



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ: ΚΑΘ. ΑΝΔΡΕΑΣ Ι. ΚΑΡΑΜΑΝΟΣ

«Επίδραση του βαθμού συμπίεσης του εδάφους στο φύτευμα αραβοσίτου (*Zea mays*), σιταριού (*Triticum aestivum*), κριθαριού (*Hordeum sativum*), μπιζελιού (*Pisum sativum*), φακής (*Lens culinaris*) και φασολιού (*Phaseolus vulgaris*)».



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΚΙΟΛΕΟΓΛΟΥ ΒΑΣΙΛΗΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΑΘ. Α. ΚΑΡΑΜΑΝΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2011

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Γεωργίας

Μ Ε Τ Α Π Τ Υ Χ Ι Α Κ Η Μ Ε Λ Ε Τ Η

ΚΙΟΛΕΟΓΛΟΥ ΒΑΣΙΛΗΣ

*«Επίδραση του βαθμού συμπίεσης του εδάφους στο φύτρωμα αραβοσίτου (*Zea mays*), σιταριού (*Triticum aestivum*), κριθαριού (*Hordeum sativum*), μπιζελιού (*Pisum sativum*), φακής (*Lens culinaris*) και φασολιού (*Phaseolus vulgaris*)».*

Επιβλέπων : κ. Καραμάνος

Τριμελής Επιτροπή

κ. Καραμάνος Ανδρέας, Καθηγητής
κ. Μπιλάλης Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής
κ. Οικονόμου Γαρυφαλλιά, Επίκουρος Καθηγήτρια

ΑΘΗΝΑ 2011

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μελέτης αυτής αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στο Καθηγητή κ. Καραμάνο Ανδρέα όχι μόνο για την ανάθεση του παρόντος θέματος αλλά και για τη συνεχή καθοδήγηση του και κυρίως για τις πολύτιμες συμβουλές κατά την διάρκεια του πειράματος.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Μπιλάλη Δημήτριο για την αμέριστη συμπαράσταση του σε όλη την διάρκεια του πειράματος, για την πολύ χρήσιμη καθοδήγηση που μου πρόσφερε, τις συμβουλές του αλλά και κυρίως για την υπομονή και επιμονή που επέδειξε απέναντι μου, ώστε αυτή η ερευνητική εργασία να ολοκληρωθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Επίσης θα ήθελα να συμπεριλάβω σε αυτές τις ευχαριστίες και την Επίκουρο Καθηγήτρια κ. Οικονόμου Γαρυφαλλιά για το συνεχές ενδιαφέρον της σε όλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο καθηγητή του Γ.Π.Α κ. Νάτση Αθανάσιο για την καθοδήγηση του στην αναζήτηση εξειδικευμένης βιβλιογραφίας.

Σε όλη την διάρκεια της ερευνητικής αυτής μελέτης είχα την άμεση βοήθεια του Μεταπτυχιακού φοιτητή Πανταλέων Κωνσταντίνου.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τον υποψήφιο Διδάκτορα Κατσένιο Νικόλαο για την ουσιαστική βοήθεια του.

Περίληψη

Σε πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας που εγκαταστάθηκε στο αγρόκτημα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, στη περιοχή του Βοτανικού μελετήθηκε η επίδραση τεσσάρων επιπέδων συμπίεσης με τη χρήση ανυψωτικού χειροκίνητου μηχανήματος τύπου πρέσας στο φύτευμα αραβοσίτου ποικιλία *Pioneer*, σιταριού ποικιλία *Siette serras*, κριθαριού, ποικιλία *Αλέξανδρος*, κτηνοτροφικού μπιζελιού, φακής μακρόκαρπης ποικιλίας και φασολιού ποικιλίας *Contenter*.

Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν ο αριθμός των φυτών και ο χρόνος φυτρώματος. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν για τον αραβόσιτο ότι πρώτα φύτεψαν οι σπόροι του επιπέδου του μάρτυρα Ο, ενώ μεγαλύτερο αριθμό τελικών φυτών στον αραβόσιτο έδωσε το επίπεδο συμπίεσης CEa. Στο σιτάρι σε όλα τα επίπεδα συμπίεσης οι σπόροι ξεκίνησαν να φυτρώνουν ταυτόχρονα και ο μεγαλύτερος αριθμός τελικών φυτών σιταριού προέκυψε στο επίπεδο συμπίεσης CEd. Στο κριθάρι φύτεψαν πρώτα σπόροι στο επίπεδο συμπίεσης CEc ενώ ο μεγαλύτερος αριθμός τελικών φυτών στο κριθάρι προέκυψε στο επίπεδο συμπίεσης CEd. Στο μπιζέλι σε όλα τα επίπεδα συμπίεσης οι σπόροι καθυστέρησαν να φυτρώσουν, ξεκίνησαν να φυτρώνουν μετά τις 10 ΗΑΣ. Ο μεγαλύτερος αριθμός τελικών φυτών μπιζελιού προέκυψε στο επίπεδο του μάρτυρα Ο.

Στη φακή ξεκίνησαν πρώτα να φυτρώνουν οι σπόροι του επιπέδου συμπίεσης CEs. Ο μεγαλύτερος αριθμός τελικών φυτών φακής προέκυψε στα επίπεδα συμπίεσης CEc και CEd. Τέλος στο φασόλι πιο γρήγορα φύτρωσαν οι σπόροι στο επίπεδο του μάρτυρα O, όπως και ο μεγαλύτερος αριθμός τελικών φυτών φασολιού προέκυψε στο επίπεδο του μάρτυρα O.

Συμπερασματικά γίνεται φανερό ότι η συμπίεση επέδρασε ως ένα βαθμό θετικά σε μικρούς σπόρους όπως το σιτάρι και αρνητικά σε μεγάλους όπως το φασόλι.

Summary

In the experimental field of the Laboratory of Agriculture settled the farm of the Agricultural University of Athens, in the area of the Botanical studied the effect of four levels of compression using a lifting machine hand press type germination in maize variety Pioneer, wheat variety Siette serros, barley, variety Alexander husbandry pea, lentil and bean variety Cranberries variety Contenter.

The characteristics studied were the number of plants and germination time. The results were found for corn that first germinated the seeds of the control level, while a larger number of finished plants in maize gave the compression level CEa. In wheat all levels of compression began to germinate at the same time and the largest number of final wheat plants resulted in compression level CEd. In barley germinated seed in the first level of compression Cec, while the largest number of finished plants in barley resulted in compression level CEd. In the pea all levels of compression seeds to germinate late, began to grow after 10 DAS. The largest number of end pea plants showed the level of control O. In lentil first began to germinate the seed level compression CEc. The largest number of end lentil plants resulted in levels of compression and CEc CEd. Finally, the bean quickly germinated the seeds at the level of control O, and also the largest number of final bean plants resulted at the level of

control O. In conclusion it is clear that the suppression influenced to some extent positively to small seeds like wheat and negative at large as the bean.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|-----------|
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ | 3 |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 4 |
| SUMMARY | 6 |
| 1 ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ | 11 |
| 1.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΕΔΑΦΟΥΣ | 13 |
| 1.1.1 Γονιμότητα | 13 |
| 1.1.2 Δομή..... | 13 |
| 1.1.3 Κοκκομετρική σύσταση..... | 14 |
| 1.1.4 Πορώδες | 14 |
| 1.2 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ | 17 |
| 1.3 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ | 18 |
| 1.4 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ | 19 |
| 1.4.1 Μακροπόροι (>10μm): | 19 |
| 1.4.2 Μεσοπόροι (10-0,2μm): | 20 |
| 1.4.3 Λεπτοί πόροι (<0,2μm): | 20 |
| 1.5 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ | 20 |
| 1.5.1 ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΣΤΟ ΦΥΤΡΩΜΑ | 22 |
| 1.5.2 ΒΑΘΟΣ ΣΠΟΡΑΣ..... | 24 |
| 1.6 ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ..... | 25 |
| 1.6.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ-ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟ | 25 |
| 1.6.2 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ | 26 |
| 1.6.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ | 27 |
| 1.6.4 ΦΥΤΡΩΜΑ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ | 28 |
| 1.7 ΣΙΤΑΡΙ | 31 |
| 1.7.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΙΤΑΡΙΟΥ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ-ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟ | 31 |
| 1.7.2 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΙΤΑΡΙΟΥ | 32 |
| 1.7.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΙΤΑΡΙΟΥ ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ | 33 |
| 1.7.4 ΦΥΤΡΩΜΑ ΣΙΤΑΡΙΟΥ | 34 |
| 1.8 ΚΡΙΘΑΡΙ | 35 |
| 1.8.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟ | 35 |
| 1.8.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ | 37 |
| 1.8.3 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ | 38 |
| 1.8.4 ΦΥΤΡΩΜΑ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ | 39 |
| 1.9 ΜΠΙΖΕΛΙ..... | 41 |
| 1.9.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΠΙΖΕΛΙΟΥ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ-ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟ..... | 41 |
| 1.9.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΠΙΖΕΛΙΟΥ ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ | 42 |
| 1.9.3 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΠΙΖΕΛΙΟΥ | 42 |
| 1.9.4 ΦΥΤΡΩΜΑ ΜΠΙΖΕΛΙΟΥ | 43 |
| 1.10 ΦΑΚΗ..... | 44 |
| 1.10.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΦΑΚΗΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ-ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟ..... | 44 |
| 1.10.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΦΑΚΗΣ ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ | 45 |
| 1.10.3 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ | 45 |
| 1.10.4 ΦΥΤΡΩΜΑ ΦΑΚΗΣ | 45 |
| 1.11 ΦΑΣΟΛΙ..... | 46 |
| 1.11.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ-ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟ | 46 |
| 1.11.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ..... | 47 |
| 1.11.3 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΦΑΣΟΛΙΟΥ..... | 48 |
| 1.11.4 ΦΥΤΡΩΜΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ..... | 49 |
| 1.12 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ | 50 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 2 | ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ..... | 51 |
| 2.1 | ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ | 51 |
| 2.2 | ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΕΔΑΦΟΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ | 54 |
| 2.3 | ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ | 54 |
| 2.4 | ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΤΥΧΑΙΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΠΛΗΡΩΝ ΟΜΑΔΩΝ (Τ.Π.Ο)..... | 55 |
| 2.5 | ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΓΡΟΥ | 56 |
| 2.6 | ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ..... | 56 |
| 2.7 | ΟΓΚΟΣ ΣΠΟΡΩΝ | 58 |
| 2.8 | ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΦΥΤΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑ ΚJELDAHL (ΥΓΡΗ ΚΑΥΣΗ) | 58 |
| 2.9 | ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ (ΜΣΔΣ) | 59 |
| 2.10 | ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ | 60 |
| 2.11 | ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ | 61 |
| 3 | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ..... | 62 |
| 3.1 | ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ | 62 |
| | ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΔΑΦΟΥΣ..... | 63 |
| 3.2 | ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΔΑΦΟΥΣ | 64 |
| 3.2.1 | ΜΕΣΗ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ | 64 |
| 3.2.2 | ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ..... | 64 |
| 3.2.3 | ΟΓΚΟΣ ΣΠΟΡΩΝ | 65 |
| 3.2.4 | ΠΡΩΤΕΙΝΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΠΟΡΩΝ | 65 |
| 3.2.5 | ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ | 66 |
| 3.3 | ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ..... | 67 |
| 3.4 | ΣΙΤΑΡΙ | 70 |
| 3.5 | ΚΡΙΘΑΡΙ | 73 |
| 3.6 | ΜΠΙΖΕΛΙ..... | 76 |
| 3.7 | ΦΑΚΗ..... | 79 |
| 3.8 | ΦΑΣΟΛΙ | 82 |
| 3.9 | ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ (CE) ΣΤΟ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΦΥΤΩΝ ΑΝΑ ΗΑΣ | 86 |
| 3.10 | ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΞΕΧΩΡΙΣΤΑ | 92 |
| 3.11 | ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ | 95 |
| 3.12 | ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ ΣΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΦΥΤΩΝ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ | 96 |
| 4 | ΣΥΖΗΤΗΣΗ..... | 98 |
| 4.1 | ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ..... | 98 |
| 4.2 | ΣΙΤΑΡΙ | 101 |
| 4.3 | ΚΡΙΘΑΡΙ | 104 |
| 4.4 | ΜΠΙΖΕΛΙ..... | 105 |
| 4.5 | ΦΑΚΗ..... | 106 |
| 4.6 | ΦΑΣΟΛΙ | 107 |
| 4.7 | ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ ΣΤΟ ΦΥΤΡΩΜΑ..... | 109 |
| 5 | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 111 |
| | ΥΠΟΜΝΗΜΑ..... | 114 |
| | ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ | 114 |
| | ΣΙΤΑΡΙ | 115 |
| | ΚΡΙΘΑΡΙ | 116 |
| | ΜΠΙΖΕΛΙ | 117 |
| | ΦΑΚΗ | 118 |
| | ΦΑΣΟΛΙ | 118 |
| | ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ | 120 |

| | | |
|----------|----------------------------|------------|
| 6 | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 125 |
| 6.1 | ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 125 |
| 6.2 | ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 126 |

1 ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Το έδαφος αποτελεί το μανδύα της γης, στην επιφάνεια του οποίου αναπτύσσονται τα φυτά πράγμα που δεν συμβαίνει με τα πετρώματα από τα οποία τελικά προκύπτουν τα εδάφη. Είναι το στρώμα που υφίσταται κατεργασία από τα γεωργικά μηχανήματα και χρησιμεύει ως φυσικό μέσο στήριξης και θρέψης των φυτών (Σιδηράς, 2002)

Πρόκειται για ένα πολύπλοκο οικοσύστημα σε κατάσταση δυναμικής ισορροπίας φυσικών, χημικών και βιολογικών παραγόντων. Καταλληλότερα για τη γεωργία θεωρούνται γενικά τα ομοιογενή μέσης οξύτητας και μέσης συστάσεως εδάφη και συγχρόνως υδατοπερατά και βαθιά, ώστε να μην λιμνάζουν νερά και να μην εμποδίζεται μηχανικά η ανάπτυξη της ρίζας, ιδιαίτερα φυτών που καλλιεργούνται για το υπόγειο τμήμα τους. Επίσης επιθυμητά είναι εδάφη χωρίς πέτρες, οι οποίες δημιουργούν προβλήματα φθοράς των καλλιεργητικών εργαλείων ή και των συγκομιστικών μηχανών στη περίπτωση φυτών που το προϊόν είναι υπόγειο (Στρουθόπουλος, 2006).

Στη φυτική παραγωγή το έδαφος χρησιμοποιείται ως:

- Στήριγμα του ριζικού συστήματος.
- Μέσο συσκοτίσεως, που είναι απαραίτητο για ένα καλό διακλαδισμό του ριζικού συστήματος των φυτών.
- Τόπο εφοδιασμού των ριζών με οξυγόνο (O_2).

- Μέσο για τη διατήρηση των μικροοργανισμών, οι οποίοι είναι απαραίτητοι για τις βιολογικές διεργασίες των φυτών (ένζυμα, βακτηρία).
- Μέσο για την τροφοδότηση των φυτών με νερό, θεμελιώδες συστατικό τους και μέσω μεταφοράς των θρεπτικών στοιχείων στο υπέργειο τους τμήμα.
- Πηγή τροφοδοσίας των φυτών και όλων των ζώντων οργανισμών με τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά.

Από το έδαφος αντλούν τα φυτά με το ριζικό τους σύστημα συγκεκριμένες μορφές και ποσότητες μικροστοιχείων (άζωτο N υπό μορφή νιτρική και αμμωνιακή), φώσφορο (P), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο (Mg) και θείο (S) υπό μορφή θειικών. Από αυτά το N, ο P και το K ανήκουν στα κύρια θρεπτικά στοιχεία (Σιδηράς, 2002).

Σε μικρότερες ποσότητες τα φυτά προσλαμβάνουν με τις ρίζες τους τα απαραίτητα μικροστοιχεία ή ιχνοστοιχεία που είναι ο σίδηρος (Fe), το μαγγάνιο (Mn), ο χαλκός (Cu), ο ψευδάργυρος (Zn), το βόριο (Br), και το μολυβδαίνιο (Mo).

Συχνά διαπιστώνονται σημαντικές αποκλίσεις στην απόδοση των φυτών που απέχουν μικρή έκταση μεταξύ τους, αυτό οφείλεται στις εδαφικές διαφορές (Σιδηράς, 2002). Για την διαπίστωση της ύπαρξης εδαφικών διαφορών είναι απαραίτητη η διάνοιξη μιας εδαφοτομής. Στα τοιχώματα της

εδαφοτομής αναγνωρίζονται οι εδαφικές διαφορές ως προς το χρώμα, την σύσταση του υλικού και τη δομή των συσσωματωμάτων. Τα στρώματα που διακρίνονται κάθετα τα ονομάζουμε οριζόντες.

1.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

1.1.1 Γονιμότητα

Γονιμότητα είναι η ικανότητα του εδάφους να παρέχει στο καλλιεργούμενο φυτό τα απαιτούμενα θρεπτικά στοιχεία, νερό και αερισμό κατά την διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Με τον όρο γονιμότητα εδάφους χαρακτηρίζεται η παραγωγική ικανότητα του εδάφους και προσδιορίζεται με κατάλληλες αναλύσεις ώστε να προσδιοριστεί η κατάλληλη λίπανση (Σιδηράς, 2002).

1.1.2 Δομή

Δομή είναι ο τρόπος διάταξης και συνένωσης των στοιχειωδών τεμαχιδίων του εδάφους. Αποτελεί βασικό παράγοντα της γονιμότητας του εδάφους, δεδομένου ότι επηρεάζει σημαντικά τις φυσικό-χημικές ιδιότητες του και την δράση των μικροοργανισμών. Ειδικότερα, η δομή του επιφανειακού στρώματος του εδάφους επηρεάζεται και από τις κλιματικές

συνθήκες (βροχή, ξηρασία, παγετός), την άρδευση, τις καλλιεργητικές εργασίες και την συμπίεση από διελεύσεις γεωργικών μηχανημάτων (Σιδηράς, 2002).

1.1.3 Κοκκομετρική σύσταση

Κοκκομετρική σύσταση είναι η ποσοστιαία περιεκτικότητα του εδάφους σε άμμο, ιλυ και άργιλο, που προσδιορίζεται με μηχανική ανάλυση του εδάφους. Στοιχείο που δεν μεταβάλλεται και καθορίζει τον τύπο του εδάφους.

1.1.4 Πορώδες

Πορώδες είναι το σύνολο των κενών χώρων (πόρων) ανά μονάδα όγκου του εδάφους, που καταλαμβάνονται από αέρα (ή νερό). Το πορώδες εξαρτάται από τον τρόπο διάταξης των στοιχειωδών τεμαχιδίων, δηλαδή την δομή του εδάφους, αλλά επηρεάζεται κυρίως από τις καλλιεργητικές επεμβάσεις (Σιδηράς, 2002)

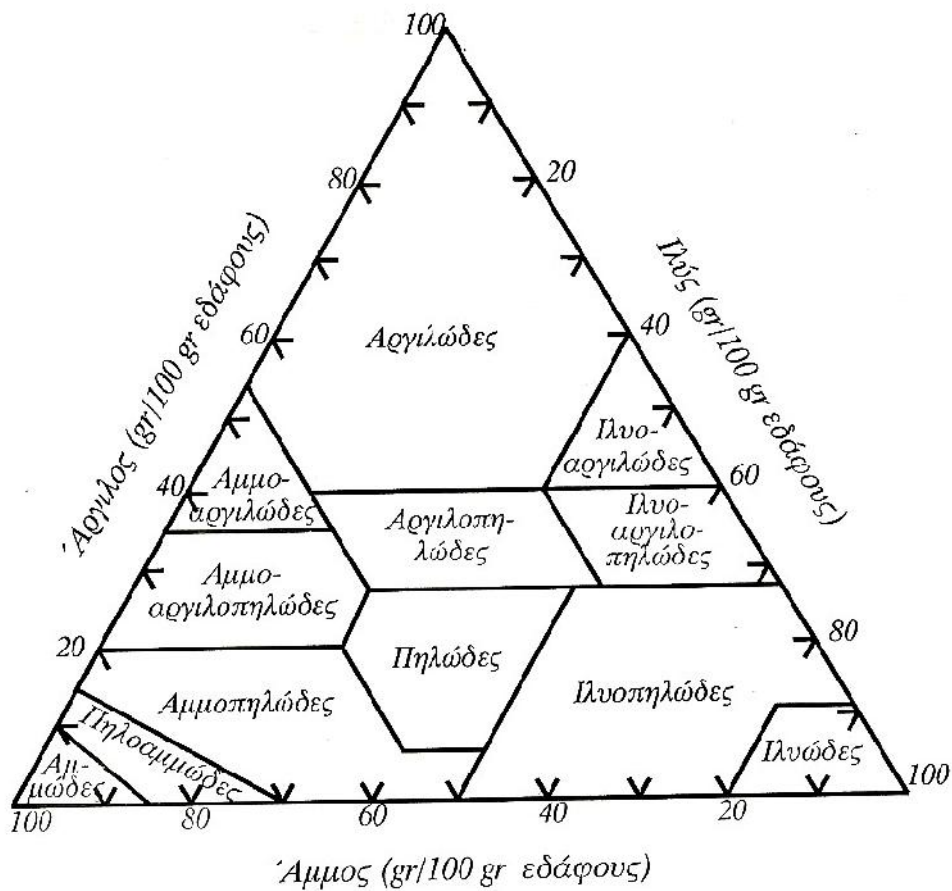
1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Άμμος (2-0,06mm): Η άμμος είναι θραύσματα χαλαζιακών πετρωμάτων ή και τεμαχίδια κρυστάλλων πρωτογενών ορυκτών. Το σχήμα των κόκκων ποικίλλει, μπορεί να είναι από στρογγυλό μέχρι πλακοειδές. Τα μέσα συγκολλησεως των κόκκων είναι κυρίως ο λειμωνίτης και αιματίτης. Η άμμος θεωρείται αδρανές σώμα, δεν συγκρατεί μόρια νερού και έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα που συνεπάγεται μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας (Σιδηράς, 2002).

Ίλος (0.06-0.002mm): Τα θραύσματα της ίλος έχουν μικρότερη διάμετρο από τα θραύσματα της άμμου και περιβάλλονται μερικές φορές από λεπτά επικαλύμματα αργίλου που τους δίνουν ιδιότητες ενεργών χημικών σωμάτων. Η ύλη σε αντίθεση με την άμμο έχει μεγάλη ικανότητα προσροφήσεως ιόντων και υγρασίας και εμφανίζει σχετική διόγκωση και πλαστικότητα. Εδάφη που περιέχουν μεγάλες ποσότητες ύλης δεν έχουν επιθυμητή δομή και δημιουργείται συχνά το φαινόμενο της κρούστας λόγω κακής αποστράγγισης και κακού αερισμού (Σιδηράς, 2002).

Άργιλλος (<0,002mm): Η άργιλλος αποτελείται από φυλλόμορφα τεμαχίδια που διακρίνονται για τις κολλοειδείς ιδιότητες τους. Έχει μεγάλη

πλαστικότητα, ικανότητα συγκρατήσεως υγρασίας, προσροφητική και εναλλακτική ικανότητα ιόντων και ρυθμιστικές ιδιότητες όταν προστίθεται στο έδαφος H^+ και OH^- . Η άργιλλος με την οργανική ουσία αποτελούν τα πιο ενεργά σώματα του εδάφους από άποψη φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων (Σιδηράς, 2002).



Σχήμα 1: Τρίγωνο μηχανικής σύστασης του εδάφους (Σιδηράς, 2002).

1.2 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η κίνηση του νερού στο έδαφος ιδιαίτερα μετά από βροχοπτώσεις ή αρδεύσεις, σχετίζεται άμεσα με την δομή των στρωμάτων εκείνων από τα οποία πρόκειται να διέλθει. Η πεδολογική ταξινόμηση έχει δείξει ότι ο συσσωματώδης ιστός είναι αυτός που ευνοεί σε μεγαλύτερο βαθμό τη διέλευση του νερού στα διάφορα βάθη του εδάφους σε συνθήκες υδατοκορεσμού (Σιδηράς, 2002).

Πρέπει να γνωρίζουμε ότι η περιεκτικότητα νερού ασκεί μεγάλη επίδραση στην συνοχή των συσσωματωμάτων. Προσθέτοντας νερό στο έδαφος μέχρι κάποιο σημείο κορεσμού (0,33bar) αυξάνονται οι δυνάμεις της συνάφειας, δηλαδή των δυνάμεων εκείνων που ευνοούν τη συγκράτηση των συσσωματωμάτων μεταξύ τους, ενώ όταν τα συσσωματώματα είναι ξηρά ευνοούνται οι δυνάμεις συνοχής (Σιδηράς, 2002). Η περιεκτικότητα του εδάφους σε άμμο σχετίζεται αρνητικά με τη σταθερότητα στο νερό των συσσωματωμάτων, ενώ η οργανική ουσία σχετίζεται θετικά.

Στην αρόσιμη στρώση (0-30cm) στα καλλιεργούμενα εδάφη όσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό των εδαφοτεμαχιδίων σε συσσωματώδη μορφή τόσο πιο καλή η ποιότητα του εδάφους και κατά συνέπεια και η παραγωγική του ικανότητα (Σιδηράς, 2002)

1.3 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Οι συνθήκες κυκλοφορίας του αέρα στο έδαφος έχουν σχέση με την ανανέωση της εδαφικής ατμόσφαιρας σε οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Οι ρίζες των καλλιεργειών αλλά και ο μεγαλύτερος αριθμός των έμβιων οργανισμών του εδάφους έχουν ανάγκη από σημαντικές ποσότητες οξυγόνου.

Οι ρίζες των ετήσιων φυτών καταναλώνουν κατά μέσο όρο 1mg O_2 ανά gr ξηρό βάρος ριζών, η ποσότητα για τα ψυχανθή ανέρχεται μάλιστα σε $1,56\text{g}$ ανά g ριζομάζας εξαιτίας των φυματίων τους (Σιδηράς, 2002). Όχι μόνο η μάζα των ριζών αλλά και η δομή της ρίζας και πιο συγκεκριμένα ο αριθμός και το μέγεθος των ριζοκυττάρων επηρεάζονται από τις συνθήκες αερισμού.

Γνωρίζουμε ότι σε πλημμελώς στραγγιζόμενους αγρούς ή σε περιόδους με πολλές βροχοπτώσεις κατά την ανάπτυξη των καλλιεργειών η ριζομάζα των φυτών περιορίζεται αισθητά, ενώ οι ρίζες είναι πολύ ευαίσθητες σε μηχανικό ή υδατικό στρές καθώς και στις προσβολές από διάφορα παράσιτα του εδάφους (Σιδηράς, 2002).

1.4 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Κύριο λόγο στην καλλιέργεια των φυτών έχουν τα συσσωματώματα με διάμετρο d μεταξύ $(0.25-10)$ mm διότι προσδιορίζουν και τη δομή του εδάφους. Τα συσσωματώματα $(10 \leq d \leq 50)$ mm έχουν επίσης σημαντικό ρόλο στη καλλιέργεια των φυτών. Η ύπαρξη συσσωματωμάτων με διάμετρο $d < 0.25$ mm προκαλούν προβλήματα, διότι δημιουργούν στην επιφάνεια κρούστα και κλείνουν τους πόρους (Νάτσης, 1999).

1.4.1 Μακροπόροι ($>10\mu\text{m}$):

Έχουν πολύ μεγάλη σημασία διότι μέσα σε αυτούς κυκλοφορεί το νερό της βαρύτητας και οι πόροι αυτοί είναι υπεύθυνοι για την ανταλλαγή των αερίων στο έδαφος. Μεταξύ των μακροπόρων και του ποσοστού των οριζόντων ή των εδαφών σε CO_2 υπάρχει αρνητική συσχέτιση, δηλαδή όσο μικρότερο είναι το μακροπορώδες τόσο μεγαλύτερη αναμένεται η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στο έδαφος (Σιδηράς, 2002). Επίσης οι ρίζες των ετήσιων φυτών αναπτύσσονται κυρίως στους μακροπόρους και κατά ένα μέρος μόνο στους μεσοπόρους. Ακόμα το μακροπορώδες σε αρδευόμενα εδάφη πρέπει να είναι γνωστό γιατί από αυτό θα εξαρτώνται οι αποστάσεις των αγωγών άρδευσης και των αποστραγγιστικών καναλιών.

1.4.2 Μεσοπόροι (10-0,2 μ m):

Με τη κατηγορία αυτή των πόρων σχετίζεται η υγρασία του εδάφους που μπορεί να αξιοποιηθεί άμεσα και χωρίς δυσκολίες από τα φυτά. Γι' αυτό η ποσότητα αυτής της υγρασίας καλείται θεωρητικά διαθέσιμη ποσότητα.

1.4.3 Λεπτοί πόροι (<0,2 μ m):

Μέσα στους λεπτούς πόρους δεσμεύεται το νερό με μυζητικές δυνάμεις και μεγαλύτερες των 15 bar και έτσι δεν είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί από τα περισσότερα γεωργικά φυτά. Το νερό αυτό επειδή ακριβώς δεν ενδιαφέρει άμεσα τις καλλιέργειες ονομάζεται δεσμευμένο ύδωρ (Σιδηράς, 2002).

1.5 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ

Με τον όρο συμπίεση εδάφους εννοούμε την καλλιεργητική επίδραση με κυλίνδρους ή ανάλογα εργαλεία κυρίως την άνοιξη για να συμπυκνωθεί το υπερβολικά χαλαρό έδαφος (υψηλό πορώδες), που μπορεί να έχει προκληθεί από τους παγετούς ή από καλλιεργητικές επεμβάσεις. Η συμπίεση συνήθως προκαλεί σημαντική μείωση των μακροπόρων του εδάφους (Σιδηράς, 2002).

Όλες οι επεμβάσεις που γίνονται στο έδαφος από τα μηχανήματα αποσκοπούν στο να βελτιωθεί η δομή του εδάφους και κατά συνέπεια η γονιμότητα του. Ο Japan et al. (2006) σε μελέτη που έκανε παρατήρησε ότι το βαμβάκι ευνοείται από τη συμπίεση και δίνει καλύτερα ποσοστά φυτρώματος σε πυκνότητα εδάφους $2,5 \text{ gr/cm}^3$ από ότι σε μικρότερη πυκνότητα εδάφους.

Η επίδραση των γεωργικών μηχανημάτων είναι ένας σημαντικός παράγοντας, που σε συνδυασμό με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, τις απαιτήσεις σε νερό, το λίπασμα και την αμειψισπορά, επηρεάζουν την απόδοση της καλλιέργειας. Όλοι αυτοί οι παράγοντες ενισχύονται ή περιορίζονται από το επίπεδο και την ποιότητα κατεργασίας του εδάφους. Έρευνες έχουν δείξει ότι η δομή είναι μια ιδιότητα του εδάφους η οποία με τις μηχανικές επεμβάσεις μπορεί να διαφυλαχθεί, να βελτιωθεί ή και να καταστραφεί (Νάτσης, 2000).

