



ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Π.Μ.Σ. ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ-
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ – ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.

Εργαστήριο Γεωργίας

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΜΕ ΘΕΜΑ:

Επίδραση της μυκόρριζας στην ανάπτυξη ,στις αποδόσεις και στην ποιότητα βιολογικού ρεβιθιού (ποικιλία Αμοργός και Θήβα).



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΜΥΛΩΝΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ-2014

Μέλη της Εισηγητικής - Εξεταστικής επιτροπής

Επιβλέπων Καθηγητής

- 1) Δημήτριος Μπιλάλης**
Αναπληρωτής Καθηγητής. Εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού
Πανεπιστημίου Αθηνών

- 2) Καθηγητής Νικόλαος Δαναλάτος, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής**
Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Θεσσαλικού
Πανεπιστημίου

- 3) Επίκουρος Καθηγήτρια Παναγιώτα Παπαστυλιανού**
Εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Μπιλάλη Δημήτριο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για την εμπιστοσύνη που έδειξε σ' εμένα προτείνοντάς μου τη συγκεκριμένη μελέτη καθώς και για την βοήθειά και καθοδήγησή του σε όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα την Γεωπόνο Μαρία Γκούλτα τον Γεωπόνο Αλέξανδρο Δρίτσουλα συμφοιτητές, καθώς και την υποψήφια διδάκτορα και Γεωπόνο Φωτεινή Αγγελοπούλου για το χρόνο που αφιέρωσαν σ' εμένα και την προθυμία τους να προσφέρουν απλόχερη βοήθεια τους στην διεκπεραίωση αυτής της μελέτης.

*Αφιερωμένη στους
Νίκο , Τερέζα,
Δημήτρη, Κατερίνα*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	6
Περίληψη.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	9
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.2. Βοτανική περιγραφή	11
1.3 Αύξηση και ανάπτυξη	14
1.4. Οικολογικές απαιτήσεις	16
1.5. Καλλιεργητική τεχνική.....	17
1.5.1. Αμειψισπορά	17
1.5.2. Προετοιμασία του εδάφους.....	17
1.5.3. Λίπανση	17
1.5.4. Σπορά.....	18
1.5.5. Περιποιήσεις μετά τη σπορά.....	19
1.5.6. Συγκομιδή.....	20
1.6. Εχθροί και ασθένειες.....	21
1.6.1. Εχθροί	21
1.6.2. Ασθένειες.....	22
1.7 Προϊόντα και ποιότητα αυτών	23
1.8 Παραγωγή και Κατανάλωση.....	25
1.9 Μυκόρριζα.....	26
1.9.1 Επίδραση στην ανόργανη θρέψη των φυτών	30
1.9.2 Επίδραση στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών	34
1.9.3 Επίδραση στην υδατική κατάσταση των φυτών	35
1.9.4 Επίδραση στα βαρέα μέταλλα	36
1.9.5 Βελτίωση τη δομής του εδάφους.....	36
1.9.6 Προστασία φυτών από παθογόνα του εδάφους	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	38
Υλικά και μέθοδοι	38
2.1. Στοιχεία και ιστορικό πειραματικού αγρού	38
2.2. Περιγραφή ποικιλιών που χρησιμοποιήθηκαν	39
2.3. Πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε.....	39
2.4. Κλιματολογικές συνθήκες κατά την περίοδο του πειράματος	42
2.5 Καλλιεργητικές φροντίδες κατά τη διάρκεια του πειράματος.....	45

2.6. Ημερομηνίες καλλιεργητικών επεμβάσεων στη διάρκεια του πειράματος	45
2.7. Σπορά (Ημερομηνία και ποσότητα σπόρων).....	46
2.8. Παρατηρήσεις και μετρήσεις	46
2.8.1. Πυκνότητα φυτώματος.....	46
2.8.2. Ύψος φυτού	47
2.8.3. Μήκος Λοβού	47
2.8.4. Αριθμός Λοβών ανά Φυτό.....	47
2.8.5. Μέσο Βάρος λοβών ανά Φυτό	47
2.8.6. Ξηρό βάρος.....	48
2.8.7. Ρίζες	48
2.8.8. Μυκόρριζα.....	48
2.8.9. Αποδόσεις πολλαπλασιαστικά	49
2.8.10. Βάρος 1000 σπόρων	49
2.9. Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων	49
Κεφάλαιο 3 -Αποτελέσματα	50
3.1. Επιφάνεια του ριζικού συστήματος (mm^2/cm^3)	50
3.2. Διάμετρος ριζών (mm).....	52
3.3. Όγκος του ριζικού συστήματος (cm^3/cm^3)	53
3.4. Μυκόρριζα (mm^2/cm^3)	54
3.5. Ξηρό βάρος Φυτού	56
3.7 Αποδόσεις σε λοβούς(kg /στρέμμα)	58
3.8 Ποιοτικά χαρακτηριστικά	59
3.9. Μήκος λοβού.....	60
3.10 Πυκνότητα φυτού	61
3.11 Ύψος φυτού	63
3.12 Ύψος φυτού 1 ^η μέτρηση	65
Κεφάλαιο 4 Συζήτηση.....	67
Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	72

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

<i>Διάγραμμα 1: Διακύμανση μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας</i>	<i>σελ 40</i>
<i>Διάγραμμα 2: Διακύμανση του ύψους βροχής</i>	<i>σελ 41</i>
<i>Διάγραμμα 3: Διακύμανση της μέσης, ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας</i>	<i>σελ 42</i>
<i>Διάγραμμα 4 Αλληλοεπίδραση μυκόρριζας x ποικιλία</i>	<i>σελ 49</i>
<i>Διάγραμμα 5 επίδραση μυκόρριζας</i>	<i>σελ 53</i>
<i>Διάγραμμα 6Επίδραση ποικιλίας ως προς την Πυκνότητα</i>	<i>σελ 60</i>
<i>Διάγραμμα 7 Επίδραση ποικιλίας ως προς το ύψος φυτού (2^η μέτρηση)</i>	<i>σελ 62</i>
<i>Διάγραμμα 8 Αλληλοεπίδραση μυκόρριζας x ποικιλία ως προς το ύψος (1μέτρηση)</i>	<i>σελ 64</i>
<i>Διάγραμμα 9 Γραμμική συσχέτιση μεταξύ δείκτη Πυκνότητας και ύψος φυτού</i>	<i>σελ 65</i>
<i>Διάγραμμα 10 Γραμμική συσχέτιση μεταξύ δείκτη Λοβού και βάρος λοβού</i>	<i>σελ 66</i>
<i>Διάγραμμα 11 Γραμμική συσχέτιση μεταξύ δείκτη Μέσης διάμετρου ρίζας και λοβού</i>	<i>σελ 66</i>
<i>Διάγραμμα 12 Γραμμική συσχέτιση μεταξύ δείκτη Επιφάνειας ρίζας με σπόρους</i>	<i>σελ 67</i>
<i>Διάγραμμα 13 Γραμμική συσχέτιση μεταξύ δείκτη Όγκου ρίζας με σπόρους</i>	<i>σελ 68</i>
<i>Διάγραμμα 14 Γραμμική συσχέτιση μεταξύ δείκτη Όγκου ρίζας με επιφάνεια ρίζας</i>	<i>σελ 69</i>

Περίληψη

Μελετήθηκε η επίδραση μυκορριζών στην αύξηση φυτών ρεβιθιού, προκειμένου να επαληθευτεί ο ρόλος τους υπό συγκεκριμένες συνθήκες καλλιέργειας στην περιοχή της Κωπαΐδας Βοιωτίας και η ενδεχόμενη ευεργετική τους δράση στην αύξηση των φυτών. Ως δείκτες αύξησης θεωρήθηκαν το μήκος και το ξηρό βάρος ολόκληρου του φυτού, το Ύψος Φυτού (3 μετρήσεις) το βάρος λοβών, τη πυκνότητα φύτευσης, το μήκος λοβού, το βάρος 1000 σπόρων ρεβιθιού (ποιοτική μεταβλητή), επίσης μετρήθηκε η επιφάνεια της ρίζας, η μέση διάμετρος της ρίζας, ο όγκος της ρίζας και το μήκος της ρίζας του ρεβιθιού τέλος έγινε και ο έλεγχος μυκόρριζας. Μετά από στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε ότι φυτά που είχαν εμβολιαστεί με μυκόρριζα υπερτερούσαν ως προς το ύψος, τη πυκνότητα την επιφάνεια της ρίζας του ρεβιθιού συγκρινόμενα με τα φυτά μάρτυρες. Αντίθετα, τα εμβολιασμένα με μυκόρριζα φυτά δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το ξηρό βάρος φυτού, βάρος λοβών, το μήκος λοβού, συγκρινόμενα με τα φυτά μάρτυρες. Τέλος, όσον αφορά το ξηρό βάρος των στελεχών, ρίζας οι διαφορές στις τιμές των φυτών μαρτύρων και εκείνων που είχαν εμβολιαστεί με μυκόρριζα δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Υπολογίζοντας τον σχετικό ρυθμό αύξησης των φυτών προέκυψε ότι για όλες τις μετρούμενες παραμέτρους ο δείκτης ήταν υψηλότερος για τα εμβολιασμένα με μυκόρριζα φυτά σε σχέση με τα φυτά μάρτυρες. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υποδεικνύουν τη θετική επίδραση της μυκόρριζας στην αύξηση της βιομάζας των φυτών του ρεβιθιού στις συνθήκες περιβάλλοντος που επικρατούν στην περιοχή της Κωπαΐδας Βοιωτίας.

Summary

During this experiment, the effect of mycorrhiza on the increase of chick pea plants was studied in order to verify its role under specific conditions of cultivation in Kopais Viotia as well as its possible beneficial effects on plant growth. The dry weight of the entire plant, its height (2 readings), the weight of its lobes, the planting density, the lobe length and the weight of 1000 chickpea seeds (qualitative variable), were all considered as growth indicators. Moreover, the surface of the root, the average diameter of the root, the root volume and the length of the chickpea were also measured. Finally, the mycorrhiza was checked and tested. The statistic analysis demonstrated that plants which had been vaccinated with mycorrhiza predominated in height and root surface density compared with the control plants. In contrast, according to the statistics, the vaccinated plants did not show any significant changes in dry weight, weight of lobes and lobe length compared with the control plants. Finally, regarding the dry weight of the root stems, the differences between those of the control plants and those of the plants that had been vaccinated with mycorrhiza were insignificant as shown by the statistics. Calculating the relative growth rate of the plants showed that for all the measurable parameters, the ratio was higher for the mycorrhiza-vaccinated plants than for the control plants. The results of this study depict the positive effects of mycorrhiza on the increase in the biomass of the chickpea plant under the environmental conditions that exist in Kopais Viotia.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ρεβίθι, *Cicer arietinum* L., είναι το μόνο καλλιεργούμενο είδος του γένους *Cicer*. Στο γένος αυτό αναφέρονται 43 είδη εκ των οποίων τα 9 είναι ετήσια (όπου περιλαμβάνεται και το καλλιεργούμενο), τα 33 πολυετή και ένα που δεν έχει πλήρως προσδιορισθεί. Πρόσφατες μελέτες μελέτες έδειξαν ότι, το ρεβίθι κατάγεται από την περιοχή της σημερινής Ν.Α. Τουρκίας και των γειτονικών προς αυτήν περιοχών της Συρίας. Παλαιότεροι βοτανολόγοι αναφέρουν διάφορα άλλα κέντρα καταγωγής, όπως την περιοχή νότια του Καυκάσου και βόρεια της Περσίας, την περιοχή της Μεσογείου και της Αιθιοπίας. Ως πλέον πιθανός πρόγονος θεωρείται το άγριο είδος *C. reticulatum* (Singh 1997). Το ρεβίθι είναι γνωστό στη χώρα μας από αρχαιοτάτων χρόνων και συνήθως αναφέρεται από τους αρχαίους Έλληνες στον πληθυντικό ως «ερέβινθου». Άλλα κοινά ονόματα του φυτού ήταν ροβίθι και ερβίθι. Τα ρεβίθια μνημονεύονται από τον Όμηρο, η δε Σαπφώ αναφέρει ότι από αιώνων εφύοντο οι «χρύσειοι ερέβινθου». Ο Θεόφραστος διέκρινε τρεις τύπους ρεβιθιών ανάλογα με το χρώμα του καρπού του: τους λευκούς, τους πυρούς και τους μέλανας. Ο τύπος με μέλανας καρπούς ήταν γνωστή στην Ελλάδα με το όνομα «κριόξ». Μία άλλη ποικιλία ήταν ο «ερίβινθος ο ήμερος» του Διοσκουρίδη. Οι καρποί τρώγονταν είτε πράσινοι είτε ξηροί με διάφορους τρόπους. Τα ξηρά ρεβίθια χρησιμοποιούνταν στη μαγειρική ως όσπριο, για την παρασκευή των «επτάζυμων ή σημιτίων άρτων», στη νόθευση ή μερική αντικατάσταση του καφέ και για την παρασκευή των «πεφρυγμένων ή ηνθρακωμένων ερεβινθων» κοινώς «τρωγάλια», τα σημερινά στραγάλια (Λέτσας 1957). Σήμερα το ρεβίθι καλλιεργείται σε πάρα πολλές χώρες της Ν. και Δ. Ασίας, της Β. και Α. Αφρικής, της Ν. Ευρώπης (παραμεσόγειες περιοχές), της Ν. και Β. Αμερικής και στην Αυστραλία. Είναι από τα σπουδαιότερα καρποδοτικά ψυχανθή στον κόσμο. Οι κυριότερες χώρες παραγωγής είναι η Ινδία, που παράγει το 60% της συνολικής ποσότητας και ακολουθούν σε μεγάλη απόσταση η Τουρκία, το Πακιστάν, το Ιράν, το Μεξικό, η Αιθιοπία και η Αυστραλία (FAO 2004).

Το ρεβίθι χρησιμοποιείται κυρίως στη διατροφή του ανθρώπου ως όσπριο. Οι σπόροι αποτελούν πλούσια πηγή υψηλής ποιότητας πρωτεΐνη (17-28 %) και υδατανθράκων (48-58 %) και δεν έχουν σημαντικούς αντιθρεπτικούς παράγοντες, όπως άλλα καρποδοτικά ψυχανθή. Αποτελούν την κύρια πηγή πρωτεΐνης στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου για θρησκευτικούς λόγους είναι περιορισμένη η κατανάλωση κρέατος. Στις αναπτυγμένες χώρες θεωρείται ως υγιεινή τροφή και η κατανάλωσή του ακολουθεί αυξανόμενη πορεία τα τελευταία χρόνια. Σε μικρότερη έκταση, ο σπόρος, κυρίως των μικρόσπερων ποικιλιών ρεβιθιού, χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή. Επίσης και ο σανός του ρεβιθιού, σε ορισμένες χώρες χρησιμοποιείται στη διατροφή των ζώων. Για να αυξηθεί η χρησιμοποίηση του ρεβιθιού στα σιτηρέσια των ζώων θα πρέπει να αυξηθούν και να σταθεροποιηθούν οι αποδόσεις από χρονιά σε χρονιά, ώστε να καταστεί οικονομική η χρησιμοποίησή τους έναντι άλλων πρωτεϊνούχων καρπών. Οι μέσες αποδόσεις στις διάφορες χώρες κυμαίνονται από 50 έως 200 kg/στρ. (Kumar και Abbo 2001). Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει αξιολογή προόδος στην κατεύθυνση αύξησης των αποδόσεων. Στα πλεονεκτήματα της καλλιέργειας του ρεβιθιού θα πρέπει να αναφερθούν η μεγάλη αντοχή του στην ξηρασία, οι ελάχιστες απαιτήσεις σε γονιμότητα εδάφους και η πλήρης εκμηχάνιση του. Μεταξύ των ποικιλιών του ρεβιθιού παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση ως προς το

μέγεθος του σπόρου. Σύμφωνα με τον Vanilov όπως αναφέρεται από τον Singh (1997), γενότυποι με μμεγάλους σπόρους ήταν άφθονοι γύρω από τη λεκάνη της Μεσογείου, ενώ με μικρούς ήταν κυρίαρχοι ανατολικά της Μεσογείου. Με βάση το μέγεθος, το σχήμα και το χρώμα του σπόρου οι ποικιλίες παγκοσμίως διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: 1) «kabuli» με σπόρους στρογγυλεμένους, ανοιχτόχρωμους, βάρους μμεγαλύτερου από 260 g/1 000 σπόρους και 2) «desi» με σπόρους ακανόνιστου σχήματος, διαφόρων χρωμάτων και βάρους μικρότερου από 260 g/1 000 σπόρους (Fageria 1992). Είναι σχεδόν βέβαιο ότι πρώτα καλλιεργήθηκαν οι μικρόκαρποι τύποι και οι μεγαλόκαρποι προέκυψαν από επιλογή και μεταλλάξεις. Στη χώρα μας οι καλλιεργούμενες ποικιλίες κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες (Πίνακας 10.1.). Από τους καταναλωτές προτιμώνται οι ποικιλίες που έχουν μεγάλους ή μέτριους σπόρους με χρώμα λευκό ή ανοιχτό κίτρινο καφέ. Η καλλιέργεια του ρεβιθιού στην Ελλάδα σήμερα είναι πολύ περιορισμένη, όπως και όλων των άλλων οσπρίων. Υπάρχουν όμως πολλά περιθώρια επέκτασης της καλλιέργειας λόγω της δημιουργίας ποικιλιών (κυρίως μικρόσπερων) οι οποίες παρουσιάζουν αντοχή στις ασθένειες (π.χ. ασκοχύτωση), που μπορούν να σπαρθούν το φθινόπωρο και να δώσουν πολύ μεγαλύτερες αποδόσεις σε σχέση με την ανοιξιάντικη σπορά. Με την αύξηση δε των αποδόσεων, καθίσταται οικονομικά συμφέρουσα η χρησιμοποίηση του ρεβιθιού στα σιτηρέσια των ζώων σε αντικατάσταση άλλων εισαγόμενων πρωτεϊνούχων σπόρων, όπως Π.χ. της σόγιας (Ηλιάδης 2000). Πίνακας 10.1. Κατάταξη των ποικιλιών ρεβιθιού ανάλογα με το μέγεθος των σπόρων (Ηλιάδης 1992α).

