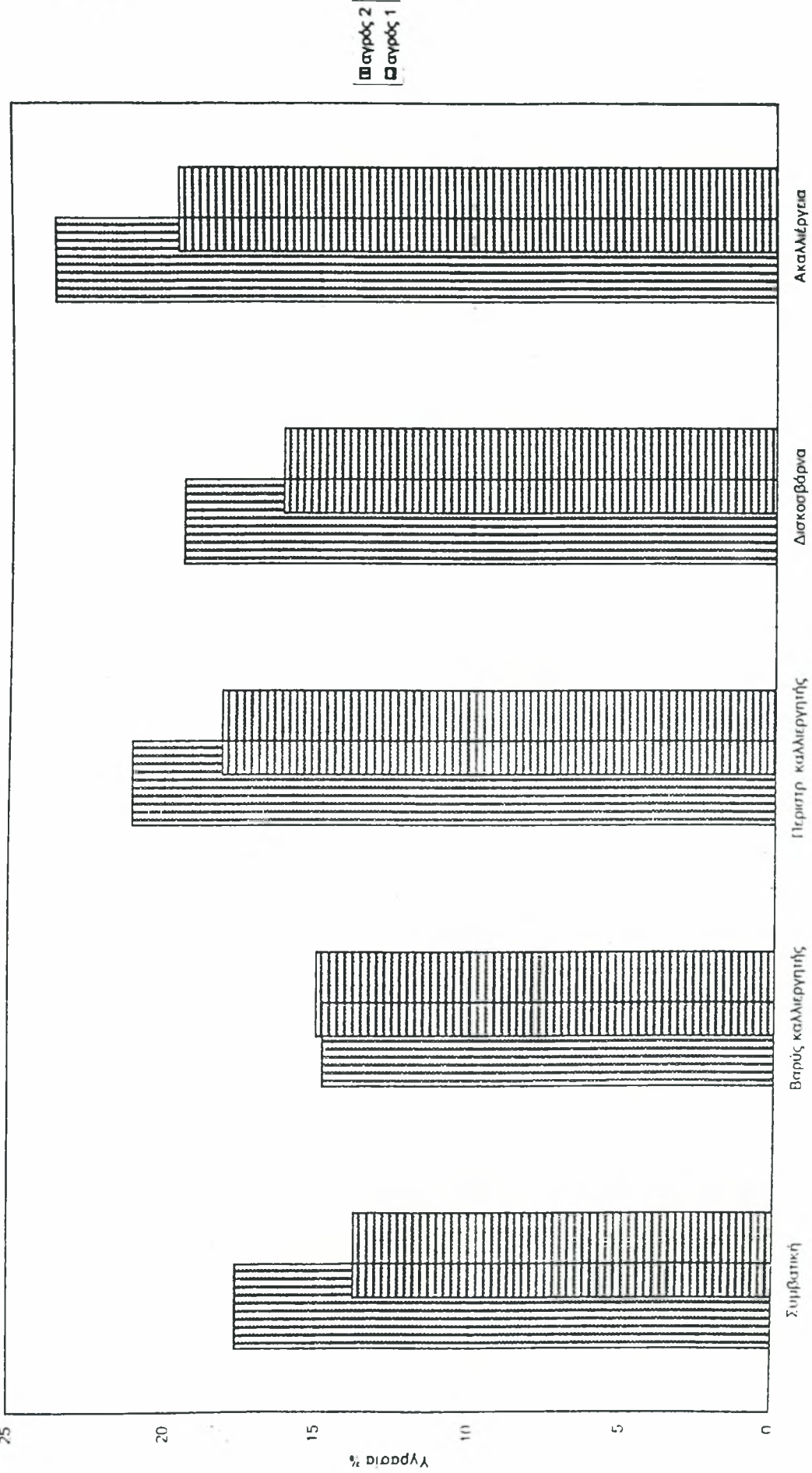
Διάγραμμα 29. Εξέλιξη της εμφάνισης σταδίων στο καλαμπόκι για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους στον περιμετρικό αγρό 2.