Στη σχέση εδάφους και γεωργικού μηχανήματος, το έδαφος καθορίζει τον τύπο των μηχανημάτων που απαιτούνται για την κατεργασία, τις κατάλληλες ρυθμίσεις που χρειάζονται καθώς και την ένταση εργασίας. Όπως είναι κατανοητό και από έρευνες που έχουν γίνει από τον Hadas & Wolf (1984) και από τον Godbole (1998) όπως αναφέρεται από τον Νάτση (2000), διαπιστώθηκε ότι η υγρασία και η δομή του εδάφους προσδιορίζουν το μέσο και το πλήθος των επεμβάσεων για να φτάσουν σε ευνοϊκές συνθήκες σποράς. Επίσης έχει διαπιστωθεί πως οι πολλές επεμβάσεις με τα

μηχανήματα και προπαντός με το ίδιο μηχάνημα, όπως η δίσκοςβάρονα που μελετήθηκε από τον Nieuwenburg (1992) και τον Tice (1992) και αναφέρονται από τον Νάτση (2000), συμπέραναν ότι επηρρέαζεται αρνητικά η γονιμότητα του εδάφους.

1.5.1 ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΣΤΟ ΦΥΤΡΩΜΑ

Η συμπίεση του καλλιεργούμενων εδαφών κατά το όργωμα αποτελεί ένα παγκόσμιο και σοβαρό πρόβλημα από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα όπως αναφέρεται από τους Soane & van Ouwerkerk (1994) και από τους Awadhwal & Thierstein (1985) με πολλές αρνητικές επιπτώσεις. Οι επιπτώσεις αυτές αφορούν τόσο τη μείωση της απόδοσης της καλλιέργειας (Νάτσης, 1999) αλλά και της υποβάθμισης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του εδάφους. Μερικές φορές τα υψηλά επίπεδα συμπίεσης που μπορεί να δεχτεί ένας αγρός μπορεί να τον καταστήσουν και ακατάλληλο για καλλιέργεια.

Η συμπίεση μπορεί να προκαλέσει δυσμενείς μεταβολές στην πυκνότητα του εδάφους και το πορώδες, όπως επίσης μπορεί να προκαλέσει και δυσκολία στην κίνηση του νερού προς βαθύτερα εδαφικά στρώματα, λόγω της μείωσης των εδαφικών πόρων. Στο Πακιστάν, οι Ishaq et al. (2001), ανέφεραν ότι σε συμπιεσμένα αμμώδη εδάφη η πυκνότητα εδάφους έφτανε το $1,93 \text{ gr/cm}^3$ και μειώθηκε η απόδοση σε σιτάρι (*Triticum*

aestivum) κατά 12-38%. Σε μεγάλα επίπεδα συμπίεσης του εδάφους στον αραβόσιτο (*Zea mays*) βρέθηκε ότι η απόδοση σε καρπού μπορεί να μειωθεί έως και 70% (Gameda et al., 1994).

Η συμπίεση του εδάφους προκαλεί αύξηση της φαινόμενης πυκνότητας (Harris, 1971) και μείωση του πορώδους και του αερισμού του εδάφους. Αυτό μπορεί να προκληθεί συνήθως από τη διέλευση βαριών μηχανημάτων. Προκαλείται χειρότερηση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους, δημιουργία μηχανικού εμποδίου στην ανάπτυξη των ριζών και δημιουργία αναερόβιων συνθηκών που περιορίζουν την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων και ευνοούν τις μυκητολογικές προσβολές των ριζών. Σε μελέτη του Simojoki (2001) παρατηρήθηκε ότι σε συμπιεσμένα εδάφη που υπήρχε μειωμένη παροχή οξυγόνου η ρίζα κριθαριού εμφανίζονταν περισσότερο πλατιά και μικρότερου μήκους απ'ότι συνήθως.

Επίσης έχει παρατηρηθεί σημαντική μείωση της αξιοποίησης του νερού από τα φυτά εξαιτίας της δυσκολίας στην πρόσληψη του σε μεγάλα επίπεδα συμπίεσης του εδάφους (Reeves et al., 2000).

Η μηχανική παρεμπόδιση της διείσδυσης των ριζών έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό του όγκου του εδάφους από όπου αντλεί το φυτό νερό και θρεπτικά στοιχεία. Οι Douglas & Crawford, (1993) ανέφεραν ότι μειώθηκε σημαντικά το ποσοστό απορρόφησης του N, P και K από το σιτάρι και το σόργο. Το μεγαλύτερο πρόβλημα με τη συμπίεση εμφανίζεται στα 15 πρώτα εκατοστά βάθους εδάφους.

Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί έδειξαν ότι στη Σουηδία μετά από 11 χρόνια από την επίδραση της συμπίεσης, όπου ο αγρός δεν είχε δεχτεί καμία άλλη καλλιεργητική φροντίδα το έδαφος διατηρούσε ακόμα την ίδια μεγάλη πυκνότητα (Etana & Hakansson, 1994).

1.5.2 ΒΑΘΟΣ ΣΠΟΡΑΣ

Το βάθος σποράς αποτελεί έναν από τους κυριότερους παράγοντες επιτυχίας του φυτρώματος και εν συνεχεία της ανάπτυξης των φυτών. Το βάθος θα πρέπει να είναι σταθερό, καθοριζόμενο από το είδος του σπόρου και τις κλιματικές και εδαφικές συνθήκες (Γσατσαρέλης, 2000).

Όταν το βάθος σποράς είναι πολύ μικρό, και οι σπόροι δεν καλύπτονται καλά υπάρχει κίνδυνος να εκτεθούν σε μεγάλη διακύμανση της θερμοκρασίας, σε περιορισμένη υγρασία και σε κινδύνους όπως αέρας και πουλιά. Αντίθετα βάθος σποράς μεγάλο μπορεί να προκαλέσει ασφυξία, ιδιαίτερα όταν η υγρασία είναι υψηλή.

Οι σπόροι επειδή φυτρώνουν καλά όταν η θερμοκρασία είναι σε κανονικά επίπεδα και η υγρασία σε επάρκεια, σπέρνονται βαθύτερα το καλοκαίρι απ' ό,τι την άνοιξη και βαθύτερα σε εδάφη ελαφρά απ' ότι σε βαριά.

Η πρώιμη σπορά εαρινών καλλιεργειών γίνεται σε μικρότερο βάθος, γιατί συνήθως υπάρχει επάρκεια υγρασίας στο επιφανειακό έδαφος. Όσο

οψιμότερη είναι η σπορά την άνοιξη το βάθος μεγαλώνει, για εξασφάλιση υγρασίας κατά διάρκεια του φυτρώματος. Στη φθινοπωρινή σπορά οι συνθήκες συνήθως αντιστρέφονται. Η πρώιμη σπορά γίνεται βαθύτερα για την εξασφάλιση υγρασίας.

Το βάθος σποράς εξαρτάται και από το μέγεθος του σπόρου. Με βάση ένα πρακτικό κανόνα, το βάθος σποράς είναι ίσο με 3-5 φορές τη μέγιστη διάμετρο του σπόρου.

1.6 ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ

1.6.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ-ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟ

Ο αραβόσιτος χαρακτηρίζεται ως φυτό θερμών κλιμάτων. Δεν αναπτύσσεται σε περιοχές με μέση θερμοκρασία θέρους χαμηλότερη από 19°C και μέση θερμοκρασία νύχτας κατά τους θερινούς μήνες χαμηλότερη από 13°C. Για το φύτευμα των σπόρων η ελάχιστη θερμοκρασία είναι 10 °C και η άριστη γύρω στους 20°C. Η βλαστητική ανάπτυξη αυξάνει σχεδόν γραμμικά με τη θερμοκρασία από τους 15°C έως τους 24-30°C. Σε θερμοκρασίες γύρω στους 35°C προκαλείται υποβάθμιση της ρεδουικτάσης των νιτρικών, γεγονός που συνεπάγεται ανωμαλίες στο μεταβολισμό του αζώτου και μείωση της πρωτεινοσύνθεσης. Οι ρυθμοί φωτοσύνθεσης και

αύξησης μεγιστοποιούνται στους 30-35°C, θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 30°C κατά τη διάρκεια της ημέρας ασκούν μάλλον ανασταλτική επίδραση στην αύξηση διότι σχετίζονται με αυξημένες απώλειες νερού λόγω εξατμισοδιαπνοής.

Ο αραβόσιτος θεωρείται φυτό βραχείας ημέρας. Μακρές ημέρες προκαλούν σημαντική αύξηση στη διάρκεια της βλαστητικής περιόδου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγάλη ανάπτυξη του φυτικού σώματος και την πολύ όψιμη εμφάνιση των ταξιανθιών κάτι το οποίο είναι ανεπιθύμητο διότι εκμηδενίζεται η παραγωγή καρπού (Καραμάνος, 1999).

Σε θερμοκρασίες 10-15°C ο χρόνος φυτρώματος επιμηκύνεται αρκετά και φτάνει τις 14 ημέρες. Στο διάστημα αυτό ο βλαστημένος σπόρος είναι εκτεθειμένος στα διάφορα παθογόνα που είναι πολύ πιθανό να τον προσβάλλουν και να τον καταστρέψουν. Η θερμοκρασία επίσης επηρεάζει την ανάπτυξη των ριζών.

1.6.2 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Το ιδανικό έδαφος για την καλλιέργεια του αραβόσιτου είναι το βαθύ έδαφος, μέσης σύστασης, με καλή στράγγιση και μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού. Ένα τέτοιο έδαφος επιτρέπει την πλήρη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος του φυτού και επομένως τον καλύτερο εφοδιασμό του φυτού με νερό και ανόργανα στοιχεία (Καραμάνος, 1999). Η ανάπτυξη του

ριζικού συστήματος όπως και ολόκληρου του φυτού περιορίζεται σημαντικά στα συνεκτικά εδάφη. Αυτό οφείλεται τόσο στην αδυναμία των ριζών να υπερνικήσουν την μηχανική αντίσταση των συνεκτικών στρωμάτων του εδάφους όσο και της μειωμένης περιεκτικότητας του εδαφικού νερού σε οξυγόνο. Είναι όμως δυνατή η καλλιέργεια του αραβόσιτου σε ένα ευρύ φάσμα τύπων εδαφών εάν γίνουν οι κατάλληλοι καλλιεργητικοί χειρισμοί άριστο pH βρίσκεται μεταξύ ελαφρά όξινου μέχρι και ουδέτερου (5,6-7,5).

Ο αραβόσιτος συγκαταλέγεται στα φυτά που είναι ευαίσθητα στην παρουσία αλάτων στο έδαφος και στο νερό αρδεύσεως (Καραμάνος, 1999).

1.6.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ

Οι απαιτήσεις του αραβόσιτου σε νερό για μια ικανοποιητική παραγωγή κυμαίνονται από 400-800mm ανάλογα με τη γονιμότητα του εδάφους και την εξατμισοικανότητα της ατμόσφαιρας. Είναι ιδιαίτερα αποδοτικός ο αραβόσιτος όταν του εξασφαλίζεται επαρκής εδαφική υγρασία, η ποσότητα του εδαφικού αζώτου ασκεί μια ιδιαίτερη επίδραση τόσο στις απαιτήσεις σε νερό όσο και στο βαθμό αντιδράσεως της καλλιέργειας στην άρδευση. Όταν η καλλιέργεια είναι ξηρική ή οι αρδεύσεις σπάνιες η απορρόφηση νερού ξεκινά από τα βαθύτερα στρώματα. Αντίθετα σε αρδευόμενες καλλιέργειες το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού απορροφάται από τα επιφανειακά 30 cm του εδάφους.

1.6.4 ΦΥΤΡΩΜΑ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

Όταν ο σπόρος βρεθεί σε ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και αερισμού αρχίζει μια διαδικασία μορφολογικών και χημικών μεταβολών που είναι γνωστή ως βλάστηση (φύτρωμα) του σπόρου. Το νερό διαβρέχει το σπόρο εισερχόμενο από το περικάρπιο και διογκώνει πρώτα την κορυφή του ριζιδίου με την κολεόρριζα με αποτέλεσμα την επιμήκυνση της τελευταίας και τη διάρρηξη του περιβλήματος περίπου 2-3 ημέρες μετά την έναρξη της διαβροχής. Ο Sass (1955) παρατήρησε σύμφωνα με τον Καραμάνο (1999) ακολουθεί η επιμήκυνση του πτεριδίου περίπου 24 ώρες μετά την έναρξη της διαβροχής του σπόρου με αποτέλεσμα την έξοδο και του κολεόπτιλου από τον σπόρο, 1-2 ημέρες μετά την έξοδο της κολεόρριζας που προηγήθηκε.

Μετά την έξοδο του ριζιδίου, η κολεόρριζα σχίζεται και επιμηκύνεται η πρωτογενής εμβρυακή ρίζα ενώ αρχίζουν να αναπτύσσονται στο μεσοκοτύλιο και οι δευτερογενείς εμβρυακές ρίζες. Το μεσοκοτύλιο, δηλαδή το τμήμα μεταξύ του σημείου πρόσφυσης του σπόρου και του λαιμού του φυτού, παίζει συνήθως τον σπουδαιότερο ρόλο στην ανάδυση των φυταρίων. Το μεσοκοτύλιο διανύει συνήθως τη μισή απόσταση από τον σπόρο μέχρι την επιφάνεια του εδάφους όταν ο σπόρος σπαρθεί σε βάθος 5-7.5 cm σύμφωνα με τον Aldrich (1975) όπως αναφέρεται από τον Καραμάνο (1999). Οι δυνατότητες επιμήκυνσης του μεσοκοτυλίου μπορούν να φτάσουν κατά μέσο όρο τα 12,5-15 cm με ανώτατο όριο τα 20-30 cm σε μερικούς σπάνιους

γονότυπους, αλλά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από τις εδαφικές συνθήκες. Η επιμήκυνση αυτή του επιτρέπει τη σπορά του αραβοσίτου σε μεγαλύτερα βάθη από τα άλλα σιτηρά, εάν παραστεί ανάγκη. Το επιμηκυνόμενο κολεόπτιλο διανύει την υπόλοιπη απόσταση από την επιφάνεια του εδάφους. Η μορφολογία και η υφή του υποβοηθάει τη διείσδυσή του ανάμεσα στα εδαφικά στρώματα και την έξοδο του στην επιφάνεια. Εάν για οποιονδήποτε λόγο το κολεόπτιλο καταστραφεί μέσα στο έδαφος η έξοδος του φυταρίου γίνεται προβληματική.

Μετά την έξοδο του από το έδαφος το κολεόπτιλο διαρρηγνύεται και εμφανίζεται το πρώτο φύλλο το οποίο περιβάλλει τα υπόλοιπα. Τα επόμενα φύλλα ακολουθούν και ξεδιπλώνονται με ρυθμό ενός κάθε τρεις ημέρες όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές (Καραμάνος, 1999).

Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ σποράς και φυτρώματος εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους, την υγρασία και τον επαρκή αερισμό. Έλλειψη άμεσης επαφής του σπόρου με εδαφική υγρασία καθυστερεί σημαντικά την διαβροχή του.

Επιπλέον, κακός αερισμός από υπερβολική υγρασία ή συμπαγές έδαφος δημιουργούν ασφυκτικό περιβάλλον και δυσμενείς συνθήκες για βλάστηση (Καραμάνος 1999). Σε ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας και αερισμού τον καθοριστικό ρόλο στην ταχύτητα βλάστησης τον παίζει η θερμοκρασία. Ο αραβόσιτος σπάνια βλασταίνει σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 10°C.

Η άριστη θερμοκρασία εδάφους για βλάστηση είναι 20°C ,οπότε η ανάδυση πραγματοποιείται σε διάστημα 4-6 ημερών μετά τη σπορά (Καραμάνος, 1999). Ικανοποιητικό φύτρωμα επιτυγχάνεται και σε θερμοκρασίες 16-18°C .

Η βλάστηση του σπόρου του αραβόσιτου δεν φαίνεται να επηρεάζεται από ενδογενείς παράγοντες όπως λήθαργος και γι αυτό το λόγο οι σπόροι μπορούν να βλαστήσουν και αμέσως μετά την ωρίμανση τους, όταν ακόμη βρίσκονται επάνω στο φυτό

Το ριζικό σύστημα του αραβόσιτου αναπτύσσεται πολύ γρήγορα .Οι ρίζες φτάνουν στα πρώτα 20 cm όταν ακόμη τα φυτά έχουν ύψος 10 cm. Σε πιο συνεικτικά εδάφη το ριζικό σύστημα περιορίζεται στα επιφανειακά στρώματα. Σε ψυχρές περιοχές το ριζικό σύστημα όταν έχει αναπτυχθεί πλήρως είναι πιο περιορισμένο από το πλήρως ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα ενός φυτού αραβόσιτου που αναπτύχθηκε σε θερμότερες περιοχές. Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος παίζει η υγρασία του εδάφους. Μετά από πειράματα διαπιστώθηκε ότι το ριζικό σύστημα σε ξηρικά εδάφη αναπτύχθηκε περισσότερο σε βάθος απ ότι σε αρδευόμενα εδάφη. Οι κύριες ρίζες των ξηρικών φυτών είχαν περισσότερη κατακόρυφη κατεύθυνση από εκείνες των αρδευόμενων και είχαν και περισσότερες και επιμηκύτερες διακλαδώσεις (Καραμάνος, 1999).

1.7 ΣΙΤΑΡΙ

1.7.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΙΤΑΡΙΟΥ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ-ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟ

Σύμφωνα με τις θερμικές απαιτήσεις και φωτοπεριοδικές αντιδράσεις οι ποικιλίες σιταριού διακρίνονται σε:

Χειμωνιάτικες ποικιλίες που απαιτούν θερμοκρασίες 0-8°C για λίγες εβδομάδες για να εαρινοποιηθούν και είναι ανθεκτικές στις χαμηλές θερμοκρασίες. Σε ανοιζιάτικες ποικιλίες που δεν θέλουν τόσο χαμηλές θερμοκρασίες για εαρινοποίηση και είναι ευπαθείς στις χαμηλές θερμοκρασίες και σε ενδιάμεσες ποικιλίες που έχουν απαιτήσεις μεταξύ των χειμωνιάτικων και ανοιζιάτικων.

Γενικά το σιτάρι είναι φυτό των ευκρατών κλιμάτων που απαιτεί για την αύξηση θερμοκρασίες μεταξύ 3-4°C και 30-32°C. Για πολλές λειτουργίες η άριστη θερμοκρασία είναι γύρω στους 25°C.

Οι θερμοκρασίες του χειμώνα ορίζουν το χρόνο σποράς και το είδος της ποικιλίας που θα χρησιμοποιηθεί. Έτσι σε ήπιους ή βροχερούς χειμώνες γίνεται σπορά φθινοπωρινή με ανοιζιάτικες ποικιλίες λόγω των χαμηλών απαιτήσεων τους σε εαρινοποίηση. Σε μέτρια ψυχρούς χειμώνες γίνεται σπορά φθινοπωρινή με χειμωνιάτικες ποικιλίες και σε πολύ ψυχρούς χειμώνες σπορά την άνοιξη με ανοιζιάτικες ποικιλίες (Καραμάνος, 1994).

Το σιτάρι είναι ανθεκτικότερο από το κριθάρι και τη βρώμη και πιο ευαίσθητο από τη σίκαλη στις χαμηλές θερμοκρασίες. Έχει δυνατότητα

αυτοσυκληραγώγησης των νεαρών φυτών όταν υπάρχει αρειτό φώς και εφοδιασμός σε θρεπτικά στοιχεία ,φύλλα χαμηλότερης υδατοπεριεκτικότητας

Πολύ χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν βλάβες εάν επέλθουν πριν από το στάδιο της αυτοσυκληραγώγησης. Γενικά, ο ανορθωμένος τύπος βλάστησης παρουσιάζει μεγαλύτερη ευπάθεια στις χαμηλές θερμοκρασίες.

Η εναλλαγή πήξης και τήξης του εδαφικού διαλύματος προκαλεί ξερίζωμα και κοπή του ριζικού συστήματος. Τέλος οι όψιμοι παγετοί ή ακόμη και 0°C έστω και για λίγες ώρες όταν τα φυτά έχουν ξεσταχυάσει προκαλούν καταστροφή και στείρωση των ανθέων (Καραμάνος, 1994).

1.7.2 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΙΤΑΡΙΟΥ

Αν και καλλιεργείται σε ποικιλία εδαφών (από αμμώδη μέχρι βαρεία αργιλώδη κυρίως ευδοκιμεί σε εδάφη μέσης σύστασης μέχρι βαριά (αμμοπηλώδη, πηλώδη, αργιλώδη), βαθειά και καλά στραγγιζόμενα σύμφωνα με τους Lehane & Staple (1965) όπως αναφέρεται από τον Καραμάνο (1994).

Ελαφρά εδάφη συνιστώνται, ιδίως σε ξηρές περιοχές. Επίσης δεν ευδοκίμούν σε εδάφη με υψηλό υδατικό ορίζοντα. Σε εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία δημιουργείται προδιάθεση για πλάγιασμα. Το σιτάρι μπορεί να καλλιεργηθεί σε πληθώρα υψομέτρων.

1.7.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΙΤΑΡΙΟΥ ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ

Το σιτάρι καλλιεργείται παγκοσμίως σε περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 250-1750 mm αλλά συνήθως στο (75% της συνολικής έκτασης) σε περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση είναι 375-775mm H₂O. Είναι επίσης δυνατό να καλλιεργηθεί σε περιοχές με ετήσια βροχόπτωση μικρότερη από 250mm όπου όμως εναλλάσσεται με μονοετή αγρανάπαυση. Η άριστη ετήσια βροχόπτωση είναι 625-775 mm H₂O όπου τα 10-15 mm πέφτουν στους δύο μήνες πριν την ωρίμαση (Καραμάνος, 1994).

Ειδικότερα, σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα, βροχές κατά το χειμώνα τα 300 mm θεωρούνται ελάχιστη προϋπόθεση για ικανοποιητική παραγωγή. Η έλλειψη βροχών προκαλεί μείωση των αποδόσεων, ανάλογα με το πότε θα παρατηρηθεί.

Συνήθως οι βροχές του Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου ξεπερνούν τις ανάγκες των φυτών έτσι γίνεται αποθήκευση στο έδαφος και χρησιμοποίηση της υγρασίας αργότερα. Οι βροχές της άνοιξης είναι ευεργετικές λόγω σύμπτωσής τους με την κρίσιμη περίοδο όπου τα φυτά έχουν ένα μέγιστο αναγκών σε νερό και θρεπτικά συστατικά. Όψιμες βροχές κατά ο γέμισμα είναι ανεπιθύμητες γιατί ευνοούν το όψιμο πλάγιασμα (Καραμάνος, 1994).

1.7.4 ΦΥΤΡΩΜΑ ΣΙΤΑΡΙΟΥ

Η βλαστικότητα του σπόρου σιταριού θα πρέπει να ξεπερνά το 90% ώστε να έχουμε ικανοποιητική ανάδυση και ομοιόμορφη φυτεία. Υψηλή βλαστικότητα έχουν οι υγιείς σπόροι απαλλαγμένοι από τον λήθαργο και αποθηκευμένοι σε κατάλληλες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας.

Οι θερμοκρασίες βλάστησης είναι η ελάχιστη 4 °C, η άριστη 20-25 °C και η μέγιστη 37° C. Σε θερμοκρασίες ανώτερες των 25 °C η βλάστηση αρχίζει να γίνεται ακανόνιστη και ο σπόρος να είναι ευάλωτος σε παθογόνα. Σε περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες συνιστάται η πρόιμη σπορά ώστε να έχουμε αυτοσυκληραγώγηση των φυτών.

Η βλάστηση αρχίζει όταν οι σπόροι απορροφήσουν μικρά ποσά υγρασίας, τουλάχιστον το 35-40 % του ξηρού βάρους τους. Αμέσως μετά τη σπορά ενός σπόρου αρχίζει η διαδικασία της βλάστησης. Η εμβρυακή ρίζα αρχικά μεγαλώνει ακολουθούμενη από το κολεόπτιλο.

Η δυνατότητα του σπόρου να βλαστάνει σε χαμηλές υγρασίες εδάφους δημιουργεί προβλήματα στην επιβίωση των φυταρίων τα οποία είναι τόσο περισσότερο ευαίσθητα στην ξηρασία όσο είναι πιο ανεπτυγμένα σύμφωνα με τον Milthorpe (1950) όπως αναφέρεται από τον Καραμάνο (1994). Το φαινόμενο είναι περισσότερο σαφές όταν πέσει σε σπαρμένο ξηρό έδαφος ελαφριά βροχή που προκαλεί βλάστηση των σπόρων, αλλά μετά η υγρασία εξατμίζεται γρήγορα και τα φυτώρια υποφέρουν από έλλειψη νερού.

Μεγαλύτεροι σπόροι συνεπάγονται ταχύτερη εγκατάσταση φυταρίων, καλύτερο ανταγωνισμό με τα ζιζάνια και πιθανόν υψηλότερες αποδόσεις. Πάντως φαίνεται ότι η περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη επηρεάζει την ανάπτυξη των φυταρίων περισσότερο από ότι το μέγεθος του σπόρου (Καραμάνος, 1994).

Η ταχύτητα ανάπτυξης των φυταρίων διαφέρει στις διάφορες ποικιλίες και φαίνεται ότι συσχετίζεται με το μήκος του κολεόπτυλου (Allan et al, 1962).

1.8 ΚΡΙΘΑΡΙ

1.8.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟ

Η ελάχιστη θερμοκρασία για βλάστηση είναι 5 C° η άριστη 29C° και η μέγιστη 38°C αναφέρει αντίστοιχες τιμές 3-4°C , 20°C και 28-30°C σύμφωνα με τον Briggs (1978) όπως αναφέρεται από τον Καραμάνο (1994). Οπωσδήποτε υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στις καλλιεργούμενες ποικιλίες. Ο σπόρος χρειάζεται κάπως μικρότερη ποσότητα νερού για ενυδάτωση από το σιτάρι.

Ο λήθαργος του σπόρου συνήθως δεν αποτελεί πρόβλημα, αλλά

είναι περισσότερο έντονος απ 'ότι στο σιτάρι. Αυτό οφείλεται κυρίως στην παρουσία των λευριδίων που δεσμεύουν οξυγόνο, είναι όμως δυνατό να προέρχεται και από ανωριμότητα του εμβρύου. Αύξηση των συγκεντρώσεων του οξυγόνου και αφαίρεση των λευριδίων σχεδόν εξαφανίζουν το λήθαργο (Καραμάνος, 1994).

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάρκεια και ένταση του ληθάργου είναι :

- Η ποικιλία και η θερμοκρασία.
- Ο χρόνος που μεσολάβησε από τη συγκομιδή (όσο αυξάνεται η ηλικία του σπόρου τόσο μειώνεται ο λήθαργος). Οι συνθήκες αποθήκευσης (υψηλές σχετικά θερμοκρασίες διακόπτουν γρηγορότερα το λήθαργο
- Οι συνθήκες που επικράτησαν κατά το γέμισμα των καρπών (ζεστός και ξηρός καιρός με μεγάλη ηλιοφάνεια κατά το γέμισμα ελαχιστοποιεί το λήθαργο, ενώ ψυχρός και υγρός καιρός τον αυξάνει

1.8.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ

Η βλάστηση ευνοείται από σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες 16-18 °C ενώ αναπαραγωγική από υψηλότερες (25-35°C). Θερμοκρασίες κοντά στους 40°C δημιουργούν προβλήματα τόσο στη βλαστητική όσο και την αναπαραγωγική ανάπτυξη. Λόγω της πρωιμότητάς του, το κριθάρι συνήθως αποφεύγει τις υψηλότερες θερμοκρασίες του τέλους της άνοιξης και επομένως το κακό γέμισμα και τις προσβολές από σκωριάσεις (Καραμάνος, 1994)

Συγκριτικά με το σιτάρι, παρουσιάζει αυξημένη ευαισθησία στις χαμηλές θερμοκρασίες και επομένως χρειάζεται προσοχή στην επιλογή του καταλληλότερου χρόνου σποράς ανάλογα με τις θερμοκρασίες του χειμώνα. Πάντως, υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις ποικιλίες ως προς την αντοχή τους στο ψύχος.

Όπως και στο σιτάρι, οι ποικιλίες υποδιαιρούνται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την αντοχή τους στις χαμηλές θερμοκρασίες και τις απαιτήσεις τους σε εαρινοποίηση :

- χειμωνιάτικες ανθεκτικές στο Ψύχος, πλάγιας ανάπτυξης και απαιτητικές σε εαρινοποίηση.
- ανοιξιάτικες ευαίσθητες στο Ψύχος και μη απαιτητικές σε εαρινοποίηση.
- Ενδιάμεσες.

Το κριθάρι είναι φυτό μεγάλης ημέρας. Η διαφοροποίηση του στάχου επιταχύνεται σημαντικά όταν η φωτοπερίοδος αυξάνεται από τις 10 στις 16h σύμφωνα με τους Aspinall & Paleg,(1963) όπως αναφέρεται από τον Καραμάνο (1994). Υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ως προς τις απαιτήσεις σε φωτοπερίοδο

1.8.3 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ

Ευδοκίμει κυρίως σε πηλώδη και αργιλοπηλώδη εδάφη ενώ έχει χαμηλές αποδόσεις σε αμμώδη και συνεικτικά. Χρειάζεται καλά στραγγιζόμενα εδάφη επειδή υποφέρει από περίσσεια υγρασίας. Μπορεί να καλλιεργείται και να αποδίδει ικανοποιητικά και σε εδάφη λιγότερο γόνιμα από το σιτάρι.

Έρευνες στο κριθάρι έδειξαν ότι έχει υψηλό συντελεστή εκμετάλλευσης του εδαφικού νερού όπου καταναλίσκει περίπου 300-450kg νερού για παραγωγή 1 kg ξηρής ουσίας και υπερέχει τόσο του σιταριού όσο και της βρώμης. Έλλειψη νερού στα πρώτα στάδια ανάπτυξης μειώνει το αδελφωμα και την καλή εγκατάσταση του ριζικού συστήματος.