Κατηγορία ποικιλιών Βάρος 1000 σπόρων Διάμετρος σπόρων

g mm

Μικρόσπερμες (ψιλές) 150-350 6,5-7,5

Μεσόσπερμες (μέτριες) 351-450 7,5-8,5

Μεγαλόσπερμες (χονδρές) > 451 > 8,5

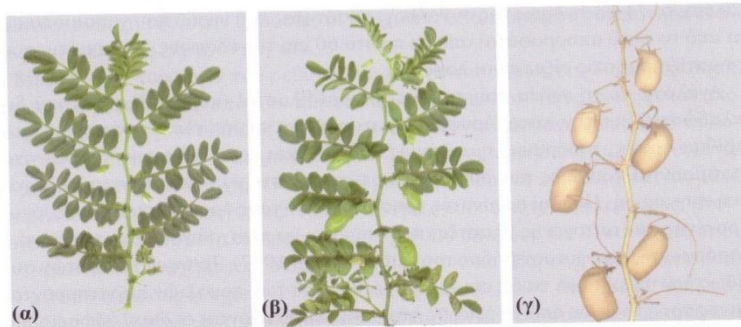
1.2. Βοτανική περιγραφή

Το ρεβίθι είναι διπλοειδές είδος, με βασικό χρωμοσωμικό αριθμό 8. Έχει πασσαλώδη κύρια ρίζα με περιορισμένο αριθμό πλαγίων ριζών. Σε βαθιά εδάφη η κύρια ρίζα μπορεί να φθάσει σε βάθος 120-150 cm (Brown Κ.ά. 1989). Όπως αναφέρεται από τον Nielsen (2001) το ρεβίθι απορροφά νερό μέχρι και από βάθος 120 cm, το 74-83 % όμως της συνολικής ποσότητας του νερού που χρησιμοποιείται από το φυτό απορροφάται από τα πρώτα 60 cm του εδάφους. Τα φυμάτια που σχηματίζονται στις ρίζες είναι λοβωτά. Ανάλογα με τη γωνία που σχηματίζουν οι βλαστοί (κύριος βλαστός και διακλαδώσεις) με την κατακόρυφο, παρατηρούνται πέντε τύποι ανάπτυξης στα ρεβίθια: όρθιος, ημιόρθιος, ημιπλάγιος, πλάγιος και έρπον. Για την καλλιέργεια προτιμούνται ποικιλίες των δύο πρώτων τύπων, ώστε να διευκολύνεται η μηχανική συγκομιδή. Πολλοί ερευνητές χρησιμοποιούν τους όρους: πρωτογενής, δευτερογενής και τριτογενής βλαστός, προκειμένου να περιγράψουν την πορεία της διαμόρφωσης της φυτοστιβάδας του φυτού (Singh 1991). Το ύψος των φυτών συνήθως δεν υπερβαίνει τα 60 cm. Διαφορές μεταξύ των ποικιλιών παρατηρούνται και ως προς το ύψος από το έδαφος στο οποίο εμφανίζονται οι διακλαδώσεις. Το πρώτο πραγματικό φύλλο έχει 2-3 ζεύγη φυλλαρίων και καταλήγει σε ένα ακραίο φυλλάριο. Τα υπόλοιπα φύλλα εκφύονται μεμονωμένα από κάθε γόνατο και είναι διατεταγμένα επί του βλαστού κατ' εναλλαγή. Έχουν συνήθως 11-13 φυλλάρια, τα οποία συνδέονται στην κεντρική ράχη του φύλλου με ένα μικρό μίσχο (Εικ. 10.1 και 10.2). Χαρακτηριστικό των φυλλαρίων είναι η οδοντωτή τους περιφέρεια. Στη βάση κάθε φύλλου υπάρχουν δύο παράφυλλα. Τα άνθη φέρονται μεμονωμένα και σπανιότερα ανά ζεύγη (ή τρία μαζί) πάνω σε ποδίσκους που εκφύονται από τις μασχάλες των φύλλων (Εικ. 10.2 και 10.3). Τα διπλά άνθη οφείλονται σε ένα υποτελές γονίδιο (Singh 1997). Οι ποδίσκοι είναι κοντότεροι από το αντίστοιχο φύλλο. Το μήκος των ανθέων κυμαίνεται από 6 έως 13 mm.

Το χρώμα της στεφάνης είναι ροδόχρουν ή ιόχρουν στις ποικιλίες τύπου desi και λευκό στις τύπου kabuli.



Εικ. 10.1. Φυτά ρεβιθιού στον αγρό, λίγες ημέρες μετά το φύτεμα.



Εικ. 10.2. Βλαστοί ρεβιθιού όπου διακρίνονται: (α) η μορφολογία των φύλλων και η έκφυση των ανθέων, (β) ο σχηματισμός των λοβών, (γ) οι λοβοί στο στάδιο της ωρίμανσης.

Ο λοβός του ρεβιθιού είναι τριχωτός, διογκωμένος, με περγαμνηνοειδή εμφάνιση (Εικ. 10.2 και 10.4). Το μέγεθός του ποικίλλει, αλλά είναι το χαρακτηριστικό του φυτού που επηρεάζεται λιγότερο από το περιβάλλον. Το σχήμα του λοβού περιγράφεται ως ρομβοειδές, ωοειδές ή επίμηκες. Σε κάθε λοβό περιέχονται ένας και σπανιότερα δύο (Εικ. 10.5) ή τρεις σπόροι. Ο σπόρος φέρει ένα μικρό ράμφος (ακμή) (Εικ. 10.5) και το σχήμα του είναι: 1) γωνιώδες, με πιεσμένες τις πλευρές και μοιάζει με μικρογραφία κεφαλής κριαριού (ram's-head shaped), 2) μικρογραφία κεφαλής κουκουβάγια; (owl's-head shaped) και 3) σχεδόν στρογγυλός, όπως του μιτζελιού.



Εικ. 10.3. Καλλιέργεια ρεβιθιού στο στάδιο της άνθησης. Ένθετα σε μεγέθυνση παρουσιάζεται η μορφολογία του άνθους.



Εικ. 10.4. Καλλιέργεια ρεβιθιού: (α) με λοβούς σε ενδιάμεσο στάδιο ανάπτυξης, (β) στην ωρίμανση των λοβών. Ένθετα, σε μεγέθυνση, παρουσιάζεται η μορφολογία των λοβών στα δύο στάδια.

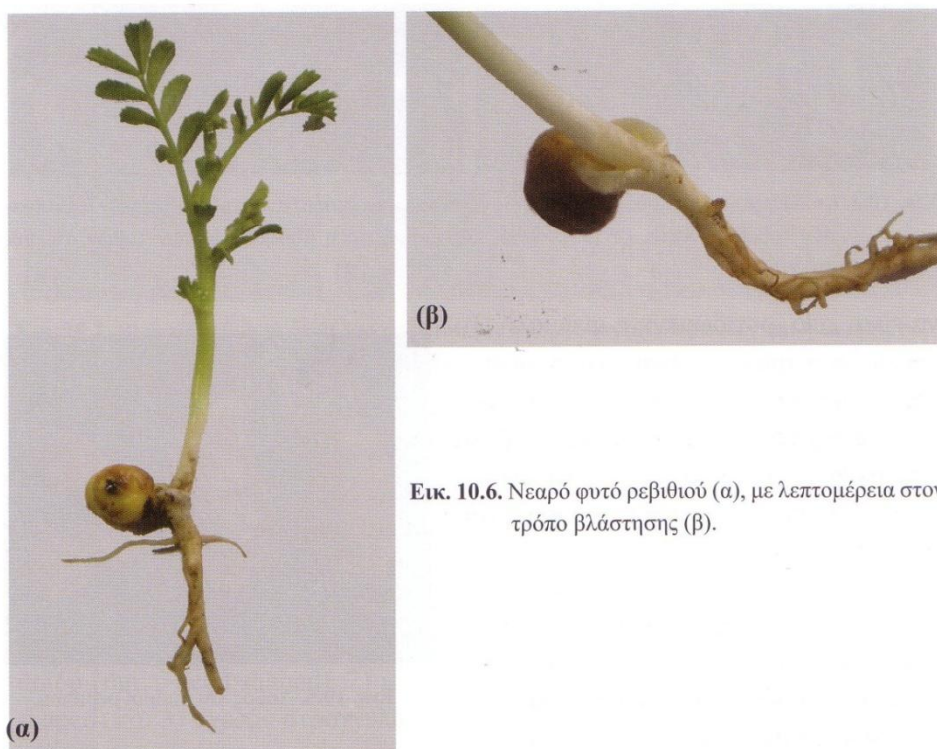


Εικ. 10.5. Λοβός και σπόροι ρεβιθιού.

Η επιφάνειά του μπορεί να είναι λεία, ρυτιδωμένη ή ανώμαλη. Το χρώμα του σπόρου είναι ένα σπουδαίο χαρακτηριστικό διάκρισης των ποικιλιών. Αναγνωρίζονται 21 διαφορετικά χρώματα και αποχρώσεις (Singh 1997). Επικρατέστερα χρώματα είναι το λευκό, το κιτρινωπό, το κιτρινοκαφέ και το κοκκινωπό. Στα φύλλα, στους βλαστούς και στους λοβούς του ρεβιθιού υπάρχουν μικρές αδενώδεις τρίχες από τις οποίες εκκρίνεται μία κολλώδη ουσία, η οποία περιέχει διάφορα οργανικά οξέα με κυρίαρχο το οξαλικό οξύ. Λόγω αυτών των ουσιών, η χορτομάζα του ρεβιθιού δεν είναι πολύ ελκυστική για τα ζώα και μερικές φορές δρα τοξικά.

1.3 Αύξηση και ανάπτυξη

Το φυτό του ρεβιθίου είναι υπόγειο (Εικ. 10.6) και η ανάπτυξή του συνεχής. Ο χρόνος της άνθησης εξαρτάται από το γενότυπο, τις θερμοκρασίες κάθε χρονιάς και τη φωτοπερίοδο. Βρέθηκε ότι τα γονίδια που ελέγχουν την προωμότητα άνθησης στο ρεβίθι είναι ευαίσθητα τόσο στη θερμοκρασία όσο και στη φωτοπερίοδο (Kumar και Abbo 2001). Γενικώς η έναρξη άνθησης του ρεβιθίου καθυστερεί σε σχέση με άλλα ψυχανθή και σε ανοιξιάτικη σπορά παρατηρείται το Μάιο μήνα. Περισσότερα στοιχεία για την επίδραση της θερμοκρασίας στην έναρξη άνθησης δίνονται στη συζήτηση των οικολογικών απαιτήσεων του φυτού. Διαπιστώθηκε μεγάλη γενετική παραλλακτικότητα μεταξύ των γενοτύπων ως προς την εποχή της άνθησης και αναφέρονται στο ρεβίθι δύο γονίδια τα *e1-1* (Kumar και van Rheenen 2000) και PPD (Or κ.ά. 1999) τα οποία ελέγχουν την προωμότητα άνθησης. Ολοκληρωμένες πληροφορίες για τον έλεγχο της άνθησης και τη συσχέτιση μεταξύ διάρκειας άνθησης και απόδοσης δίνονται στην ανασκόπηση της βιβλιογραφίας από τους Kumar και Obbo (2001).



Εικ. 10.6. Νεαρό φυτό ρεβιθίου (α), με λεπτομέρεια στον τρόπο βλάστησης (β).

Στις περιοχές με μεσογειακό κλίμα, στις οποίες ανήκει και η χώρα μας, η διάρκεια της αναπαραγωγικής ανάπτυξης καθορίζεται από την έναρξη της άνθησης και την περίοδο έλευσης της ξηρασίας που σταματά την καρπόδεση. Συνεπώς πρόωμη άνθηση συνδυαζόμενη και με άλλα επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως πρόωμη

καρπόδεση σε χαμηλές θερμοκρασίες, είναι δυνατόν να επεκτείνουν την αναπαραγωγική περίοδο και να αυξήσουν την απόδοση στις περιοχές αυτές.

Παρατηρήθηκε ευθύγραμμη θετική συσχέτιση μεταξύ της βλαστικής ανάπτυξης και της απόδοσης (Κυιειτ και Abbo 2001). Οι τιμές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας σε αρδευόμενη καλλιέργεια ρεβιθίου κυμάνθηκαν από 7 έως 8, ενώ σε ξηρική από 3 έως 4 (Fageria 1992). Η μικρή βλαστική ανάπτυξη στις ξηροθερμικές περιοχές συνεπάγεται μικρές αποδόσεις, παρ' όλο ότι στο ρεβίθι μπορεί να συνεχιστεί η βλαστική ανάπτυξη και μετά την έναρξη της άνθησης, εάν αυξηθεί η υγρασία του εδάφους λόγω βροχοπτώσεων. Με τη φθινοπωρινή σπορά τα φυτά εγκαθιστούν μεγαλύτερη βλαστική ανάπτυξη σε σχέση με την ανοιξιάτικη, η οποία συντελεί σε μεγαλύτερη απόδοση. Τα πειράματα του Leroyt και των συνεργατών του (1999) έδειξαν ότι σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα, για μεγάλες αποδόσεις, είναι απαραίτητος υψηλός δείκτης συγκομιδής. Δείκτες συγκομιδής που παρατηρήθηκαν σε διάφορες ποικιλίες κυμαίνονταν από 0,20 έως 0,47 (Fageria 1992). Η κατανομή της ξηράς ουσίας στα διάφορα μέρη του φυτού και η ανακατανομή της από τα στελέχη και τα φύλλα προς τους καρπούς είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά που συντελούν στη μεγάλη απόδοση. Ενώ η καλλιέργεια ποικιλιών με πρόωμη άνθηση αυξάνει την απόδοση, όπως αναφέρθηκε, η καλλιέργεια πολύ πρόωμων ποικιλιών συνεπάγεται μικρή περίοδο για τη συγκέντρωση βιομάζας και ανάπτυξη επιφανειακού ριζικού συστήματος. Το πρώτο μειώνει την απόδοση και το δεύτερο επιτείνει τα αποτελέσματα της ξηρασίας.

Το ρεβίθι είναι αυτογονιμοποιούμενο είδος. Παρ' όλο ότι αναφέρεται στη βιβλιογραφία φυσική διασταύρωση, από τους περισσότερους ερευνητές θεωρείται ως φυτό 100% αυτογονιμοποιούμενο. Καθώς προχωρεί η ανάπτυξη των ανθοφόρων οφθαλμών, τα νήματα των στημόνων επιμηκύνονται και γύρη από τους ανθήρες εναποτίθεται στο στίγμα. Η γονιμοποίηση γίνεται πριν ανοίξουν τα άνθη (Singh 1997) και έτσι η αυτογονιμοποίηση είναι ο κανόνας.

Η ανθοφορία στο ρεβίθι είναι πλούσια, αλλά παρουσιάζεται σημαντικό ποσοστό πτώσης ανθέων και καρπών. Έτσι ο αριθμός των λοβών ανά φυτό κυμαίνεται από ολίγους μέχρι πάνω από 1000. Η πορεία σχηματισμού ανθέων, ο συνολικός αριθμός παραγόμενων ανθέων, η συγκράτηση λοβών και το ποσοστό των ανθέων και των λοβών που απορρίφθηκαν βρέθηκε να ποικίλουν ανάλογα με την εποχή σποράς και την ποικιλία (Zaiter και Barakat 1995). Κατά μέσο όρο οι διακλαδώσεις πρώτης τάξης συνεισέφεραν το 54% της τελικής απόδοσης λοβών, οι διακλαδώσεις δεύτερης τάξης το 27% και ο κεντρικός βλαστός συνεισέφερε το 19%.

Ο αριθμός των λοβών ανά φυτό στο ρεβίθι παρουσίασε υψηλή θετική συσχέτιση με την απόδοση, ενώ το βάρος 1000 κόκκων, μικρή (Fageria 1992). Ο Gan και οι συνεργάτες του (2003) αναφέρουν ότι ο συνολικός αριθμός λοβών σε ποικιλίες της κατηγορίας desi εξαρτήθηκε περισσότερο από τον αριθμό των φυτών ανά m² και λιγότερο από τον αριθμό των λοβών ανά φυτό, ενώ στις ποικιλίες της κατηγορίας kabuJi και οι δύο προαναφερθείσες παράμετροι της απόδοσης είχαν την ίδια βαρύτητα στον παραχθέντα αριθμό λοβών.

1.4. Οικολογικές απαιτήσεις

Το ρεβίθι είναι καλλιέργεια των θερμών ημίξηρων κλιμάτων. Τα όρια αντοχής του φυτού στις χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες, κυμαίνονται ευρύτατα μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών και εξαρτώνται από την περιοχή προέλευσης της κάθε ποικιλίας. Γενικά το ρεβίθι αντέχει στο κρύο λιγότερο από τα λοιπά χειμερινά ψυχανθή. Για τη βλάστηση του σπόρου χρειάζονται θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 50C. Τα νεαρά φυτά μπορούν να αντέξουν θερμοκρασίες και μέχρι -10°C, σε ορισμένες όμως ποικιλίες αναφέρεται αντοχή μέχρι και -27°C όταν τα φυτά καλύπτονταν από χιόνι (Muiray κ.ά. 1988).