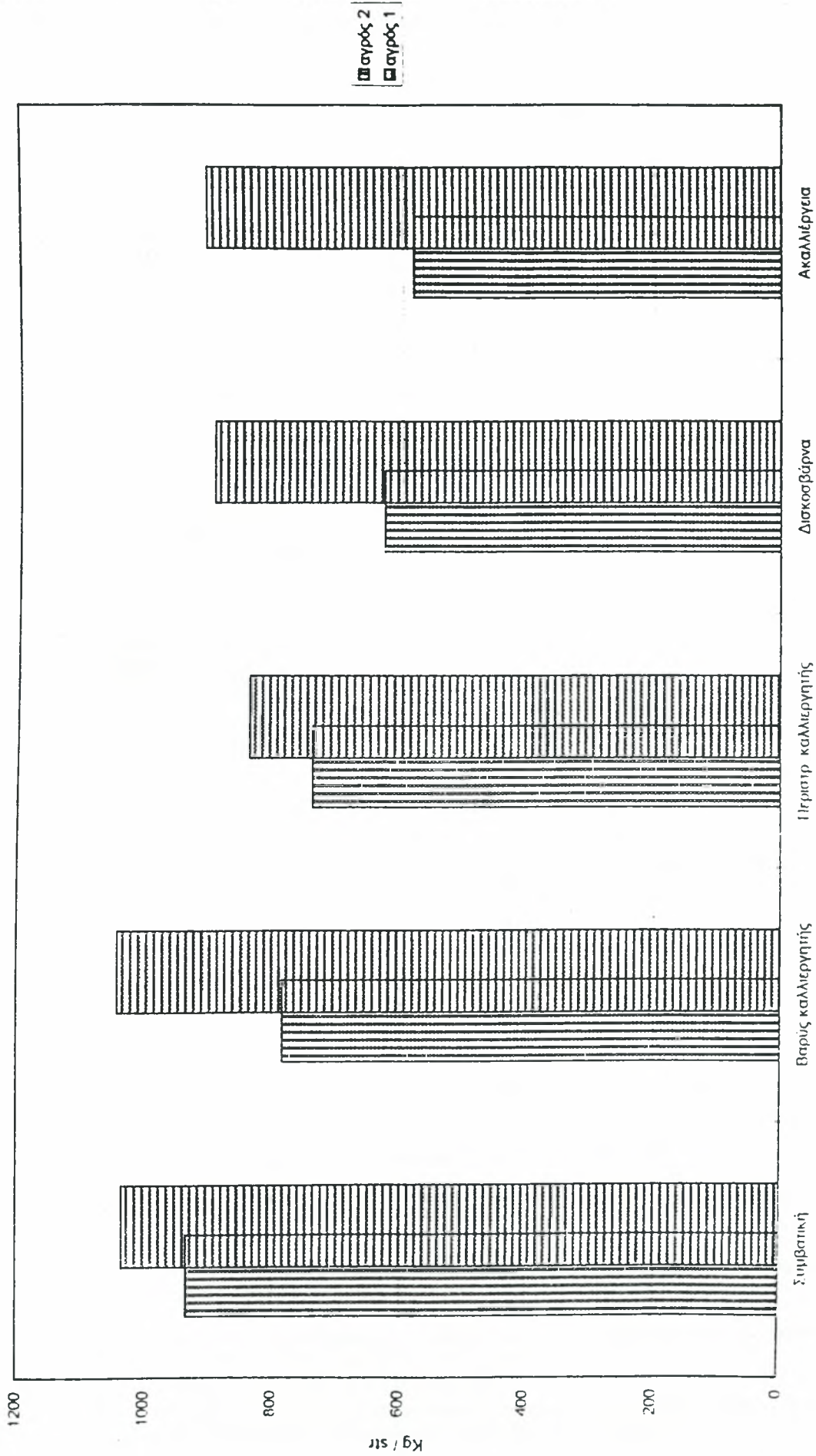
Διάγραμμα 30. Αριθμός συγκομιζόμενων σταδίων καλαμποκιού στις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους



Διάγραμμα 31. Υγρασία του σπόρου του καλαμποκιού στις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους



Διάγραμμα 32. Απόδοση σε σπύρο (υγρ. 15.2%) του καλαμποκιού για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους



Βιβλιογραφία

Μέρος 1

COMPACTION OF SOIL BY AGRICULTURAL EQUIPMENT William J. Chancellor, Professor of Agricultural Engineering, Davis University of California. Division of Agriculture Sciences BULLETIN 1881 Revised October 1997

οι πηγές που χρησιμοποίησε για την συγραφή του δημοσιεύματος ήταν οι εξής:

- Abernathy, G.H., Cannon, M.D., Carter, L.M., and Chancellor, W.J.
1975 *Tillage systems for cotton — a comparison in the US western region*. Bulletin 870. Berkeley: Division of Agricultural Sciences, University of California.
- Aboaba, F.O.
1969 Effects of time on the compaction of soils by rollers. *Transactions, ASAE* 12(3):302-04.
- Anonymous
1971 Compaction? root rot? grow it on beds. *California-Arizona Alfalfa* 1(1):4.
- ASAE
1973 Agricultural machinery management data (ASAE D230.2). *Agricultural Engineers Yearbook*. p. 319.
- Bateman, H.P.
1959 *Effects of basic tillage methods and soil compaction on corn production*. Bulletin No. 645. Urbana: Agricultural Experiment Station, University of Illinois.
1963 Effect of field machine compaction on soil physical properties and crop response. *Transactions, ASAE* 6(1):19-24.
_____, Naik, M.P., and Yoerger, R.R.
1965 Energy required to pulverize soil at different degrees of compaction. *Journal of Agricultural Engineering Research* 10(2):132-41.
- Bodman, G.B., and Constantin, G.K.
1965 Influence of particle size distribution in soil compaction. *Hilgardia* 36(15):567-91.
- Booher, L.J., and Houston, C.E.
1958 *Water holding characteristics of some California soils*. Davis: File 12.19, October 2. Cooperative Extension, Department of Water Science and Engineering, University of California.
- Bowen, H.D.
1966 Measurement of edaphic factors for determining planter specifications. *Transactions, ASAE* 9(5):725-35.
- Burnett, E., and Hauser, V.L.
1967 "Deep tillage and soil-plant-water relationships" *Tillage for greater crop production*. ASAE Publication PROC-168. St. Joseph, Michigan: ASAE. pp. 47-52.
- Carter, L.M.
1972 Personal communication regarding work plan No. C 509-17, May 15.
_____, and Colwick, R.F.
1971 Evaluation of tillage systems for cotton. *Transactions, ASAE* 14(6):1116-21.
_____, and Tavernetti, J.R.
1968 Influence of precision tillage and soil compaction on cotton yields. *Transactions, ASAE* 11(1):65-67, 73.
- Chancellor, W.J.
1966 Combined hypotheses for anticipating soil strains beneath surface impressions. *Transactions, ASAE* 9(6):887-92, 895.
_____, and Schmidt, R.H.
1962 Soil deformation beneath surface loads. *Transactions, ASAE* 5(2):240-46, 249.
- Chessness, J.L., Ruiz, E.E., and Cobb, C., Jr.
1972 Quantitative description of soil compaction in peach orchards using a portable penetrometer. *Transactions, ASAE* 15(2):217-19.
- Cooper, A.W., and Reaves, C.A.
1958 Stress distribution in the soil under tractor loads. *Transactions, 5th International Congress of Agricultural Engineering*, October, Brussels, Belgium.
- Das, K.C.
1972 Dynamics of corn root growth as affected by compact subsoil and its influence on crop response to irrigation. Unpublished Ph.D. thesis, University of California, Davis.
- Dumas, W.T., Trowse, A.C., Smith, L.A., Kummer, F.A., and Gill, W.R.
1973 *Development and evaluation of tillage and other cultural practices in a controlled traffic system for cotton in the southeastern coastal states*. *Transactions, ASAE* 16(5):872-75, 880.