1.8.4 ΦΥΤΡΩΜΑ ΚΡΙΘΑΡΙΟΥ

Συνήθως το κριθάρι σπέρνεται το φθινόπωρο και σε εξαιρέσεις (πολύ δριμείς χειμώνες) την άνοιξη. Για δεδομένη ποικιλία οι αποδόσεις από τις φθινοπωρινές σπορές είναι υψηλότερες από τις ανοιξιάτικες σύμφωνα με τον Briggs (1978) όπως αναφέρεται από τον Καραμάνο (1994) εκτός αν μεσολαβήσουν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες κατά το χειμώνα. Η ελάχιστη θερμοκρασία για το φύτευμα κριθαριού είναι 5 C° η άριστη 29C° και η μέγιστη 38°C σύμφωνα με τον Briggs (1978) όπως αναφέρεται από τον Καραμάνο (1994). Οποσδήποτε υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στις καλλιεργούμενες ποικιλίες. Ο σπόρος χρειάζεται κάπως μικρότερη ποσότητα νερού για ενυδάτωση από το σιτάρι.

Ο λήθαργος του σπόρου συνήθως δεν αποτελεί πρόβλημα, αλλά είναι περισσότερο έντονος απ 'ότι στο σιτάρι. Αυτό οφείλεται κυρίως στην παρουσία των λεπυριδίων που δεσμεύουν οξυγόνο, είναι όμως δυνατό να προέρχεται και από ανωριμότητα του εμβρύου. Αύξηση των συγκεντρώσεων του οξυγόνου και αφαίρεση των λεπυριδίων σχεδόν εξαφανίζουν το λήθαργο. (Καραμάνος, 1994)

Η φθινοπωρινή σπορά πρέπει να γίνεται 10-15 ημέρες νωρίτερα από το σιτάρι λόγω της μειωμένης αντοχής του κριθαριού στο ψύχος. Από πειραματικά δεδομένα των Green et all (1985) όπως αναφέρει ο Καραμάνος (1994) προκύπτει ότι οι πρώιμες σπορές υπερέχουν σημαντικά από τις όψιμες

στο χειμωνιάτικο κριθάρι. Στην Ελλάδα η σπορά πρέπει να γίνεται από τα μέσα μέχρι τέλη Νοεμβρίου. Η ανοιξιάτικη σπορά γίνεται όσο το δυνατό νωρίτερα (μετά το πέρας των ανοιξιάτικων παγετών) για να αποφευχθούν οι υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού που μειώνουν τις αποδόσεις και υποβιβάζουν την ποιότητα. Έτσι η σπορά πρέπει να γίνεται από το τέλος Φεβρουαρίου μέχρι τα μέσα Μαρτίου, ανάλογα με την περιοχή. Αν προορίζεται για βόσκηση, το κριθάρι σπέρνεται πολύ νωρίτερα μέσα Αυγούστου-αρχές Σεπτεμβρίου.

Όπως το σιτάρι, έτσι και το κριθάρι έχει μεγάλες δυνατότητες ρύθμισης της ανάπτυξης του αυτορρυθμιστική ικανότητα ανάλογα με την πυκνότητα της φυτείας. Έτσι δεν υπάρχει κάποια άριστη πυκνότητα σποράς κυμαίνεται από 100-400 φυτά/στρέμμα. Η ποσότητα σπόρου για μια μέση πυκνότητα κυμαίνεται από 10-12kg/στρέμμα σε μεσογειακές περιοχές. Οι καλύτερες αποστάσεις μεταξύ των γραμμών σποράς είναι 16-18cm και το βάθος σποράς είναι 5cm (Καραμάνος 1994).

Τα επιφανειακά στρώματα του σπόρου απορροφούν υγρασία, η οποία εισέρχεται στο εσωτερικό δια μέσω της μικροπύλης. Ο σπόρος διογκώνεται, το έμβρυο φουσκώνει, και αυξάνει σε μέγεθος. Το πρώτο σημάδι της βλάστησης είναι η έκπτυξη της κολεόριζας από τη βάση του σπόρου. Η κύρια εμβρυακή ρίζα εμφανίζεται, και ακολουθούν οι δευτερεύουσες και οι μικρότερες εμβρυακές ρίζες.

1.9 ΜΠΙΖΕΛΙ

1.9.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΠΙΖΕΛΙΟΥ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ-ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟ

Το μπιζέλι είναι φυτό των δροσερών και υγρών περιοχών. Οι περισσότερες ποικιλίες είναι ευαίσθητες στο κρύο και ειδικότερα εκείνες που έχουν μακριά μεσογονάτια διαστήματα, μεγάλη φυλλική επιφάνεια και συρρικνωμένους σπόρους. Λίγες μόνο χορτοδοτικές ποικιλίες είναι ανθεκτικές στο κρύο. Αντέχει όμως περισσότερο από το βίκο στις χαμηλές θερμοκρασίες και οι σπόροι βλαστάνουν γρηγορότερα και τα νεαρά φυτά αναπτύσσονται ταχύτερα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, συγκρινόμενα με τα περισσότερα χειμερινά ψυχανθή. Αναφέρεται ότι αρκετά χαρακτηριστικά, όπως ο έγχρωμος σφθαλμός, το έγχρωμο περισπέρμιο, οι κίτρινες κοτυληδόνες κ.ά., που ελέγχονται από ειδικά γονίδια, συνδέονται με την αντοχή του μπιζελιού στις χαμηλές θερμοκρασίες σύμφωνα με τον Cousin (1997) όπως αναφέρεται από την Παπακώστα (2005). Η αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες αυξάνεται με τη σιληραγωγή. Θερμοκρασίες -6 έως -14°C, ανάλογα με την ποικιλία, δεν προκαλούν ζημιές στα σιληραγωγημένα φυτά σύμφωνα με τον Murray (1988) όπως αναφέρεται από την Παπακώστα (2005). Κατά την άνθηση της θερμοκρασίας -2 έως -3°C είναι επιζήμιες.

1.9.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΠΙΖΕΛΙΟΥ ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ

Το μπιζέλι είναι απαιτητικό σε υγρασία εδάφους λόγω της ταχείας και μεγάλης ανάπτυξης και του σχετικά επιπόλαιου ριζικού συστήματος. Παρ' όλο ότι υπάρχει κάποια διαφορά στις αναφορές που αφορούν το βάθος εισχώρησης του ριζικού συστήματος στο έδαφος, θεωρείται ότι το μπιζέλι μπορεί να απορροφήσει νε μέχρι τα 70 cm του εδάφους σύμφωνα με τον Nielsen (2001) όπως αναφέρεται από την Παπακώστα (2005). Η ανάπτυξη του όμως περιορίζεται δυσμενώς σε υγρά και ψυχρά εδάφη.

Η ξηρασία περιορίζει την ανάπτυξη και σταματά την αζωτοδέσμευση. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ποικιλιών του μπιζελιού που πρόκειται να καλλιεργηθούν σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα, πρέπει να είναι η πρόωμη βλαστική ανάπτυξη, άνθηση και ανάπτυξη των λοβών, πριν τη εμφάνιση της ξηροθερμικής περιόδου (Παπακώστα, 2005).

1.9.3 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΠΙΖΕΛΙΟΥ

Το μπιζέλι μπορεί να καλλιεργηθεί σε ποικιλία εδαφών, τα πλέον όμως κατάλληλα είναι τα γόνιμα πηλώδη, αργιλοπηλώδη εδάφη, πλούσια σε ασβέστιο. τα οποία στραγγίζουν καλά. Τα αμμώδη ή τα αμμοπηλώδη εδάφη δεν θεωρούν πολύ κατάλληλα κυρίως γιατί δεν συγκρατούν υγρασία, ενώ τα

βαριά πηλώδη θεωρούνται ακατάλληλα, λόγω της μειωμένης στράγγισης. Στα πολύ γόνιμα εδάφη υπάρχει κίνδυνος πλαγιάσματος. Η κατάκλιση με νερό (νεροκρατία) μειώνει σημαντικά την ανάπτυξη του μπιζελιού και ειδικά του ριζικού συστήματος και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με άλλα χειμερινά ψυχανθή (Παπακώστα, 2005).

Για γρήγορο φύτρωμα και επιτυχημένη εγκατάσταση απαιτείται καλά προετοιμασμένο έδαφος, φιλοχωματισμένο, όχι πολύ αφράτο και ισοπεδωμένο.

1.9.4 ΦΥΤΡΩΜΑ ΜΠΙΖΕΛΙΟΥ

Εποχή σποράς. Στις περισσότερες περιοχές της χώρας μας συνίσταται η φθινοπωρινή σπορά, Οκτώβριο-Νοέμβριο. Μόνο σε πολύ ορεινές περιοχές η σπορά γίνεται την άνοιξη αλλά όσο το δυνατόν νωρίτερα.

Η έξοδος του φυτού πάνω από την επιφάνεια του εδάφους γίνεται με επιμήκυνση του επικοτυλίου, ενώ αντίθετα το υποκοτύλιο παραμένει ανανάπτυκτο με συνέπεια οι κοτυληδόνες να παραμένουν στο έδαφος και μάλιστα στο σημείο όπου σπάρθηκε ο σπόρος (Παπακώστα, 2005).

Εκτός από τις κοτυληδόνες απαντώνται μέσα από το έδαφος δυο ή περισσότερα μικρά, ατελή (χωρίς μίσχο) ανανάπτυκτα φύλλα που προστατεύουν τους βοηθητικούς οφθαλμούς που καλύπτονται από αυτά. Οι οφθαλμοί αυτοί βοηθούν το νεαρό φυτάριο να επιζήσει σε περίπτωση που το

υπέργειο μέρος υποστεί ζημία από ψύχος, παγετό, η άλλη αιτία. Ο σπόρος του μπιζελιού διατηρεί τη ζωτικότητα του για πέντε χρόνια ή και περισσότερο εφόσον η περιεκτικότητά του σε υγρασία είναι χαμηλή.

1.10 ΦΑΚΗ

1.10.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΦΑΚΗΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ-ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟ

Η φακή αντέχει στις χαμηλές θερμοκρασίες και στις εύκρατες περιοχές καλλιεργείται ως φθινοπωρινή καλλιέργεια. Οι σπόροι αρχίζουν να φυτρώνουν σε θερμοκρασία 4-6 °C, η άριστη θερμοκρασία φυτώματος είναι 15-25 °C. Όσο μικρότερη είναι θερμοκρασία τόσο και ο ρυθμός φυτώματος είναι πιο αργός (Παπακώστα, 2005).

Τα νεαρά φυτά μπορούν να αντέξουν ισχυρό παγετό, αλλά πεθαίνουν όταν ο παγετός είναι παρατεταμένος, επαναλαμβανόμενος και συνοδεύεται από αποξηραντικούς ανέμους.

Η αντοχή όμως των φυτών μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας. Στις υψηλές θερμοκρασίες η φακή παρουσιάζει αρκετή ανθεκτικότητα.

1.10.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΦΑΚΗΣ ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ

Όλες οι ποικιλίες της φακής αντέχουν στην ξηρασία αποφεύγοντας την με την πρωιμότητα τους. Οι ανοιξιότιμες όμως βροχές είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη και την ικανοποιητική καρποφορία (Παπακώστα, 2005).

Το ύψος των φυτών καθορίζει την απόδοση στις μη αρδευόμενες περιοχές, όπου συνήθως καλλιεργείται. Είναι όμως ευαίσθητη στην κατάκλιση του εδάφους με νερό και στην υπερβολική άρδευση.

1.10.3 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Προσαρμόζεται σε μεγάλη ποικιλία τύπων εδαφών, καταλληλότερα όμως είναι τα ελαφρά έως μέσης μηχανικής σύστασης εδάφη με καλή αποστράγγιση. Η φακή δεν αντέχει στην οξύτητα για αυτό και καλλιεργείται σε εδάφη με εδάφη με επάρκεια Ca. Επίσης μειωμένη είναι και η αντοχή της στην αλατότητα του εδάφους (Παπακώστα, 2005).

1.10.4 ΦΥΤΡΩΜΑ ΦΑΚΗΣ

Η άριστη εποχή σποράς εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής και σε κάθε περιοχή από την καλλιεργούμενη ποικιλία. Στη χώρα μας η φακή είναι φθινοπωρινή καλλιέργεια. Αν και παρατηρείται

λήθαργος στη φακή λόγω σκληρών σπόρων, αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα, γιατί η περίοδος του λήθαργου είναι μικρή. Η φακή δύναται να βλαστήσει στο φως ή στο σκότος και παρουσιάζει υπόγειο φύτερωμα. Ανάλογα με τη θερμοκρασία του εδάφους το φύτερωμα γίνεται 1-3 εβδομάδες από τη σπορά.

1.11 ΦΑΣΟΛΙ

1.11.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ-ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟ

Το κοινό φασόλι προσαρμόζεται σε ποικίλα περιβάλλοντα στις τροπικές, υποτροπικές και εύκρατες περιοχές όλων των ηπείρων. Οι αποδόσεις είναι κατά κανόνα μεγαλύτερες στην εύκρατη ζώνη, σε σχέση με την τροπική, αλλά στις εύκρατες περιοχές καλλιεργείται μόνο κατά τη θερμή περίοδο του έτους (Παπακώστα, 2005).

Τα φυτά είναι ιδιαίτερα ευπαθή στον παγετό σε όλα τα στάδια ανάπτυξής τους. Οι ιστοί νεκρώνονται με μικρής διάρκειας έκθεση των φυτών σε θερμοκρασία 0°C. Τη μεγαλύτερη αντοχή στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες παρουσιάζουν τα φυτάρια ηλικίας μιας εβδομάδας.

Η φωτοπερίοδος αλληλεπιδρά με τη θερμοκρασία και μεγαλύτερη επίδραση της φωτοπεριόδου στη φαινολογία και ανάπτυξη των φυτών (π.χ.

επιμήκυνση το βλαστού) παρατηρείται στις υψηλές θερμοκρασίες (Παπακώστα, 2005). Η αντίδραση του φασολιού στο συνδυασμό φωτοπεριόδου — Θερμοκρασίας ελέγχεται από δύο ή τρία μεγαλογονίδια.

Τα φυτά φασολιού είναι ιδιαίτερα ευπαθή στον παγετό σε όλα τα στάδια ανάπτυξης τους. Οι ιστοί νεκρώνονται με μικρής διάρκειας έκθεση των φυτών σε θερμοκρασία 0°C. Τη μεγαλύτερη αντοχή στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες παρουσιάζουν τα φυτά ηλικίας μιας εβδομάδας (Meyer & Badarudin, 2001).

Είναι φυτό απαιτητικό σε ένταση φωτός και ηλιοφάνεια και γι' αυτό χαρακτηρίζεται ως ηλιόφιλο. Ανέχεται όμως και συννεφιασμένο καιρό.

1.11.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ

Το φασόλι χρειάζεται 300-400 mm νερού για την ολοκλήρωση του βιολογικού του κύκλου, με ομοιόμορφη εδαφική υγρασία καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξής του. Παρ' όλες όμως τις απαιτήσεις του, το 60% περίπου της παραγωγής στις αναπτυσσόμενες χώρες, γίνεται κάτω από συνθήκες έλλειψης νερού.

Για ικανοποιητικό και γρήγορο φύτερωμα η θερμοκρασία του εδάφους την εποχή της σποράς πρέπει να είναι 12-15°C. Σε κάθε συγκεκριμένη περιοχή η πρώιμη σπορά δίνει μεγαλύτερες αποδόσεις σε σύγκριση με την όψιμη (Παπακώστα, 2005).

Η υπερβολική εδαφική υγρασία είναι εξίσου επιζήμια με τη μεγάλη ξηρασία. Χωράφια που νεροκρατούν πρέπει να αποφεύγονται. Για την κανονική ανάπτυξη είναι απαραίτητος ο καλός αερισμός του εδάφους και τα φυτά υφίστανται ζημιές όταν υποστούν κατάκλυση με νερό για περισσότερο από 12 ώρες. Για το λόγο αυτό τα φασόλια δεν προσαρμόζονται στις υγρές τροπικές περιοχές, ενώ αποδίδουν ικανοποιητικά στις υποτροπικές και εύκρατες περιοχές με μέτριες βροχοπτώσεις (Παπακώστα, 2005).

1.11.3 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

Αναπτύσσεται σε ποικιλία εδαφών από αμμώδη έως αργιλώδη, αρκεί να εξασφαλίζεται καλή στράγγιση, αερισμός και ικανοποιητική υγρασία για την ανάπτυξή του. Καταλληλότερα θεωρούνται τα γόνιμα, μέσης μηχανικής σύστασης εδάφη. Για τις πρώιμες καλλιέργειες πρέπει να αποκλείονται τα βαριά, ψυχρά και δύσκολα θερμαινόμενα εδάφη (Παπακώστα, 2005).

Σε pH από 5,2-6,8 δεν παρατηρούνται σημαντικά προβλήματα στην ανάπτυξη του φασολιού. Δεν συνιστώνται εδάφη πλούσια σε ασβέστιο γιατί εμποδίζεται η πρόσληψη του φωσφόρου και παρατηρείται χλώρωση των φυτών λόγω περιορισμού της αφομοιωσιμότητας του σιδήρου. Θεωρείται ως φυτό ευαίσθητο στην αλατότητα του εδάφους.

1.11.4 ΦΥΤΡΩΜΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

Ο σπόρος του φασολιού φυτρώνει με ενεργοποίηση και επιμήκυνση του υποκοτυλίου και η ανάδυση ολοκληρώνεται σε διάστημα 5-8 ημέρων περίπου από την σπορά (Σημ. εργαστ. Γεωργίας). Προτιμώνται σπόροι από την τελευταία συγκομιδή γιατί έχουν μεγαλύτερη βλαστική ικανότητα και επίσης φυτρώνουν ταχύτερα. Πολλές φορές προηγείται της σποράς διαβροχή των σπόρων με νερό για 6-12 ώρες, με σκοπό την επιτάχυνση της ενυδάτωσης (Παπακώστα, 2005).

Προβλαστημένος σπόρος χρησιμοποιείται και για τη συμπλήρωση κενών που θα παρατηρηθούν μετά την ολοκλήρωση του φυτρώματος. Το βάθος σποράς ανάλογα με την υγρασιακή κατάσταση του εδάφους και το μέγεθος του σπόρου είναι 3-5 cm. Η βλάστηση των σπόρων είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στις χαμηλές θερμοκρασίες. Πιο βαθιά γίνεται η σπορά στα ξηρά εδάφη και στις μεγαλόσπερμες ποικιλίες.

1.12 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Σκοπός του πειράματος ήταν να εντοπισθεί, να μελετηθεί και να αναλυθεί η επίδραση της συμπίεσης από έναν εξωτερικό παράγοντα σταθερού βάρους στην πορεία του φυτρώματος διαφορετικών φυτών. Η συμπίεση συνήθως προκαλείται από τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται κατά τις καλλιεργητικές εργασίες. Βέβαια ο βαθμός επίδρασης της συμπίεσης στην ανάπτυξη του φυτού εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως η εποχή σποράς, το είδος του εδάφους, η υγρασία του εδάφους, η μέση σταθμισμένη διάμετρος σωματιδίων, η αντίσταση του εδάφους. Έγινε προσπάθεια στο πείραμα αυτό να εφαρμοστούν τέσσερα επίπεδα συμπίεσης με μια μηχανική κατασκευή σταθερού βάρους και να μελετηθεί η επίδραση ενός εξωτερικού παράγοντα συμπίεσης του εδάφους στον αριθμό και τον χρόνο φυτρώματος των σπόρων αραβόσιτου, σιταριού, κριθαριού, μπιζελιού, φακής και φασολιού.

2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τη μελέτη του θέματος εγκαταστάθηκε πειραματικός αγρός, στον αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (37°59'01.83" N ,23°42'07.37"E 170m από την επιφάνεια της θάλασσας). Καλλιεργήθηκαν τα φυτά αραβόσιτος (*Zea mays*), σιτάρι (*Triticum aestivum*), κριθάρι (*Hordeum sativum*), μπιζέλι (*Pisum sativum*), φακή (*Lens culinaris*) και φασόλι (*Phaseolus vulgaris*).

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε κατά την περίοδο 23 Μαρτίου 2009 έως 14 Ιουνίου 2009

2.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

Ακολουθήσαμε το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο (Τ.Π.Ο) το οποίο είχε 5 επεμβάσεις και 3 επαναλήψεις:

Ο: Μάρτυρας. Δεν υπέστη καμία συμπίεση

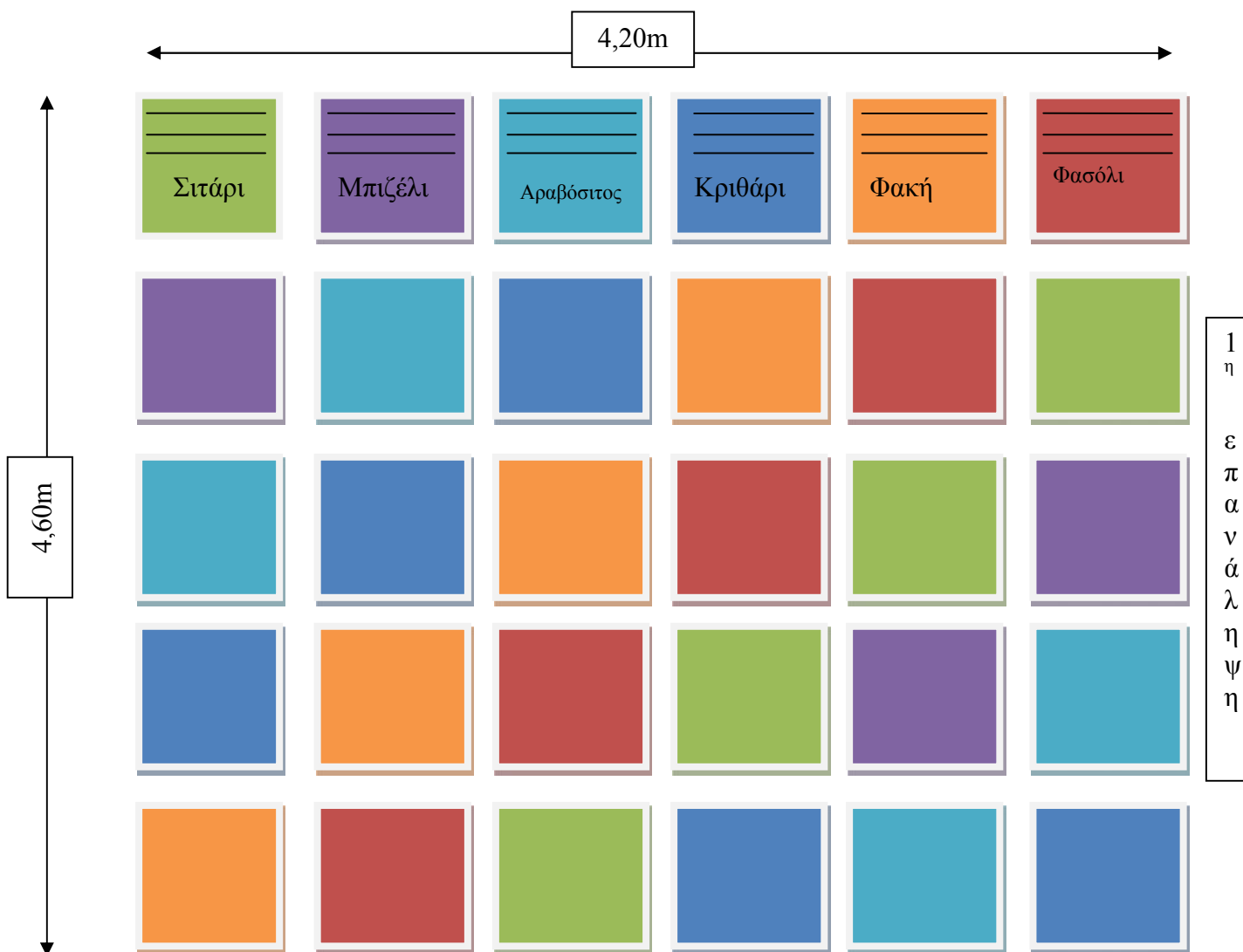
CEa: Επίπεδο συμπίεσης 1, πτώση εμβόλου από ύψος 15 cm.

CEb: Επίπεδο συμπίεσης 2, πτώση εμβόλου από ύψος 30 cm.

CEc: Επίπεδο συμπίεσης 3, πτώση εμβόλου από ύψος 45 cm.

CEd: Επίπεδο συμπίεσης 4, πτώση εμβόλου από ύψος 60 cm.

Ο συνολικός αριθμός των υποτεμαχίων ήταν 90. Κάθε κύριο τεμάχιο είχε εμβαδό 19,32m² ενώ κάθε υποτεμάχιο είχε εμβαδό 0,420m². Η συνολική επιφάνεια του αγρού υπολογίζοντας και τους ενδιάμεσους διαδρόμους μεταξύ των επαναλήψεων ήταν 18m X 5m =90m²



Σχήμα 2: Ο πειραματική σχεδίαση του αγρού (1^η επανάληψη).



Εικόνα 1: Το χειροκίνητο μηχάνημα συμπίεσης με το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι εδαφικές συμπιέσεις

Το χειροκίνητο μηχάνημα συμπίεσης που κατασκευάστηκε σύμφωνα με την αντίστοιχη μελέτη των Hyatt et al (2007) προσαρμοσμένο ώστε να είναι χρηστικό στο χωράφι. Οι Hyatt et al. είχε κατασκευάσει χειροκίνητο μηχάνημα ώστε να συμπιέζει σπόρους φυτεμένους σε φυτοδοχεία. Το μηχάνημα που χρησιμοποιήσαμε στη μελέτη μας έχει τα εξής χαρακτηριστικά: Στηρίζεται σε τρία πόδια-βάσεις με άνοιγμα 45° ,

αποτελείται από ένα κινούμενο έμβολο που το κάτω μέρος του καταλήγει σε τετράγωνη επίπεδη βάση σιδερένια διαστάσεων 25x25 cm². Το βάρος του εμβόλου μαζί με την ενσωματωμένη βάση είναι 26kg. Το έμβολο στη συμπίεση CEa αφήνονταν από ύψος 15 εκατοστών από το έδαφος. Στο δεύτερο επίπεδο συμπίεσης CEb, στο τρίτο επίπεδο συμπίεσης CEc και στο τέταρτο επίπεδο συμπίεσης CEd γίνεται η παραδοχή ότι στις μεταχειρίσεις που το έμβολο έπρεπε αφήνονταν από ύψος 30, 45 και 60 εκατοστών για πρακτικούς λόγους αφήνονταν δύο, τρεις και τέσσερις φορές από ύψος 15 εκατοστών αντίστοιχα.

2.2 ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΕΔΑΦΟΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Επειδή δεν ήταν επιθυμητό να επιβαρυνθεί το έδαφος με επιπλέον πιέσεις που θα προέκυπταν κατά την κατεργασία του, χρησιμοποιήθηκε σύστημα μειωμένης κατεργασίας πριν την σπορά με άροτρο με βάθος άροσης 20-25cm. Αποφεύχθηκε η χρήση φρέζας γιατί θα άλλαζε σημαντικά την επιφανειακή δομή του εδάφους.

2.3 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Οι ποικιλίες του φυτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη είναι:

Αραβόσιτος (*Zea mays L*), ποικιλία *Pioneer*.

Σιτάρι (*Triticum spp.*), ποικιλία *Siette serros*.

Κριθάρι (*Hordeum vulgare*), ποικιλία *Αλέξανδρος*.

Κτηνοτροφικό Μπιζέλι (*Pisum sativum*), άγνωστης ποικιλίας.

Φακή (*Lens culinaris*), μακρόκαρπη άγνωστης ποικιλίας.

Φασόλι (*Phaseolus vulgaris*), ποικιλία *Contenter*.

2.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΤΥΧΑΙΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΠΛΗΡΩΝ ΟΜΑΔΩΝ (Τ.Π.Ο)

Στα πειράματα αγρού είναι πιθανό να υπάρχουν διαφορές όσο αφορά στη γονιμότητα του αγρού κατά μήκος ή κατά πλάτος και θέλουμε να απομονώσουμε τη πηγή αυτή παραλλακτικότητας και να την απομακρύνουμε από την επίδραση των επεμβάσεων. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούμε το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων.

Η περιοχή που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για το πείραμα χωρίζεται σ' ένα αριθμό ζωνών ίσο με τον αριθμό των επαναλήψεων. Η κάθε λωρίδα ή επανάληψη έχει τόσα πειραματικά τεμάχια όσος είναι και ο αριθμός των επεμβάσεων. Το σχέδιο αυτό δεν χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που ο αριθμός των επεμβάσεων ξεπερνά τις 15.

2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΓΡΟΥ

Τα εδαφικά χαρακτηριστικά του αγρού αναγράφονται στον Πιν.1

Πίνακας 1: Τα εδαφικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού (2008)

| | |
|---------------------------|-------|
| Άμμος | 35,7% |
| Υλις | 34,5% |
| Άργιλος | 29,8% |
| Οργανική ουσία(%) | 0,2 |
| CaCO ₃ (%) | 9,2 |
| pH | 7,94 |
| Διαθέσιμος φωσφόρος (ppm) | 27,7 |
| Διαθέσιμο κάλιο (ppm) | 140 |
| Ολικό Na (%) | 0,024 |
| ΙΑΚ (meq/100 gr) | 8 |
| Na ⁺ (ppm) | 150 |

Η οργανική ουσία του εδάφους μετρήθηκε με την μέθοδο Walkley & Black (1934) και το pH προσδιορίστηκε σε πάστα κορεσμού. Το έδαφος είναι αργιλοπηλώδες.

2.6 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Είναι χρήσιμο να αναφέρουμε ότι το πείραμα ολοκληρώθηκε ουσιαστικά σε δύο φάσεις στην πρώτη από 24/3/2009 έως 16/4/2009 όπου σπείραμε και τα έξι φυτά αλλά κρατήθηκαν τελικά τα αποτελέσματα για το σιτάρι, κριθάρι, φακή διότι τα υπόλοιπα τρία φυτικά είδη δεν φύτρωσαν καθόλου εξαιτίας των ακατάλληλων για αυτά καιρικών συνθηκών. Και στη δεύτερη φάση του πειράματος από 15/5/2009 έως 06/6/2009 όπου πάλι

σπάρθηκαν και τα 6 είδη αλλά κρατήθηκαν μόνο τα αποτελέσματα για τον αραβόσιτο, φασόλι και μπιζέλι για τους ίδιους λόγους.

Η σπορά έγινε σε βάθος 3 εκατοστών την 24^η Μαρτίου 2009 και επαναλήφθηκε ολόκληρο το πείραμα σπέρνοντας την 15^η Μαΐου του 2009. Σπάρθηκαν και τις δύο φορές 14 σπόροι σε απόσταση 5 εκατοστών μεταξύ τους. Το κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε διαστάσεις 60x70 cm². Στο κάθε πειραματικό τεμάχιο υπήρχαν τρεις γραμμές σποράς με 14 σπόροι η κάθε μια γραμμή. Μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων συμπίεσης υπήρχε διάδρομος ώστε να μεταφέρεται το μηχάνημα συμπίεσης.