Για την άνθηση, την επικονίαση και την καρπόδεση, στις περισσότερες ποικιλίες, θεωρούνται ως ελάχιστες θερμοκρασίες οι 10-14°C και ως μέγιστες οι 25-30°C (Fageria 1992). Αναφέρεται ότι σε θερμοκρασίες μικρότερες από 20°C επηρεάζεται δυσμενώς η βλάστηση της γύρης και η ανάπτυξη του βλαστικού σωλήνα (Kumar και Abbo 2001). Με χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή υγρασία, τα πρώτα άνθη που σχηματίζονται είναι «ατελή», χωρίς πέταλα, με ατροφικούς ανθήρες και δεν παράγουν σπόρους (Ηλιάδης 1992α). Βελτιωτική προσπάθεια γίνεται προς την κατεύθυνση δημιουργίας ποικιλιών που να ανθίζουν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, ώστε να επιμηκυνθεί η αναπαραγωγική περίοδος. Παρ' όλο ότι το ρεβίθι αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες, όταν αυτές υπερβούν τους 30°C περιορίζουν την απόδοση, επειδή επιταχύνουν την ωρίμανση και μειώνουν το μέγεθος και το βάρος των σπόρων (Nielsen 2001).

Το ρεβίθι αντέχει στην ξηρασία περισσότερο από τα άλλα ψυχανθή και η καλλιέργειά του επεκτείνεται και σε περιοχές με ελάχιστες βροχοπτώσεις. Σε πολύ μεγάλη όμως ξηρασία, μειώνεται η απόδοση, λόγω μείωσης της καρπόδεσης και του μεγέθους των σπόρων. Ανταποκρίνεται θετικά στην άρδευση (Leroit κ.ά. 1999) όταν υπάρχει δυνατότητα, μπορεί όμως να υποστεί σοβαρές ζημιές σε βροχερές χρονιές από την ανάπτυξη ασθενειών, όπως είναι η ασκοχύτωση και οι σήψεις των ριζών. Το ρεβίθι είναι φυτό είτε μακράς φωτοπεριόδου είτε ουδέτερο, ανάλογα με την προέλευση των ποικιλιών. Ορισμένες ποικιλίες χρειάζονται εαρινοποίηση. Η μεγάλη ηλιοφάνεια αυξάνει τις αποδόσεις. Οι εδαφικές απαιτήσεις του ρεβιθιού είναι περιορισμένες και έτσι μπορεί να καλλιεργηθεί σε ποικιλία εδαφών. Προσαρμόζεται όμως καλύτερα στα ελαφρότερα εδάφη, τα οποία δεν συγκρατούν υπερβολική υγρασία. Η άνθηση και η καρπόδεση παρατηρούνται πρωιμότερα στα ελαφρά και ξηρά εδάφη και οψιμότερα στα βαριά και υγρά. Το ριζικό σύστημα υφίσταται ζημιές από την κατάκλιση. Σε πολύ βαριά εδάφη πιθανόν να δημιουργηθούν προβλήματα και στο φύτευμα. Το ρεβίθι είναι ευαίσθητο στην αλατότητα του εδάφους. Σε πειράματα θερμοκηπίου βρέθηκε ότι, με αύξηση της αλατότητας (Cl⁻ κυρίαρχο) από 1,9 σε 5,1 dSm⁻¹ σταμάτησε τελείως ο σχηματισμός λοβών και η ξηρά ουσία του φυτού μειώθηκε κατά 50% (Manchanda και Shaηηα 1989). Σημαντική μείωση στην ανάπτυξη παρουσιάζεται και στα αλκαλικά εδάφη (Na κυρίαρχο). Από την οξύτητα του εδάφους (pH<7) επηρεάζεται κυρίως όταν η ανάπτυξή του εξαρτάται από το άζωτο της αζωτοδέσμευσης (Εικ. 8.7), ενώ η επίδραση είναι μικρή όταν προστεθεί αζωτούχος λίπανση. Οι ποικιλίες με μικρούς έγχρωμους σπόρους προσαρμόζονται καλύτερα σε αντίξοες εδαφικές συνθήκες, ενώ οι ποικιλίες με λευκούς σπόρους αποδίδουν καλύτερα σε ευνοϊκές συνθήκες.

1.5. Καλλιεργητική τεχνική

1.5.1. Αμειψισπορά

Το ρεβίθι καταλαμβάνει την ίδια θέση που παίρνουν και τα άλλα φθινοπωρινά ψυχανθή στο σύστημα αμειψισποράς των μη αρδευόμενων καλλιεργειών. Σπέρνεται ανάλογα με την ποικιλία που θα χρησιμοποιηθεί, όπως θα αναφερθεί με λεπτομέρεια στη συνέχεια, είτε το φθινόπωρο είτε την άνοιξη.

1.5.2. Προετοιμασία του εδάφους

Η προετοιμασία του εδάφους όταν πρόκειται για φθινοπωρινή σπορά, είναι παρόμοια με των άλλων φθινοπωρινών ψυχανθών (βλέπε βίκο) και όταν πρόκειται για εαρινή, παρόμοια με των εαρινών ψυχανθών (βλέπε σόγια).

1.5.3. Λίπανση

Το ρεβίθι, ως ψυχανθές, καλύπτει ένα μέρος των αναγκών του σε άζωτο από την αζωτοδέσμευση. Παρ' όλο ότι αναφέρεται η δυνατότητά του να δεσμεύσει μέχρι 14 kg N/στρ. σε μια καλλιεργητική περίοδο, οι συνήθεις τιμές αζωτοδέσμευσης που δίνονται στη βιβλιογραφία κυμαίνονται από 2-6 kg N/στρ. (Kumar και Abbo 2001). Όπως αναφέρεται από το Singh και τους συνεργάτες του (1997) η αζωτοδέσμευση σε φθινοπωρινή καλλιέργεια ρεβιθιού ήταν μεγαλύτερη (8-12 kg N/στρ.) σε σύγκριση με ανοιξιάτικη καλλιέργεια (2,5-4,0 kg N/στρ.). Οι μικρές τιμές αζωτοδέσμευσης μπορεί να οφείλονται είτε στην έλλειψη ικανοποιητικού αριθμού ριζοβίων στο έδαφος, είτε στη μη αποτελεσματική συμβίωση μεταξύ των υπαρχόντων αυτοχθόνων ριζοβίων και των καλλιεργούμενων ποικιλιών. Οι εδαφικές απαιτήσεις του ρεβιθιού είναι περιορισμένες και έτσι μπορεί να καλλιεργηθεί σε ποικιλία εδαφών. Προσαρμόζεται όμως καλύτερα στα ελαφρότερα εδάφη, τα οποία δεν συγκρατούν υπερβολική υγρασία. Η άνθηση και η καρπόδεση παρατηρούνται πρωιμότερα στα ελαφρά και ξηρά εδάφη και οψιμότερα στα βαριά και υγρά. Το ριζικό σύστημα υφίσταται ζημιές από την κατάκλυση (Εικ. 5.11). Σε πολύ βαριά εδάφη πιθανόν να δημιουργηθούν προβλήματα και στο φύτεμα. Το ρεβίθι είναι ευαίσθητο στην αλατότητα του εδάφους. Σε πειράματα θερμοκηπίου βρέθηκε ότι, με αύξηση της αλατότητας (Cl⁻ κυρίαρχο) από 1,9 σε 5,1 dSm⁻¹ σταμάτησε τελείως ο σχηματισμός λοβών και η ξηρά ουσία του φυτού μειώθηκε κατά 50% (Manchanda και Shaηηα 1989). Σημαντική μείωση στην ανάπτυξη παρουσιάζεται και στα αλκαλικά εδάφη (Na κυρίαρχο). Από την οξύτητα του εδάφους (pH<7) επηρεάζεται κυρίως όταν η ανάπτυξη του εξαρτάται από το άζωτο της αζωτοδέσμευσης (Εικ. 8.7), ενώ η

επίδραση είναι μικρή όταν προστεθεί αζωτούχος λίπανση. Οι ποικιλίες με μικρούς έγχρωμους σπόρους προσαρμόζονται καλύτερα σε αντίξοες εδαφικές συνθήκες, ενώ οι ποικιλίες με λευκούς σπόρους αποδίδουν καλύτερα σε ευνοϊκές συνθήκες. Η αζωτοδέσμευση μπορεί να αυξηθεί με την προσθήκη κατάλληλων σκευασμάτων ριζοβίων που κυκλοφορούν στο εμπόριο. Στη χώρα μας, όταν τα ρεβίθια καλλιεργούνται μετά τα χειμερινά σιτηρά, δεν χρειάζεται βασική αζωτούχος λίπανση, γιατί συνήθως πάντα υπάρχει υπολειμματικό άζωτο στο έδαφος. Μόνον σε πολύ πτωχά εδάφη, προσθήκη περίπου 2 kg N/στρ. βοηθά την πρώτη ανάπτυξη των φυτών. Εάν στην πορεία της καλλιέργειας παρατηρηθεί περιορισμένη ανάπτυξη, χλώρωση του φυλλώματος και έλλειψη ικανοποιητικού αριθμού φυματίων στις ρίζες, προσθήκη μέχρι 6 kg N/στρ., ως επιφανειακή λίπανση, θα αυξήσει την απόδοση. Πρέπει να επισημανθεί ότι το ρεβίθι ως καρποδοτικό ψυχανθές με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, χρειάζεται επάρκεια αζώτου (αζωτοδέσμευσης και εδάφους) για την επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων. Το ρεβίθι επωφελείται από την προσθήκη φωσφόρου και συνιστώνται 6 kg P₂O/στρ. Κρίσιμες συγκεντρώσεις: N και P στο φυτό στο στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης αναφέρονται τα 23 g kg⁻¹ και 2,4 g kg⁻¹ ξηράς ουσίας, αντίστοιχα. Δεδομένου ότι τα ελληνικά εδάφη θεωρούνται κατά κανόνα εφοδιασμένα με επαρκές κάλιο, δεν συνιστάται καλιούχα λίπανση, εκτός εάν η έλλειψη του είναι διαπιστωμένη από εδαφοανάλυση.

1.5.4. Σπορά

Εποχή σποράς. Παραδοσιακά το ρεβίθι σπέρνεται την άνοιξη. Ο Θεόφραστος και ο Ρωμαίος ιστορικός Πλύνιος, περιέγραψαν το φυτό ως θερινή καλλιέργεια με σπορά το Μάρτιο-Απρίλιο και συγκομιδή τον Ιούνιο-Ιούλιο (Kumar και Abbo 2001). Η ανοιξιάτικη σπορά παρά τις μικρές και ασταθείς αποδόσεις που δίνει, καθιερώθηκε επειδή οι περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες δεν αντέχουν στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα και με φθινοπωρινή σπορά προσβάλλονται έντονα από ασθένειες. Κυριότερες ασθένειες είναι η ασκοχύτωση και η σκληρωτινίαση, για τις οποίες δεν κυκλοφορούν αποτελεσματικά μυκητοκτόνα. Οι μικρές και ασταθείς αποδόσεις της ανοιξιάτικης σποράς σε μη αρδευόμενες περιοχές, αποδίδονται στην όψιμη άνθηση και καρπόδεση των φυτών, σε περίοδο με δυσμενείς καιρικές συνθήκες (υψηλή θερμοκρασία, αυξανόμενη ξηρασία).

Η φθινοπωρινή σπορά γενοτύπων που έχουν βελτιωθεί ως προς την αντοχή τους στις χαμηλές θερμοκρασίες και τις ασθένειες, παρουσιάζει αύξηση των αποδόσεων από 20 έως 330% (Singh 1997, Singh κ.ά. 1997, Ηλιάδης 2000). Η αναπαραγωγική φάση του ρεβιθιού με φθινοπωρινή σπορά παρατηρείται περίπου ένα μήνα νωρίτερα από την ανοιξιάτικη, κατά τους μήνες Απρίλιο και Μάιο, κάτω από πιο ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας (Ηλιάδης 1992α). Με τη φθινοπωρινή σπορά εξασφαλίζεται όχι μόνο μεγαλύτερη απόδοση, αλλά και μεγαλύτερη αναλογία του συγκομιζόμενου αζώτου να προέρχεται από την αζωτοδέσμευση, λόγω της αυξημένης συμβιωτικής δέσμευσης του αζώτου, όπως προαναφέρθηκε. Ποικιλίες κατάλληλες για φθινοπωρινή σπορά, έχουν δημιουργηθεί τόσο στο εξωτερικό (Singh 1997) όσο και στη χώρα μας (Ηλιάδης'2000) και σταδιακά αντικαθιστούν στην καλλιέργεια τις ποικιλίες της εαρινής σποράς. Οι φθινοπωρινές ποικιλίες που είναι ανθεκτικές στην ασκοχύτωση και έχουν δοθεί για καλλιέργεια, έχουν μέσο και μικρό

μέγεθος σπόρων. Μέχρι τώρα δεν ήταν δυνατή η δημιουργία αξιόλογων μεγαλόσπερων ποικιλιών που να συνδυάζουν και αντοχή στις ασθένειες. Καταλληλότερος χρόνος σποράς στη χώρα μας, για φθινοπωρινή καλλιέργεια, θεωρείται ο μήνας Νοέμβριος. Για ανοιξιάτικη καλλιέργεια συνιστάται το διάστημα από τα μέσα Φεβρουαρίου μέχρι αρχές Μαρτίου (όχι αργότερα), επειδή τότε υπάρχει υγρασία στο έδαφος και τα φυτά προλαβαίνουν να ολοκληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο (αρχές έως μέσα Ιουλίου).

Απόσταση σποράς. Η συνιστώμενη για τη χώρα μας απόσταση σποράς μεταξύ των γραμμών είναι 25 cm, η δε ποσότητα σπόρου κυμαίνεται από 14 έως 16 kg/στρ. για τις μικρόσπερες ποικιλίες, 16 έως 17 kg/στρ. για τις μεσόσπερες και 18 έως 20 kg/στρ. για τις μεγαλόσπερες. Επιθυμητή πυκνότητα φυτών είναι 40.000 φυτά/στρ. για τις μεγαλόσπερες, μέχρι 60.000 φυτά/στρ. για τις μικρόσπερες (Ηλιάδης 1992α, Ηλιάδης 2004). Η σπορά γίνεται με τις σπартικές μηχανές των σιτηρών μετά από κατάλληλη ρύθμιση, σε βάθος 2-3 Cffi.

1.5.5. Περιποιήσεις μετά τη σπορά

Τα ρεβίθια έχουν μικρή ανταγωνιστική ικανότητα έναντι των χειμερινών ζιζανίων. Η κρίσιμη περίοδος ανταγωνισμού σε φθινοπωρινή σπορά, είναι το διάστημα από το τέλος Φεβρουαρίου μέχρι το τέλος Μαρτίου. Εάν ελεγχθούν τα ζιζάνια μέχρι τότε, στη συνέχεια κλείνουν οι γραμμές σποράς και δυσκολεύεται το φύτεμα των ζιζανίων. Σε ανοιξιάτικη σπορά η κρίσιμη περίοδος διαρκεί από το φύτεμα και για 40-50 ημέρες, χρονικό διάστημα στο οποίο γίνεται το κλείσιμο των γραμμών.

Λόγω της μικρής έκτασης που καταλαμβάνει η καλλιέργεια του ρεβιθιού στις αναπτυγμένες χώρες, δεν εκδηλώθηκε ενδιαφέρον από τις εταιρείες φυτοφαρμάκων για την παραγωγή ζιζανιοκτόνων αποκλειστικά για αυτή την καλλιέργεια. Διάφορα όμως προσπартικά, προφυτρωτικά και μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται σε άλλες καλλιέργειες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στο ρεβίθι. Σχετική έρευνα έχει γίνει στο Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών Λάρισας (Ηλιάδης 1992).

Το ρεβίθι είναι κυρίως καλλιέργεια των μη αρδευόμενων εκτάσεων. Επωφελείται όμως από άρδευση, εάν υπάρχει δυνατότητα. Εφαρμογή αρδεύσεων στο στάδιο της καρποφορίας (Μάιο-Ιούνιο) αυξάνουν σημαντικά τις αποδόσεις. Σε περιοχές με ελάχιστες βροχοπτώσεις, ο αριθμός των συνιστώμενων αρδεύσεων είναι μεγαλύτερος.

1.5.6. Συγκομιδή

Το ρεβίθι φθινοπωρινής σποράς είναι έτοιμο για συγκομιδή στη χώρα μας το πρώτο δεκαπενθήμερο του Ιουνίου, ενώ της ανοιξιιάτικης ένα μήνα αργότερα. Παλαιότερα η συγκομιδή γινόταν σε δύο στάδια. Εκρίζωση ή θερισμός των φυτών κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και μετά από κάποια περίοδο παραμονής τους σε σωρούς στον αγρό ή σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους (ατα αλώνια») για να αποξηρανθούν τελείως, γινόταν αλωνισμός με τα χέρια ή με μηχανή. Σήμερα η συγκομιδή γίνεται με θεριζοαλωνισμό, όταν τα φυτά έχουν αποξηρανθεί τελείως και έχουν πέσει τα περισσότερα φύλλα. Τη μηχανική συγκομιδή επιτρέπουν η συνήθως όρθια ανάπτυξη των φυτών και το ότι δεν ανοίγουν οι πρώτοι λοβοί με την ωρίμανση.

Χρησιμοποιούνται οι θεριζοαλωνιστικές μηχανές των χειμερινών σιτηρών ή ειδικές μηχανές για συγκομιδή οσπρίων, μετά από κατάλληλη ρύθμιση. Συνιστάται η συγκομιδή να γίνεται τις πρωινές ώρες, όταν τα φυτά έχουν κάποια υγρασία, ώστε να μην σπάζουν οι λοβοί και τινάζουν οι σπόροι. Δυσκολίες στο θεριζοαλωνισμό παρατηρούνται όταν τα φυτά έχουν μικρή ανάπτυξη Π.χ. λόγω όψιμης ανοιξιιάτικης σποράς και παρατεταμένης ξηρασίας και οι λοβοί σχηματίζονται πολύ κοντά στο έδαφος. Τέτοιο πρόβλημα δεν εμφανίζεται στη φθινοπωρινή σπορά, γιατί τα φυτά γίνονται υψηλότερα. Αυτό αποτελεί ένα επιπλέον πλεονέκτημα της φθινοπωρινής σποράς έναντι της ανοιξιιάτικης.