- Feldman, M., and Domier, K.W.
1970 Wheel traffic effects on soil compaction and growth of wheat. *Canadian Agricultural Engineering* 12(1):8-11.
- Flocker, W.J., and Menary, R.C.
1960 Some physiological responses in two tomato varieties associated with levels of soil bulk density. *Hilgardia* 30(3):101-26.
- _____, Vomocil, J.A., and Howard, F.D.
1959 Some growth responses of tomatoes to soil compaction. *Proceedings, Soil Science Society of America* 23(3):188-91.
- _____, Vomocil, J.A., and Vittum, M.T.
1958 Response of winter cover crops to soil compaction. *Proceedings, Soil Science Society of America* 22(2):181-84.
- Fountaine, E.R., Payne, P.C.J., and Hawkins, J.C.
1952 *The effect of tractors on volume weight and other soil properties*. Report No. C.S. 17. Silsoe, Beds., U.K.: National Institute of Agricultural Engineering.
- Freitag, D.R.
1971 "Methods of measuring soil compaction" in *Compaction of Agricultural Soils*. ASAE monograph. Chapter 3, pp. 47-103. St. Joseph, Michigan: ASAE.
- Gill, W.R.
1959 The effects of drying on the mechanical strength of Lloyd clay. *Proceedings, Soil Science Society of America* 23(4):253-57.
_____, and McCreery, W.F.
1960 Relation of size of cut to tillage tool efficiency. *Agricultural Engineering* 41(6):372-74, 381.
_____, and Reaves, C.A.
1956 Compaction patterns of smooth rubber tires. *Agricultural Engineering* 37(10):677-80, 684.
- Grable, A.R.
1971 "Effects of compaction on content and transmission of air in soils" in *Compaction of Agricultural Soils*. ASAE monograph. Chapter 5, pp. 154-64. St. Joseph, Michigan: ASAE.
- Hanks, R.J., and Thorp, F.C.
1956 Seedling emergence of wheat as related to soil moisture content, bulk density, oxygen diffusion rate and crust strength. *Proceedings, Soil Science Society of America* 20:307-10.
- Hegedus, E.
1965 Pressure distribution under rigid wheels. *Transactions, ASAE* 8(3):305-08, 311.
- Hettiaratchi, D.R.P., Whitney, B.D., and Reece, A.R.
1966 The calculation of passive pressure in two-dimensional soil failure. *Journal of Agricultural Engineering Research* 11(2):89-107.
- Koegler, F., and Scheidig, A.
1938 *Baugrund und Bauwerk*. 5th edition, 1948. Berlin: W. Ernst and Sohn.
- Krumbach, A.W., Jr., and White, D.P.
1964 Moisture, pore-space and bulk density changes in frozen soil. *Proceedings, Soil Science Society of America* 28:422-25.
- Lambe, T.W.
1960 Compacted clay. *Transactions, American Society of Civil Engineers* 125:681-756.
- Larson, W.E., and Allmaras, R.R.
1971 "Management factors and natural forces as related to compaction" in *Compaction of Agricultural Soils*. ASAE monograph. Chapter 8, pp. 367-427. St. Joseph, Michigan: ASAE.
- Liston, R.A., and Martin, L.A.
1968 *Multi-pass behavior of a rigid wheel in deformable soils*. ASAE Paper No. 68-133. St. Joseph, Michigan: ASAE.
- Loo, C.P.P.
1972 Studies of soil compaction under tractor wheels. Unpublished B.Sc. thesis, Faculty of Agriculture, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Luttrell, D.H., Bockhop, C.W., and Lovely, W.G.
1964 *The effect of tillage operations on soil physical conditions*. ASAE Paper No. 64-103. St. Joseph, Michigan: ASAE.
- Lyles, L., and Woodruff, N.P.
1963 Effects of moisture and soil packers on consolidation and cloddiness of soil. *Transactions, ASAE* 6(4):273-75.