Πραγματοποιήθηκαν συγκεκριμένα 10 μετρήσεις ανά δύο μέρες όπου καταγράφονταν ο αριθμός των φυταρίων που είχαν βλαστήσει. Το πότισμα γίνονταν με ποτιστήρι σταθερής ποσότητας νερού 5λτ για κάθε γραμμή επέμβασης ανά δύο μέρες για να δέχονται όλες οι γραμμές την ίδια ποσότητα νερού. Όλη η πειραματική επιφάνεια του αγρού καλύφθηκε με δίχτυ ώστε να αποφευχθούν οι απώλειες σπόρων από εξωτερικούς παράγοντες όπως για παράδειγμα τα πουλιά.

2.7 ΟΓΚΟΣ ΣΠΟΡΩΝ

Μετρήθηκε ο όγκος σπόρων με τη βοήθεια δοκιμαστικών σωλήνων συγκεκριμένου όγκου, γεμίζοντας μέχρι ένα συγκεκριμένο όγκο τον σωλήνα με λάδι (όχι με νερό διότι ένα μέρος θα απορροφούνταν από τους σπόρους) και ρίχνοντας ορισμένο αριθμό σπόρων σύμφωνα με το ISO 6885:1995

2.8 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΦΥΤΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑ KJELDAHL (ΥΓΡΗ ΚΑΥΣΗ)

Σκοπός της μεθόδου είναι ο προσδιορισμός του οργανικού και ανόργανου αζώτου, που βρίσκεται στους φυτικούς ιστούς σε μορφή νιτρικών (NO_3^-) ή ακόμα και νιτρικών (NO_2^-) αλάτων.

Η μέθοδος περιλαμβάνει κατεργασία ενός δείγματος βάρους 1,5gr αλεύρου που το διαλύουμε με πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4) 95% και σαλικιλικού σε μια φιάλη Kjeldahl

Νιτρικά και νιτρικά αντιδρούν και σχηματίζουν ενώσεις αζώτου. Με την καύση διασπάται η ένωση αζώτου και παράγεται η αμμωνία, η οποία δεν πρέπει να μείνει σ' αυτήν την μορφή γιατί είναι πτητική. Έτσι η αμμωνία παραμένει στη φιάλη με το Na_2SO_4 και μετατρέπεται σε $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Ο προσδιορισμός γίνεται αν η περιεκτικότητα του ολικού αζώτου στους σπόρους πολλαπλασιασμένη με 6,25. Η μέτρηση έγινε σε ένα δείγμα ανά είδος

2.9 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ (ΜΣΔΣ)

Η μέση σταθμισμένη διάμετρος των σωματιδίων μετρήθηκε με τη λήψη δείγματος χώματος από τον αγρό, αμέσως μετά την ολοκλήρωση των εδαφικών συμπιέσεων από όλα τα επίπεδα επεμβάσεων και των τριών επαναλήψεων (σύνολο 15 δείγματα) και με τη βοήθεια κοσκίνων όπου το ένα προσαρμόζεται πάνω στο άλλο από εκείνο με τη μεγαλύτερη διάμετρο οπών ως εκείνο με τη μικρότερη. Οι διάμετροι των οπών ήταν 0,5-1,0-1,5-2,0-2,5-3,0 mm. Χαμηλότερα βρισκόνταν δοχείο συλλογής των μικρότερων εδαφικών υλικών που πέρασαν από όλα τα κόσκινα. Η βάση των κοσκίνων πάλλεται με ένταση που μπορούμε να καθορίσουμε εμείς. Ο χρόνος λειτουργίας του μηχανήματος κατά μέσο όρο ήταν 3 min (Van Bael, 1949)

$$\text{ΜΣΔΣ} = \sum_{i=1}^n x_i w_i \quad \text{όπου } x_i = \text{η μέση διάμετρος οπών στα κόσκινα και } w_i = \text{η}$$

αναλογία βάρους των σωματιδίων που παραμένουν στο κόσκινο



Εικόνα 2: Κάτοψη του μηχανήματος μέτρησης της ΜΣΔΣ



Εικόνα 3: Μηχάνημα προσδιορισμού της ΜΣΔΣ του Εργαστηρίου Γεωργίας

2.10 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η αντίσταση του εδάφους μετρήθηκε με τη βοήθεια ενός ειδικού οργάνου του πενετρόμετρου το οποίο βυθίζοντας το αργά μέσα στο έδαφος δείχνει στην ενσωματωμένη του οθόνη και αποθηκεύει την αντίσταση που ασκεί το έδαφος σε ΜΡα ανά εκατοστό βάθους εδάφους. Έτσι μπορούμε να έχουμε διαγραμματικά την αντίσταση που εμφανίζει το έδαφος από την επιφάνεια μέχρι σε κάποιο βάθος. Πρέπει να τονίσουμε ότι επειδή σκοπός της έρευνας ήταν η μελέτη του φυτρώματος μετρήσαμε τα 5 πρώτα cm.



Εικόνα 4: Η κεφαλή του πενετρόμετρου που χρησιμοποιήσαμε

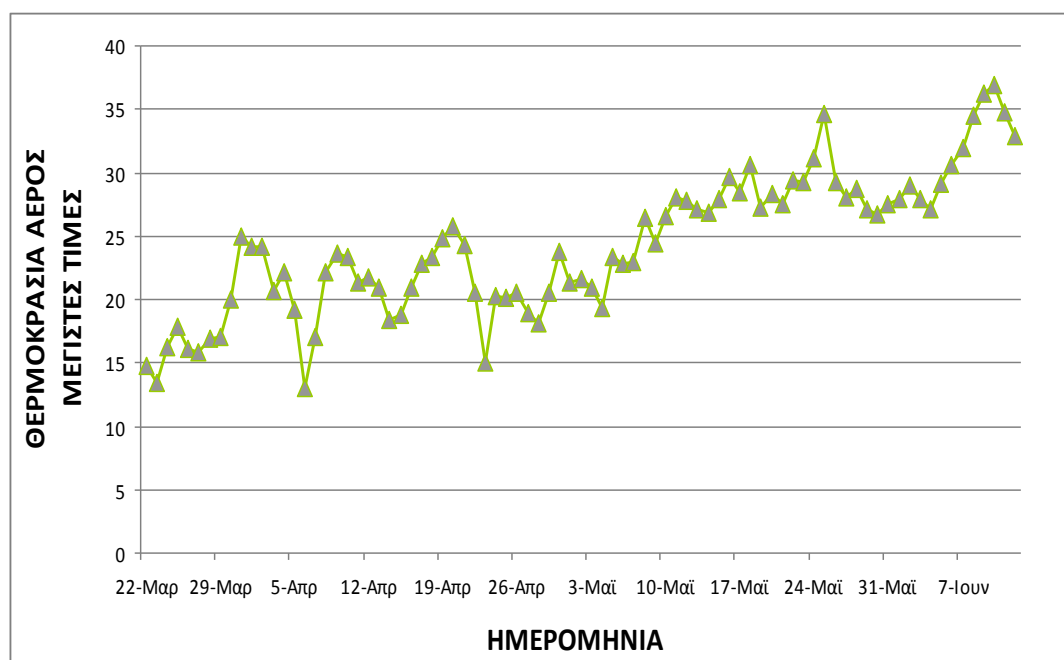
2.11 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Οι συγκρίσεις μέσω έγιναν με κριτήριο της ΕΣΔ για επίπεδο 5% και χρησιμοποιήθηκε τόσο για την ανάλυση διασποράς όσο και για τις συγκρίσεις. Το στατιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το JMP 6.

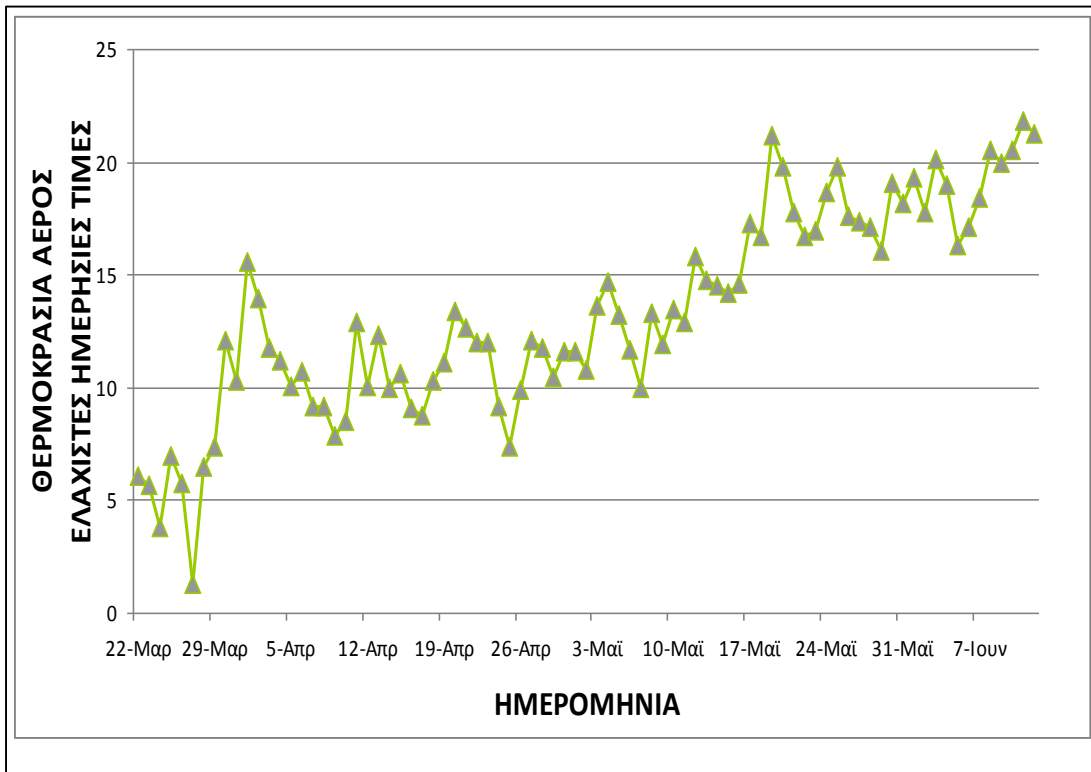
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

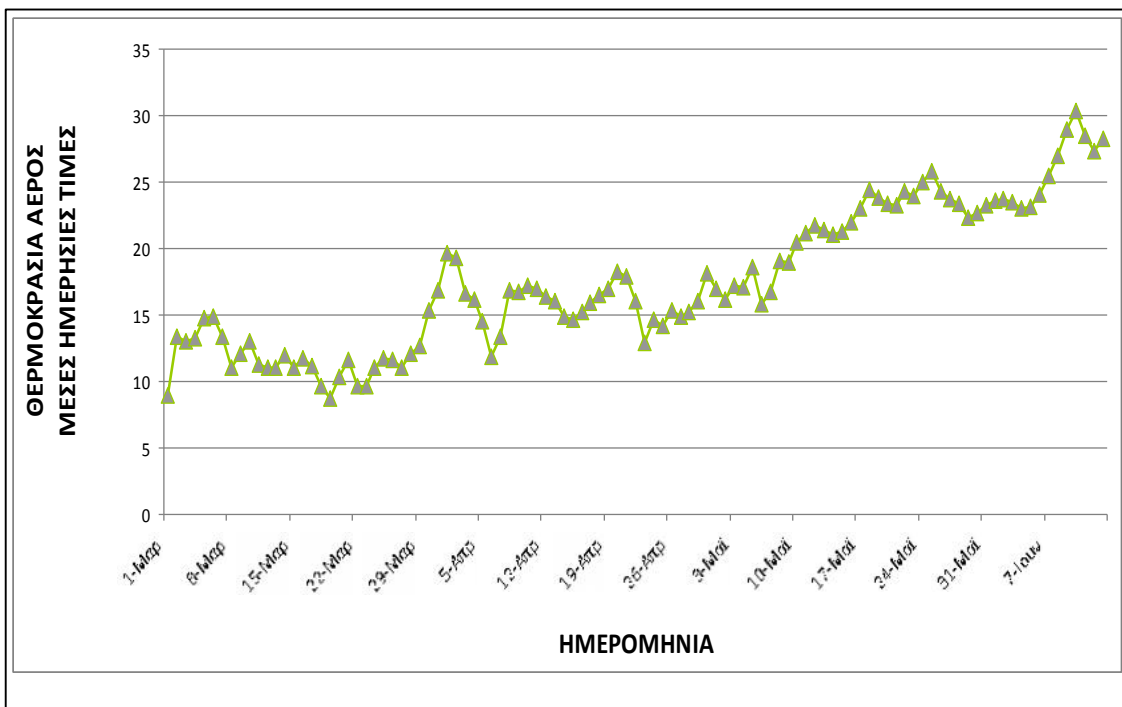
Παρατίθενται τα στοιχεία από το Εργαστήριο Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για τις μέγιστες θερμοκρασίες, μέσες ημερήσιες τιμές θερμοκρασιών αέρα και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας αέρα. Σε όλη την χρονική διάρκεια της μελέτης δεν υπήρξε βροχόπτωση.



Διάγραμμα 1: Μέγιστες τιμές θερμοκρασία αέρα



Διάγραμμα 2: Ελάχιστες τιμές θερμοκρασία αέρα



Διάγραμμα 3: Μέσες ημερήσιες τιμές θερμοκρασία αέρα

3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

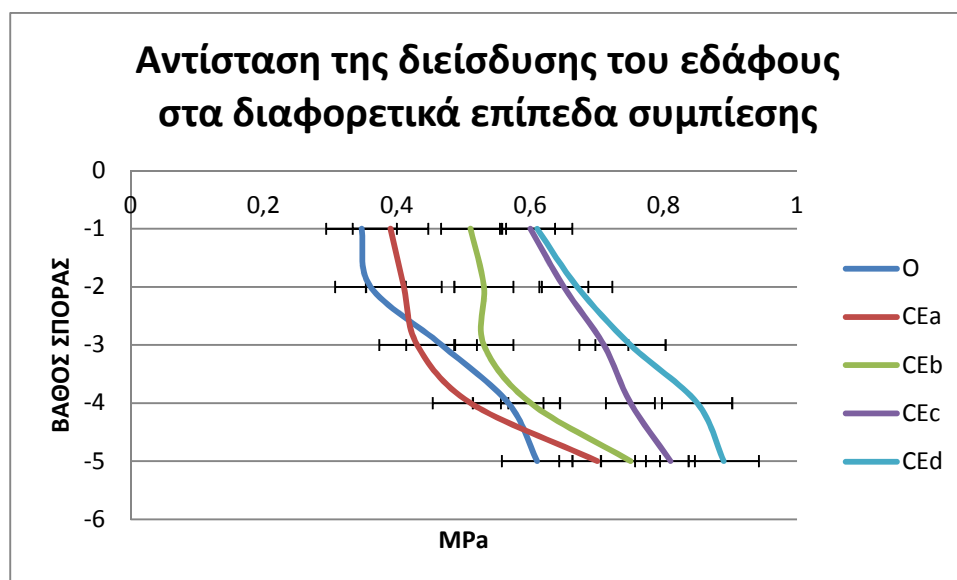
3.2.1 ΜΕΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣΜΕΝΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Πίνακας 2: Μέσος όρος τιμών από τις τρεις επαναλήψεις της ΜΣΔΣ από τις τρεις επαναλήψεις στα διαφορετικά επίπεδα συμπίεσης

| ΕΠΙΠΕΔΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ | mm |
|----------------------|-------|
| O | 10,41 |
| CEa | 10,21 |
| CEb | 10,19 |
| CEc | 9,84 |
| CEd | 7,76 |

Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται ο βαθμός συμπίεσης τόσο μειώνεται και η ΜΣΔΣ.

3.2.2 ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ



Διάγραμμα 4: Αντίσταση της διείσδυσης του εδάφους στα διαφορετικά επίπεδα συμπίεσης.

Το \longleftrightarrow είναι το τυπικό σφάλμα.

Παρατηρήθηκε ότι όσο αυξάνονται τα επίπεδα συμπίεσης τόσο περισσότερο αυξάνεται και η αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση του πενετρόμετρου. Στο κάθε επίπεδο συμπίεσης η τιμή της αντίστασης της διείσδυσης του εδάφους προέκυψε από το μέσο όρο τριών μετρήσεων.

3.2.3 ΟΓΚΟΣ ΣΠΟΡΩΝ

Ο μέσος όγκος σπόρων για το κάθε φυτικό είδος βρέθηκε ότι είναι:

Πίνακας 3: Μέσος όγκος κάθε σπόρου

| | | |
|------------|-------|-----------------|
| Αραβόσιτος | 0,25 | cm ³ |
| Σιτάρι | 0,035 | cm ³ |
| Κριθάρι | 0,05 | cm ³ |
| Μπιζέλι | 0,72 | cm ³ |
| Φακή | 0,04 | cm ³ |
| Φασόλι | 1,6 | cm ³ |

Το μεγαλύτερο μέσο όγκο σπόρου έχει το φασόλι ακολουθεί το μπιζέλι, ο αραβόσιτος, το κριθάρι και τέλος το σιτάρι. Το φυτικό είδος με τον μεγαλύτερο μέσο όγκο σπόρων είναι όπως φαίνεται και εκείνο που επηρεάζεται περισσότερο αρνητικά από την επίδραση της συμπίεσης στο φύτεμα του. Σπόροι μικροί και μακρόστενοι σε σχήμα όπως οι σπόροι του σιταριού και του κριθαριού η επίδραση κάποιων επιπέδων συμπίεσης δρουν θετικά στο φύτεμα τους.

3.2.4 ΠΡΩΤΕΙΝΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΠΟΡΩΝ

Πίνακας 4: Περιεκτικότητα % των σπόρων σε πρωτεΐνη.

| | |
|------------|--------|
| Αραβόσιτος | 12,16% |
| Σιτάρι | 24,58% |
| Κριθάρι | 25,72% |
| Μπιζέλι | 22,83% |
| Φακή | 23,62% |
| Φασόλι | 21,35% |

3.2.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Σύμφωνα με τη μελέτη των Hyatt et al. (2007) προσαρμοσμένη στις απαιτήσεις του αγρού του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Οι τύποι είναι οι εξής:

$$\text{CE(compactive effort)} = \frac{\text{ενέργεια (j)}}{\text{ολικό όγκο χώματος}}$$

Ενέργεια=26kg X ύψος

Ενέργεια E_a για το CE_a επίπεδο συμπίεσης=26kg x 0,15m=3,9kj

Ενέργεια E_b για το CE_b επίπεδο συμπίεσης=26kg x 0,30m=7,8kj

Ενέργεια E_c για το CE_c επίπεδο συμπίεσης=26kg x 0,45m=11,7kj

Ενέργεια E_d για το CE_d επίπεδο συμπίεσης=26kg x 0,60m=15,6kj

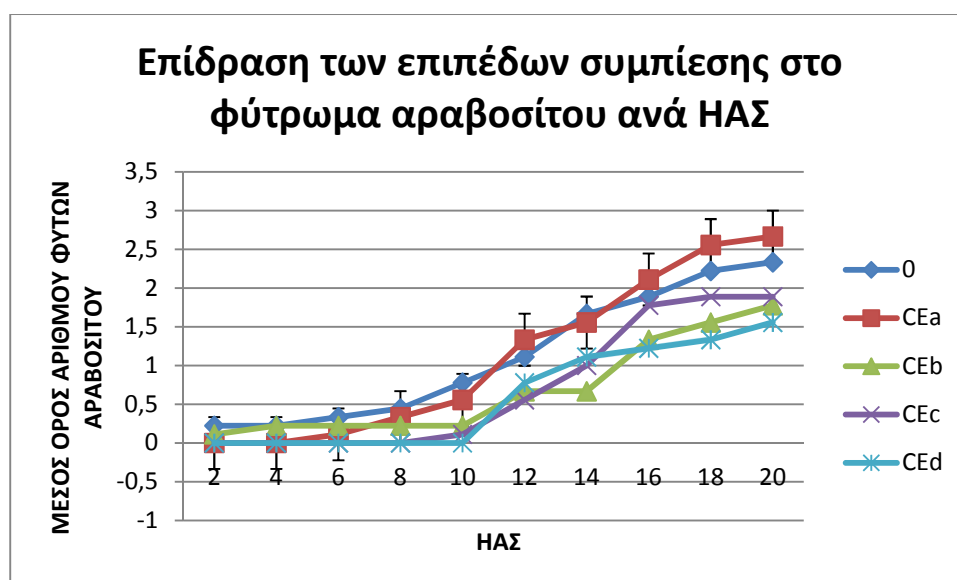
Ο όγκος ολικού χώματος είναι το γινόμενο του εμβαδού της μεταλλικής πλάκας με την οποία πραγματοποιούμε την συμπίεση με το μέσο βάθος σποράς το οποίο είναι 5 cm.

$$V_{\text{χώματος}}=0,25 \cdot 0,25 \cdot 0,05=0,003125\text{m}^3$$

Πίνακας 5: Η ενέργεια στα διαφορετικά επίπεδα συμπίεσης.

| ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kj) | CE (kj/m ³) |
|---|-------------------------|
| $E_a = 26\text{kg} \times 0,15\text{m} = 3,9\text{kJ}$ | 1248 kj/m ³ |
| $E_b = 26\text{kg} \times 0,30\text{m} = 7,8\text{kJ}$ | 2496 kj/m ³ |
| $E_c = 26\text{kg} \times 0,45\text{m} = 11,7\text{kJ}$ | 3744 kj/m ³ |
| $E_d = 26\text{kg} \times 0,60\text{m} = 15,6\text{kJ}$ | 4992 kj/m ³ |

3.3 ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ



Διάγραμμα 5: Επίδραση των επιπέδων συμπίεσης μέσω όρο αριθμό φυτών αραβοσίτου που βλάστησαν ανά ΗΑΣ. Δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά.

Ο=Χωρίς συμπίεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

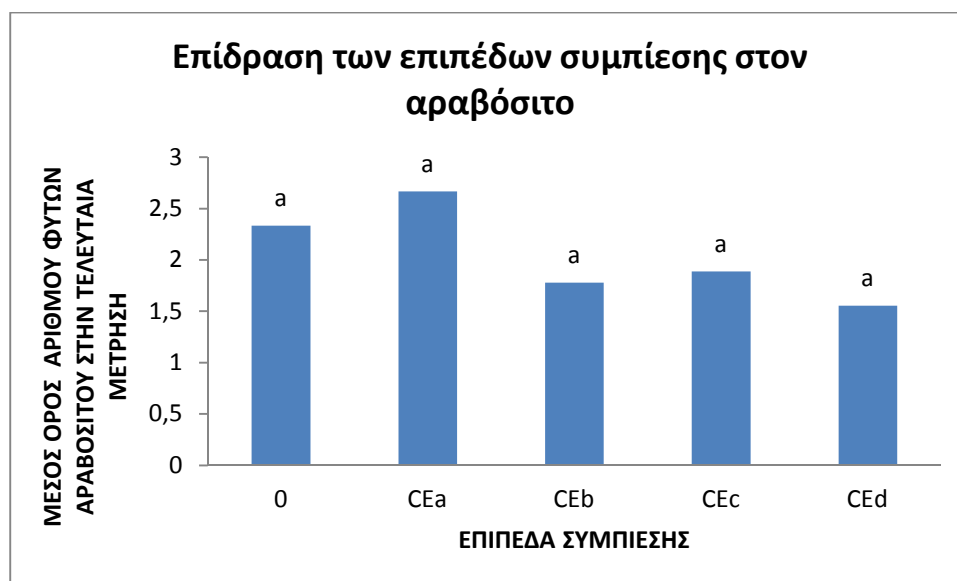
CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης. Το \updownarrow είναι το τυπικό σφάλμα.

Στο **διάγραμμα 9** παρατηρείται ότι πρώτα ξεκινούν να φυτρώνουν τα φυτά αραβόσιτου του μάρτυρα επιπέδου Ο ακολουθεί το δεύτερο επίπεδο συμπίεσης CEb, μετά το CEa . Στο τρίτο επίπεδο συμπίεσης CEc

καθυστερούν αισθητά να ξεκινήσουν να φυτρώνουν τα φυτά αραβόσιτου και τελευταίο έρχεται το τέταρτο επίπεδο συμπίεσης.

Στη τελευταία μέτρηση το επίπεδο συμπίεσης που έδωσε τα περισσότερα φυτά ήταν το CEa, μετά το επίπεδο O του μάρτυρα δηλαδή, ακολουθεί το CEc, CEb και CEd δηλαδή η σειρά από το επίπεδο συμπίεσης που έδωσε τα περισσότερα φυτά προς το μικρότερο είναι CEa>O>CEc>CEb>CEd



Διάγραμμα 6: Επίδραση των επιπέδων συμπίεσης στον αραβόσιτο (τα ίδια γράμματα σημαίνουν μη στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο 5%).

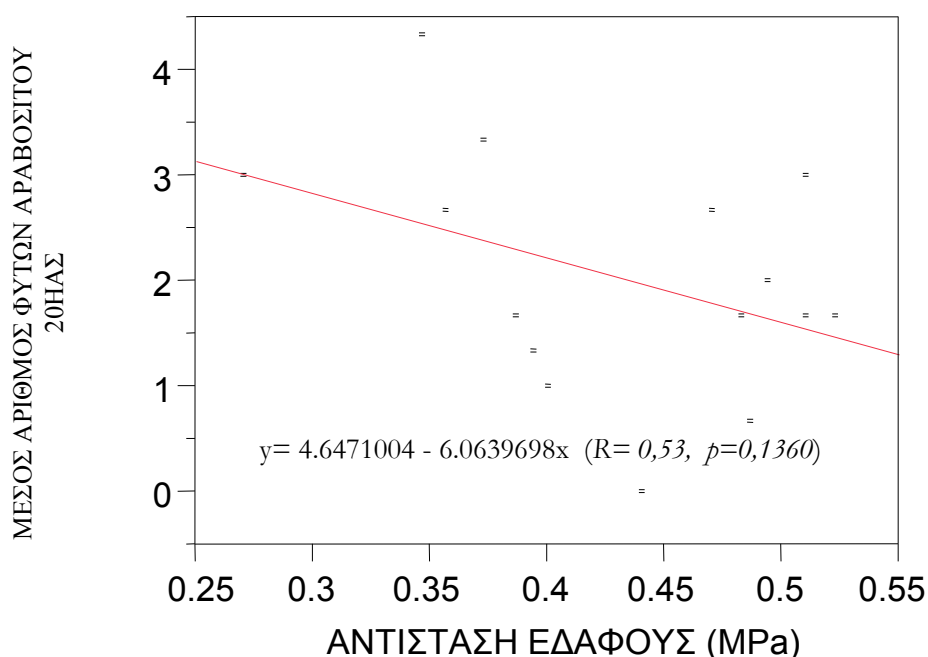
O=Χωρίς συμπίεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης

Στο **διάγραμμα 6** Παρατηρείται ότι φυτρώνουν αρκετά φυτά του αραβόσιτου στο επίπεδο του μάρτυρα, αλλά ακόμα περισσότερα φυτά φυτρώνουν στο

πρώτο επίπεδο συμπίεσης CEa. Στη συνέχεια έχουμε μια σταδιακή φθίνουσα πορεία, δηλαδή όσο αυξάνεται το επίπεδο συμπίεσης τόσο μειώνεται ο αριθμός φυτών αραβόσιτου που φυτρώνουν. Το χαμηλότερο σημείο εμφανίζεται στον τελικό αριθμό φυτών της τέταρτης συμπίεσης CEd.

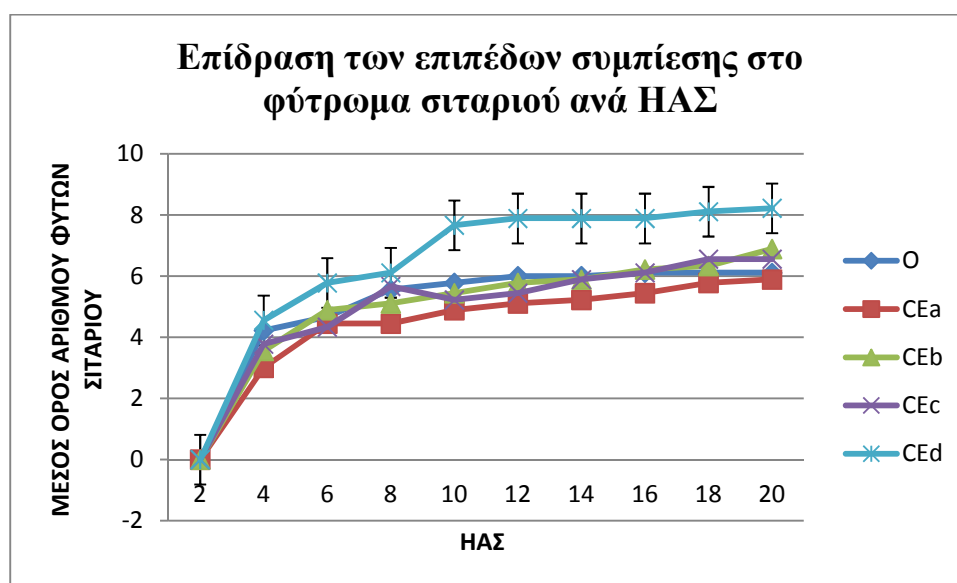


Διάγραμμα 7: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ αριθμού σπόρων αραβόσιτου που φύτρωσαν στην τελευταία μέτρηση και της αντίστασης του εδάφους που δέχτηκαν.

Η στατιστική ανάλυση στον αραβόσιτο μεταξύ των συμπίεσεων και του μέσου αριθμού των φυτών στην τελευταία μέτρηση (20ΗΑΣ) δεν έδειξε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,448$, $p=0,771$). Επίσης η στατιστική ανάλυση στον αραβόσιτο μεταξύ των συμπίεσεων και του μ.ο αντίστασης εδάφους έως 5cm δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=1,0603$, $p=0,4352$). Η στατιστική ανάλυση μεταξύ των

συμπιέσεων και της υγρασίας του εδάφους δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,0300$, $p=0,9979$). Και τέλος η στατιστική ανάλυση στον αραβόσιτο μεταξύ των συμπιέσεων και ΜΣΔΣ δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,5632$, $p=0,6964$)

3.4 ΣΙΤΑΡΙ



Διάγραμμα 8: Επίδραση των επιπέδων συμπίεσης στο μέσο αριθμό φυτών σιταριού που βλάστησαν ανά ΗΑΣ. Δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά.