1.6. Εχθροί και ασθένειες

1.6.1. Εχθροί

Τα κυριότερα έντομα που προσβάλλουν το ρεβίθι στη χώρα μας είναι:

Λιριόμυζα (*Liriomyza cicerina*). Είναι ένα μικρό δίπτερο, χρώματος καστανού. Προσβάλλει έντονα το ρεβίθι. Διαχειμάζει σε μορφή νύμφης κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Τα τέλεια εμφανίζονται τον Απρίλιο, γεννούν τα αυγά τους στην επιφάνεια των φύλλων και οι εκκολαπτόμενες προνύμφες εισχωρούν στο μεσόφυλλο ανοίγοντας μακρές και λεπτές στοές (Εικ. 10.7). Μεγάλο τμήμα των φύλλων αποχρωματίζεται. Έχει 3-4 γενεές το χρόνο, από τις οποίες πιο ζημιογόνες είναι η πρώτη και η δεύτερη (Μάιο- Ιούνιο).



Εικ. 10.7. Προσβολή φύλλων ρεβιθιού από το έντομο *Liriomyza cicerina*.

Αντιμετωπίζεται με εντομοκτόνα. Ο ψεκασμός συνιστάται να γίνεται με την εμφάνιση των πρώτων συμπτωμάτων στα φύλλα.

Βρούχος (*Acanthoscelides obtectus*). Προκαλεί μεγάλες ζημιές στον αποθηκευμένο σπόρο των ρεβιθιών. Τα θηλυκά έντομα, μικρά κολεόπτερα με μήκος σώματος 3 mm, γεννούν τα αυγά τους επάνω στους σπόρους, στην αποθήκη. Οι μικρές κάμπιες που εκκολάπτονται και ανοίγουν στοές τρώγοντας τις κοτυληδόνες. Οι κάμπιες στη συνέχεια μεταμορφώνονται σε τέλεια και βγαίνουν έξω από το σπόρο, ανοίγοντας χαρακτηριστική οπή. Έχει 3-5 γενεές το χρόνο. Αντιμετωπίζεται με απολύμανση των αποθηκών. Αποφυγή της προσβολής αποτελεί η τοποθέτηση του σπόρου κατά τη συγκομιδή σε βαμβακερά τσουβάλια πυκνής ύφανσης τα οποία δεν μπορεί να διαπεράσει ο βρούχος (Ηλιάδης 1992α).

Πράσινο σκουλήκι (*Helicoverpa armigera*, συν. *Heliothis armigera*). Τα τέλεια έντομα (λεπιδόπτερα) έχουν χρώμα μπροστινών φτερών μπεζ με μία φαρδιά κυματοειδή ταινία σκοτεινότερου χρώματος και δύο χαρακτηριστικές καστανές κηλίδες. Εμφανίζονται προς το τέλος Απριλίου και γεννούν τα αυγά τους στα ανώτερα φύλλα των φυτών. Οι προνύμφες αρχικά τρέφονται με τα φύλλα και τους νεαρούς οφθαλμούς. Στη συνέχεια οι προνύμφες εισέρχονται στο λοβό και τρέφονται με τους μικρούς πράσινους σπόρους. Το έντομο αναπτύσσει μία γενεά το χρόνο. Για την αντιμετώπισή του συνιστώνται ψεκασμοί με εντομοκτόνα.

1.6.2. Ασθένειες

Μυκητολογικές

Τα σπουδαιότερα προβλήματα ασθενειών στη χώρα μας είναι (Ηλιάδης 1992α, Θανασουλόπουλος 1995):

Τήξεις φυταρίων και σήψεις ριζών (*Rhizoctonia* spp. *Fusarium* spp. *Phythium* spp.) (Εικ. 10.8).

Φουζαρίωση (*Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*). Προσβάλλει τις ρίζες των νεαρών φυτών μετά το φύτεμα (Μάρτιο-Απρίλιο) αλλά και τα αναπτυγμένα φυτά, όταν βρίσκονται στα στάδια της άνθησης και της καρποφορίας (Μάιο-Ιούνιο). Το χαρακτηριστικό σύμπτωμα στα νεαρά φυτά είναι η ξαφνική μαρανση. Όταν τα φυτά προσβληθούν στα στάδια της άνθησης και της καρποφορίας παρουσιάζουν ξαφνική χλώρωση, πτώση των φύλλων και ανθέων και σε διάστημα 2-3 ημερών ξηραίνονται. Τα κιτρινωμένα φυτά εμφανίζονται σποραδικά στην καλλιέργεια. Οι ρίζες εσωτερικά εμφανίζουν καφέ χρωματισμό. Η ασθένεια μεταφέρεται με τους σπόρους.

Μέτρα αντιμετώπισης της ασθένειας είναι η χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου, οι ανθεκτικές ποικιλίες, η αμειψισπορά με σιτηρά, η πρόωγη ανοιξιάτικη σπορά κ.&: Ασχοχύτωση (*Phoma fabiei*, παλαιότερο όνομα *Ascochyta fabiei*). Σε χρονιές με μύκητα *Rhizoctonia* spp. ευνοϊκές καιρικές συνθήκες για την ανάπτυξη του μύκητα, οι καταστροφές είναι μεγάλες με αποτέλεσμα να χάνεται σημαντικό μέρος της παραγωγής. Ο μύκητας προσβάλλει όλα τα πράσινα μέρη του φυτού και μερικές φορές και τους σπόρους. Τα πρώτα συμπτώματα εμφανίζονται τον Απρίλιο. Στα φυλλάρια σχηματίζονται νεκρωτικές κηλίδες τεφροκαστανού χρώματος με κοκκινοκαστανό περιθώριο που οδηγούν στην αποξήρανσή τους. Αποξήρανση των φύλλων προκαλείται και από προσβολή του μίσχου. Στα στελέχη σχηματίζονται επιμήκεις κηλίδες και καθώς νεκρώνονται στο κέντρο μετατρέπονται σε έλκη προχωρώντας στο εσωτερικό του βλαστού, με αποτέλεσμα να αποξηραίνεται όλο το τμήμα του φυτού που είναι πάνω από το σημείο προσβολής (Θανασουλόπουλος Κ.ά. 1990) (Εικ. 10.9). Στους πράσινους λοβούς η ασθένεια εκδηλώνεται με κυκλικές νεκρωτικές κηλίδες και η προσβολή μπορεί να φθάσει μέχρι τους σπόρους. Οι σπόροι αποχρωματίζονται, χάνουν την εμπορική τους αξία και πολλές φορές τη βλαστική τους ικανότητα. Σημαντικός παράγοντας για την εξάπλωση της ασθένειας είναι οι βροχοπτώσεις την άνοιξη. Ευνοϊκότερες θερμοκρασίες εξάπλωσης είναι οι 20-25°C. Πηγές μόλυνσης αποτελούν η σπορά μολυσμένου σπόρου, τα φυτικά υπολείμματα και οι γειτονικές μολυσμένες καλλιέργειες.

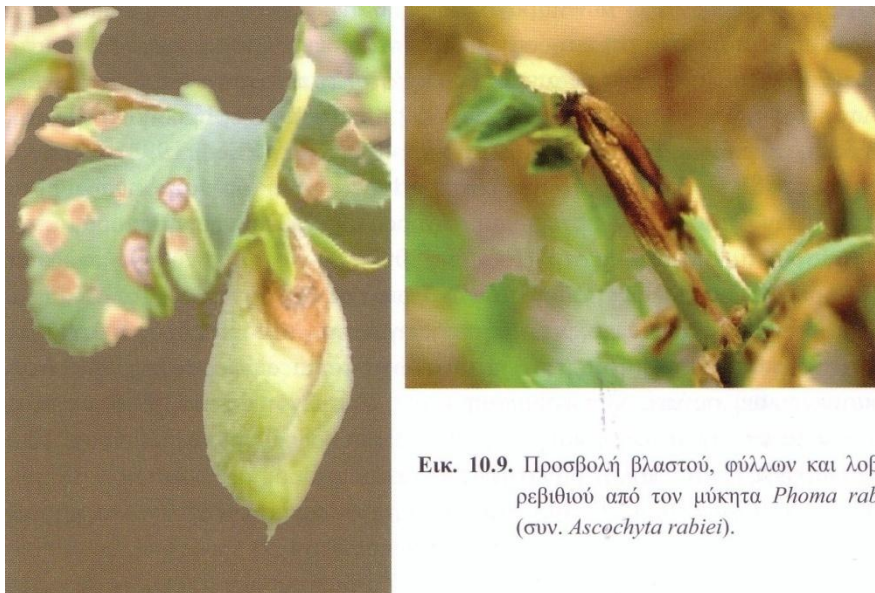
Για την αντιμετώπισή της συνιστάται απολύμανση του σπόρου σποράς και διάφορα καλλιεργητικά μέτρα όπως αμειψισπορά και καταστροφή των φυτικών υπολειμμάτων. Ψεκασμοί με μυκητοκτόνα συνιστώνται, εφ' όσον θεωρηθεί ότι είναι οικονομικά συμφέρον. Η χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών αποτελεί την πιο αποτελεσματική και ανέξοδη αντιμετώπιση. Ανθεκτικές ποικιλίες έχουν δημιουργηθεί για τα μεσόσπερμα και μικρόσπερμα ρεβίθια. Δυστυχώς όλες οι μεγαλόσπερμες ποικιλίες προσβάλλονται από την ασχοχύτωση (Ηλιάδης 1992α).

Σκωρίαση (*Uromyces ciceris-arietini*). Η ασθένεια εμφανίζεται κατά την άνθηση των φυτών ή λίγο νωρίτερα. Στην κάτω κυρίως επιφάνεια των παλαιότερων φύλλων σχηματίζονται καστανές φλύκταινες (ουρεδοσποροί) γεμάτες με ουρεδοσπόρια (καφετί σκόνη). Ουρεδοσποροί μπορούν να σχηματιστούν και στην πάνω επιφάνεια των φύλλων, ενώ σε σοβαρή προσβολή εμφανίζονται στους μίσχους των φύλλων και στους λοβούς. Οι φλύκταινες αυξάνονται: ενώνονται σταδιακά, με αποτέλεσμα την πλήρη ξήρανση των φύλλων και στη συνέχεια ολόκληρων των φυτών. Η σκωρίαση ευνοείται από μέτριες θερμοκρασίες 17-25°C και υψηλή υγρασία. Οι αρχικές μολύνσεις προκαλούνται από μολυσμένα φυτικά υπολείμματα της καλλιέργειας που πέφτουν στον αγρό κατά τη συγκομιδή.

Αντιμετωπίζεται με καλλιεργητικά μέτρα, όπως είναι Π.χ. η καταστροφή ή η ενσωμάτωση σε βάθος των φυτικών υπολειμμάτων, με 'την καλλιέργεια πρώιμων ποικιλιών και με ψεκασμούς με μυκητοκτόνα, μόλιζεμφανίζονται τα πρώτα συμπτώματα. Άλλες ασθένειες είναι η σκληρωτινίαση (*Sclerotium rolfsii*) η οποία προσβάλλει κυρίως την καλλιέργεια φθινοπωρινής σποράς, η αλτερναρίαση (*Alternaria alternata*), και το ωίδιο (*Botrytis cinerea*).

1.7 Προϊόντα και ποιότητα αυτών

Οι αποδόσεις του ρεβιθιού παγκοσμίως καθώς και στη χώρα μας, είναι πολύ μικρότερες από τη δυναμικότητα του φυτού και επίσης ιδιαίτερα ασταθείς



Εικ. 10.9. Προσβολή βλαστού, φύλλων και λοβι ρεβιθιού από τον μύκητα *Phoma rabi* (συν. *Ascochyta rabiei*).

από χρονιά σε χρονιά, λόγω των παραγόντων που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Σε ξηροθερμικές συνθήκες η απόδοση μπορεί να είναι μικρότερη από 50 kg/στρ., ενώ με άρδευση μπορεί να φθάσει τα 300 kg/στρ. Σε πειραματικά τεμάχια αναφέρονται αποδόσεις 400 kg/στρ. (Fageria 1992, Iliadis 1998). Η μέση στρεμματική απόδοση στη χώρα μας κατά το 1998 ήταν 140 kg/στρ. (ΕΣΥΕ 1998). Οι αποδόσεις όμως των βελτιωμένων ποικιλιών του Ινστιτούτου Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών Λάρισας «Αμοργός» και «Άνδρος», με φθινοπωρινή σπορά, μπορεί να φθάσουν τα 200-280 kg/στρ. (Ηλιάδης 2000).

Το ρεβίθι καταναλώνεται από τον άνθρωπο ως ξηρός σπόρος (αποφλοιωμένος ή μη) και μόνο μία πολύ μικρή ποσότητα ως χλωρός σπόρος ή λοβός. Οι ξηροί σπόροι προετοιμάζονται και καταναλώνονται με διάφορους τρόπους όπως βρασμένοι ως σούπα, κονσερβοποιημένοι, αλεσμένοι ως φάβα, ψημένοι ως στραγάλια, επίσης υπάρχει αλεύρι από ρεβύθι και ρόφημα από ρεβύθι. Είναι πλούσιοι σε πρωτεΐνες και υδατάνθρακες (Πίνακας 10.2). Οι πρωτεΐνες είναι υψηλής βιολογικής αξίας, με υψηλή πεπτικότητα. Επίσης τα ρεβίθια περιέχουν λίγους αντιθρεπτικούς παράγοντες (κυρίως ολιγοσακχαρίτες), οπότε δεν υπάρχει περιορισμός στην κατανάλωσή τους, υπάρχουν προϊόντα όπως το αλεύρι ρεβιθίου και το ρόφημα ρεβιθίου πολύ διαδεδομένα. Ένα πρόβλημα των ρεβιθιών, που αφορά όμως και τα άλλα όσπρια, είναι η βραστικότητα τους. Η διάρκεια βρασμού, δηλαδή το χρονικό διάστημα από την έναρξη του βρασμού μέχρι να μαλακώσουν οι σπόροι για να είναι έτοιμοι να καταναλωθούν, είναι το σπουδαιότερο ποιοτικό χαρακτηριστικό για τα ρεβίθια, με τα οποία παρασκευάζεται σούπα. Από τους καταναλωτές ζητούνται τα ρεβίθια που βράζουν σε μικρό χρονικό διάστημα, τα οποία είναι και πιο γευστικά. Επιπλέον από το χρόνο βρασμού σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία βρασμού επηρεάζεται και η πεπτικότητα των πρωτεϊνών, η οποία μειώνεται με παρατεταμένο βράσιμο σε υψηλή θερμοκρασία.

Διάφοροι παράγοντες όπως 1) το περιβάλλον ανάπτυξης π.χ. το είδος του εδάφους, η εφαρμοζόμενη λίπανση, 2) η ωριμότητα συγκομιδής, 3) η διάρκεια αποθήκευσης και 4) διάφορα χαρακτηριστικά του σπόρου που ελέγχονται από το γενότυπο π.χ. η σκληρότητα του σπόρου, η διαπερατότητα του περισπερμίου, αναφέρονται ότι επηρεάζουν τη βραστικότητα χωρίς όμως να έχει διευκρινιστεί πλήρως ο ρόλος του καθενός. Βρέθηκε ότι η επίδραση του εδάφους στην ανάπτυξη των φυτών ήταν σημαντική σε ποικιλίες που δεν βράζουν καλά, ενώ οι ποικιλίες που βράζουν καλά, είχαν παραπλήσιους χρόνους βρασμού σε όλα τα εδάφη που μελετήθηκαν (Ηλιάδης κ.ά. 1991).

Το ρεβίθι θεωρείται θρεπτική πρωτεϊνούχα τροφή και για τα ζώα. Συμμετέχοντας στα σιτηρέσια, είναι δυνατόν να αντικαταστήσει πλήρως ή μερικώς άλλες πρωτεϊνούχες ζωοτροφές όπως π.χ. τη σόγια. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διατροφή των γαλακτοπαραγωγικών προβάτων, των παχυνόμενων μονογαστρικών, όπως χοίροι και πτηνά, των βοοειδών και των αλόγων. Όταν χρησιμοποιείται σε μεγάλη ποσότητα, η προσθήκη μεθειονίνης βελτιώνει την ανάπτυξη των ζώων. Προκειμένου όμως να είναι οικονομικά συμφέρουσα η χρησιμοποίηση του ρεβιθιού ως ζωοτροφή, θα πρέπει να επεκταθεί η φθινοπωρινή καλλιέργεια, όπως αναφέρθηκε, με τη χρησιμοποίηση των μικρόσπερων κυρίως ποικιλιών, οι οποίες αντέχουν στις ασθένειες και δίνουν υψηλές αποδόσεις. Αξιόλογη χονδροειδή ζωοτροφή (Πίνακας 10. J) αποτελεί και ο σανός του ρεβιθιού καθώς και τα

υπολείμματα του θεριζοαλωνισμού. Τα πράσινα μέρη του φυτού είναι κατάλληλα ως χλωρά τροφή αν και η όξινη γεύση τους πολλές φορές αποθαρρύνει τα ζώα στην πρόσληψη μεγάλων ποσοτήτων.