- Mayauskas, I.S.
1959 Investigation of the pressure distribution on the surface of a plow share in work (English translation). *Journal of Agricultural Engineering Research* 4:186-90.
- McLeod, H.E., Reed, I.F., Johnson, W.H., and Gill, W.R.
1966 Draft, power efficiency, and soil-compaction characteristics of single, dual and low-pressure tires. *Transactions, ASAE* 9(1):41-44.
- Mech, S.J., Horner, G.M., Cox, L.M., and Cary, E.E.
1967 Soil profile modification by backhoe mixing and deep plowing. *Transactions, ASAE* 10(6):775-79.
- Morton, C.T., and Buchele, W.F.
1960 Emergence energy of plant seedlings. *Agricultural Engineering* 41(7):428-31, 454.
- Nichols, M.L., Reed, I.F., and Reaves, C.A.
1958 Soil reaction to plow share design. *Agricultural Engineering* 39(6):336-39.
- Onafeko, O., and Reece, A.R.
1967 Soil stresses and deformations beneath rigid wheels. *Journal of Terramechanics* 4(1):59-80.
- Ouwerkerk, C. van
1968 Two model experiments on the durability of subsoil compaction. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 16:204-10.
- Reaves, C.A., and Cooper, A.W.
1960 Stress distribution in soils under tractor loads. *Agricultural Engineering* 41(1):20-21, 31.
- Reed, I.F.
1958 Measurement of forces on track-type tractor shoes. *Transactions, ASAE* 1(1):15-18.
_____, Cooper, A.W., and Reaves, C.A.
1959 Effects of two-wheel and tandem drives on traction and soil compacting stresses. *Transactions, ASAE* 2(1):22-25.
- Sandoval, F.M., Bond, J.J., and Reichman, G.A.
1972 Deep plowing and chemical amendment effect on a sodic claypan soil. *Transactions, ASAE* 15(4):681-84, 687.
- Schmidt, R.H.
1963 Calculated hydraulic conductivity as a measure of soil compaction. *Transactions, ASAE* 6(3):177-81, 185.
- Selig, E.T.
1967 *Comparison of vibratory soil compaction with other field methods*. SAE Paper No. 670751. New York: SAE.
- Soane, B.D.
1968 A gamma-ray transmission method for the measurement of soil density in field tillage studies. *Journal of Agricultural Engineering Research* 13(4):340-49.
1970 The effects of traffic and implements on soil compaction. *The Agricultural Engineer* 25(3):115-28.
- Söhne, W.H.
1952 Stress transmission between tractor tires and arable soils. *Grundlagen der Landtechnik* 3:75-87.
1953 Pressure distribution in the soil and soil deformation under tractor tires. *Grundlagen der Landtechnik* 5:49-63.
1958 Fundamentals of pressure distribution and soil compaction under tractor tires. *Agricultural Engineering* 39(5):276-81, 290.
- Tanner, C.B., and Mamaril, C.P.
1959 Pasture soil compaction by animal traffic. *Agronomy Journal* 51:329-31.
- Taylor, H.M.
1971 "Effects of soil strength on seedling emergence, root growth and crop yield" in *Compaction of Agricultural Soils*. ASAE Monograph. Chapter 6, pp. 292-305. St. Joseph, Michigan: ASAE.
_____, and Bruce, R.R.
1968 Effects of soil strength on root growth and crop yield in the southern United States. *Transactions, 9th International Congress of Soil Science* 1:803-11.
- Taylor, J.H., and VandenBerg, G.E.
1966 Role of displacement in a simple traction system. *Transactions, ASAE* 9(1):10-13.
- Timoshenko, S.
1934 *Theory of elasticity*. New York: McGraw-Hill. 416 pp.
- Trabbic, G.W., Lask, K.V., and Buchele, W.F.
1959 Measurement of soil-tire interface pressures. *Agricultural Engineering* 40(11):678-81.

- Tschebotarijoff, G.P.
1973 *Foundations, retaining and earth structures*. New York: McGraw-Hill. 653 pp.
- VandenBerg, G.E., and Gill, W.R.
1962 Pressure distribution between a smooth tire and soil. *Transactions, ASAE* 5(2):105-07.
- Vomocil, J.A., and Flocker, W.J.
1961 Effect of soil compaction on storage and movement of soil, air and water. *Transactions, ASAE* 4(2):242-46.
1965 Degradation of structure of Yolo Loam by compaction. *Proceedings, Soil Science Society of America* 29(1):7-12.
- Warkentin, B.P.
1971 "Effects of compaction on content and transmission of water in soils" in *Compaction of Agricultural Soils*. ASAE monograph. Chapter 5, pp. 126-153. St. Joseph, Michigan: ASAE.
- Wesseling, J., and Wijk, W.R. van
1957 *Drainage of Agricultural Lands*. J.N. Luthin, ed. Chapter 5, part 1. Madison: American Society of Agronomy.
- Willatt, S.T., and Wills, A.H.
1965 Soil compaction in front of simple tillage tools. *Journal of Agricultural Engineering Research* 10(2):109-13.
- Wills, B.M.D.
1963 The measurement of soil shear strength and deformation moduli and a comparison of the actual and theoretical performance of a family of rigid tracks. *Journal of Agricultural Engineering Research* 8(2):115-31.
- Wong, J.Y.
1967 Behavior of soil beneath rigid wheels. *Journal of Agricultural Engineering Research* 12(4):257-69.

Μέρος 2

Θ. Γέμος πανεπιστημιακές σημειώσεις του μαθήματος γεωργικής μηχανολογίας
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας βόλος 1994

Μέρος 3

Α.Γ. Σφήκας Ειδική Γεωργία Τόμος 1 Θεσσαλονίκη 1991.