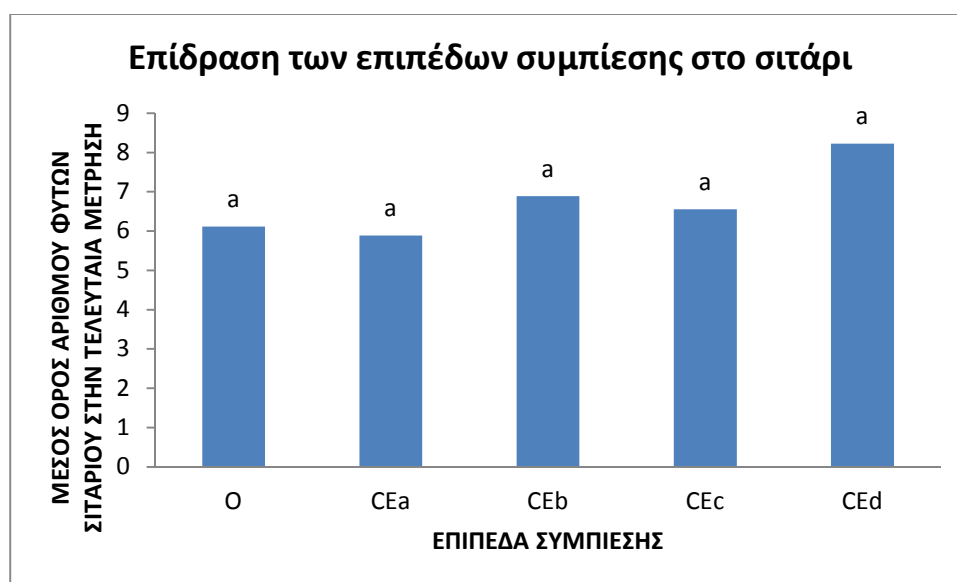
O=Χωρίς συμπίεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης. Το \updownarrow είναι το τυπικό σφάλμα.

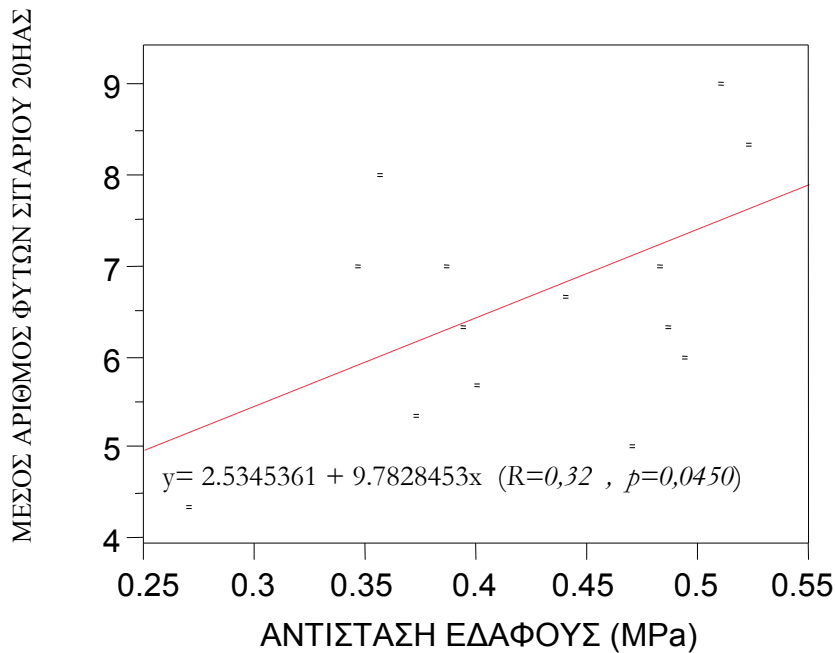
Στο **διάγραμμα 8** παρατηρείται ότι ξεκινούν σχεδόν όλα τα φυτά να φυτρώνουν ταυτόχρονα σε όλα τα επίπεδα συμπίεσης. Στη συνέχεια δείχνει να ξεχωρίζει σημαντικά το τέταρτο επίπεδο συμπίεσης CEd. Στην τελευταία μέτρηση τα περισσότερα φυτά εμφανίστηκαν στο τέταρτο επίπεδο συμπίεσης

CEd , ακολουθούν το CEb ,CEc ,O και CEa δηλαδή η σειρά από το επίπεδο συμπίεσης που έδωσε τα περισσότερα φυτρωμένα φυτά προς εκείνο που έδωσε τα λιγότερα είναι $CEd > CEb > CEc > O > CEa$



Διάγραμμα 9: Επίδραση των επιπέδων συμπίεσης στο σιτάρι (τα ίδια γράμματα σημαίνουν μη στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο 5%).

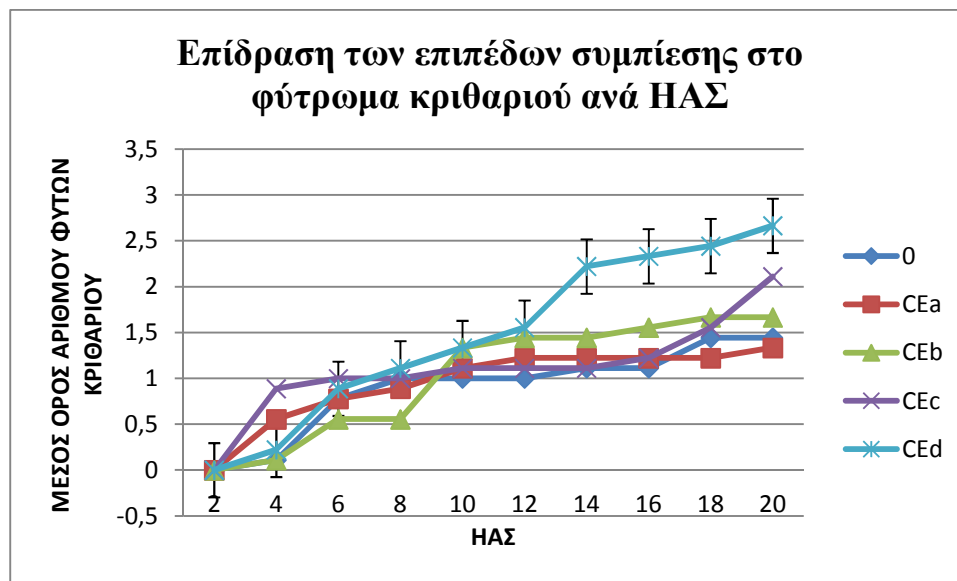
Στο **διάγραμμα 9** παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται το επίπεδο συμπίεσης έχουμε σταδιακή αύξηση και του αριθμού φυτών που φυτρώνουν. Τα καλύτερα αποτελέσματα σε τελικό αριθμό φυτών εμφανίζονται όταν επιδρά το τέταρτο επίπεδο συμπίεσης CEd



Διάγραμμα 10: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού σπόρων σιταριού που φύτεψαν στην τελευταία μέτρηση και της αντίστασης του εδάφους που δέχτηκαν.

Η στατιστική ανάλυση στα επίπεδα συμπίεσης στο σιτάρι μεταξύ των συμπίεσεων και του μέσου αριθμού των φυτών σιταριού κατά την τελευταία μέτρηση δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=1,3034$, $p=0,3464$). Επίσης στατιστική ανάλυση στο σιτάρι μεταξύ των συμπίεσεων και του μ.ο αντίστασης εδάφους έως 5cm δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($F=1,0603$, $p=0,4352$). Η στατιστική ανάλυση στο σιτάρι μεταξύ των συμπίεσεων και της υγρασίας του εδάφους δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,4448$, $p=0,7738$) και τέλος η στατιστική ανάλυση στο σιτάρι μεταξύ των συμπίεσεων και ΜΣΔΣ δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,5632$, $p=0,6964$)

3.5 ΚΡΙΘΑΡΙ



Διάγραμμα 11: Επίδραση των επιπέδων συμπίεσης στο μέσο όρο αριθμό φυτών κριθαριού που βλάστησαν ανά ΗΑΣ. Δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά.

O= Χωρίς συμπίεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

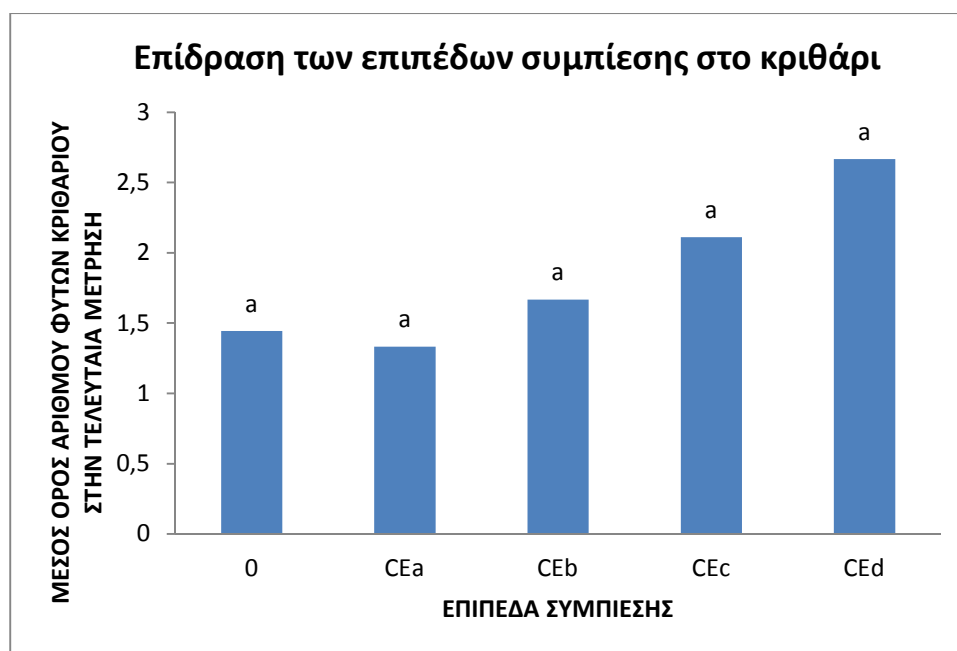
CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης. Το \downarrow είναι το τυπικό σφάλμα.

Στο **διάγραμμα 11** παρατηρείται ότι στο φυτό του κριθαριού ξεκινάνε πρώτα να φυτρώνουν τα φυτά του τρίτου επιπέδου συμπίεσης CEc ακολουθεί, το πρώτο επίπεδο συμπίεσης CEa μετά έρχεται το τέταρτο επίπεδο συμπίεσης CEd και τέλος ακολουθεί το O και CEb. Η σειρά είναι $CEc > CEa > CEd > O > CEb$

Στην τελευταία μέτρηση που πραγματοποιήθηκε τα περισσότερα φυτά εμφανίστηκαν στο τέταρτο επίπεδο συμπίεσης CEd, ακολούθησε το τρίτο CEc, μετά το δεύτερο επίπεδο συμπίεσης CEb, προτελευταίος έρχεται ο μάρτυρας και τελευταίο το πρώτο επίπεδο συμπίεσης CEa. Η σειρά από

το επίπεδο εκείνο που έδωσε το μεγαλύτερο αριθμό φυτών στην τελευταία μέτρηση μέχρι εκείνη που έδωσε το μικρότερο είναι η εξής:
 $CEd > CEc > CEb > O > CEa$

Παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στο χρόνο φυτρώματος αλλά και στον αριθμό των φυταρίων στα διαφορετικά επίπεδα συμπίεσης. Στα αρχικά στάδια δηλαδή μέχρι τις δύο πρώτες μετρήσεις πιο σύντομα φυτρώνουν τα φυτά τις τρίτης συμπίεσης CEc , αλλά στην τελευταία μέτρηση εμφανίζονται περισσότερα φυτά στο στα πειραματικά τεμάχια εκείνα που δέχτηκαν το τέταρτο επίπεδο συμπίεσης.



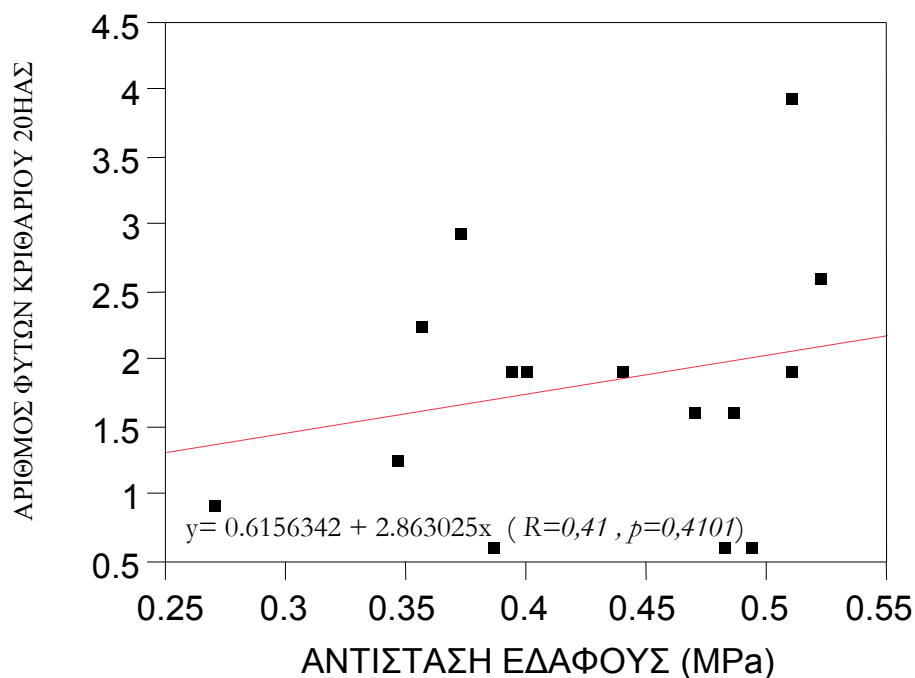
Διάγραμμα 12: Επίδραση των επιπέδων συμπίεσης στο κριθάρι (τα ίδια γράμματα σημαίνουν μη στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο 5%).

O=Χωρίς συμπίεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης. Το \updownarrow είναι το τυπικό σφάλμα.

Στο διάγραμμα 16 παρατηρούμε ότι ο μέσος αριθμός φυτών κριθαριού αυξάνεται όσο αυξάνονται τα επίπεδα συμπίεσης.

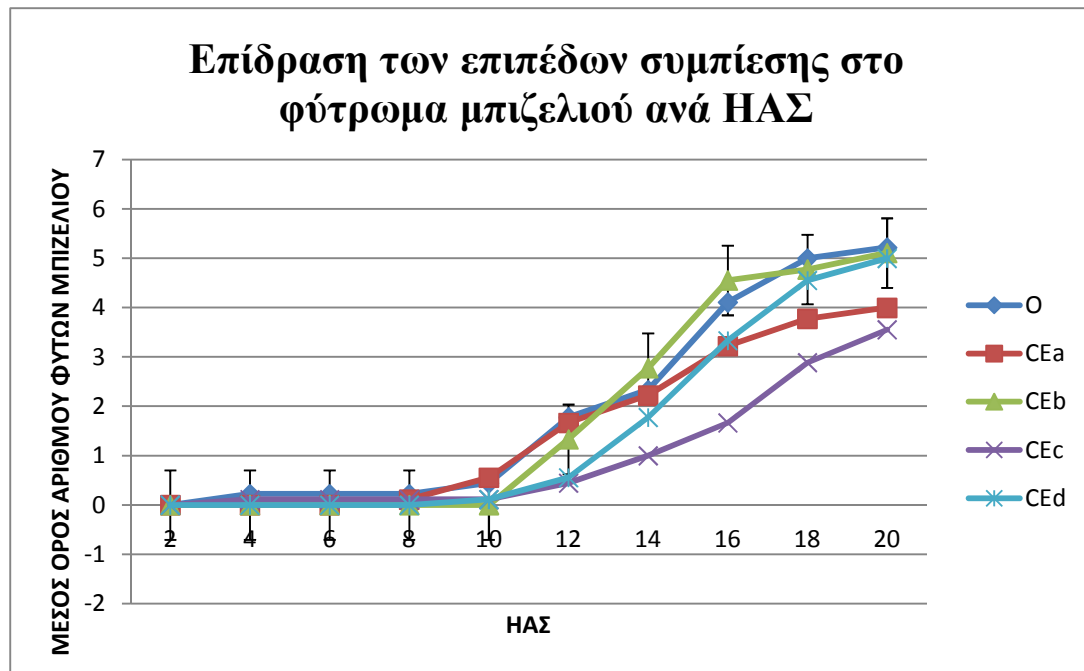


Διάγραμμα 13: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού σπόρων κριθαριού που φύτευσαν στην τελευταία μέτρηση και της αντίστασης του εδάφους που δέχτηκαν.

Η στατιστική ανάλυση στα επίπεδα συμπίεσης στο κριθάρι μεταξύ των συμπίεσεων και του αριθμού των φυτών δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,9939$, $p=0,4636$). Επίσης η στατιστική ανάλυση του κριθαριού μεταξύ των συμπίεσεων και του μ.ο αντίστασης εδάφους έως 5cm δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=1,0603$, $p=0,4352$). Η στατιστική ανάλυση στο κριθάρι μεταξύ των συμπίεσεων και της υγρασίας του εδάφους δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,4448$, $p=0,7738$).

Τέλος η στατιστική ανάλυση στο κριθάρι μεταξύ των συμπιέσεων και ΜΣΔΣ δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,5632$, $p=0,6964$).

3.6 ΜΠΙΖΕΛΙ



Διάγραμμα 14: Επίδραση των επιπέδων συμπίεσης στο μέσο όρο αριθμού φυτών μπιζελιού που βλάστησαν ανά ΗΑΣ. Δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά

O= Χωρίς συμπίεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

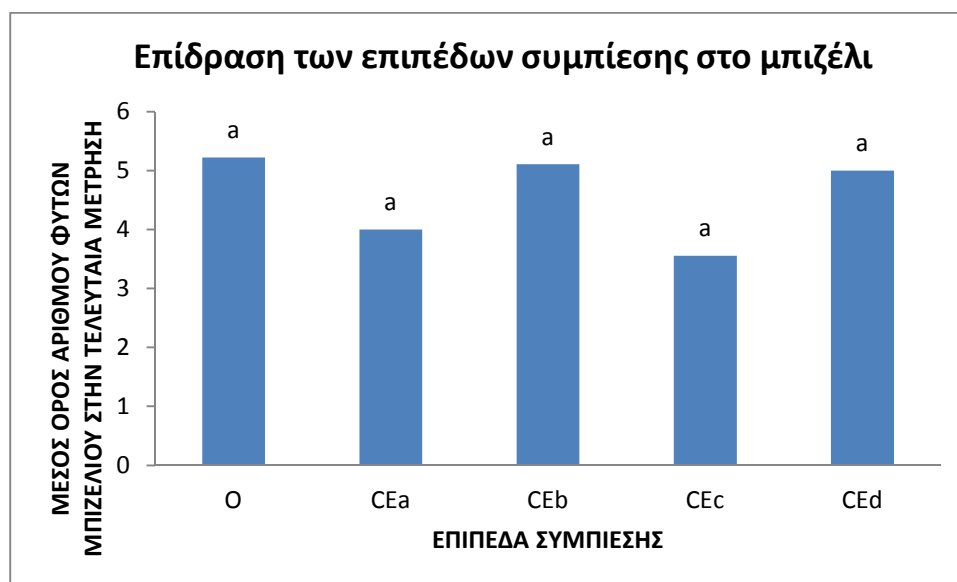
CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης. Το \updownarrow είναι το τυπικό σφάλμα.

Στο **διάγραμμα 14** παρατηρείται ότι για ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα δεν ξεχωρίζει κανένα επίπεδο συμπίεσης, ούτε και ο μάρτυρας και μάλιστα φυτρώνουν ελάχιστα φυτά. Αρχίζει να εμφανίζεται κάποια διαφορά φυτρώνοντας πρώτα τα φυτά του επιπέδου του μάρτυρα O, μετά ακολουθεί

το επίπεδο CEa και ακολουθούν με μια μικρή καθυστέρηση το CEb, CEc και CEd επίπεδο συμπίεσης. Στην τελευταία μέτρηση το μεγαλύτερο αριθμό φυτών εμφανίστηκε στο επίπεδο του μάρτυρα O αμέσως μετά στο δεύτερο επίπεδο συμπίεσης CEb ,στη συνέχεια στο τέταρτο επίπεδο συμπίεσης CEd και ακολουθεί τα επίπεδα συμπίεσης CEa και CEc. Η σειρά δηλαδή είναι O>CEb>CEd>CEa>CEc.

Διαπιστώνεται ότι μέχρι χρονικά τη μέση του πειράματος τα φυτά φυτρώνουν σε όλα τα επίπεδα συμπίεσης είναι πολύ λίγα. Τα φυτά αρχίζουν να φυτρώνουν μετά την 10ΗΑΣ και μετά και μάλιστα το δεύτερο επίπεδο συμπίεσης CEb εμφανίζει την πιο απότομη κλίση όσο αφορά τον αριθμό φυτών μπιζελιού που φυτρώνουν.



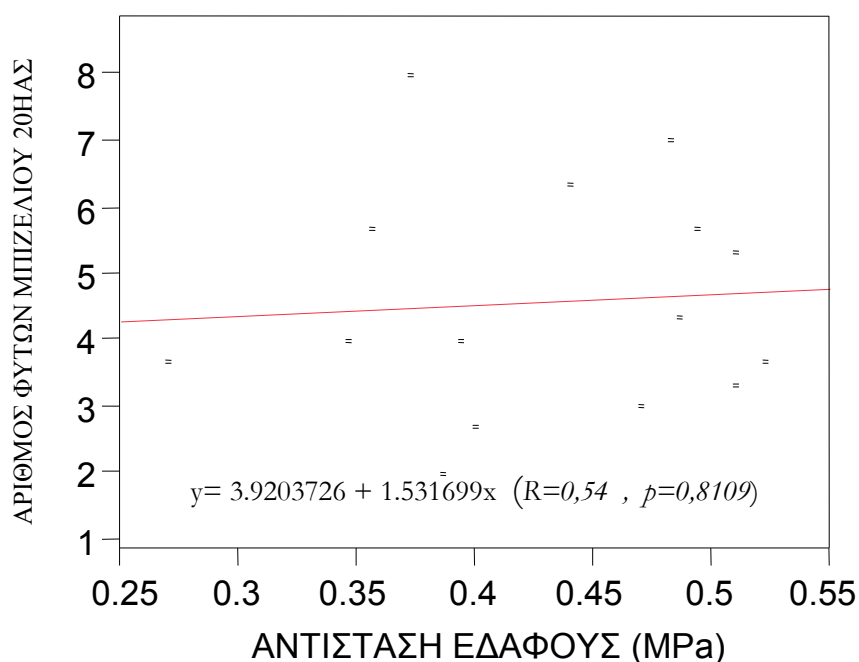
Διάγραμμα 15: Επίδραση των επιπέδων συμπίεσης στο μπιζέλι (τα ίδια γράμματα σημαίνουν μη στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο 5%).

O= Χωρίς συμπίεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης.

Στο **διάγραμμα 15** παρατηρείται πώς οι μικρότερες αποδόσεις σε αριθμό φυτών εμφανίζονται στο πρώτο και τρίτο επίπεδο συμπίεσης CEa και CEc αντίστοιχα ενώ οριακά τον μεγαλύτερο αριθμό φυτών τον εμφανίζουν τα πειραματικά τεμάχια εκείνα που δεν δέχτηκαν καμία συμπίεση, δηλαδή την επέμβαση O.



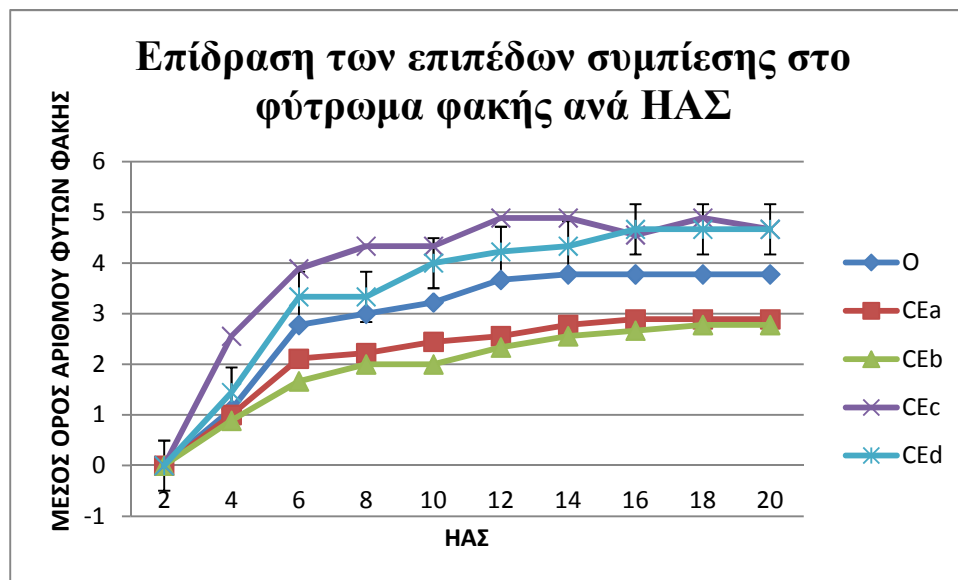
Διάγραμμα 16: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ αριθμού σπόρων μπιζελιού που φύτευαν στην τελευταία μέτρηση της και αντίστασης του εδάφους

Η στατιστική ανάλυση στα επίπεδα συμπίεσης στο μπιζέλι μεταξύ των συμπίεσεων και του αριθμού των φυτών δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,6852$, $p=0,6219$). Ακόμα η στατιστική ανάλυση στο μπιζέλι μεταξύ των συμπίεσεων και του μ.ο αντίστασης εδάφους έως 5cm δεν παρουσίασε κάποια σημαντική διαφορά ($F=1,0603$, $p=0,4352$). Επιπλέον η στατιστική ανάλυση στο μπιζέλι μεταξύ των συμπίεσεων και της

υγρασίας του εδάφους δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($F=0,0300$, $p=0,9979$)

Και τέλος η στατιστική ανάλυση στο μπιζέλι μεταξύ των συμπιέσεων και ΜΣΔΣ δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,5632$, $p=0,6964$)

3.7 ΦΑΚΗ



Διάγραμμα 17: Επίδραση των επιπέδων συμπίεσης στο μέσο όρο αριθμών φυτών φακής που φύτεψαν ανά ΗΑΣ. Δεν παρατηρείται στατιστική σημαντική διαφορά

O=Χωρίς συμπίεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

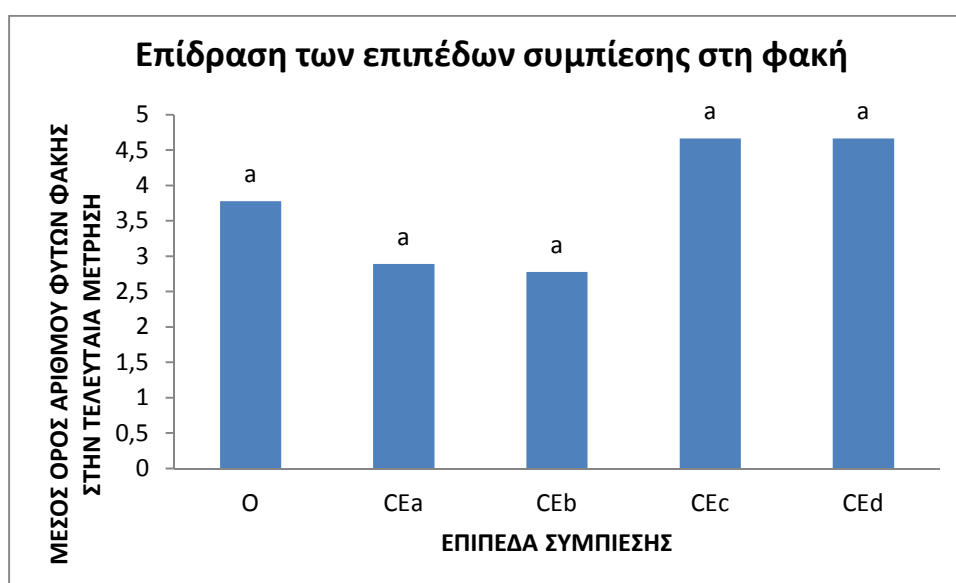
CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης. Το \updownarrow είναι το τυπικό σφάλμα.

Στο **διάγραμμα 17** Παρατηρείται ότι στη φακή το καλύτερο ξεινήμα στο φύτευμα το κάνουν οι φυτεμένοι σπόροι που έχουν υποστεί το τρίτο επίπεδο συμπίεσης CEc, ακολουθεί το τέταρτο επίπεδο συμπίεσης και μετά σχεδόν μαζί ξεινάνε ο μάρτυρας, το πρώτο και δεύτερο επίπεδο συμπίεσης.

Η σειρά είναι $CEd > CEc > O > CEb > CEa$. Σχετικά με την τελευταία μέτρηση καλύτερα αποτελέσματα σε αριθμό φυτών δίνει το τέταρτο επίπεδο συμπίεσης CEd και το τρίτο επίπεδο συμπίεσης CEc με περίπου ίδια αποτελέσματα και ακολουθεί ο μάρτυρας O το πρώτο επίπεδο συμπίεσης CEa και τελευταίο το δεύτερο επίπεδο συμπίεσης CEb δηλαδή η σειρά είναι $CEd = CEc > O > CEa > CEb$. Μπορούμε να πούμε πως η συμπίεση έχει θετική επίδραση ως ένα βαθμό, ειδικά στο τρίτο και το τέταρτο επίπεδο συμπίεσης στον τελικό αριθμό των φυτών.

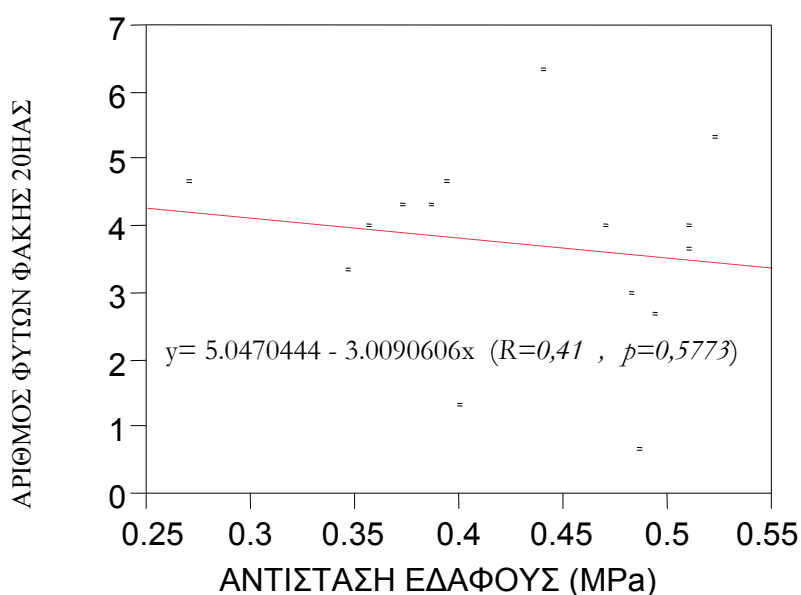
Παρατηρήθηκε ότι στη φακή ξεκινάει το τρίτο επίπεδο συμπίεσης CEc και μάλιστα σε ένα μεγάλο μέρος της πορείας του πειράματος προηγείται και σε αριθμό φυτών. Παρατηρείται επίσης ότι τα πειραματικά τεμάχια της τρίτης CEc και τέταρτης CEd συμπίεσης εμφανίζουν περισσότερα φυτά από ότι ο μάρτυρας O .