1.8 Παραγωγή και Κατανάλωση

Σήμερα το ρεβίθι καλλιεργείται σε πάρα πολλές χώρες της Ν. και Δ. Ασίας, της Β. και Α. Αφρικής, της Ν. Ευρώπης, της Ν. και Β.Αμερικής και στην Αυστραλία. Οι κυριότερες χώρες παραγωγής είναι η Ινδία, όπου παράγεται το 60% της συνολικής ποσότητας και ακολουθούν το Πακιστάν, το Ιράν και η Τουρκία. Το ρεβίθι αποτελεί σημαντικό είδος διατροφής και κύρια πηγή πρωτεΐνης, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η καλλιέργεια του κτηνοτροφικού

ρεβιθιού εμφανίζεται πιο περιορισμένη, αν και σε ορισμένες χώρες, χρησιμοποιείται στη διατροφή των ζώων όχι μόνο ο καρπός, αλλά και ο σανός του ρεβιθιού.

Όσον

αφορά την Ελλάδα, εντοπίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές όπως είναι ο νομός

Γρεβενών, για τον οποίο αποτελεί παραδοσιακή καλλιέργεια. Εμφανίζει, όμως, καλές

προοπτικές ανάπτυξης και επέκτασης τα επόμενα χρόνια.

Μεταβλητές Δαπάνες Κόστος / στρέμμα

Λιπάσματα-Φάρμακα 0,00€

Καύσιμα και Λιπαντικά 7,17€

Κόστος Σπόρων 6,33€

Λοιπές δαπάνες 2,71€

Ξένη Μηχανική Εργασία 7,00€

Δαπάνες Πιστοποίησης 3,24€

Σύνολο 26,45€

Πηγή: Υπολογισμοί Ινστιτούτο Γεωργοοικονομικών και Κοινωνιολογικών Ερευνών
Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας

Προοπτικές καλλιέργειας:

Θετικοί παράγοντες

- Η πλήρης εκμηχάνισή της και οι μικρές απαιτήσεις της σε εργασία.
- Οι ελάχιστες απαιτήσεις της σε λίπανση και γονιμότητα εδάφους.
- Η συμβολή της στη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους, λόγω της ικανότητας της να δεσμεύει το άζωτο.
- Η ανθεκτικότητα του φυτού στην ξηρασία.

- Η χρήση του παραγόμενου προϊόντος στα σιτηρέσια των αγροτικών ζώων, σε αντικατάσταση άλλων πρωτεϊνούχων σπόρων, όπως η σόγια (κυρίως στη βιολογική κτηνοτροφία).
- Η υψηλή θρεπτική αξία των σπόρων του ρεβιθιού και οι ελάχιστοι αντιθρεπτικοί παράγοντες που περιέχονται σε αυτούς.

Αρνητικοί παράγοντες

- Οι μεγάλες απώλειες στην παραγωγή που μπορεί να προκαλέσει η προσβολή από ασκόχυτα και οι περιορισμένες δυνατότητες αντιμετώπισης της ασθένειας με μυκητοκτόνα.
- Το υψηλό κόστος αγοράς του πιστοποιημένου σπόρου, ειδικά για τις ανθεκτικές στον ασκόχυτα ποικιλίες.
- Η μικρή αντοχή των υπαρχόντων ποικιλιών στις χαμηλές θερμοκρασίες.

1.9 Μυκόρριζα

Ο όρος μυκόρριζα χρησιμοποιείται από τους επιστήμονες για να περιγράψει την μη παθογόνο συμβιωτική σχέση αμοιβαίας ωφέλειας που αναπτύσσεται ανάμεσα σε ένα φυτό και ένα μύκητα. Σε αυτή την μορφή σχέσης ωφελείται και το φυτό από τον μύκητα αλλά και ο μύκητας που εξασφαλίζει έτσι την επιβίωσή του από το φυτό. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η υφή που προκύπτει από τα σπόρια του μύκητα θα νεκρωθεί σε διάστημα μιας περίπου εβδομάδας αν δεν υπάρξει κάποια ρίζα φυτού η οποία θα της προσφέρει τα απαραίτητα για την επιβίωσή της (Marschner & Dell, 1994).

Μέσω της σχέσης αμοιβαιότητας, παρέχεται στον μύκητα η δυνατότητα άμεσης πρόσβασης του στα οργανικά οξέα του φυτού, στους υδατάνθρακες όπως η γλυκόζη και η σουκρόζη οι οποίοι παράγονται κατά την διαδικασία της φωτοσύνθεσης, σε άλλα προϊόντα φωτοσύνθεσης που εκκρίνονται από τα ριζίδια του φυτού αλλά και σε αυξητικούς παράγοντες όπως οι βιταμίνες. Οι ουσίες αυτές μετακινούνται μέσα στο φυτό από τα σημεία που παράγονται, δηλαδή τα φύλλα, πηγαίνουν στο ριζικό σύστημα και μέσω αυτού καταλήγουν στον μύκητα. Σε ανταπόδοση, το φυτό εκμεταλλεύεται το μυκήλιο του μύκητα αυξάνοντας την ενεργό επιφάνεια του ριζικού συστήματός του αλλά και με αποτελεσματικότερη πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων και νερού (Αγγελής, 2007).

Για τις ευεργετικές ιδιότητες που το φυτό επωφελείται από τις μυκόρριζες, πρέπει να υποστεί την απώλεια ποσοστού 10- 20% των προϊόντων της φωτοσύνθεσης τα οποία θα καταναλωθούν για τις ανάγκες του σχηματισμού, διατήρησης και λειτουργίας των υφών του μύκητα (Marschner & Dell, 1994).

Υπάρχουν διάφοροι τύποι μυκόρριζας από τους οποίους οι πιο σημαντικοί είναι οι ενδομυκόρριζες ή ενδοτροφικές μυκόρριζες και οι εξωμυκόρριζες, οι οποίες

έχουν μεγάλη οικονομική και οικολογική σημασία. Αυτοί οι δυο τύποι μυκόρριζας έχουν αξιοσημείωτες λειτουργικές ομοιότητες παρά τις διαφορές τους στο είδος των φυτών που αποικούν και στις δομές που αναπτύσσουν μέσα στα φυτά αυτά (Miyasaka & Habte, 2001).

Οι ενδομυκόρριζες που αποτελούν και το αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι μύκητες των οποίων οι υφί εισέρχεται στα κύτταρα των ριζιδίων του φυτού σχηματίζοντας σφαιρικές δομές που μοιάζουν είτε με κύστεις και ονομάζονται κυστίδια, είτε με εκτενείς διακλαδώσεις που μοιάζουν με κλάδους δέντρων και ονομάζονται δενδρίδια. Τα κυστίδια θεωρούνται αποθήκες αποθησαυριστικών ουσιών του μύκητα. Οι ουσίες που αποθηκεύονται εκεί αποδομούνται και αποδίδουν ενέργεια στο μύκητα, όταν η παρεχόμενη από το φυτό ενέργεια είναι μικρότερη των αναγκών του. Η δομή των δενδριδίων αυξάνει την επιφάνεια επαφής της υφίς του μύκητα και των κυττάρων του κυτταροπλάσματος του ξενιστή έτσι ώστε να διευκολύνεται η μεταφορά των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ τους (Αγγελής, 2007).

Οι μυκόρριζες αυτού του τύπου ανήκουν στην κατηγορία Glomeromycota **Arbuscular Mycorrhizal Fungus**(συντομογραφία AMF) και από αναλύσεις DNA και μελέτες σε απολιθώματα έχει βρεθεί ότι αυτή η συμβιωτική σχέση έχει παρουσιαστεί πριν 400-600 εκατομμύρια έτη. Οι ενδομυκόρριζες έχουν εντοπιστεί σε πάνω από το 85% όλων των οικογενειών φυτών του πλανήτη. (<http://en.wikipedia.org/wiki/Mycorrhiza>).

Σύμφωνα με τους Clark & Zeto (2000), αν όλοι οι παράγοντες που αφορούν την ανάπτυξη των φυτών παραμένουν σταθεροί και δεν είναι περιοριστικοί, τότε οι μυκόρριζες μπορεί να είναι καθοριστικής σημασίας όχι μόνο για την επιβίωση των φυτών αλλά και όσον αφορά την ικανότητά τους να προσλαμβάνουν τα απαιτούμενα θρεπτικά στοιχεία για την διατήρησή τους καθώς μεταφέρουν τα θρεπτικά στοιχεία σε μεγάλες αποστάσεις σε σχέση με τις ρίζες.

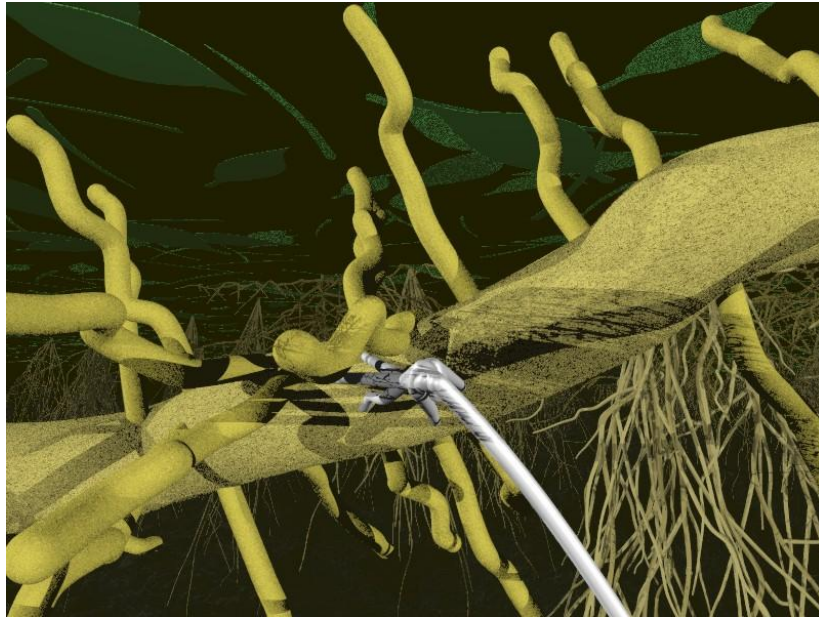
Τα πιο αξιοσημείωτα αποτελέσματα για το φυτό από την παρουσία της μυκόρριζας παρουσιάζονται σε συνθήκες αδυναμίας του φυτού να εξασφαλίσει κυρίως φώσφορο P (Miyasaka & Habte, 2001).

Οι μυκόρριζες εγκαθίστανται συνήθως στο ριζικό σύστημα των φυτών αλλά κάποιες φορές εμφανίζονται στο βλαστό τους. Η σύνδεση του φυτού με τον μύκητα ξεκινάει όταν η υφή του μύκητα που βρίσκεται στο έδαφος αντιλαμβάνεται την παρουσία ρίζας μέσω ουσιών που η ρίζα εκκρίνει προκειμένου να προσελκύσει την μυκόρριζα, και ανταποκρίνεται σε αυτή εξασφαλίζοντας επαφή των δυο επιφανειών.

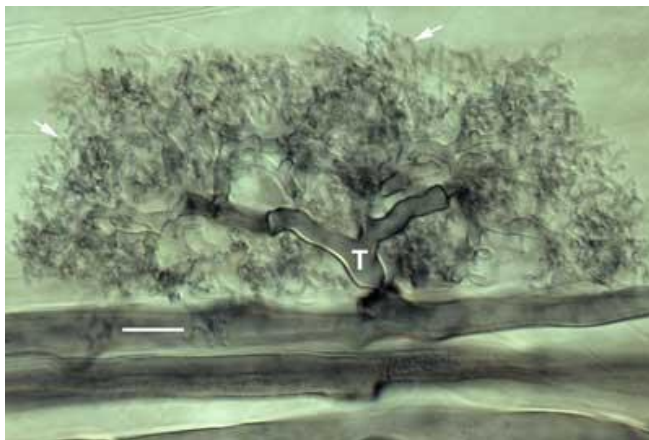
(<http://www.ufz.de/index.php?en=17023>).

Έπειτα η υφή του μύκητα δημιουργεί τα απρεσσόρια, τα οποία είναι μια διόγκωση που έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του ξενιστή και εξασφαλίζει ισχυρή πρόσφυση του μύκητα στους ιστούς του ξενιστή. Αφού επιτευχθεί η πρόσφυση, από τη βάση του απρεσσορίου εκφύεται μια λεπτή διατρητική υφή η οποία διαπερνά την ριζοδερμίδα του ξενιστή και έτσι επιτυγχάνεται η μόλυνση (Αγγελής, 2007).

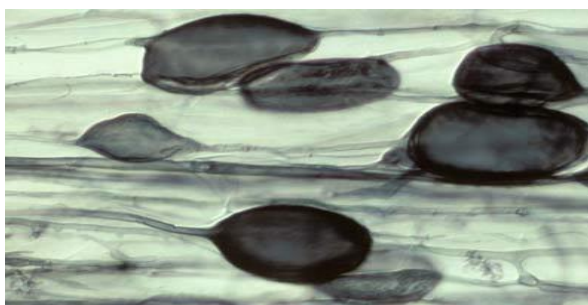
Αυτό προϋποθέτει την αναγνώριση από το φυτό του εισερχόμενου μύκητα προκειμένου να συνεχιστεί η διαδικασία εισόδου στην ρίζα του φυτού. Στην εικόνα 10 απεικονίζεται η είσοδος του μύκητα στη ρίζα του φυτού. Η υφή του μύκητα πλησιάζει την ρίζα του φυτού. Σχηματίζονται τα απρεσσόρια από τις υφές και όταν το φυτό αναγνωρίσει τον εισερχόμενο μύκητα εγκρίνει την είσοδό του στην ρίζα και συνεχίζεται η διαδικασία εισόδου (<http://www.ufz.de/index.php?en=17023>).



Εικόνα 10. Είσοδος στην ρίζα (Πηγή: <http://www.ufz.de/index.php?en=17023>) Έπειτα δημιουργούνται τα δενδρίδια τα οποία μορφολογικά μοιάζουν σαν μικρά δέντρα και προέρχονται από πολλαπλασιασμό και διακλάδωση της υφής του μύκητα. Στην εικόνα 5 απεικονίζεται ένα δενδρίδιο μύκητα του γένους *Glomus* σε κύτταρο του φλοιού της ρίζας φυτού (<http://mycorrhizas.info/#intro>).



Εικόνα 11. Δενδρίδιο ενός είδους *Glomus* σε κύτταρο φλοιού ρίζας (Πηγή: <http://mycorrhizas.info/#intro>) Ο χρόνος δημιουργίας των κυστιδίων είναι περίπου 2 ημέρες ύστερα από τη διάτρηση της ρίζας από την υφή του μύκητα. Αναπτύσσονται μέσα στα κύτταρα του φλοιού της ρίζας αλλά εκτός του κυτταροπλάσματος. Ο χρόνος ζωής τους είναι μικρός σχετικά και δεν διαρκεί περισσότερο από μερικές ημέρες. (<http://mycorrhizas.info/vam.html>).



Εικόνα 12: Κυστίδια (V) ενός είδους *Glomus* σε ρίζα φυτού
(Πηγή: <http://mycorrhizas.info/vam.html>)

Στην εικόνα απεικονίζονται τα κυστίδια ενός είδους *Glomus* σε ρίζα φυτού.

Υπάρχουν τριών ειδών μυκόρριζες:

- *Ενδότροφες μυκόρριζες:* Ο συνηθέστερος τύπος. Σχηματίζεται όταν ο μύκητας μπαίνει στο φλοιό της ρίζας.
- *Εξώτροφες μυκόρριζες:* Όταν ο μύκητας σχηματίζει ένα δίκτυο εξωτερικά από τις ρίζες και μπαίνει και στο περιβάλλον χώμα. Συναντιέται κυρίως στα δασικά δέντρα.
- *Ψευδομυκόρριζες*

Οι μυκόρριζες παίρνουν οργανικά συστατικά από το φυτό, στο οποίο έχουν προσκολληθεί, και του αποδίδουν υγρασία και αυξητικές ουσίες. Αυτή η διαδικασία δρα συνήθως ευεργετικά για το φυτό.

1.9.1 Επίδραση στην ανόργανη θρέψη των φυτών

Κανόνα αποτελεί πλέον η άποψη ότι ο εμβολιασμός φυτών με μυκόρριζα ενισχύει την αύξηση και ανάπτυξη τους αυξάνοντας την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων μέσω αύξησης της επιφάνειας απορρόφησης των στοιχείων, είτε καθιστώντας διαθέσιμα για πρόσληψη από τα φυτά στοιχεία που θεωρούνταν ακινητοποιημένα στο έδαφος, είτε τέλος, μέσω απέκκρισης χηλικών ενώσεων των εξωενζύμων. Η δυνατότητα της εξωτερικής υφής του μύκητα να προσλαμβάνει και να μεταφέρει θρεπτικά στοιχεία από το έδαφος στο φυτό έχει εξακριβωθεί για τα παρακάτω στοιχεία: P, NH₄⁺, NO₃⁻, K, Ca, S₀₄₋₂, Cu, Zn, και Fe. Σύμφωνα με την μελέτη των Marschner & Dell (1994), έχει αποδειχθεί ότι η εξωτερική υφή της μυκόρριζας δύναται να εξασφαλίσει στο φυτό το 80% του αναγκαίου P, το 25% του N, το 10% του K, το 25% του Zn, και το 60% του Cu και ότι τα ποσοστά αυτά θεωρούνται ικανοποιητικά για την ανάπτυξη των φυτών σε διαφορετικά εδάφη.

Σε επόμενη μελέτη εξετάστηκε η επίδραση της μυκόρριζας στο νωπό βάρος των φύλλων και του βλαστού των φυτών, στην ποσότητα τη χλωροφύλλης, των πρωτεϊνών και των σακχάρων, στην συγκέντρωση του C, του N και στην δράση του ενζύμου συνθετάση της γλουταμίνης. Το συμπέρασμα που προέκυψε ήταν ότι η επίδραση της μυκόρριζας στις παραπάνω παραμέτρους εξαρτάται από το είδος της μυκόρριζας που χρησιμοποιήθηκε (Boucher et al., 1999).