Διάγραμμα 18: Επίδραση των επιπέδων συμπίεσης στη φακή (τα ίδια γράμματα σημαίνουν μη στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο 5%).

O=Χωρίς συμπύεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπύεσης
CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπύεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπύεσης
CED=Τέταρτο επίπεδο συμπύεσης.

Στο **διάγραμμα 18** παρατηρείται ότι το φυτό της φακής παρουσιάζει μια επιβράδυνση στο φύτευμα στα επίπεδα συμπύεσης O και CEa και από το δεύτερο επίπεδο συμπύεσης CEb έχουμε μια σημαντική άνοδο στον αριθμό των φυτών που σχεδόν σταθεροποιείται στα επίπεδα συμπύεσης CEc και CED.



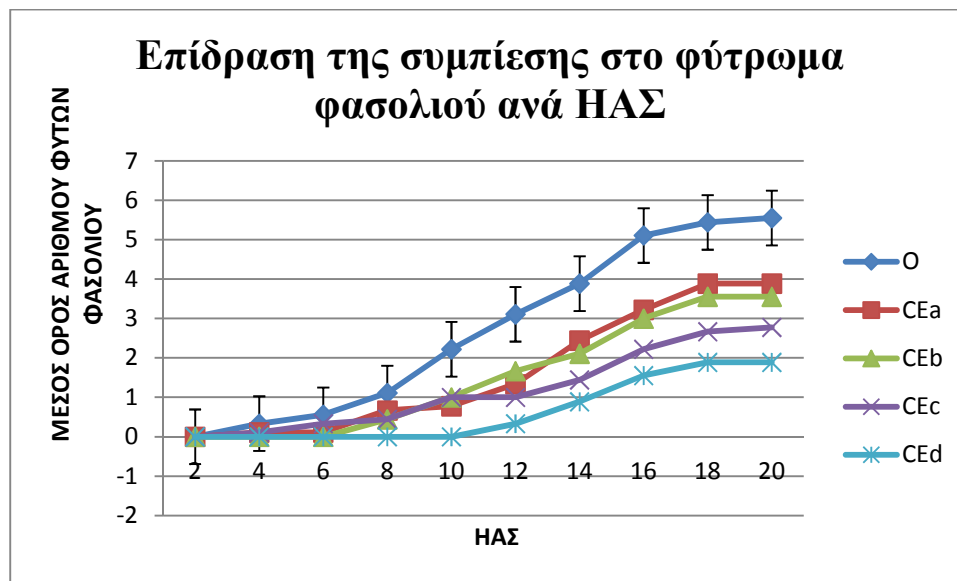
Διάγραμμα 19: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ αριθμών σπόρων φακής που φύτεψαν στην τελευταία μέτρηση και της αντίστασης του εδάφους που δέχτηκαν.

Η στατιστική ανάλυση στα επίπεδα συμπύεσης στη φακή μεταξύ των συμπιέσεων και του αριθμού των φυτών δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=1,7853$, $p=0,2249$). Όπως και η στατιστική ανάλυση

μεταξύ των συμπίεσεων και του μ.ο αντίστασης εδάφους έως 5cm δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=1,0603$, $p=0,4352$) Επίσης η στατιστική ανάλυση στη φακή μεταξύ των συμπίεσεων και της υγρασίας του εδάφους δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,4448$, $p=0,7738$).

Η στατιστική ανάλυση στη φακή μεταξύ των συμπίεσεων και ΜΣΔΣ δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,5632$, $p=0,6964$).

3.8 ΦΑΣΟΛΙ



Διάγραμμα 20: Επίδραση της συμπίεσης στο μέσο όρο αριθμό φυτών φασολιού που βλάστησαν ανα ΗΑΣ.

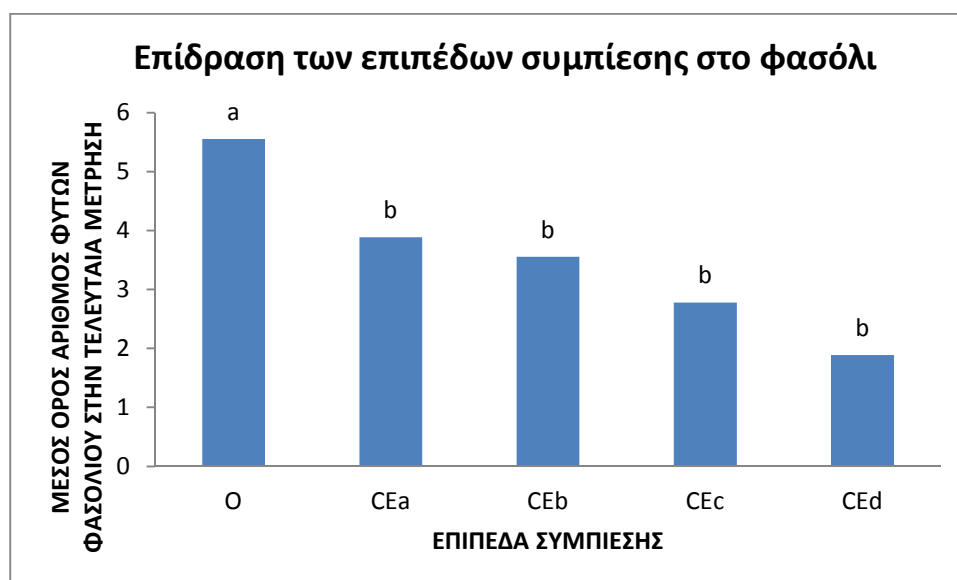
O=Δεν δέχτηκε καμία επίδραση συμπίεσης, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης. Το \updownarrow είναι το τυπικό σφάλμα.

Στο **διάγραμμα 20** παρατηρείται ότι στο φασόλι ξεκινάνε πρώτα τα πειραματικά τεμάχια εκείνα που δεν έχουν υποστεί καμία συμπίεση, δηλαδή ο μάρτυρας Ο. Ακολουθούν οι συμπίεσεις CEa, CEb και CEc και ακολουθεί με μεγάλη καθυστέρηση το τέταρτο επίπεδο συμπίεσης CEd . Η σειρά δηλαδή φυτρώματος ανάλογα τη συμπίεση που είχαν υποστεί είναι Ο>CEa>CEb>CEc>CEd.

Τώρα όσο αφορά στη τελευταία μέτρηση σχετικά με το επίπεδο συμπίεσης που εμφάνισε τα περισσότερα φυτά τελικά η σειρά παραμένει ίδια Ο>CEa>CEb>CEc>CEd με τον μάρτυρα Ο να έχει αρκετά μεγάλη διαφορά με τα υπόλοιπα στον αριθμό φυτών. Μπορούμε να πούμε ότι το φασόλι επηρεάστηκε αρνητικά σε μεγάλο βαθμό.



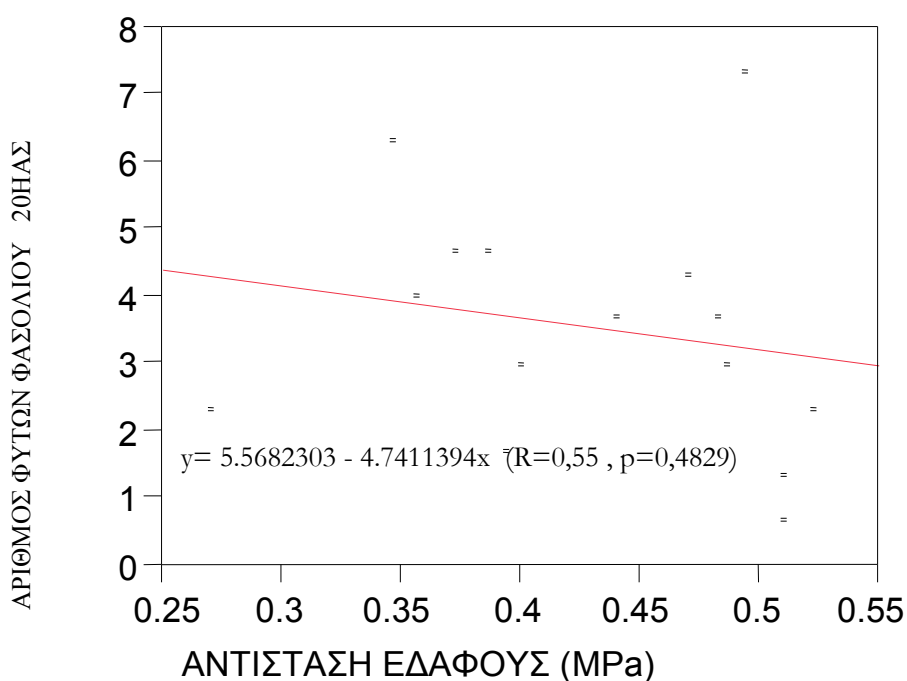
Διάγραμμα 21: Επίδραση των επιπέδων συμπίεσης στο φασόλι (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν μη στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο 5%).

Ο=Δεν δέχτηκε καμία επίδραση συμπίεσης, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης.

Στο **διάγραμμα 21** Παρατηρείται πως όσο μεγαλώνουν τα επίπεδα συμπίεσης έχουμε πτωτική τάση του αριθμού φυτρώματος των φυτών του φασολιού. Και εδώ φαίνεται ότι έχουμε αρνητική επίδραση του βαθμού συμπίεσης με τον αριθμό σπόρων που φύτεψαν.



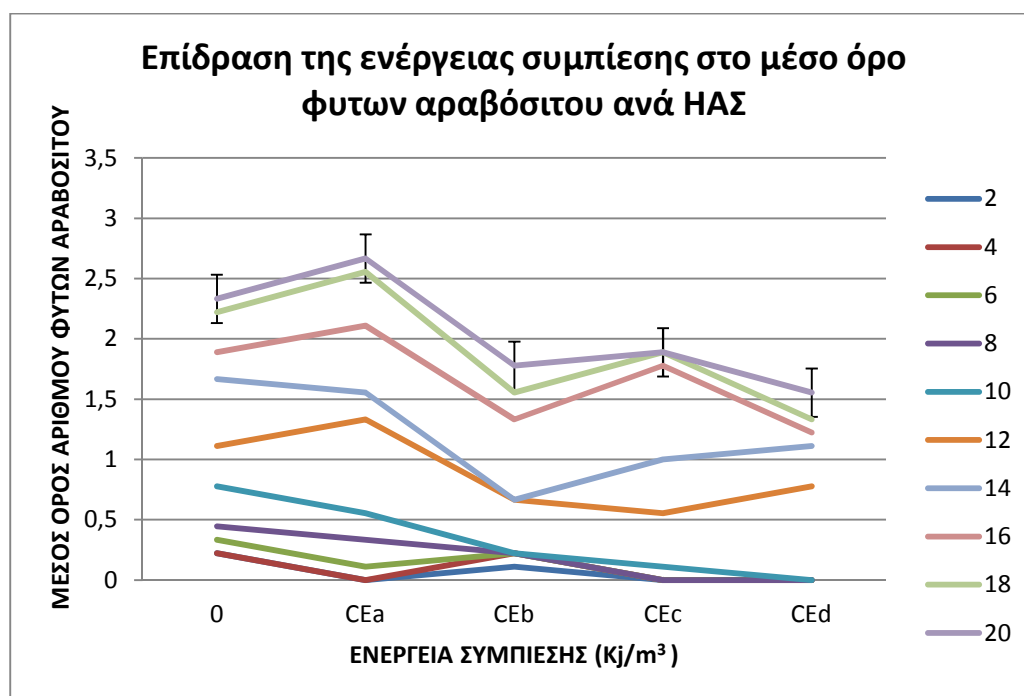
Διάγραμμα 22: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ αριθμού σπόρων φασολιού που φύτεψαν στην τελευταία μέτρηση και της αντίστασης του εδάφους που δέχτηκαν.

Η στατιστική ανάλυση επίπεδα συμπίεσης στο φασόλι μεταξύ των συμπίεσεων και του αριθμού των φυτών παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=3,7532$, $p=0,05^*$)

Ακόμα η στατιστική ανάλυση στο φασόλι μεταξύ των συμπιέσεων και του μ.ο αντίστασης εδάφους έως 5cm δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=1,0603$, $p=0,4352$)

Η στατιστική ανάλυση στα επίπεδα συμπίεσης στο φασόλι μεταξύ των συμπιέσεων και της υγρασίας του εδάφους δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,0300$, $p=0,9979$).Τέλος η στατιστική ανάλυση στο φασόλι μεταξύ των συμπιέσεων και ΜΣΔΣ δεν παρουσίασε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ($F=0,5632$, $p=0,6964$)

3.9 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ (CE) ΣΤΟ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΦΥΤΩΝ ΑΝΑ ΗΑΣ



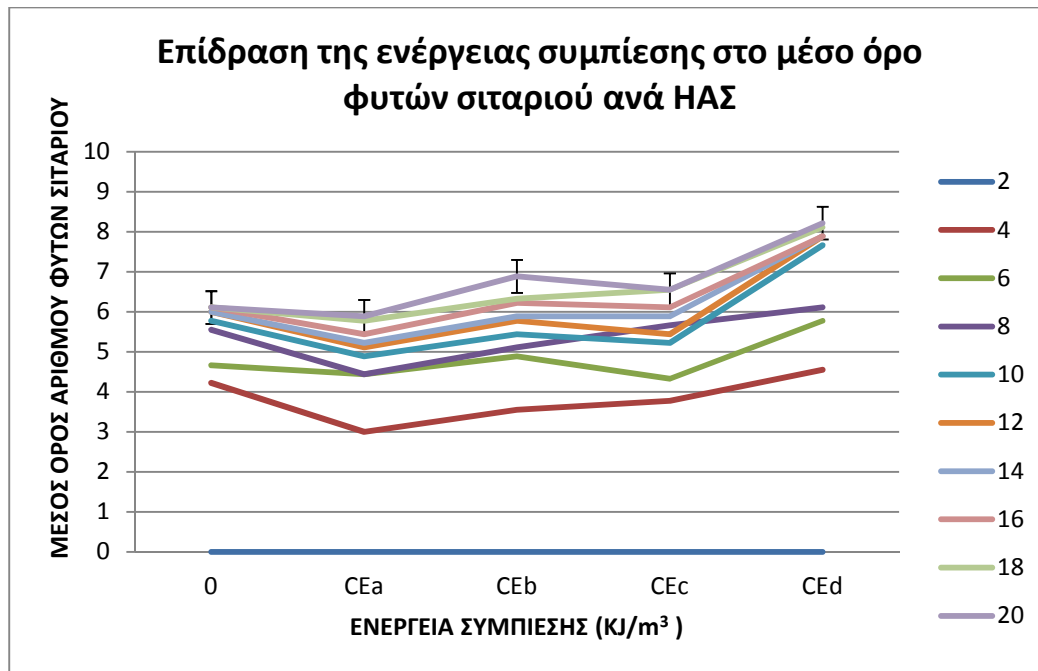
Διάγραμμα 23: Επίδραση της ενέργειας συμπίεσης στο μέσο όρο φυτών αραβόσιτου ανά ΗΑΣ. Απεικονίζεται και το τυπικό σφάλμα.

0=Χωρίς συμπίεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης. Το \updownarrow είναι το τυπικό σφάλμα.

Στο διάγραμμα 27 γίνεται φανερό πως όσο αυξάνονται τα επίπεδα συμπίεσης τόσο μειώνεται και ο μέσος όρος αριθμός φυτών αραβόσιτου σε όλες τις μέρες από τη σπορά. Μια απότομη πτώση εμφανίζεται το επίπεδο συμπίεσης CEc.



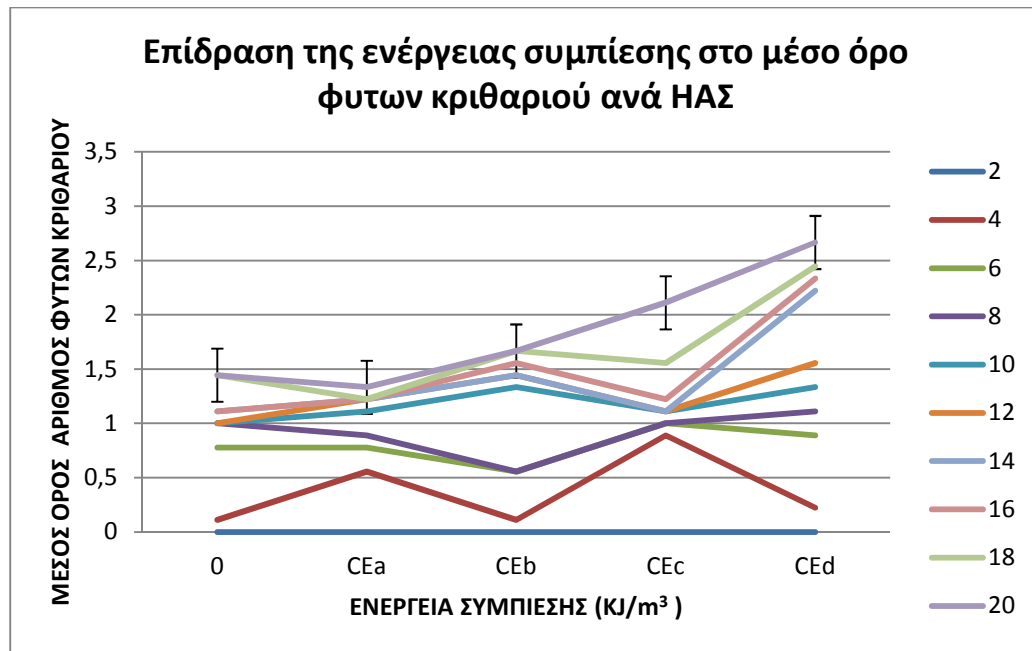
Διάγραμμα 24: Επίδραση της ενέργειας συμπίεσης στο μέσο όρο φυτών σιταριού ανά ΗΑΣ. Απεικονίζεται και το τυπικό σφάλμα.

0=Χωρίς συμπίεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης. Το \updownarrow είναι το τυπικό σφάλμα.

Στο διάγραμμα 28 φαίνεται πως ο μέσος όρος των φυτών σιταριού σε όλες τις ΗΑΣ ειδικά μετά το επίπεδο συμπίεσης CEa έχουμε μια σταδιακή αύξηση του αριθμού φυτών. Βέβαια έτιος από το επίπεδο συμπίεσης CEa που παρατηρείται μείωση, επίσης μειωμένο αριθμό φυτών εμφανίζεται σε όλες τις ΗΑΣ και στο επίπεδο συμπίεσης CEc.



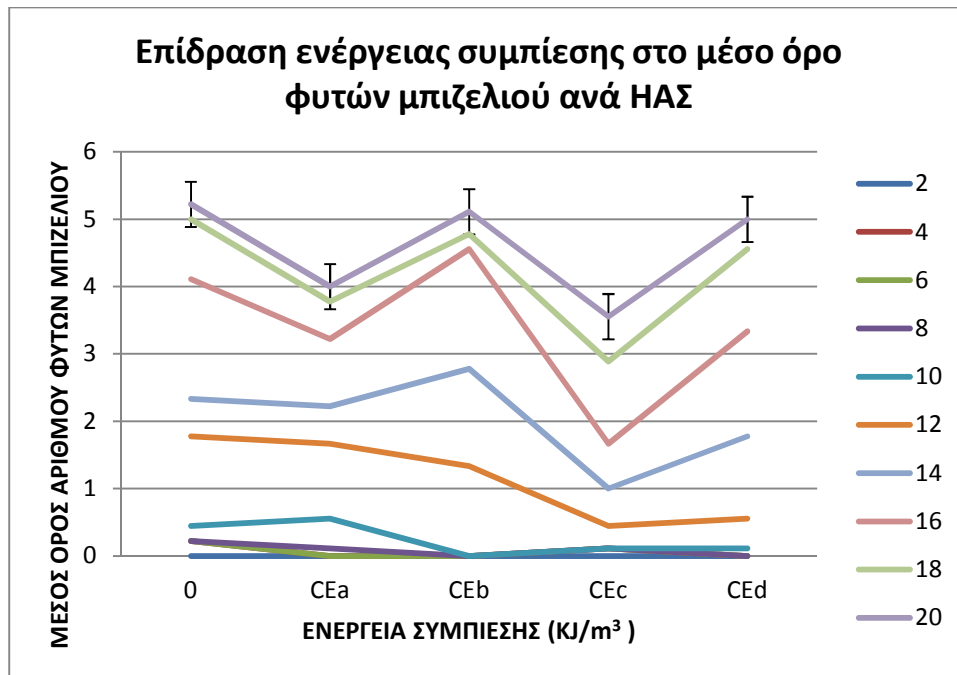
Διάγραμμα 25: Επίδραση της ενέργειας συμπίεσης στο μέσο όρο φυτών κριθαριού ανά ΗΑΣ. Απεικονίζεται και το τυπικό σφάλμα.

0=Χωρίς συμπίεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης. Το \updownarrow είναι το τυπικό σφάλμα.

Στο διάγραμμα 29 φαίνεται πως στις 20ΗΑΣ έχουμε και τον μεγαλύτερο μέσο αριθμό φυτών κριθαριού στο τέταρτο επίπεδο συμπίεσης, όπως επίσης μετά την 20ΗΑΣ τον μεγαλύτερο αριθμό φυτών έχει πάλι στο επίπεδο συμπίεσης CEd η 6ΗΑΣ



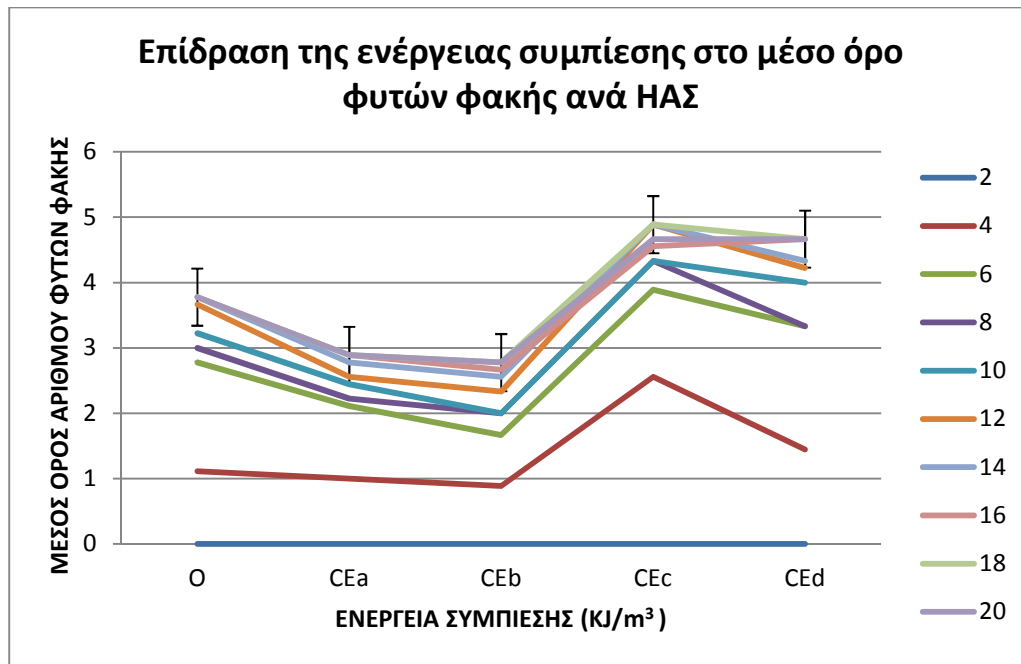
Διάγραμμα 26: Επίδραση της ενέργειας συμπίεσης στο μέσο όρο φυτών μπιζελιού ανά ΗΑΣ. Απεικονίζεται και το τυπικό σφάλμα.

0=Χωρίς συμπίεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης. Το \updownarrow είναι το τυπικό σφάλμα.

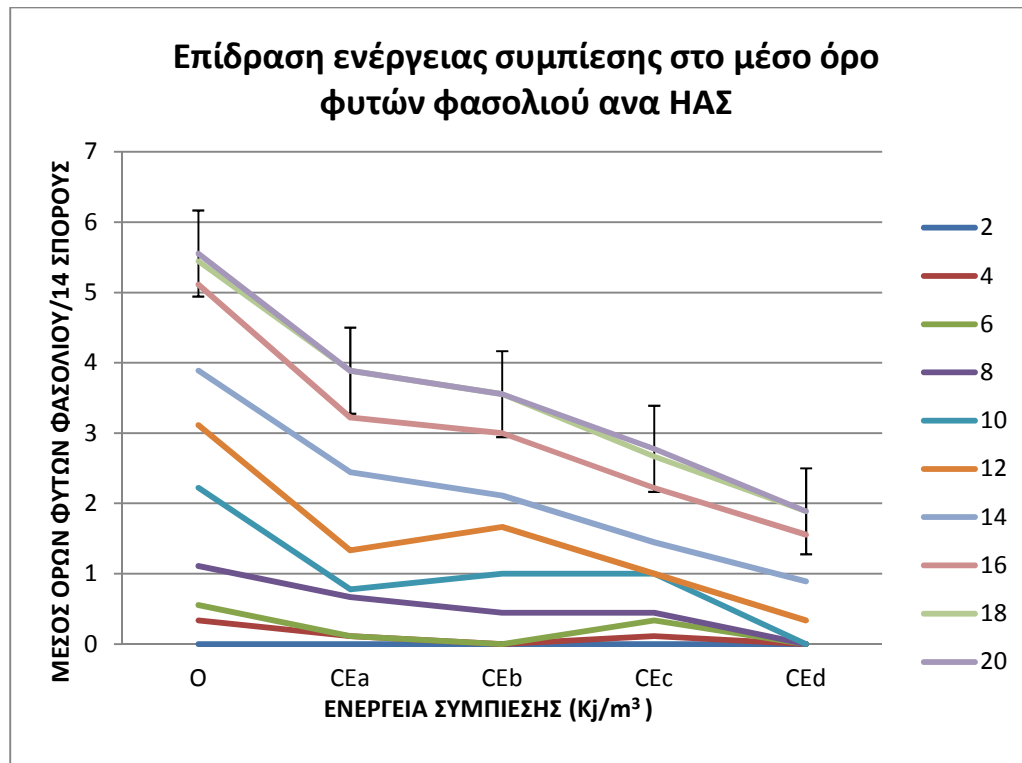
Στο διάγραμμα 30 σε όλες τις ΗΑΣ έχουμε πτώση του αριθμού φυτών στο επίπεδο συμπίεσης CEc και επίσης εμφανίζουν μείωση στον αριθμό φυτών σε όλες τις ΗΑΣ στο επίπεδο συμπίεσης CEa ,αντιθέτως έχουμε μεγάλη αύξηση στο CEb και το CED και με μεγαλύτερο αριθμό φυτών να εμφανίζεται στις 20ΗΑΣ



Διάγραμμα 27: Επίδραση της συμπίεσης στο μέσο όρο φυτών φακής ανά ΗΑΣ. Απεικονίζεται και το τυπικό σφάλμα.

O=Χωρίς συμπίεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης, CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης, CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης. Το \updownarrow είναι το τυπικό σφάλμα.

Στο διάγραμμα 31 διαγράφεται η πορεία της εξέλιξης στο φύτευμα της φακής ανά ΗΑΣ. Ο μάρτυρας και το επίπεδο συμπίεσης CEa και CEb παρουσιάζουν μια πτωτική τάση στον μέσο αριθμό φυτών φακής σε όλες τις μέρες από την σπορά. Στο τρίτο επίπεδο συμπίεσης CEc έχουμε ανοδική τάση του αριθμού φυτών σε όλες τις ΗΑΣ. Στο τέταρτο επίπεδο συμπίεσης έχουμε μια μικρή πτώση στο τελικό αριθμό φυτών. Η μεγαλύτερη εμφανίζεται στις 4 ΗΑΣ



Διάγραμμα 28: Επίδραση της ενέργειας συμπίεσης στο μέσο όρο φυτών φασολιού ανά ΗΑΣ. Απεικονίζεται και το τυπικό σφάλμα.

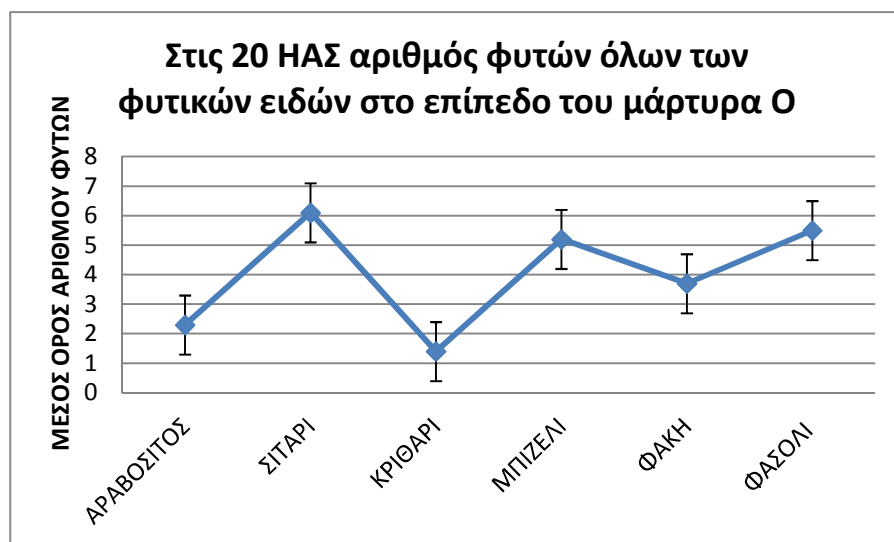
O=Χωρίς συμπίεση, CEa=Πρώτο επίπεδο συμπίεσης

CEb=Δεύτερο επίπεδο συμπίεσης, CEc=Τρίτο επίπεδο συμπίεσης

CEd=Τέταρτο επίπεδο συμπίεσης. Το \updownarrow είναι το τυπικό σφάλμα.

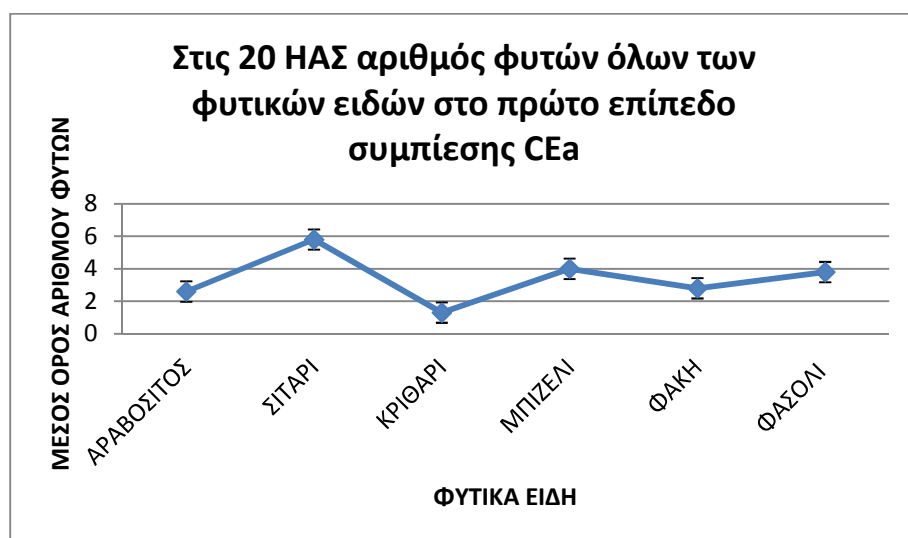
Στο διάγραμμα 32 φαίνεται πως όσο αυξάνεται το επίπεδο συμπίεσης στο φασόλι τόσο μειώνεται ο αριθμός φυτών σε όλες τις μέρες όπου έγιναν οι μετρήσεις.

3.10 ΣΥΓΓΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΞΕΧΩΡΙΣΤΑ



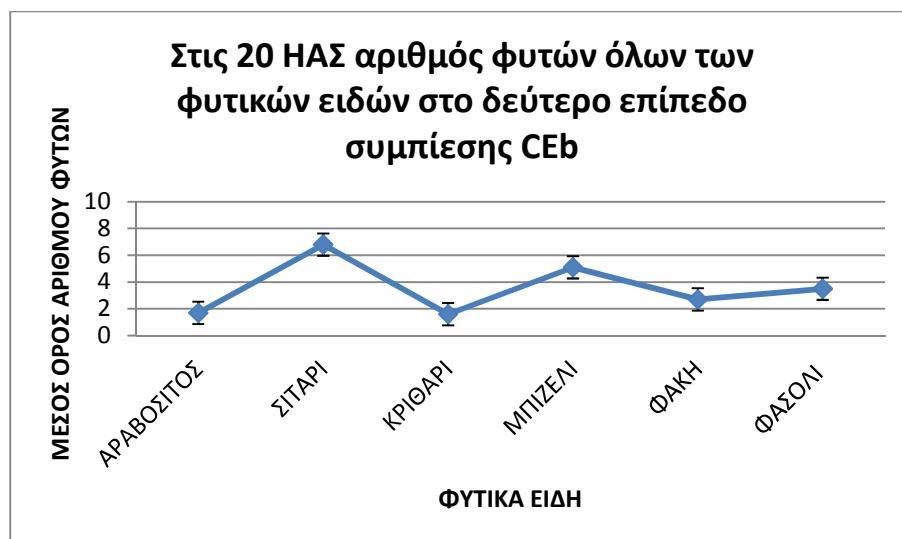
Διάγραμμα 29: Συγκριτική απεικόνιση του αριθμού όλων των φυτών στο επίπεδο του μάρτυρα κατά την τελευταία μέτρηση. Απεικονίζεται και το τυπικό σφάλμα.

Στο διάγραμμα 29 φαίνεται πως στο επίπεδο του μάρτυρα Ο προκύπτουν τα περισσότερα φυτά στο σιτάρι και τα λιγότερα στο κριθάρι.



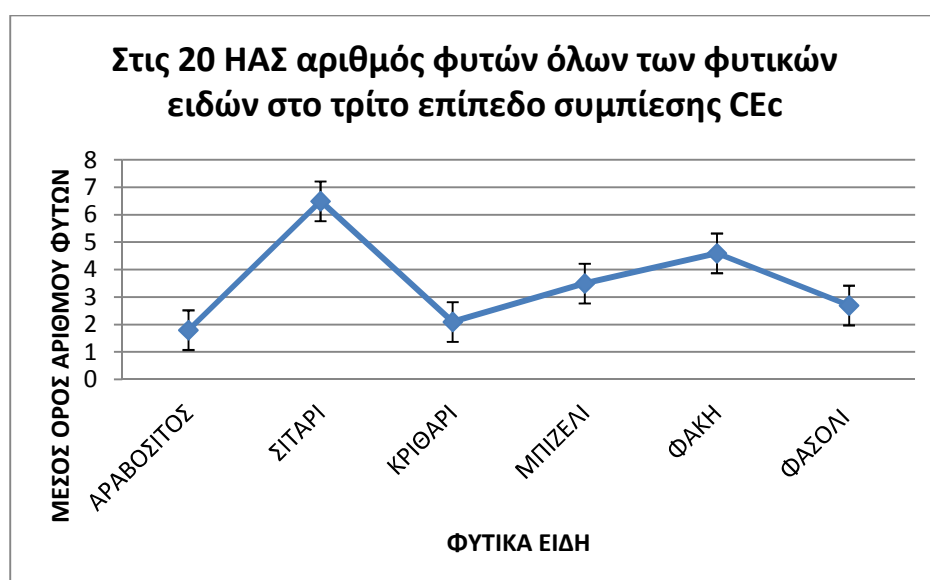
Διάγραμμα 30: Συγκριτική απεικόνιση του αριθμού όλων των φυτών στο επίπεδο της 1ης συμπίεσης κατά την τελευταία μέτρηση. Απεικονίζεται και το τυπικό σφάλμα.

Στο διάγραμμα 30 στο επίπεδο συμπίεσης CEa τα περισσότερα φυτά περισσότερα φυτά έχει πάλι το σιτάρι και λιγότερα το κριθάρι όπως και στο επίπεδο του μάρτυρα δηλαδή.



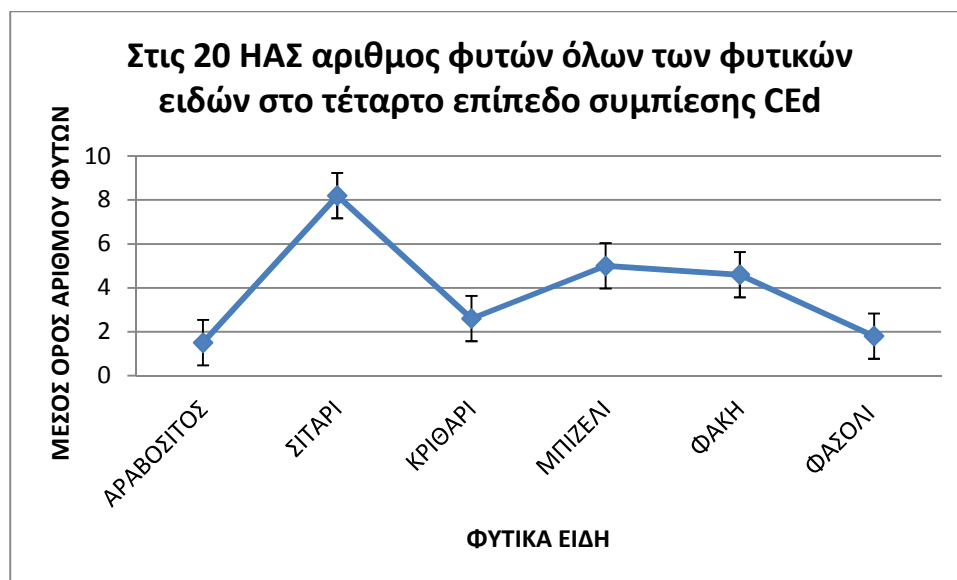
Διάγραμμα 31: Συγκριτική απεικόνιση του αριθμού όλων των φυτών στο επίπεδο της δεύτερης συμπίεσης κατά την τελευταία μέτρηση. Απεικονίζεται και το τυπικό σφάλμα.

Στο διάγραμμα 31 στο επίπεδο συμπίεσης CEb ο μεγαλύτερος αριθμός φυτών προκύπτει στο σιτάρι και ο μικρότερος στο κριθάρι



Διάγραμμα 32: Συγκριτική απεικόνιση του αριθμού όλων των φυτών στο επίπεδο της τρίτης συμπίεσης κατά την τελευταία μέτρηση. Απεικονίζεται και το τυπικό σφάλμα.

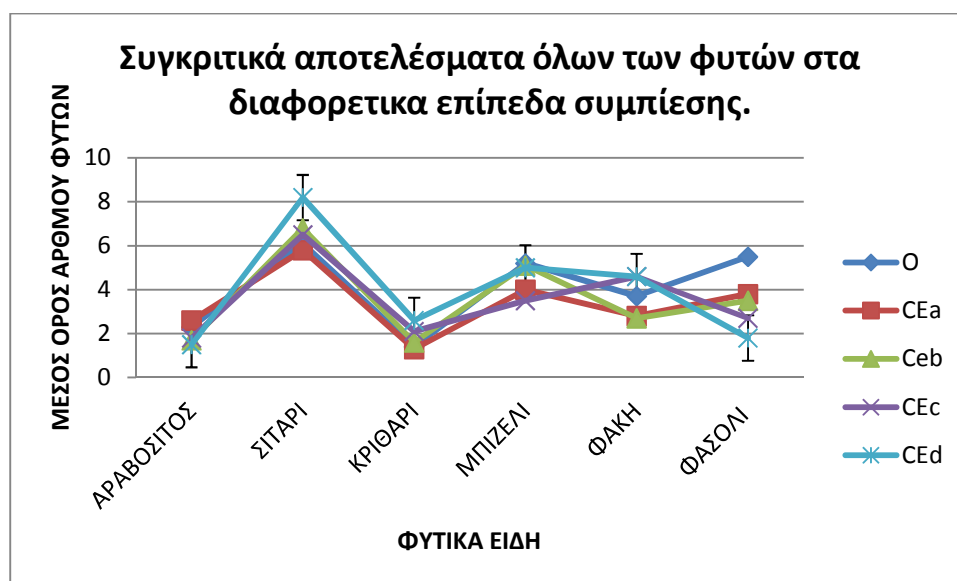
Στο διάγραμμα 32 ο μεγαλύτερος αριθμός φυτών στο επίπεδο συμπίεσης CEc προκύπτει στο σιτάρι και ο μικρότερος αριθμός φυτών στο κριθάρι



Διάγραμμα33: Συγκριτική απεικόνιση του αριθμού όλων των φυτών στο επίπεδο της τέταρτης συμπίεσης. Απεικονίζεται και το τυπικό σφάλμα.

Στο διάγραμμα 33 στο επίπεδο συμπίεσης CEd ο μεγαλύτερος αριθμός φυτών εμφανίζεται στο σιτάρι και ο μικρότερος στο φασόλι.

3.11 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

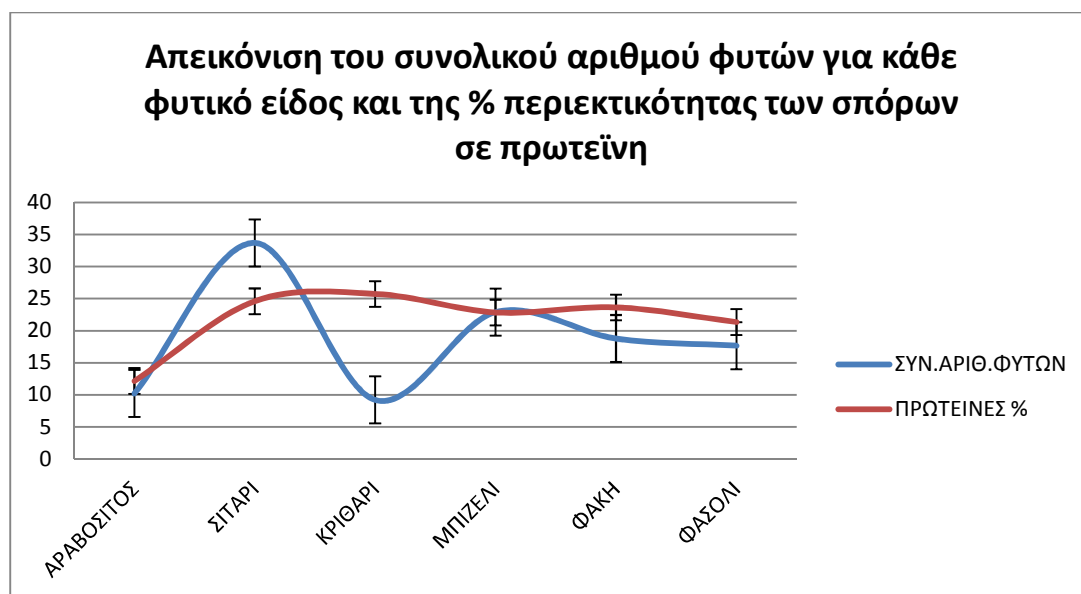


Διάγραμμα 34: Συγκριτικά αποτελέσματα όλων των φυτών στα διαφορετικά επίπεδα συμπίεσης. Απεικονίζεται και το τυπικό σφάλμα.

Στο διάγραμμα 34 παρατηρούμε συγκριτικά για το κάθε φυτό πως για τον αραβόσιτο το μεγαλύτερο αριθμό φυτών προκύπτουν στην CEa συμπίεση, για το σιτάρι το επίπεδο που το ευνοεί περισσότερο είναι το CEd επίπεδο συμπίεσης και για το κριθάρι είναι το CEd. Για το μπιζέλι τα περισσότερα φυτά εμφανίζονται στο επίπεδο του μάρτυρα O. Για τη φακή δείχνει πως ο μεγαλύτερος αριθμός φυτών εμφανίζεται στο επίπεδο CEc και CEd χωρίς να μπορούμε να διακρίνουμε μεγάλη διαφορά. Τέλος για το φασόλι με μεγάλη διαφορά μεγαλύτερος αριθμός φυτών εμφανίζονται στο επίπεδο του μάρτυρα O.

3.12 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ ΣΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΦΥΤΩΝ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

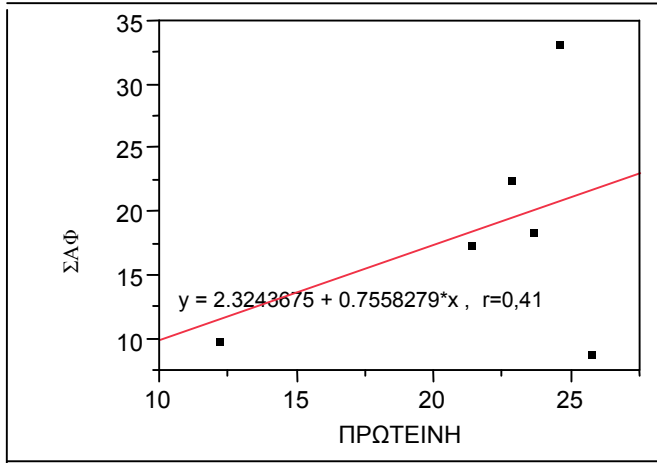
Όταν λέμε συνολικό αριθμό σπόρων εννοούμε το άθροισμα όλων των επιπέδων συμπίεσης στην τελευταία μέτρηση (20ΗΑΣ)



Διάγραμμα 35: Απεικόνιση του συνολικού αριθμού φυτών και της % περιεκτικότητας των σπόρων σε πρωτεΐνη. Συνολικός αριθμός φυτών είναι το άθροισμα των μέσων όρων όλων των επιπέδων συμπίεσης. Απεικονίζεται και το τυπικό σφάλμα.

Στο διάγραμμα 35 φαίνεται πως το κριθάρι παρότι έχει μεγάλη % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη δίνει μικρό αριθμό συνολικών φυτών ενώ αντίθετα το σιτάρι που έχει παραπλήσια περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη με το κριθάρι δίνει μεγάλο συνολικό αριθμό φυτών

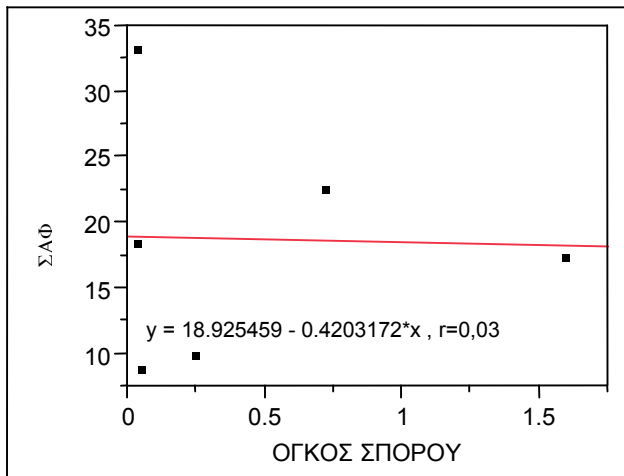
Κάνοντας τις συσχετίσεις μεταξύ συνολικού αριθμού φυτών και % περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και του συνολικού αριθμού φυτών και όγκου σπόρων προκύπτουν ότι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στους σπόρους δεν υπάρχει στατιστική σημαντική διαφορά μεταξύ περιεκτικότητας πρωτεΐνης σπόρων και όγκου σπόρων με τον τελικό αριθμό φυτών.



Διάγραμμα 36: Συσχέτιση μεταξύ συνολικού αριθμού φυτών για το κάθε φυτικό είδος και % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.

Σ.Α.Φ= Συνολικό άθροισμα μέσου αριθμού φυτών για το κάθε είδος.

Δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά.



Διάγραμμα 37: Συσχέτιση μεταξύ συνολικού αριθμού φυτών για το κάθε φυτικό είδος με τον όγκο του κάθε σπόρου.

Σ.Α.Φ = Συνολικό άθροισμα μέσου αριθμού φυτών για το κάθε είδος

Δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά.

4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ

Για τον αραβόσιτο παρατηρήθηκε ότι το καλύτερο ξεινήμα φυτρώματος κάνει ο μάρτυρας Ο και ακολουθεί το δεύτερο επίπεδο συμπίεσης CEb. Το τρίτο CEc και τέταρτο επίπεδο συμπίεσης CED αργούν να εμφανίσουν φυτρωμένα φυτά. Αυτό δείχνει ότι παρά το γεγονός ότι στατιστικά δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές, υπάρχει μια τάση που δείχνει ότι το φύτευμα επηρεάζεται από τη συμπίεση. Στην τελευταία μέτρηση παρατηρήθηκε ότι περισσότερα φυτά εμφανίζονται στο επίπεδο συμπίεσης CEa, ακολουθεί ο μάρτυρας Ο, το τρίτο επίπεδο συμπίεσης CEc, το δεύτερο επίπεδο συμπίεσης CEb και τελευταίο εμφανίζεται το τέταρτο επίπεδο συμπίεσης CED. Η σειρά των επιπέδων συμπίεσης από πλευράς αριθμών φυτών που έδωσαν στην τελευταία μας μέτρηση είναι CEa>O>CEc>CEb>CED

Συμπερασματικά μπορεί να διαπιστωθεί ότι μικρά επίπεδα συμπίεσης ευνοούν το σπόρο του αραβόσιτου στο φύτευμα διότι προσφέρεται έτσι καλύτερη επαφή του σπόρου με το έδαφος. Βέβαια υπερβολικά επίπεδα συμπίεσης φαίνεται πως επιδρά εξαιρετικά αρνητικά στο φύτευμα. Είναι προτιμότερο να ειπωθεί λοιπόν ότι ο αραβόσιτος ευνοείται θετικά σε χαμηλά επίπεδα συμπίεσης.

Σύμφωνα με τη μελέτη των Lesturgez et al (2004) που πραγματοποιήθηκε στην Ταϋλάνδη έδειξε και εκεί ότι σε συμπαγή εδάφη αμμώδης σύστασης σε βάθος 20-40 cm που υπέστησαν συμπίεση από τη συνεχόμενη χρήση μηχανημάτων οι ρίζες του καλαμποκιού δεν μπόρεσαν να επιμηκυνθούν και να διεισδύσουν σε μεγαλύτερα βάθη πέρα των 40cm. Γίνεται φανερό πως μεγάλα επίπεδα συμπίεσης στον αραβόσιτο εμποδίζουν την διείσδυση των ριζών γεγονός το οποίο συμφωνεί με τα αποτελέσματα που προέκυψαν και από τη μελέτη μας. Σε μελέτη του Taser (2005) πραγματοποιήθηκε πείραμα εφαρμογής πιέσεων σε φυτεμένους σπόρους αραβοσίτου και τα επίπεδα συμπίεσης ήταν 0,025 , 0,051 , και 0,076 MPa και σαν μέτρησας χρησιμοποιήθηκε το επίπεδο 0,0085 MPa. Παρατηρήθηκε ότι το μικρότερο ποσοστό (56,63%) φυτρώματος το είχαμε σε επίπεδο συμπίεσης 0,076 MPascal και το μεγαλύτερο (81,58%) σε επίπεδο συμπίεσης 0,025. Γίνεται φανερό πως και εδώ σε μικρά επίπεδα συμπίεσης ευνοείται το φύτεμα του αραβοσίτου, όσο αυξάνονται η ενέργεια συμπίεσης έχουμε όμως μείωση των σπόρων που βλαστάνουν και αυτή η μελέτη είναι σύμφωνη με τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Σε πείραμα συμπίεσης που έγινε στην Ιορδανία από τον Abu-Hamdeh (2003) έδειξε ότι οι συνέπειες της συμπίεσης που προκαλείται από τις ρόδες των μηχανημάτων είχε ως αποτέλεσμα στο καλαμπόκι (*Zea mays* L.) η απόδοση να μειωθεί κατά 26,8% το 2000 τη χρονιά που υπέστη το έδαφος συμπίεση και 14,5% την επόμενη χρονιά το 2000 που παρότι δεν προκλήθηκε συμπίεση από τις καλλιεργητικές τεχνικές

η απόδοση ήταν μειωμένη. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε εδάφη που είχαν συμπιεστεί ήταν λιγότερα από ότι σε μη συμπιεσμένα εδάφη και παρουσίασαν μια μεγαλύτερη συγκέντρωση των ριζών κοντά στη βάση του φυτού σε σχέση με τα φυτά που σε εδάφη που δεν είχαν υποστεί κανένα είδος συμπίεσης. Επίσης τα φυτά που αναπτύσσονταν σε συμπιεσμένα εδάφη παρουσίασαν και μειωμένο ύψος. Ακόμα μια μελέτη των Li et al. (2002) είχε σκοπό να μελετήσει την επίδραση της πυκνότητας του εδάφους στους μικροβιακούς πληθυσμούς σε αμμώδες έδαφος σε συνάρτηση με τη συμπίεση σε καλλιέργεια αραβοσίτου (*Zea mays* L.). Η μελέτη αυτή έδειξε ότι ο αριθμός των βακτηρίων, μυκήτων, καθώς και ακτινομυκήτων και η ενζυμική δραστηριότητα της ινβερτάσης, πολυφαινολοξειδάσης, καταλάσης, ουρεάσης, της πρωτεάσης, και φωσφατάσης παρουσίασαν μείωση όσο αυξάνονταν η πυκνότητα του εδάφους. Με αυξήσεις της πυκνότητας του εδάφους από 1,00kg/m³ σε 1,60 kg/m³ ο συνολικός αριθμός των βακτηριδίων, μυκήτων και ακτινομυκήτων μειώθηκε κατά 26-39%. Μια παρόμοια μελέτη με τη δική μας που πραγματοποιήθηκε από τους Tahir-Aziz et al (2002) για την αξιολόγηση της ανάπτυξης 2 ποικιλιών αραβοσίτου (*Magic & Gold*) με συμπίεση σε αργιλοαμμώδη εδάφη κατά τη διάρκεια της άνοιξης του 2001 πραγματοποιήθηκε με πτώση 10 kg από ύψος 60 cm. Το καλαμπόκι συγκομίστηκε 49 ημέρες μετά τη σπορά και μελετήθηκε το ύψος των φυτών το νωπό βάρος των βλαστών και καταγράφηκε ότι η περιεκτικότητα των βλαστών σε συγκεντρώσεις N, P και K. Όπου παρατηρήθηκε ότι οι

συγκεντρώσεις των στοιχείων ήταν σχετικά μειωμένες από τις αναμενόμενες τιμές. Γεγονός που δείχνει ότι σε συμπιεσμένα εδάφη τα φυτά δεν εφοδιάζονται πλήρως από άζωτο (N), φωσφόρο (P) και κάλιο (K) κάτι το οποίο παρατηρήθηκε και στη μελέτη μας όπου τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε μη συμπιεσμένο έδαφος ήταν πιο εύρωστα. Τέλος σε μια άλλη μελέτη που διεξήχθη από τον Kuchenbuch (2002) στη Γερμανία συμπέρανε ότι τα νεαρά φυτά αραβόσιτου σε συμπιεσμένο έδαφος εμφανίζουν μείωση στον μήκος ανάπτυξης των κύριων ριζών τους και αυξάνεται ο αριθμός των πλευρικών ριζών. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν απόλυτα με τις μετρήσεις στον αραβόσιτο που έδειξαν ότι η συμπίεση εκτός από το πρώτο επίπεδο συμπίεσης επιδρά αρνητικά στο φύτερωμα και την ανάπτυξη του αραβόσιτου.

4.2 ΣΙΤΑΡΙ

Για το σιτάρι παρατηρήθηκε ότι οι σπόροι σιταριού φυτρώνουν με πολύ μικρές αποκλίσεις σε όλα τα επίπεδα συμπίεσης ταυτόχρονα και χωρίς καθυστέρηση. Στην τελευταία μέτρηση παρατηρείται ότι περισσότερα και με μεγάλη διαφορά από τα υπόλοιπα είναι τα φυτά που έχουν υποστεί το τέταρτο επίπεδο συμπίεσης CE₄. Μπορεί να ειπωθεί λοιπόν ότι η συμπίεση είχε θετική επίδραση στο φύτερωμα των φυτών σιταριού.

Η σειρά των επιπέδων συμπίεσης από το επίπεδο εκείνο που έδωσε τα περισσότερα φυτά μέχρι εκείνο που έδωσε τα λιγότερα είναι η εξής $CEd > CEB > CEC > O > CEa$.

Από το διάγραμμα του σιταριού σε όλες τις συμπίεσεις γίνεται φανερό ότι η διαφορά εμφανίζεται στη τέταρτη συμπίεση CEd και γενικά υπάρχει μια ανοδική τάση από το πρώτο επίπεδο συμπίεσης και κορυφώνεται στο τέταρτο επίπεδο συμπίεσης.

Σαν επεξήγηση στην θετική επίδραση του τέταρτου επιπέδου συμπίεσης CEd μπορεί να θεωρηθεί το σχήμα του σπόρου του σιταριού όπου η συμπίεση δημιούργησε καλύτερη επαφή του σπόρου με το έδαφος, μειώνοντας τους εδαφικούς πόρους.

Ένα πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε αμμώδη εδάφη αργίλου κατά τη διάρκεια του 2001-2002 από τους Muhammad et al είχε σκοπό να μελετήσει τις συνέπειες της συμπίεσης του εδάφους και της υπεράρδευσης στην τελική απόδοση σε καρπό των ποικιλιών σίτου (*Triticum aestivum*) *Aqaab* και *MH-97*. Παρατηρήθηκε μείωση της απόδοσης και στις δύο ποικιλίες σιτηρών κατά 76%. Η Συμπίεση επιτεύχθηκε σε επίπεδο υγρασίας 10%, με τη ρίψη 5 κιλών από ένα τρίποδο επί 20 φορές από 0,6 m ύψος στο εσωτερικό των γλαστρών. Επίσης είχαμε μείωση του βάρους 100 κόκκων κατά 20%, μείωση του αριθμού των αδελφιών κατά 37% και τέλος μείωση του νωπού βάρους της φυτικής μάζας κατά 32%. Με το πείραμα του Muhammad et al (2004) δεν έχουμε παραπλήσια αποτελέσματα ίσως

επειδή και το πείραμα που εφάρμοσε περιλάμβανε 20 πτώσεις βάρους 5kg απ' ορισμένο ύψος ενώ εμείς είχαμε 26kg βάρος και μέχρι τέσσερις πτώσεις. Μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τον Balashov et al. (2003) προσπαθεί να εκτιμήσει τις επιπτώσεις της συμπίεσης σε αμμώδη και αργιλώδη εδάφη σε φυτά χειμερινού σιταριού αξιολογώντας την ανθεκτικότητα του ριζικού συστήματος να απορροφήσει νερό μετά την συμπίεση. Χώμα τοποθετήθηκε σε γλάστρες με αρχική πυκνότητα $1,2 \text{ kg/m}^3$ και ασκήθηκαν πιέσεις πάνω στην επιφάνεια των γλαστρών της τάξεως των 51, 103 και 154 KPa χρησιμοποιώντας ένα υδραυλικό συμπιεστή. Πέντε φυτά σε κάθε γλάστρα είχαν τη δυνατότητα να αναπτυχθούν για 7 εβδομάδες μέχρι το στάδιο της εκκίνησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ξηρό βάρος της ρίζας επηρεάστηκε λιγότερο από την αυξανόμενη πυκνότητα της μάζας του αργιλώδους εδάφους. Η ανθεκτικότητα του ριζικού συστήματος στην απορρόφηση νερού μειώθηκε μόνο μετά την εφαρμογή μιας πίεσης 154 KPa. Στο πείραμα του Balashov et al. (2003) φυτεμένοι σπόροι δέχονται πολύ μεγαλύτερη ενέργεια συμπίεσης σε σχέση με το πείραμα μας γι αυτό δρα και ως ανασταλτικός παράγοντας στο φύτεμα. Σε ακόμα μεγαλύτερα επίπεδα συμπίεσης το πιθανότερο να είχαμε και εμείς μειωμένα επίπεδα φυτρώματος. Μελέτη που έγινε από Ishaq et al (2003) πάνω στη συμπίεση του εδάφους και πόσο το επηρεάζει σε βάθος 0,15m σε καλλιέργεια αρδευόμενου σιταριού και βαμβακιού σε πειράματα στο Πακιστάν έδειξε ότι μετά τον τρίτο και τέταρτο χρόνο καλλιέργειας των φυτών στις ίδιες συνθήκες

συμπύεσης είχαμε μείωση της απόδοσης στο σιτάρι 12-18% και 7% στο βαμβάκι. Οι αντίστοιχες μειώσεις πρόσληψης των θρεπτικών συστατικών από το σιτάρι ήταν 11-16% για το N, 11-15% για το P και 5-10% για το K. και για το βαμβάκι, οι μειώσεις στην πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων ήταν 9% για το N, 3% για το P και 7% για το K. Οι διαφορές πάντως δεν θεωρήθηκαν στατιστικά σημαντικές.