Επιπλέον, ο εμβολιασμός των φυτών με μυκόρριζα τους προσδίδει αυξημένη ανθεκτικότητα σε παθογόνα του ριζικού συστήματος, στην ξηρασία, σε χαμηλές θερμοκρασίες του εδάφους, σε δυσμενείς συνθήκες εδαφικού pH, και σε τυχόν σοκ που υφίσταται το φυτό μετά από μεταφύτευση. Ο συνδυασμός ρίζας και μύκητα έχει άριστα αποτελέσματα όσον αφορά την αποκατάσταση επιβαρυσμένων εδαφών και χρησιμοποιείται ευρέως σε γεωργικές πρακτικές που πρέπει να

εφαρμοστούν σε άγονα, ξηρά, υψηλής αλατότητας και μειωμένης ευφορίας εδάφη (Raju et al., 1990).

Όταν υπάρχει ελεύθερη επιφάνεια εκμετάλλευσης για την ρίζα, το ποσοστό του P που εξασφαλίζεται στο φυτό από την εξωτερική υφή της μυκόρριζας φτάνει το 80% της αναγκαίας ποσότητας P καθώς η υφή φτάνει σε μήκος ως και 10 cm από την επιφάνεια της ρίζας. Εκτός όμως από αυτό τον τρόπο προμήθειας P στο φυτό, η μυκόρριζα μπορεί να επιδρά και με τον σχηματισμό πολυφωσφορικών ενώσεων στην υφή, διατηρώντας έτσι χαμηλή εσωτερική συγκέντρωση φωσφορικών αλάτων. Επίσης, εξ αιτίας της πολύ μικρής διαμέτρου των υφών, ο μύκητας, έχει την δυνατότητα εκμετάλλευσης μεγαλύτερου όγκου εδάφους ως προς την προμήθεια P σε σχέση με την επιφάνεια της ρίζας γεγονός που οδηγεί σε 2-6 φορές περισσότερη εισροή P. Τέλος, η παραγωγή εξωκυτταρικών φωσφορικών οξέων καταλύει την παραλαβή P από οργανικά σύνθετα του εδάφους. Έτσι λοιπόν τα φυτά με μυκόρριζα μπορούν να αξιοποιούν καλύτερα τις πηγές φωσφόρου του εδάφους (Marschner & Dell, 1994).

Παρ' όλ' αυτά η ενίσχυση της ανάπτυξης των φυτών με την συμβολή της μυκόρριζας εξαρτάται από παράγοντες του εδάφους αλλά και του ίδιου του φυτού οι οποίοι καθορίζουν την πρόσληψη του P από το φυτά καθώς και από την κατάσταση του P στο έδαφος. Συχνά παρατηρείται μια ύφεση στα επίπεδα μόλυνσης των φυτών από μυκόρριζα όταν στο έδαφος υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση P. Ο βαθμός της ύφεσης αυτής δεν εξαρτάται μόνο από το είδος του μύκητα αλλά και από την περίσσεια P στο έδαφος. Κοινώς είναι αποδεκτό ότι οι μυκόρριζες δεν ευνοούν τόσο πολύ την αύξηση και ανάπτυξη φυτών που έχουν ήδη άλλους τρόπους να προσλαμβάνουν P από το έδαφος σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, όπως για παράδειγμα λεπτές ρίζες μακριά ριζικά τριχίδια και ρίζες με μεγάλο βαθμό διακλάδωσης (Marschner & Dell, 1994, De Miranda et al., 1989).

Την ίδια άποψη υποστηρίζουν και οι Raju et al. (1990), σύμφωνα με τους οποίους, η εφαρμογή στο έδαφος φωσφορικής λίπανσης ευνόησε την αύξηση και ανάπτυξη φυτών που δεν είχαν μυκόρριζα ενώ παρεμπόδισε την ανάπτυξη φυτών με μυκόρριζα. Επιπλέον παρεμπόδισε την ανάπτυξη του μύκητα στο ριζικό σύστημα των φυτών.

Οι ερευνητές έχουν προτείνει διάφορους τρόπους με τους οποίους μπορεί να επιτυγχάνεται αύξηση στην πρόσληψη P από τα φυτά με μυκόρριζα. Μερικοί από αυτούς είναι: εκμετάλλευση από το φυτό μεγαλύτερου όγκου εδάφους, ταχύτερη μετακίνηση της μυκόρριζας μέσα στις υφές του μύκητα και διαλυτοποίηση του εδαφικού P. Η εκμετάλλευση μεγαλύτερου όγκου εδάφους από τα φυτά με μυκόρριζα επιτυγχάνεται μειώνοντας την απόσταση που πρέπει να διανυθεί από τα ιόντα P ώσπου να φτάσουν στις ρίζες του φυτού και αυξάνοντας την επιφάνεια που είναι διαθέσιμη για απορρόφηση. Η ταχύτερη μετακίνηση του P μέσα στις υφές του μύκητα επιτυγχάνεται αυξάνοντας την συνάφεια για τα ιόντα P και μειώνοντας το κατώτατο όριο συγκέντρωσης για απορρόφηση P. Η διαλυτοποίηση του εδαφικού P επιτυγχάνεται με την πρόσληψη από το φυτό οργανικών οξέων και φωσφορικών ενζύμων (Bolan, 1991).

Σύμφωνα με έρευνα των Ortas et al. (1996), προέκυψε ότι η αυξημένη πρόσληψη P από φυτά με μυκόρριζα οφείλεται σε αλλαγές που υφίσταται η ριζόσφαιρα ως αποτέλεσμα της χρήσης ιόντων $\text{NH}_4\text{-N}$ από τα φυτά. Αυτή η αλληλεπίδραση ιόντων $\text{NH}_4\text{-N}$ και φυτών με μυκόρριζα οδηγεί σε μεταβολές στο pH του εδάφους. Η ελάττωση του pH που προκαλείται στην ριζόσφαιρα ενός φυτού εξ' αιτίας της παρουσίας της μυκόρριζας μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη πρόσληψη P πού μπορεί να προέρχεται από διαλυτοποίηση φωσφορικού

ασβεστίου του εδάφους με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διαθεσιμότητα P και για το φυτό αλλά και για την υφή του μύκητα.

Εκτός από την ιδιότητα της μυκόρριζας να βοηθάει την πρόσληψη P από τα φυτά, θεωρείται ότι αυξάνει και την πρόσληψη του N βοηθώντας έτσι και πάλι την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Βέβαια, κατά τους Schalamuk et al. (2011), αυτή η θεωρία είναι ακόμη υπό αμφισβήτηση κατά ένα μικρό ποσοστό όμως. Αυτό διότι σε κάποιες έρευνες τα φυτά που είχαν μυκόρριζα παρουσίαζαν υψηλότερα επίπεδα N σε σχέση με τα φυτά χωρίς την παρουσία του μύκητα, ενώ σε άλλες μελέτες δεν παρουσιάστηκαν διαφορές μεταξύ των φυτών με μυκόρριζα και των φυτών χωρίς τον μύκητα όσον αφορά τα επίπεδα N. Αυτό το μπερδεμα των επιστημόνων προκύπτει από την ιδιότητα του N να βρίσκεται στο έδαφος με διαφορετικές μορφές και έτσι, οι απώλειές του οφείλονται στις διαφορετικές αυτές μορφές όπως η πτητικότητα, η απονιτροποίηση και η έκπλυση. Τελικά από την μελέτη αυτή προέκυψε ότι η παρουσία της μυκόρριζας συμβάλλει στην πρόσληψη NH_4^+ και N από το έδαφος.

Φυτά όπως τα ψυχανθή έχουν μεγάλη ανάγκη από P προκειμένου να σχηματίσουν τους όζους στην ρίζα γεγονός που τα καθιστά απόλυτα εξαρτημένα από την μυκόρριζα. Συνεπώς, οι ευεργετικές για το φυτό ιδιότητες της δέσμευσης N συνδέονται άρρηκτα με την ύπαρξη εδαφών με χαμηλή συγκέντρωση N. Το N που η μυκόρριζα προσλαμβάνει και μεταφέρει στο φυτό είναι κυρίως με την μορφή NH_4NO_3 . Το ποσοστό με το οποίο μπορεί η μυκόρριζα να προμηθεύσει τα φυτά ανέρχεται σε περίπου 24% σύμφωνα με τους Marschner & Dell, (1994). Όσον αφορά τα ψυχανθή φυτά, η ενισχυμένη προμήθεια N από την μυκόρριζα δεν οφείλεται μόνο στην αζωτοδέσμευση αλλά κυρίως στην ενισχυμένη πρόσληψή του από έδαφος, μιας που η μυκόρριζα διευκολύνει την εισροή N στα άκρα των ριζών.

Από μελέτη των Tobar et al. (1994), προέκυψε το συμπέρασμα ότι ακόμη και υπό συνθήκες υδατικού stress τα φυτά που έχουν μυκόρριζα παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευκολία στην πρόσληψη N σε σχέση με τα φυτά χωρίς μυκόρριζα διότι οι υφές του μύκητα καθιστούν διαθέσιμα για το φυτό τα θρεπτικά στοιχεία που θεωρούνται ακινητοποιημένα στο έδαφος, ή που παρουσιάζουν δυσκολία στην κίνησή τους στο εδαφικό διάλυμα εξ αιτίας της περιορισμένης υγρασίας. Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει από την μελέτη των Hamel & Smith (1991), σχετικά με την παροχή N σε φυτά με την βοήθεια ψυχανθών. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η προσθήκη N στα φυτά ήταν μεγαλύτερη όταν υπήρχε η παρουσία της μυκόρριζας σε σχέση με φυτά χωρίς τον μύκητα.

Η ικανότητα της υφής της μυκόρριζας να προσλαμβάνει K ανέρχεται σε ποσοστό περίπου 10%. Το ποσοστό αυτό αποτελεί βεβαίως μια συνεισφορά στο φυτό ως προς την πρόσληψη K αλλά εξακολουθεί αυτή η συνεισφορά να είναι μικρή και οι απαιτήσεις του φυτού να μην πληρούνται (Marschner & Dell, 1994). Αυξημένη πρόσληψη K εξ αιτίας της παρουσίας της μυκόρριζας παρατηρείται σε όξινα εδάφη και γενικά σε συνθήκες χαμηλού εδαφικού pH. Αντιθέτως σε ουδέτερα εδάφη δεν παρατηρούνται μεταβολές στην πρόσληψη K από τα φυτά κι έτσι τα επίπεδά του είναι χαμηλότερα σε φυτά με μυκόρριζα απ' ό τι σε φυτά χωρίς μυκόρριζα (Clark & Zeto, 2000).

Η πρόσληψη του Ca από την υφή του μύκητα συγκρινόμενη με τα ποσοστά πρόσληψης του P είναι πολύ μικρή (Marschner & Dell, 1994). Και για το Ca ισχύουν τα ίδια που προαναφέρθηκαν για το K. Γενικά, ανιχνεύεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις σε φυτά με μυκόρριζα σε σχέση με φυτά χωρίς μυκόρριζα (Clark & Zeto, 2000). Μειωμένη πρόσληψη Ca παρατηρείται σε συνθήκες υψηλής συγκέντρωσης στο έδαφος αυτού του στοιχείου είτε μετά από προσθήκη

λίπανσης διότι παρεμποδίζεται η ανάπτυξη του μύκητα και συνεπώς η λειτουργία που επιτελεί για το φυτό (Liu et al., 2000).

Η πρόσληψη του Zn και του Cu από την υφή της μυκόρριζας έχει μελετηθεί ευρέως και οι έρευνες για το καλαμπόκι για παράδειγμα έχουν δείξει ότι ποσοστό 16-25% για τον Zn και 13-20% για τον Cu οφείλονται στην παρουσία του μύκητα στη ρίζα του φυτού. Η πρόσληψη του Cu και του Zn έχει άμεση σχέση με την συγκέντρωση του P, καθώς ο P ενισχύει όχι μόνο την πρόσληψη αλλά και την συγκέντρωση του Cu στον βλαστό του φυτού (Marschner & Dell, 1994).

Οι Ortas et al. (2002), θεωρούν ότι η υψηλή συγκέντρωση P παρεμποδίζει την ανάπτυξη του μύκητα στις ρίζες κι έτσι παρεμποδίζεται και πρόσληψη του Zn. Δημιουργείται δηλαδή μια αρνητική σχέση μεταξύ του Zn και του ποσοστού της μόλυνσης από μυκόρριζα στις ρίζες. Επίσης, οι ίδιοι ερευνητές υποστήριξαν ότι οι υφές της μυκόρριζας στο ριζικό σύστημα των φυτών είναι υπεύθυνες για την αυξημένη πρόσληψη Zn από το έδαφος σε ποσοστά 25-60% ανάλογα και με το είδος φυτού. Γενικά, από μετρήσεις σε φυτά με μυκόρριζα και φυτά χωρίς μυκόρριζα βρέθηκαν υψηλότερες συγκεντρώσεις P, Zn, Fe και Cu στα φυτά με την μυκόρριζα, ενώ όσον αφορά το Mn τα επίπεδά του δεν φάνηκε να παρουσίασαν διαφορές. Σχετικά με την συγκέντρωση του Cu, εξ αιτίας της μυκόρριζας η συγκέντρωσή του φαίνεται αυξημένη κατά 135% στο ριζικό σύστημα των φυτών (Kothari et al., 1990).

Σε αντίθεση με τα άλλα στοιχεία, για το Mn έχει αποδειχθεί ότι δεν επηρεάζεται συνήθως από την παρουσία της μυκόρριζας κι αν αυτό συμβεί συνήθως μειώνεται η συγκέντρωσή του στα μολυσμένα φυτά (Marschner & Dell, 1994). Σύμφωνα με μελέτη των Posta et al. (1994), προκύπτει ότι η παρουσία της μυκόρριζας στη ρίζα των φυτών μειώνει την συγκέντρωση Mn στα φυτά εμποδίζοντας την πρόσληψή του από το έδαφος λόγω διαδικασιών οξειδωσης ή διάσπασης του στοιχείου αυτού. Δεν είναι απόλυτα ξεκάθαρο το πώς συμβαίνει αυτό όμως θεωρείται ότι οφείλεται στους μικροοργανισμούς του εδάφους και σε έκκριση ουσιών από την ρίζα. Η παρουσία του μύκητα θεωρείται ότι επηρεάζει την διαλυτότητα του Mn στην ριζόσφαιρα είτε άμεσα με αλλοίωση ή μείωση της συγκέντρωσής του είτε έμμεσα με την βοήθεια των μικροοργανισμών του εδάφους. Στην έρευνα αυτή, η παρουσία μικροοργανισμών που μειώνουν τα επίπεδα Mn στην ριζόσφαιρα των φυτών με μυκόρριζα δηλώνουν μεταβολή στους μικροοργανισμούς του εδάφους λόγω της παρουσίας του μύκητα.

1.9.2 Επίδραση στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών

Η μορφή του ριζικού συστήματος επηρεάζεται από την παρουσία της μυκόρριζας σε μεγάλο βαθμό με πιο κοινό χαρακτηριστικό την αυξημένη διακλάδωση των ριζιδίων. Επειδή η διαμόρφωση του ριζικού συστήματος εξαρτάται από την δραστηριότητα των κορυφών των ριζών, όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των ριζών, άμεσα ή έμμεσα επηρεάζουν την δραστηριότητα και την δομή των μεριστωμάτων των κορυφών των ριζών. Η μορφολογία και ανάπτυξη του ριζικού συστήματος έχει συνδεθεί την με την δομή των κορυφών των πλευρικών ριζών. Επιπλέον, έχει διαπιστωθεί ότι οι τροποποιήσεις στην δομή της ρίζας και την φυσιολογία της προκαλεί και αλλαγές στην γονιδιακή έκφραση και η παρουσία της μυκόρριζας επιδρά στις αλλαγές αυτές (Berta et al., 1995).

Η παρουσία και δράση της μυκόρριζας όμως εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως ο τύπος του εδάφους, το είδος του μύκητα, και η ποικιλία του καλλιεργούμενου φυτού. Τα διάφορα είδη φυτών ποικίλλουν ως προς την παρουσία της μυκόρριζας και αυτό εξαρτάται από την ικανότητα του κάθε φυτού να εξασφαλίζει επάρκεια θρεπτικών στοιχείων και νερού χωρίς την παρουσία του μύκητα. Σχετικά με αυτό το ζήτημα οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι φυτικά είδη με μακρύ και επαρκές ριζικό σύστημα και με μεγάλες πλευρικές ρίζες ήταν λιγότερο εξαρτημένα από την μυκόρριζα σε σχέση με φυτικά είδη με μικρότερο και φτωχότερο ριζικό σύστημα. Εξαίρεση όμως σε αυτό τον κανόνα αποτελούν φυτά τα οποία έχουν σχετικά αργό ρυθμό ανάπτυξης σε σχέση με άλλα διότι αυτά δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία και ιδιαίτερα σε P (Graham & Syvertsen, 1985).

Συγκεκριμένα για την καλλιέργεια του αραβοσίτου, η παρουσία της μυκόρριζας επιδρά σημαντικά στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος αλλά και στην μορφολογία του κι έτσι είναι φυσικό να επιδρά και στην αποβολή στοιχείων από τις ρίζες. Σύμφωνα με έρευνες των Azaizeh et al. (1995), η αποβολή σακχάρων και αμινοξέων από την ρίζα ήταν χαμηλότερη σε φυτά εμβολιασμένα με μυκόρριζα σε σχέση με τα φυτά χωρίς την παρουσία του μύκητα και γενικά η αποβολή αυτών των συστατικών από το ριζικό σύστημα μειωνόταν καθώς αυξανόταν η πρόσληψη φωσφόρου από το έδαφος.

Η παρουσία του μύκητα έχει την δυνατότητα να επιδρά στην αποβολή στοιχείων από τις ρίζες των φυτών παρεμποδίζοντάς την. Έτσι, τα φυτά με μυκόρριζα αναπτύσσονται καλύτερα από τα φυτά χωρίς την παρουσία του μύκητα στις περισσότερες των περιπτώσεων (Azaizeh et al., 1995).

Δεδομένης της θετικής επίδρασης του μύκητα στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών, εγείρεται στους ερευνητές το ενδιαφέρον σχετικά με την εξάρτηση του μεγέθους αυτής της επίδρασης από το ηλικιακό στάδιο του φυτού κατά την στιγμή της προσθήκης του μύκητα. Ακόμη δεν υπάρχει σαφής απάντηση σε αυτό το ερώτημα αλλά σύμφωνα με την μελέτη των Mustafa et al. (2010), εκτιμάται ότι η προσθήκη της μυκόρριζας στο φυτό όταν αυτό δεν βρίσκεται σε νεαρό στάδιο, δηλαδή μετά τον πρώτο μήνα, έχει πιο εμφανή αποτελέσματα όσον αφορά την αύξηση και ανάπτυξή του. Διότι διαπιστώθηκε ότι η μυκόρριζα μεταβάλλει την μορφή, την φυσιολογία και την βιοχημεία του ριζικού συστήματος επιδρώντας κυρίως στο μέγεθος των πλευρικών βοηθητικών ριζών, αυξάνοντάς το.

1.9.3 Επίδραση στην υδατική κατάσταση των φυτών

Πολλές έρευνες σχετικά με την σχέση συμβίωσης της μυκόρριζας με τα διάφορα φυτικά είδη έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η παρουσία της μυκόρριζας στο ριζικό σύστημα των φυτών επηρεάζει την υδατική κατάσταση των φυτών και κυρίως όταν επικρατούν συνθήκες μειωμένης υγρασίας ή ξηρασίας πιθανόν λόγω της μειωμένης αντίστασης των στομάτων των φύλλων στο άνοιγμα. Η μυκόρριζα βοηθάει πολύ τα φυτά ως προς την πρόσληψη του νερού από το έδαφος. Κάποιοι ερευνητές υποστήριξαν ότι η μυκόρριζα ενισχύει την διαπνοή στα φυτά. Η συμβολή του μύκητα είναι ότι ενισχύει την πρόσληψη νερού από εδάφη με χαμηλό ποσοστό υγρασίας και ότι βοηθάει την διαπνοή των φυτών που έχουν εμβολιαστεί με το μύκητα. Επομένως αποδεικνύεται ότι οι ρίζες των φυτών που έχουν μυκόρριζα προσαρμόζονται καλύτερα σε εδάφη με μειωμένη υγρασία σε σχέση με φυτά χωρίς μυκόρριζα (Nikolaou et al., 2003).

Μια πιθανή αιτία αυτού αποτελεί το γεγονός ότι η μυκόρριζα ενισχύει την φυσιολογική ανθεκτικότητα του φυτού στην ξηρασία είτε εμποδίζοντας την αφυδάτωση είτε καθιστώντας το φυτό πιο ανθεκτικό σε αυτή.

Σύμφωνα με έρευνα των Cho et al. (2006), από την συμβίωση του μύκητα με το φυτό δημιουργείται μια ακόμη θετική συνέπεια για το φυτό, η αυξημένη ανθεκτικότητα του φυτού σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας εδάφους. Οι ίδιοι ερευνητές θεωρούν ότι αυτή η ιδιότητα είναι πιο έντονη στα φυτά σε σχέση με την ανθεκτικότητα στην ξηρασία και ότι σχετίζεται άμεσα με την ιδιότητα της αυξημένης πρόσληψης P από το φυτό.

Σύμφωνα με τους Simpson & Daft, (1990), η προσθήκη μυκόρριζας στις ρίζες των φυτών αυξάνει την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος σε φυτά που υφίστανται κάποιου είδους stress, ενισχύει την μειωμένη ευαισθησία των στομάτων στο άνοιγμα, βοηθάει τα φυτά να αξιοποιούν καλύτερα το παρεχόμενο νερό και αυξάνει την υδραυλική τους αγωγιμότητα. Από την άλλη, οι ίδιοι ερευνητές θεωρούν ότι όποια ευεργετική δράση της μυκόρριζας στα φυτά που υφίστανται stress εξαρτάται από παράγοντες όπως η κατάσταση και εξάπλωση της ρίζας και του νερού στο έδαφος και από την διάρκεια της περιόδου που το φυτό βρίσκεται σε κατάσταση υδατικού stress. Τα φυτά που έχουν ευνοηθεί από την μυκόρριζα όσον αφορά την αύξηση και ανάπτυξη τους χρειάζονται περισσότερη ποσότητα νερού για να καλύπτουν τις ανάγκες τους και έτσι αυτά τα φυτά υποφέρουν περισσότερο από την έλλειψη υγρασίας σε σχέση με τα φυτά χωρίς μυκόρριζα. Η μελέτη αυτή έδειξε επίσης ότι υπάρχουν μεγάλες διαφορές όσον αφορά την ανθεκτικότητα των φυτών στο υδατικό stress μεταξύ των διαφόρων ειδών μυκόρριζας με τα οποία μολύνονται οι ρίζες των φυτών.

Σε φυτά με μυκόρριζα, ο ρυθμός διαπνοής ήταν αυξημένος κατά 30% σε σχέση με φυτά χωρίς τον μύκητα και αυτό αποδίδεται στην μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια των εμβολιασμένων φυτών σύμφωνα με τους Kothari et al. (1990). Επίσης, ο ρυθμός πρόσληψης νερού ήταν διπλάσιος στα φυτά με μυκόρριζα σχετικά με τα φυτά χωρίς.

Συνεπώς, παρατηρήθηκε πιο γρήγορη αποκατάσταση των εμβολιασμένων φυτών από το υδατικό stress. Αυτό αποδόθηκε από τους ερευνητές στην υψηλότερη υδραυλική αγωγιμότητα των εμβολιασμένων φυτών και στην υψηλότερη συγκέντρωση P. Βέβαια από σύγκριση φυτών με μυκόρριζα και φυτών χωρίς μυκόρριζα αλλά με φωσφορική λίπανση δεν προέκυψαν διαφορές όσον αφορά την υδραυλική αγωγιμότητα αλλά παρουσιάστηκαν διαφορές στον ρυθμό διαπνοής ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας που ήταν υψηλότερος στα εμβολιασμένα φυτά (Kothari et al., 1990).

1.9.4 Επίδραση στα βαρέα μέταλλα

Η μυκόρριζα έχει την ικανότητα να δεσμεύει βαρέα μέταλλα από το εδάφους αυξάνοντας έτσι την ανθεκτικότητα των εμβολιασμένων φυτών σε βαρέα μέταλλα που βρίσκονται σε επιβαρυσμένα εδάφη (Marschner & Dell, 1994). Οι υφές του μύκητα μπορούν να συγκεντρώνουν ποσότητες Zn και Cd και να τις μεταφέρουν στα φυτά με τρόπο που να μην είναι επιζήμιος για αυτά.

Σύμφωνα με έρευνες αποδείχθηκε ότι το μήκος και γενικά το μέγεθος των υφών του μύκητα παραμένει ανεπηρέαστο από την παρουσία των βαρέων μετάλλων. Κάποιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η πρόσληψη από τα φυτά ορισμένων από τα βαρέα μέταλλα του εδάφους σε μορφές χρήσιμες για το φυτό είναι μεγαλύτερη σε φυτά με μυκόρριζα ενώ άλλοι θεωρούν ότι τα στοιχεία αυτά ανιχνεύονται σε μικρότερες ποσότητες στα φυτά λόγω της παρουσίας της μυκόρριζας. Σε πειράματα που έγιναν και αφορούσαν τον αραβόσιτο αποδείχθηκε ότι η παρουσία της μυκόρριζας οδήγησε σε αύξηση της βιομάζας του φυτού και μείωσε τα επίπεδα βαρέων μετάλλων (Cd, Cu, Zn και Mn) στο φυτό ή δεν είχε κανένα αποτέλεσμα στην ανάπτυξη και στην πρόσληψη αυτών των στοιχείων από το έδαφος. Επίσης οι ίδιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι σε χαμηλότερο pH εδάφους η δράση της μυκόρριζας ενισχύεται (Leyval et al., 1997).

Παρόμοια έρευνα των Weissenhorn et al. (1995), έδειξε ότι η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων στο φυτό μειώθηκε εξ' αιτίας του αποικισμού της ρίζας με μυκόρριζα όταν τα επίπεδα βαρέων μετάλλων στο έδαφος ήταν υψηλά. Αντίθετα, σε συνθήκες εδάφους με χαμηλότερη συγκέντρωση βαρέων μετάλλων παρατηρήθηκε αυξημένη πρόσληψή τους από τα φυτά απουσία της μυκόρριζας.

1.9.5 Βελτίωση τη δομής του εδάφους

Στην μυκόρριζα αποδίδεται ακόμη μια ευεργετική ιδιότητα για τα φυτά, η ιδιότητα της βελτίωσης της δομής του εδάφους και της ευκολότερης επιβίωσης και αυξημένης αντοχής των εμβολιασμένων με τον μύκητα φυτών σε συνθήκες περιβαλλοντικού stress.

Σύμφωνα με έρευνα των Tang et al. (2009), η παρουσία της μυκόρριζας στο έδαφος περιόρισε τις βλαβερές συνέπειες που προκλήθηκαν στα φυτά από οργανικούς μολυσματικούς παράγοντες του εδάφους γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η βιοαποκατάσταση του εδάφους προκαλούμενη από την παρουσία της μυκόρριζας είναι μια εξελισσόμενη και πολλά υποσχόμενη μέθοδος για επιβαρυσμένα εδάφη με οργανικούς ρυπογόνους παράγοντες η οποία μέθοδος είναι συμφέρουσα και από οικονομική άποψη αλλά και από την άποψη της λιγότερης καταστροφής και προξένησης ζημιών στο έδαφος. Επιπλέον, όσον αφορά τα ίδια τα φυτά η μυκόρριζα όπως είπαμε αυξάνει την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων και τους προσδίδει ανθεκτικότητα σε συνθήκες stress προερχόμενο από το περιβάλλον εξ' αιτίας και της ενίσχυσης της δράσης αντιοξειδωτικών ενζύμων όπως καταλάση (SOD), ή η περοξυδάση (POD).

Ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα είναι η επίδραση ορισμένων μυκητοκτόνων στην δραστηριότητα της μυκόρριζας στο έδαφος αλλά και πώς η μυκόρριζα έχει την δυνατότητα να «ρυθμίζει» τις δυσμενείς συνθήκες που δημιουργούνται για τους μικροβιακούς πληθυσμούς του εδάφους εξ' αιτίας αυτών των μυκητοκτόνων. Οι μελετητές θεωρούν ότι ορισμένα μυκητοκτόνα (Captan) επηρεάζουν την μορφή της συμβίωσης της μυκόρριζας με το φυτό ξενιστή κατά διαφορετικό τρόπο το

καθένα θετικά, αρνητικά ή με ουδέτερο τρόπο. Συμπερασματικά από αυτή την μελέτη προκύπτει ότι πράγματι η παρουσία της μυκόρριζας στο έδαφος μετριάξει τις αρνητικές επιδράσεις ορισμένων χημικών σκευασμάτων στους μικροβιακούς πληθυσμούς του εδάφους. Συγκεκριμένα για τον αραβόσιτο έχουν ήδη αναφερθεί οι ευεργετικές ιδιότητες της μυκόρριζας στην αύξηση και ανάπτυξη του, γεγονός που επιβεβαιώνεται και στην παρούσα μελέτη, τονίζοντας ιδιαίτερα την αυξημένη δράση του ενζύμου συνθετάση της γλουταμίνης που είναι χρήσιμο για την προσθήκη του αζώτου στα μόρια των πρωτεϊνών του φυτού (Samarbakhsh et al., 2009).

1.9.6 Προστασία φυτών από παθογόνα του εδάφους

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει πάνω στα διάφορα είδη οργανισμών του εδάφους, αρκετοί από αυτούς σχετίζονται με την ριζόσφαιρα των φυτών που έχουν εμβολιαστεί με μυκόρριζα. Κάποιοι από αυτούς είναι τα N₂-αζωτοδεσμευτικά βακτήρια, τα ριζοβακτήρια που προωθούν την ανάπτυξη των φυτών, τα φωσφοδιαλυτικά βακτήρια και οι ανταγωνιστές των παθογόνων των φυτών. Οι μυκόρριζες είναι ένα αντικείμενο μελέτης που χρησιμοποιείται ευρέως στα αγροοικοσυστήματα και παίζει σημαντικό ρόλο στις διαδικασίες της ριζόσφαιρας των φυτών όπως η προστασία των φυτών από ασθένειες και παθογόνα του εδάφους. Η δράση των μυκορριζών μπορεί να ενισχύεται και από άλλους οργανισμούς του εδάφους κυρίως όσον αφορά τον βιολογικό έλεγχο (Budi et al., 1999).

Η παρουσία της μυκόρριζας φαίνεται να μειώνει την ζημιά που προκαλείται στα φυτά από παθογόνους οργανισμούς του εδάφους. Αυτό εξαρτάται από το είδος του μύκητα που προστίθεται στην ρίζα των φυτών αλλά και από άλλους παράγοντες όπως ο παθογόνος οργανισμός, η κατάσταση του εδάφους και παράγοντες του περιβάλλοντος, καθώς ο βαθμός προστασίας που παρέχεται από την μυκόρριζα ποικίλει ανάλογα με αυτές τις συνθήκες. Δηλαδή, η προστασία του φυτού από την παρουσία του μύκητα διαμορφώνεται από παράγοντες του περιβάλλοντος και του εδάφους. Ορισμένοι από τους παθογόνους οργανισμούς στους οποίους αποδεικνύεται αποτελεσματική η παρουσία της μυκόρριζας είναι οι: *Phytophthora*, *Gaeumannomyces*, *Fusarium*, *Chalara* (*Thielaviopsis*), *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Verticillium*, *Aphanomyces*, και για νηματώδεις: *Rotylenchus*, *Pratylenchus* και *Meloidogyne*. Ασφαλώς αυτό δεν σημαίνει ότι η μυκόρριζα προστατεύει το φυτό από τους ανωτέρω οργανισμούς κάτω από οποιοδήποτε συνθήκες. Για παράδειγμα είναι βασικό να υπάρχει πλήρης ανάπτυξη της μυκόρριζας στη ρίζα του φυτού όταν θα εκτεθεί αυτό στον επικίνδυνο παράγοντα έτσι ώστε να υπάρξει αποτελεσματική συμβολή του μύκητα στην ανθεκτικότητα και προστασία του φυτού (Azcón-Aguilar & Barea, 1996).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Υλικά και μέθοδοι

2.1. Στοιχεία και ιστορικό πειραματικού αγρού

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στην περιοχή της Κοπαΐδας από τον Νοέμβριο του 2012 έως τον Ιούνιο του 2013. Το έδαφος του πειραματικού αγρού προ της σποράς του κτηνοτροφικού ρεβυθιού, καλλιεργήθηκε τα προηγούμενα χρόνια με μαλακό σιτάρι (2010) και κτηνοτροφικό κουκί (2011) και ο τρόπος καλλιέργειας του αγροτεμαχίου τα τελευταία χρόνια, ήταν ένας βιολογικός κύκλος αμειψισποράς (σιτηρά - ψυχανθή), όπως προβλέπεται από τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης Ε.Ν. 834/07.

ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΓΡΟΥ ΚΟΠΑΪΔΑΣ

ρΗ πολτού	7,84
CaCO ₃ %	24,2
Ec mS/cm	0,538
Ο.Ο. %	3,73
P ppm	72,37
K ppm	380
Εναλλακ. Ca ²⁺ ppm	1100
Εναλλακ. Mg ²⁺ ppm	85
B ppm	0,73
Mn ppm	4,94
Zn ppm	0,68
Fe ppm	37,72
Cu ppm	1,57
Cd ppm	0,05
Co ppm	0,13
Cr ppm	0,01
Ni ppm	10,65
Pt ppm	2,37
C %	36,4
Si %	32,0
S %	31,6
Μηχανική Σύσταση	CL

2.2. Περιγραφή ποικιλιών που χρησιμοποιήθηκαν

Οι χρησιμοποιούμενες ποικιλίες κτηνοτροφικού ρεβιθιού στο πείραμα ήταν η **Αμοργός** και η **Θήβα**.

Οι ποικιλίες μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν τόσο ως προς τα ποιοτικά, όσο και από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους και από τις αποδόσεις τους, κάτω από την παρουσία μυκόρριζας ή απουσία μυκόρριζας, που αναφέρονται στο παρόν κεφάλαιο.

Τα χαρακτηριστικά των χρησιμοποιημένων ποικιλιών στο πείραμα ήταν τα ακόλουθα:

Χαρακτηριστικά Ποικιλίας Αμοργού

- Μεσοπρώιμη
- Μεγάλης Προσαρμοστικότητας
- Πολύ ανθεκτική στο ψύχος και στις ασθένειες της ασκοχύτωσης, της σκληρωτίνας και της βοτρυτίδας.
- Κατάλληλη για φθινοπωρινή σπορά.-Χρησιμοποιούμενη ποσότητα σπόρου/στρέμμα:15 κιλά.
- Επιτυγχάνεται άριστη πυκνότητα, σε ξηρικά χωράφια ενώ σε όσα υπάρχει δυνατότητα άρδευσης, η απόδοση ξεπερνάει τα 300 κιλά/στρμ., περίπου 50.000-52.000 φυτά/στρμ.Η μέση στρεμματική απόδοση της ποικιλίας είναι 160-220 κιλά/στρμ. σε ξηρικά χωράφια, ενώ με σωστή άρδευση ξεπερνάει τα 350 κιλά ανά στρέμμα.