4.3 ΚΡΙΘΑΡΙ

Για το κριθάρι πρώτο ξεκινάει να φυτρώνει το τρίτο επίπεδο συμπύεσης CEC και ακολουθεί το CEa μετά το CED ακολουθεί ο μάρτυρας O και τελευταίο έρχεται το δεύτερο επίπεδο συμπύεσης CEB. Άρα η σειρά των επιπέδων συμπύεσης από εκείνο που ξεκίνησε πρώτο να φυτρώνει είναι CEC>CEa>CED>O>CEB

Στην τελευταία μέτρηση μεγαλύτερος αριθμός φυτών εμφανίζονται στο τέταρτο επίπεδο συμπύεσης CED και η σειρά είναι CED>CEC>CEB>O>CEa

Βλέποντας τώρα το διάγραμμα των φυτών κριθαριού σε όλα τα επίπεδα συμπύεσης βλέπουμε ότι υπάρχει μια συνεχής ανοδική τάση η οποία έχει το χαμηλότερο σημείο της στο πρώτο επίπεδο συμπύεσης CEa και το υψηλότερο στο τέταρτο επίπεδο συμπύεσης CED.

Δεν είναι τυχαίο ότι και ο σπόρος του κριθαριού όπως και του σιταριού επηρεάζεται θετικά από τη συμπύεση και μάλιστα περισσότερο από

το τέταρτο επίπεδο συμπίεσης CE_d. Αυτό μας κάνει να πιστεύουμε ότι το σχήμα του σπόρου του κριθαριού ευνοείται περισσότερο όταν βρίσκεται σε στενότερη επαφή με το έδαφος και δεν μεσολαβούν πολλοί εδαφικοί πόροι που περιέχουν αέρα. Τέλος με τη συμπίεση διατηρούνται υψηλότερα τα επίπεδα υγρασίας στο έδαφος και κατά συνέπεια δημιουργούνται και ευνοϊκότερες συνθήκες φυτρώματος. Στην Πολωνία παρατηρήθηκε από τον Czuz (2004) ότι η συμπίεση που προκαλείται από το βάρος ενός τρακτέρ αλλάζει σημαντικά τη δομή και κατά συνέπεια τον αερισμό του εδάφους με αποτέλεσμα να έχουμε μείωση στο φύτρωμα του κριθαριού. Η χρήση διπλής ρόδας βελτίωσε τις συνθήκες αερισμού στο έδαφος. Παρατηρείται ότι το κριθάρι ευνοείται μέχρι ενός σημείου από την συμπίεση κάτι το οποίο διαπιστώσαμε και εμείς, εφόσον βέβαια δεν ξεπερνάει κάποιες μεγάλες τιμές όπως αυτές που προκύπτουν από τις μονές ρόδες μηχανήματος κατεργασίας.

4.4 ΜΠΙΖΕΛΙ

Το μπιζέλι καθυστερεί να φυτρώσει συγκριτικά με τα άλλα είδη . Κάπου στη μέση χρονικά του πειράματος (10ΗΑΣ) ξεκινούν σε όλα τα επίπεδα να φυτρώνουν φυτά μπιζελιού χωρίς να ξεχωρίζει κάποιο ιδιαίτερα.

Στην τελευταία μέτρηση κανένα επίπεδο συμπίεσης δεν έδωσε με διαφορά καλύτερα αποτελέσματα, τα επίπεδα O,CE_b,CE_d δίνουν με μικρές

διαφορές περίπου τον ίδιο αριθμό φυτών. Η σειρά από το επίπεδο συμπίεσης με τα καλύτερα αποτελέσματα σε εκείνο με το λιγότερα καλά αποτελέσματα είναι $O > CEb > CED > CEa > CEc$.

Το μπιζέλι δείχνει να μην επηρεάζεται ούτε θετικά ούτε αρνητικά από κάποιο συγκεκριμένο επίπεδο συμπίεσης.

4.5 ΦΑΚΗ

Για την φακή παρατηρείται πως σε όλα τα επίπεδα συμπίεσης ξεκινάει γρήγορα το φύτευμα και η σειρά του επιπέδου συμπίεσης στο οποίο φυτρώνουν πρώτα οι σπόροι της φακής είναι $CEc > CED > O > CEa > CEb$.

Στην τελευταία μέτρηση τα περισσότερα φυτά δίνει το τέταρτο επίπεδο συμπίεσης CEd αν και πολύ κοντά έχοντας περίπου τον ίδιο αριθμό φυτών είναι και το τρίτο επίπεδο συμπίεσης CEc . Η σειρά των επιπέδων από το επίπεδο συμπίεσης που μετρήσαμε το μεγαλύτερο αριθμό φυταρίων φακής είναι $CEc = CED > O > CEa > CEb$.

Μπορεί να θεωρηθεί ότι το φυτό της φακής επηρεάστηκε ως ένα βαθμό θετικά, αφού τα καλύτερα αποτελέσματα σε αριθμό φυτών τα δίνει στο τρίτο και τέταρτο επίπεδο συμπίεσης CEc και CED αντίστοιχα.

Από το συγκριτικό διάγραμμα όλων των επιπέδων συμπίεσεων για τη φακή παρατηρήθηκε ότι η CEa συμπίεση δρα περιοριστικά κατά κάποιο

τρόπο ενώ με τα επίπεδα συμπίεσης CEB, CEC και CED έχουν κάποια θετική επίδραση.

4.6 ΦΑΣΟΛΙ

Για το φασόλι πιο γρήγορα φυτρώνει το επίπεδο που δεν υπέστη καμία συμπίεση, δηλαδή ο μάρτυρας O, μετά τα υπόλοιπα επίπεδα καθυστερούν λίγο και ακολουθεί το πρώτο επίπεδο συμπίεσης CEa. Η σειρά από το επίπεδο συμπίεσης εκείνο που ξεκίνησαν πρώτα να φυτρώνουν οι σπόροι του φασολιού μέχρι εκείνο που το φύτρωμα καθυστέρησε περισσότερο να ξεκινήσει είναι $O > CEa > CEB > CEC > CED$

Παρατηρείται ότι στο φασόλι εμφανίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συμπίεσεων και του αριθμού των φυτών.

Στην τελευταία μέτρηση τα περισσότερα φυτά μας τα δίνει ο μάρτυρας O και η σειρά που ακολουθείται στα επίπεδα συμπίεσης από εκείνο που έδωσε τα περισσότερα φυτά προς εκείνο με τα λιγότερα $O > CEa > CEB > CEC > CED$

Φαίνεται καθαρά ότι η συμπίεση στο φασόλι έχει αρνητική επίδραση τόσο στο χρόνο φυτώματος αλλά και στον αριθμό των τελικών φυτών

Οι σπόροι του φασολιού δείχνουν να μην ευνοούνται από εδάφη που δεν αερίζονται αρκετά λόγω μη αρκετών πόρων όπως είναι τα εδάφη που έχουν υποστεί συμπίεση.

Μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Owido et al (2003) πάνω στην επίδραση της συμπίεσης του εδάφους στο ποσοστό φυτώματος των

φασολιών (*Phaseolus vulgaris*) στη περιοχή της Κένυας, το έδαφος ήταν συμπιεσμένο με τις αντίστοιχες πυκνότητες 1050, 1200, 1400, και 1600 kg/m³, το πείραμα επαναλήφθηκε τέσσερις φορές σε ένα πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο. Τα αυξανόμενα επίπεδα συμπίεσης του εδάφους μείωσαν τον αριθμό φυτών στο τελικό ποσοστό φυτρώματος. Δηλαδή παρουσιάστηκε μείωση του φυτρώματος όταν εφαρμόστηκαν επίπεδα συμπίεσης. Το φασόλι παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές στα σημεία συμπίεσης στον τελικό αριθμό φυτών και όσο αυξάνονταν η συμπίεση τόσο μειώνονταν και ο αριθμός φυτών. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι τα αποτελέσματα μας για το φασόλι συμφωνούν απόλυτα με το πείραμα του Owido et al. (2003) και αυτό οφείλεται στον τρόπο φυτρώματος του κοινού φασολιού με υπέργειο τρόπο με την ανάδυση των κοτύλων εξωτερικά του εδάφους. Σπόροι με υπέργειο φύτευμα επηρεάζονται αρνητικά από την συμπίεση του εδάφους. Σε μια άλλη μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τον Sangakkara στη Σρι Λάνκα (2004) παρατηρήθηκε ότι το κοινό φασόλι (*Phaseolus vulgaris* L.) σε συμπιεσμένο έδαφος είχε μειωμένες αποδόσεις σε καρπό, η ανάπτυξη του ήταν περιορισμένη και οι ρίζες του εμφάνιζαν περισσότερες διακλαδώσεις από τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε μη συμπιεσμένα εδάφη. Τα αποτελέσματα αυτά είναι αντίστοιχα με τα στοιχεία που συλλέξαμε από το δικό μας πείραμα. Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τον Buttery et al. (1998) έδειξε ότι η συμπίεση μείωσε την απόδοση του

κοινού φασολιού και σε συνθήκες θερμοκηπίου, εξαιτίας κυρίως της κακής ανάπτυξης των ριζών.

4.7 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ ΣΤΟ ΦΥΤΡΩΜΑ

Η περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη παίζει σημαντικό ρόλο στο φύτεμα των φυτών. Σε μελέτη του Basha et al.(1975) σε σπόρους μπιζελιού παρατηρήθηκε ότι η περιεκτικότητα του σπόρου μπιζελιού σε πρωτεΐνη δεν μειώθηκε σχεδόν καθόλου τις τέσσερις πρώτες μέρες από τη στιγμή που ξεκίνησε το φύτεμα Αντίθετα από την 5^η έως την 16^η μέρα σχεδόν όλη η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη είχε σχεδόν μηδενιστεί.

Στο κριθάρι σε μελέτη του Mikola J. (1972) παρατηρήθηκε ότι ο σπόρος κριθαριού για να βλαστήσει απαιτείται η ύπαρξη 8 πολυπεπτιδίων τα οποία δραστηριοποιούνται τις πρώτες 5 μέρες μετά το φύτεμα. Αν δεν φυτρώσει ο σπόρος δεν υπάρχει καμία ενζυμική δραστηριότητα που θα κινητοποιήσουν τις πρωτεΐνες κατά τη διάρκεια της βλάστησης.

Μελέτη του Cuadrado et al. (2000) σε φυτά φακής έδειξε ότι σε διαφορετικές συνθήκες η περιεκτικότητα σε λεκτίνη δεν είχε αλλάξει καθόλου τις τρεις πρώτες ημέρες από τη στιγμή που ξεκίνησε το φύτεμα. Από την 6^η μέρα όμως και μετά παρατήρησε σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης λεκτίνης ειδικά στα φυτά που δέχονταν πότισμα.

Στο φασόλι η Boylan (1987) παρατήρησε ότι μεγάλη περιεκτικότητα των κοτύλων σε πρωτεΐνη συνεπάγεται και γρηγορότερο φύτρωμα, όπως επίσης ότι την 7^η έως την 10^η μέρα μετά την αρχή του φυτρώματος σχεδόν η περιεκτικότητα των κοτύλων σε πρωτεΐνη έχει σχεδόν μηδενιστεί.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στον αραβόσιτο φαίνεται πως οι σπόροι που φυτεύτηκαν σε εδάφη που δεν δέχτηκαν συμπίεση ξεκινούν πρώτα να φυτρώνουν και η σειρά φυτρώματος στα επίπεδα συμπίεσης είναι $O > CEb > CEc > CEd > CEa$. Στις 20ΗΑΣ που ήταν και η τελευταία μας μέτρηση η σειρά των επιπέδων από εκείνο που έδωσε το μεγαλύτερο αριθμό μέσο όρων φυτών μέχρι το μικρότερο είναι $CEa > O > CEc > CEb > CEd$. Μπορεί να διαπιστωθεί ότι μικρό επίπεδο συμπίεσης ευνοεί το χρόνο φυτρώματος και τον τελικό αριθμό φυτών αραβοσίτου. Μεγαλύτερα επίπεδα συμπίεσης επιδρούν αρνητικά. Η στατιστική ανάλυση συμπίεσεων και μέσου αριθμού φυτών αραβοσίτου δεν ήταν σημαντική.

Στο σιτάρι φυτρώνουν σχεδόν ταυτόχρονα οι σπόροι όλων των επιπέδων συμπίεσης. Στο τελικό αριθμό περισσότερα φυτά προκύπτουν στο CEd και η σειρά είναι $CEd > CEb > CEc > O > CEa$. Η θετική επίδραση του τέταρτου επιπέδου συμπίεσης CEd στο τελικό αριθμό σπόρων μπορεί να αποδοθεί ο τρόπος φυτρώματος του σπόρου του σιταριού όπου η συμπίεση δημιούργησε καλύτερη επαφή του σπόρου με το έδαφος και μείωσε τους εδαφικούς πόρους. Η στατιστική ανάλυση μεταξύ μέσου αριθμού φυτών σιταριού και συμπίεσεων δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Στο κριθάρι πρώτοι ξεκινούν οι φυτεμένοι σπόροι που έχουν υποστεί το τρίτο επίπεδο συμπίεσης και η σειρά χρόνου φυτρώματος είναι

CEc>CEa>CEd>O>CEb. Ο μεγαλύτερος μέσος αριθμός φυτών εμφανίζεται στο τέταρτο επίπεδο συμπίεσης και η σειρά είναι: CEd>CEc>CEb>O>CEa. Πιθανή αιτία είναι το σχήμα του σπόρου κριθαριού που η συμπίεση αυξάνει την επαφή του σπόρου με τα εδαφικά στοιχεία. Η στατιστική ανάλυση μεταξύ του μέσου αριθμού φυτών κριθαριού και των συμπιέσεων δεν έδωσε στατιστικά σημαντική διαφορά.

Οι σπόροι μπιζελιού σε όλα τα επίπεδα συμπίεσης συμπεριλαμβανομένου και του μάρτυρα αργούν να φυτρώσουν, ξεκινούν να φυτρώνουν περίπου στις 10ΗΑΣ.

Μεγαλύτερο αριθμό φυτών στην τελευταία μέτρηση δίνει το επίπεδο του μάρτυρα και η σειρά είναι: O>CEb>CEd>CEa>CEc. Το μπιζέλι ευνοείται από την μη επίδραση συμπίεσης. Η στατιστική ανάλυση μεταξύ μέσου αριθμού φυτών μπιζελιού και συμπιέσεων δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Οι σπόροι φακής σε όλα τα επίπεδα συμπίεσης ξεκινούν να φυτρώνουν αριετά γρήγορα και η σειρά φυτρώματος είναι: CEc>CEd>O>CEa>CEb. Ο μεγαλύτερος μέσος αριθμός φυτών στην τελευταία μέτρηση εμφανίζεται CEc=CEd>O>CEa>CEb. Η στατιστική ανάλυση μεταξύ του μέσου αριθμού φυτών φακής και των συμπιέσεων δεν έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Για τους σπόρους φασολιού πιο γρήγορα φυτρώνουν εκείνοι που φυτεύτηκαν σε έδαφος που δεν υπέστη καμία συμπίεση και η σειρά χρονικά

του φυτρώματος αλλά και τελικού μέσου αριθμού φυτών είναι :
O>CEa>CEb>CEb>CEc>CEd.

Η στατιστική ανάλυση μεταξύ συμπιέσεων και μέσου αριθμού φυτών στο φασόλι έδειξε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές. Συμπεραίνουμε ότι η συμπίεση επιδρά αρνητικά σε μεγάλου όγκου σπόρων όπως και σε σπόρους που έχουν υπέργαιο φύτευμα όπως το φασόλι.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ

Πίνακας 6: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και του αριθμού των φυτών αραβοσίτου. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και μέσος αριθμός φυτών

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|-----|---------|----------|
| Συμπίεσεις | 4 | 0.4478 | 0.7718 |
| Επαναλήψεις | 2 | 1,6868 | 0,2448 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

Πίνακας 7: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και του μ.ο αντίστασης εδάφους (εως 4cm) στον αραβόσιτο. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και μ.ο αντίστασης εδάφους για 0-5 cm

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|-----|---------|----------|
| Συμπίεσεις | 4 | 1.0603 | 0.4352 |
| Επαναλήψεις | 2 | 0.3182 | 0.7363 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

Πίνακας 8: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσεων και του ΜΣΔΣ στον αραβόσιτο. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και ΜΣΔΣ

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|-----|---------|----------|
| Συμπίεσεις | 4 | 0.5632 | 0.6964 |
| Επαναλήψεις | 2 | 0.0989 | 0.9069 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

ΣΙΤΑΡΙ

Πίνακας 9: Αποτελέσματα ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και του αριθμού των φυτών στο σιτάρι. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και αριθμός φυτών

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|------------|----------------|--------------------|
| Συμπίεσεις | 4 | 1.3034 | 0.3464 |
| Επαναλήψεις | 2 | 0.4466 | 0,6548 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

Πίνακας 10: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και του μ.ο αντίστασης εδάφους (εως 4cm) στο σιτάρι. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και μ.ο αντίστασης εδάφους για 0-5 cm

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|------------|----------------|--------------------|
| Συμπίεσεις | 4 | 1.0603 | 0.4352 |
| Επαναλήψεις | 2 | 0.3182 | 0.7363 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

Πίνακας 11: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και ΜΣΔΣ στο σιτάρι. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και ΜΣΔΣ

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|------------|----------------|--------------------|
| Συμπίεσεις | 4 | 0.5632 | 0.6964 |
| Επαναλήψεις | 2 | 0.0989 | 0.9069 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

ΚΡΙΘΑΡΙ

Πίνακας 12: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και του αριθμού φυτών στο κριθάρι. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και μέσος αριθμός φυτών

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|------------|----------------|--------------------|
| Συμπίεσεις | 4 | 0.9939 | 0.4636 |
| Επαναλήψεις | 2 | 0.7444 | 0.5053 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

Πίνακας 13: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και του μ.ο αντίστασης εδάφους (εως 4cm) στο κριθάρι. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και μ.ο αντίστασης εδάφους για 0-5 cm

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|------------|----------------|--------------------|
| Συμπίεσεις | 4 | 1.0603 | 0.4352 |
| Επαναλήψεις | 2 | 0.3182 | 0.7363 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

Πίνακας 14: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και ΜΣΔΣ στο κριθάρι. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και ΜΣΔΣ

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|------------|----------------|--------------------|
| Συμπίεσεις | 4 | 0,5632 | 0.6964 |
| Επαναλήψεις | 2 | 0.0989 | 0.9069 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

ΜΠΙΖΕΛΙ

Πίνακας 15: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και αριθμού φυτών στο μπιζέλι. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπιέσεις και αριθμός φυτών

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|-----|---------|----------|
| Συμπιέσεις | 4 | 0.6852 | 0.6219 |
| Επαναλήψεις | 2 | 2.7916 | 0.1203 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

Πίνακας 16: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και του μ.ο αντίστασης εδάφους (εως 4cm) στο μπιζέλι. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπιέσεις και αντιστ μ.ο 0-5 cm

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|-----|---------|----------|
| Συμπιέσεις | 4 | 1,0603 | 0.4352 |
| Επαναλήψεις | 2 | 0.3182 | 0.7363 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

Πίνακας 17: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης μεταξύ συμπίεσεων και ΜΣΔΣ στο μπιζέλι. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπιέσεις και ΜΣΔΣ

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|-----|---------|----------|
| Συμπιέσεις | 4 | 0.5632 | 0.6964 |
| Επαναλήψεις | 2 | 0.0989 | 0.9069 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

ΦΑΚΗ

Πίνακας 18: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και αριθμού φυτών στη φακή. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και αριθμός φυτών

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|-----|---------|----------|
| Συμπίεσεις | 4 | 1.7853 | 0.2249 |
| Επαναλήψεις | 2 | 2.6754 | 0.1289 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

Πίνακας 19: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και του μ.ο αντίστασης εδάφους (έως 4cm) στη φακή. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και αντιστ μ.ο 0-5 cm

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|-----|---------|----------|
| Συμπίεσεις | 4 | 1.0603 | 0.4352 |
| Επαναλήψεις | 2 | 0.3182 | 0.7363 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

Πίνακας 20: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και ΜΣΔΣ στη φακή. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και ΜΣΔΣ

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|-----|---------|----------|
| Συμπίεσεις | 4 | 0.5632 | 0.6964 |
| Επαναλήψεις | 2 | 0.0989 | 0.9069 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

ΦΑΣΟΛΙ

Πίνακας 21: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και του μ.ο αντίστασης του εδάφους (έως 4cm) στο φασόλι γίγαντα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και μέσος αριθμός φυτών

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|-----|---------|----------|
| Συμπίεσεις | 4 | 3,7532 | 0.05* |
| Επαναλήψεις | 2 | 1.6987 | 0.2427 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

Πίνακας 22: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και μ.ο αντίστασης εδάφους (έως 4cm) στο φασόλι γίγαντα. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και αντιστ μ.ο 0-5 cm

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|------------|----------------|--------------------|
| Συμπίεσεις | 4 | 1,0603 | 0.4352 |
| Επαναλήψεις | 2 | 0.3182 | 0.7363 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

Πίνακας 23: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς μεταξύ των επιπέδων συμπίεσης και ΜΣΔΣ στο φασόλι γίγαντα. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά

Συμπίεσεις και ΜΣΔΣ

| Π.Π | B.E | F Ratio | Prob > F |
|-------------|------------|----------------|--------------------|
| Συμπίεσεις | 4 | 0,5632 | 0.6964 |
| Επαναλήψεις | 2 | 0.0989 | 0.9069 |
| Σφάλμα | 8 | | |
| Σύνολο | 14 | | |

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



Εικόνα 6: Ο πειραματικός αγρός οργωμένος με καλλιεργητή πριν την εφαρμογή του πειράματος



Εικόνα 7: Οριοθέτηση των πειραματικών τεμαχίων με ράμματα πρίν γίνει η σπορά



Εικόνα 8: Άνοιγμα των γραμμών σποράς



Εικόνα 9: Το πείραμα σε εξέλιξη



Εικόνα 10: Τέλος συμπύεσης



Εικόνα 11: Πειραματικό τεμάχιο Ο στο φασόλι



Εικόνα 12: Πειραματικό τεμάχιο CEC συμπίεσης στο φασόλι



Εικόνα 13: Πειραματικό τεμάχιο Ο στο μπιζέλι



Εικόνα 14: Πειραματικό τεμάχιο CEd συμπίεσης στο μπιζέλι

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 Ελληνική Βιβλιογραφία

- Βαλαλάς, Θ.Δ. (1981). *Εδαφομηχανική*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Κυριακίδη.
- Καραμάνος, Ι.Ανδρέας, (1994). *Τα Σιτηρά των Ευκρατων Κλιμάτων*, Αθήνα, Εκδόσεις Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Καραμάνος Ι.Ανδρέας, (1999). *Τα Σιτηρά των Θερμών Κλιμάτων*. Εκδόσεις Παπαζήση.
- Νάτσος, Α., Κεραϊδης, Π., Πιτσιλής Ι. (2000). Πλεονεκτήματα των συστημάτων με ενεργητικά όργανα για την κατεργασία του εδάφους, *8^ο Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο*
- Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Εργαστηρίου Γεωργίας, Γ.Π.Α. Εκδόσεις Γ.Π.Α
- Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Εργαστηρίου Εδαφολογίας Γ.Π.Α. Εκδόσεις Γ.Π.Α
- Περιοδικό Γεωργία και Κτηνοτροφία. *Αφιέρωμα Αραβόσιτος* (2003).
- Σιδηράς, Κ.Ν, 2002. *Εδαφικό Περιβάλλον*. Εκδόσεις Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Στρουθόπουλος, Θ. , *Γεωπονικό Λεξικό*, ερμηνεία και απόδοση όρων στα ελληνικά, αγγλικά, γαλλικά και γερμανικά. Αθήνα 2006. Εκδόσεις Αγρότυπος.
- Τσατσαρέλης, Κ.Α., (2000). *Αρχές Μηχανικής Κατεργασίας του Εδάφους και Σποράς*. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Γιαχούδη.
- Τσατσαρέλης, Κ.Α.,(2000). *Διαχείριση Γεωργικών Μηχανημάτων*. Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Γιαχούδη.

6.2 Ξένη βιβλιογραφία

- Abu-Hamdeh, N.H. (2003). Compaction and subsoiling effects on corn growth and soil bulk density. *Soil Sci. Soc. of Amer. Journ.* 67(4): 1213-1219.
- Awadwal, N.K. & Thierstein, G.E. (1985). Soil crust and its impact on crop establishment: A review. *Soil Till. Res.* 5:289-303.
- Balashov, E. & Bazzoffi, P. (2003). Aggregate water stability of sandy and clayey loam soils differently compacted with and without wheat plants. *International Agrophysics*. 17(4): 151-155.
- Basha, S.M.M. & Beevers L. (1975). The development of proteolytic activity and protein degradation during the germination of *Pisum sativum* L. *Planta (Berl.)* 124:77-87.
- Buttery, B.R., Tan, C.S., Drury C.F., Park, S.J., Armstrong, R.J., Park, K.Y. (1998). The effects of soil compaction, soil moisture and soil type on growth and nodulation of soybean and common bean. *Canadian Journ. Of Plant Sci.* 78: 4, 571-576; 11 ref.
- Boylan, M.T. & Sussex, I.M. (1987). Purification of an endopeptidase involved with storage-protein degradation in *Phaseolus vulgaris* L. cotyledons. *Planta* 170:343-352.
- Cameda, S.G., Reghavan, S.V., Mckyes, E., Watson, A.K., Mehuys, G. (1994). Long-term effects of a single incidence of high axle load compaction on a clay soil in Quebec. *Soil and Till. Res.* 29:173-177.
- Cuadrado, C., Gelencsér, E., Perdosa, M.M., Ayet, G., Muzquiz, M., Puszati, A., Hajós, G., Burbano, C. (2000). Influence of germination on lectin in *Lens culinaris* seeds. *Acta Alimentaria* 29:231-240.
- Czyz, E.A. 2004. Effects of traffic on soil aeration, bulk density and growth of spring barley. *Soil and Till. Res.* (2004). 79(2): 153-166.
- Douglas, J.T. & Crawford, C.E. (1993). The response of rye grass sward to wheel traffic and applied nitrogen. *Grass Forage Sci.* 48:91-100.
- Etana, A. & Hakansson, I. (1994). Swedish experiments on the persistence of subsoil compaction caused by vehicles with high axle load. *Soil and Till. Res.* 29:173-177.
- Hyatt, J., Wendroth, O., Egli, B.D., TeKrony M.D. (2007). Soil compaction and Soybean seedling emergency. *Crop Sci.* vol.47.

- Ishaq, M., Hassan, A., Saeed, M., Ibrahim, M., Lal, R. (2001). Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan: Soil physical properties and crop yield. *Soil and Till. Res.* 59:57-65.
- Ishaq, M., Ibrahim, M., Lal, R. (2003). Persistence of subsoil compaction effects on soil properties and growth of wheat and cotton in Pakistan. *Experimental-Agriculture*. 39(4): 341-348.
- ISO6885:1995.
- Jayan, P.R., Durairaj, C.D., Kumar, V.J.(2006). *Agric.Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 37(1): 70-74.
- Kuchenbuch, R.O, Ingram, K.T. (2004). Effects of soil bulk density on seminal and lateral roots of young maize plants (*Zea mays* L.). *Journ. of Plant Nutrition and Soil Sci.*167(2): 229-235.
- Lesturgez, G., Hartmann, P.R., Bourdon, E., Noble, A., Ratana, S. (2004). Roots of *Stylosanthes hamata* create macropores in the compact layer of a sandy soil, *Plant and Soil*. 260(1/2): 101-109.
- Li, C.H., Ma, B.L., Zhang, T.Q. (2002). Soil bulk density effects on soil microbial populations and enzyme activities during the growth of maize (*Zea mays* L.) planted in large pots under field exposure. *Canadian Journ. of Soil Sci.*82(2): 147-154.
- Meyer, D.W., Badaruddin. (2001). Frost tolerance of ten seedling legume species at four growth stages. *Crop Sci.* 41:1838-1842.
- Mikola, J., Kolehmainen, L. (1972). Localization and activity of various peptidases in germinating barley. *Planta(Berl)* 104:167-177.
- Muhammad, S., Akhtar, J., Qureshi, R.H.(2004). Pot study on wheat growth in saline and waterlogged compacted soil: I. Grain yield and yield components, *Soil and Till.Res.* 77(2): 169-177.
- Natsis A., Papadakis, G., Pitsilis, J. (1999). The influence of soil water and share sharpness of a mouldboard plough energy consumption, rate of work and tillage quality. *Agric.Eng. Res.* 72: 171-176.
- Owido, S.O, Chemelil, M.C., Nyawade, F.O., Obadha, W.O.(2003). Effects of induced soil compaction on bean (*Phaseolus vulgaris*) seedling emergence from a Haplic phaeozem soil, *Agric. Trop. and Subtrop.*36: 65-68.

- Reeves, D.W., Edwards, J.H., Elkins, C.B., & Touchton, J.T. (1990). In-row tillage methods for subsoil amendment and starter fertilizer application to conservation tilled-grain sorghum. *Soil Sci. Soc. of America Journal* 62:774-777.
- Sangakkara, U.R., (2004). Effect of tillage and moisture levels on growth, yield and nodulation of common bean (*Phaseolus vulgaris*) and mungbean (*Phaseolus radiatus*) in the dry season. *Indian Journal of Agronomy* 49(1): 60-63.
- Soane, B.D. & Von Ouwerkerk, C., (Eds) (1994). *Soil compaction in Crop Prod.* Amsterdam: Elsevier.
- Simojoki, A. (2001). Morphological responses of barley roots to soil compaction and modified supply of oxygen. *Agric. and Food Sci. in Finland*. 10: 1, 45-52; 25 ref.
- Tahir, A., Hassan, A., Wakeel, A., Iqbal, M., (2002). Growth response of two maize cultivars to soil compaction and texture. *Pakistan Journ. of Agri.Sci.* 39(2): 94-98.
- Taser, O.F., Kara, O. (2005) Silage maize (*Zea mays* L.) seedlings emergence as influenced by soil compaction treatments and contact pressures. *Plant, Soil and Env.* 51(7): 289-295.
- Van Bael, C.M., (1949). Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation, *Soil Sci. Soc.* 14:20-23.
- Vocanson, A & Jeuffroy, M.H. (2008). Agronomic performance of different pea cultivars under various sowing periods and contrasting soil structures. *Agron. Journ.* 100(3): 748-759.
- Walkley, A., Black, I.A (1934) An Examination of The Degtiareff Methods for Determining Soil Organic and a Proposed Modification of Chromic acid titration method, *Soil Sci.* 37:29-38.