Χαρακτηριστικά Ποικιλίας Θήβας

- Μεσόσπερμη ελληνική ποικιλία «Θήβα» εμφανίζει την επιθυμητή ανθεκτικότητα στην ασθένεια
- Άριστη πυκνότητα φυτών/στρμ., περίπου 45.000 φυτά, επιτυγχάνεται με σπορά 18-20 κιλά /στρμ.,
- Μέση στρεμματική απόδοση 150-200 κιλά/στρμ.

2.3. Πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε

Το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν αυτό των υποδιαιρεμένων τεμαχίων (Δαλιάνη, 1984). Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του πειράματος των υποδιαιρεμένων τεμαχίων, βρίσκεται στην ευχέρεια που παρέχει στον ερευνητή να συμπεριλάβει στο πείραμα παράγοντες των οποίων τα επίπεδα για τεχνικούς ή άλλους λόγους, απαιτούν μεγαλύτερου μεγέθους πειραματικές μονάδες σε σύγκριση με τα επίπεδα των άλλων παραγόντων του πειράματος. Στα πειράματα αυτά το αποτέλεσμα του παράγοντα των κυρίως τεμαχίων (ποικιλία κτηνοτροφικού Ρεβυθιού), εκτιμάται με μικρότερη ακρίβεια ενώ αντίθετα το αποτέλεσμα του παράγοντα των υποτεμαχίων (η παρουσία μυκόρριζας), εκτιμάται με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Γενικά στο σχέδιο των διχαζόμενων πειραματικών τεμαχίων αναμένεται η διακύμανση μεταξύ των υποτεμαχίων να είναι μικρότερη σε σχέση με εκείνη μεταξύ των κυρίως τεμαχίων. Γι' αυτό οι παράγοντες που έχουν μεγαλύτερη σημασία ή που αναμένεται να διαφέρουν λιγότερο ή τέλος για εκείνους που επιθυμούμε μεγαλύτερη ακρίβεια, τοποθετούνται στα υποτεμάχια (η παρουσία μυκόρριζας).

Χρησιμοποιήθηκαν λοιπόν, στη συγκεκριμένη έρευνα, δύο παράγοντες με δύο επίπεδα για τον κάθε παράγοντα. Ο πρώτος παράγοντας είναι οι δύο διαφορετικές ποικιλίες ρεβυθιού, (Αμοργός και Θήβα) και ο δεύτερος παράγοντας είναι η παρουσία μυκόρριζας στο έδαφος ή όχι με τρεις επαναλήψεις, για κάθε επέμβαση, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στον πειραματικό αγρό με διαστάσεις 9μ. πλάτος και 6μ. μήκος.

Το πειραματικό αγροτεμάχιο χωρίστηκε σε δύο κύρια τεμάχια 3μ. μήκους και 6μ. πλάτος. με μικρά πασσαλάκια. Το κάθε κύριο πειραματικό τεμάχιο χωρίστηκε σε δύο υποτεμάχια με διαστάσεις, 3μ. μήκος, 3μ. πλάτος.

<u>1^η ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ</u>	ΡΕΒΥΘΙ ΑΜΟΡΓΟΣ	ΡΕΒΥΘΙ ΘΗΒΑ
	ΡΕΒΥΘΙ ΑΜΟΡΓΟΣ ΜΕ ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	ΡΕΒΥΘΙ ΘΗΒΑ ΜΕ ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ
<u>2^η ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ</u>	ΡΕΒΥΘΙ ΘΗΒΑ	ΡΕΒΥΘΙ ΑΜΟΡΓΟΣ
	ΡΕΒΥΘΙ ΘΗΒΑ ΜΕ ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	ΡΕΒΥΘΙ ΑΜΟΡΓΟΣ ΜΕ ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ
<u>3^η ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ</u>	ΡΕΒΥΘΙ ΑΜΟΡΓΟΣ	ΡΕΒΥΘΙ ΘΗΒΑ
	ΡΕΒΥΘΙ ΑΜΟΡΓΟΣ ΜΕ ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	ΡΕΒΥΘΙ ΘΗΒΑ ΜΕ ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ

(Πειραματικό σχέδιο) Διχαζόμενων τεμαχίων

Κύριος παράγοντας η ποικιλία

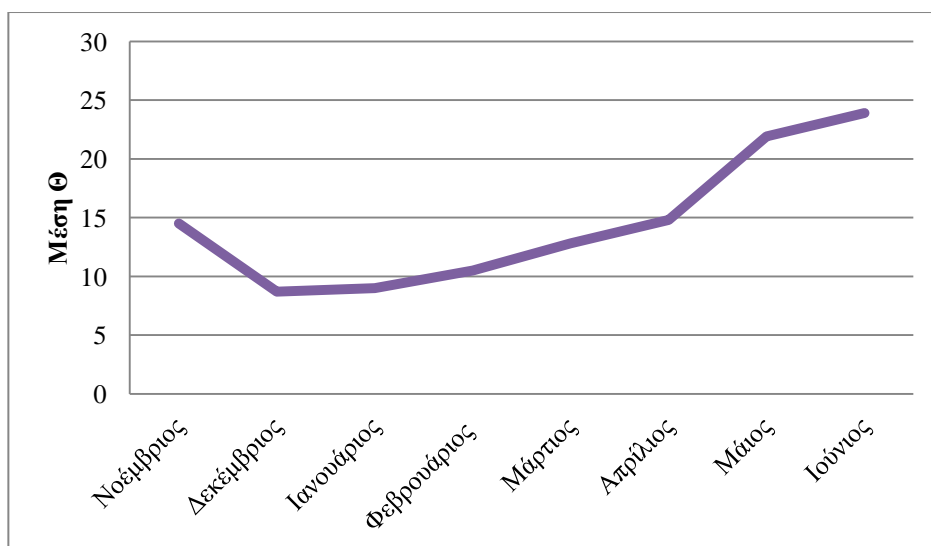
Δευτερεύων παράγοντας η παρουσία μυκόρριζας

2 παράγοντες με 2 επίπεδα κάθε παράγοντα με τρεις επαναλήψεις.

2.4. Κλιματολογικές συνθήκες κατά την περίοδο του πειράματος

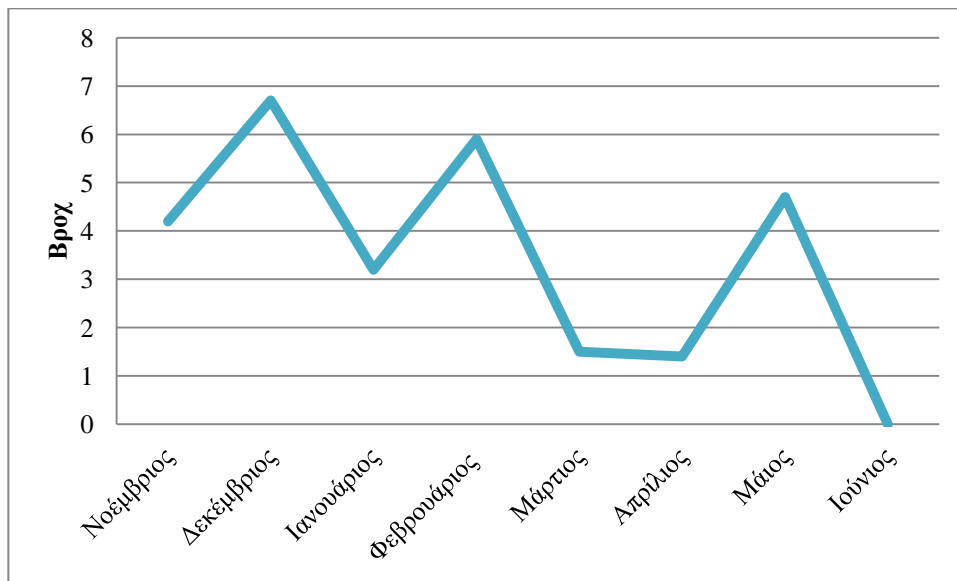
Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνονται η διακύμανση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (διαγ.1) του ύψους βροχής (διαγ.2), της μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας ανά μήνα (διαγ.3), κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας του πειράματος.

Μέση Θερμοκρ. οC	Καλλιερ. περ. 11/2012-06/2013
Νοέμβριος	14,5
Δεκέμβριος	8,7
Ιανουάριος	9
Φεβρουάριος	10,5
Μάρτιος	12,8
Απρίλιος	14,8
Μάιος	21,9
Ιούνιος	23,9



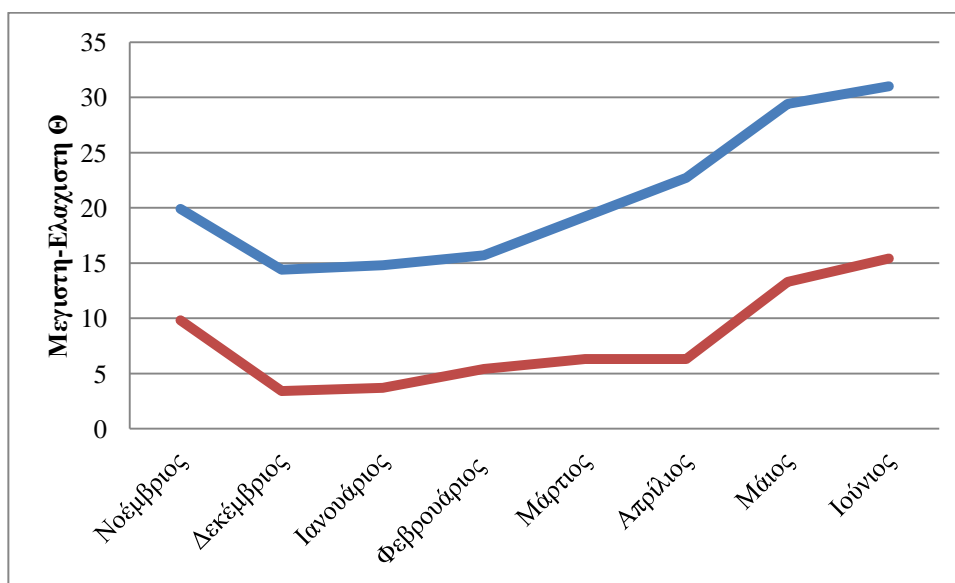
Διάγραμμα 1: Διακύμανση μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας

<i>ΜΗΝΕΣ</i>	<i>mm</i>
Νοέμβριος	4,2
Δεκέμβριος	6,7
Ιανουάριος	3,2
Φεβρουάριος	5,9
Μάρτιος	1,5
Απρίλιος	1,4
Μάιος	4,7
Ιούνιος	0



Διάγραμμα 2: Διακύμανση του ύψους βροχής

<i>Καλλιερ. περ. 11/2012-06/2013</i>	<i>T_max</i>	<i>T_min</i>
	°C	°C
Νοέμβριος	19,9	9,8
Δεκέμβριος	14,4	3,4
Ιανουάριος	14,8	3,7
Φεβρουάριος	15,7	5,4
Μάρτιος	19,2	6,3
Απρίλιος	22,7	6,3
Μάιος	29,4	13,3
Ιούνιος	31	15,4



Διάγραμμα 3: Διακύμανση της μέσης, ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας

2.5 Καλλιεργητικές φροντίδες κατά τη διάρκεια του πειράματος

A) Η κατεργασία του εδάφους έγινε πριν την σπορά με μηχανήματα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου τα οποία ήταν :

- δισκοσβάρνα
- καλλιεργητής
- σπαρτική μηχανή Amazone φθινοπωρινών σιτηρών

B) Λιπάνσεις: Καμία λίπανση

Γ) Στο πείραμα δεν χρησιμοποιήθηκε κανένα φυτοπροστατευτικό προϊόν, ενώ η αντιμετώπιση των ζιζανίων, στα τεμάχια έγινε με το χέρι.

2.6. Ημερομηνίες καλλιεργητικών επεμβάσεων στη διάρκεια του πειράματος

Πριν τη σπορά πραγματοποιήθηκε εφαρμογή δισκοσβάρνας και εφαρμογή καλλιεργητή για ελάχιστη κατεργασία του εδάφους.

Στις 17/01/2013 πραγματοποιήθηκε εφαρμογή μυκόρριζας με ριζοπότισμα.

Στις 04/03/2013 πραγματοποιήθηκε ξεβοτάνισμα για την καταπολέμηση των ζιζανίων. Εφαρμόστηκε χειρωνακτικό τσάπισμα για αντιμετώπιση των ζιζανίων επί της γραμμής.

2.7. Σπορά (Ημερομηνία και ποσότητα σπόρων)

Το βάρος των σπόρων που χρησιμοποιήθηκε και για τις δύο ποικιλίες σε κάθε πειραματικό τεμάχιο, ήταν 360gr. Η σπορά πραγματοποιήθηκε με σπαρτική μηχανή Amazone φθινοπωρινών σιτηρών, κατάλληλα ρυθμισμένη.

Στις 25/11/12 πραγματοποιήθηκε σπορά και κάλυψη όλου του πειραματικού τεμαχίου . Η απόσταση ανάμεσα στις γραμμές σποράς ήταν 21cm.

2.8. Παρατηρήσεις και μετρήσεις

Οι παρατηρήσεις και οι προσδιορισμοί αφορούσαν φυτικές και ποιοτικές ιδιότητες και ήταν ίδιες για όλες τις καλλιέργειες και όσο το δυνατόν με την ίδια συχνότητα.

A) Φυτικές ιδιότητες

Περιλαμβάνει τις εξής παρατηρήσεις που αφορούσαν το υπέργειο ή και το υπόγειο τμήμα και τη φυσική ή τη χημική κατάσταση του φυτού.

2.8.1. Πυκνότητα φυτώματος

Στις 19/04/2013 οριοθετήθηκαν σε μία γραμμή κάθε υποτεμαχίου, απόσταση ενός μέτρου περίπου. Επί της αναφερόμενης γραμμής μετρήθηκαν φυτωμένα φυτά του κτηνοτροφικού μπιζελιού. Η μέτρηση των φυταρίων αντιπροσωπεύει την πυκνότητα φυτώματος της κάθε ποικιλίας στο κάθε υποτεμάχιο του πειράματος.

2.8.2. Ύψος φυτού

Για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις του ύψους, οριοθετήθηκαν σε μία γραμμή κάθε υποτεμαχίου, απόσταση ενός μέτρου περίπου. Επί της αναφερόμενης γραμμής μετρήθηκε το ύψος 10 φυτών, μετρώντας την απόσταση από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι το ακραίο μερίστωμα. Ο μέσος όρος του ύψους αυτών, αποτελούσε σε κάθε μέτρηση αντικειμενικό δείκτη του ύψους των φυτών σε όλο το υποτεμάχιο.

Στις 01/03/13, 95 ημέρες μετά τη σπορά, έγινε η πρώτη μέτρηση του ύψους φυτών από την επιφάνεια του εδάφους έως το ακραίο μερίστωμα και υπολογισμός του μέσου όρου. Στις 19/04/2013, 145 ημέρες μετά τη σπορά, έγινε η δεύτερη μέτρηση και στις 07/06/2013, 193 ημέρες μετά τη σπορά, έγινε η τελευταία μέτρηση του ύψους φυτών.

2.8.3. Μήκος Λοβού

Στις 07/06/2013, στο στάδιο πλήρους αναπτύξεως του φυτού, 193 ημέρες μετά τη σπορά, , οριοθετήθηκε σε μία τυχαία γραμμή κάθε υποτεμαχίου, απόσταση ενός μέτρου στην οποία μετρήθηκε το μήκος πλήρους λοβού.

2.8.4.Αριθμός Λοβών ανά Φυτό

Στο στάδιο πλήρους αναπτύξεως του φυτού, 193 ημέρες μετά τη σπορά, οριοθετήθηκε σε μία τυχαία γραμμή κάθε υποτεμαχίου, απόσταση ενός μέτρου στην οποία μετρήθηκε ο αριθμός λοβών ανά φυτό.

2.8.5. Μέσο Βάρος λοβών ανά Φυτό

Στις 07/06/2013, στο στάδιο πλήρους αναπτύξεως του φυτού, 193 ημέρες μετά τη σπορά, , οριοθετήθηκε σε μία τυχαία γραμμή κάθε υποτεμαχίου, απόσταση ενός μέτρου στην οποία συλλέχθηκαν οι λοβοί και υπολογίστηκε το μέσο βάρος λοβών ανά φυτό.

2.8.6. Ξηρό βάρος

Στις 19/04/2013, 145 ημέρες μετά τη σπορά, ζυγίζονταν τυχαίο δείγμα φυτών το οποίο το λαμβάναμε από μια τυχαία γραμμή του κάθε υποτεμαχίου, μήκους ενός μέτρου. Στη συνέχεια τοποθετούνταν τα φυτά σε κλίβανο στους 85°C για 24h και μετά ζυγίζονταν για να έχουμε το ξηρό βάρος των φυτών.

2.8.7. Ρίζες

Όσον αφορά το ριζικό σύστημα, στις 19/04/2013, 145 ημέρες μετά τη σπορά πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία ριζών από κάθε υποτεμάχιο. Υπολογίστηκε το μήκος των ριζών, η μέση διάμετρος, ο όγκος και η επιφάνεια, που καταλαμβάνει το ριζικό σύστημα κάθε φυτού ανά μονάδα όγκου χώματος 100ml. Αφού προσδιορίστηκε το σημείο εξαγωγής του ριζικού συστήματος, με ειδικό δειγματολήπτη έγινε κοπή συγκεκριμένου όγκου εδάφους από συγκεκριμένο βάθος σε κάθε υποτεμάχιο και πάρθηκαν δείγματα χώματος και ρίζας. Στη συνέχεια τα εδαφικά δείγματα τοποθετήθηκαν σε σακούλα όπου τοποθετούμε και διάλυμα 0,5% πολυμεταφωσφορικού Na για 24 ώρες ώστε να επιτευχθεί ο διαχωρισμός ριζών και εδάφους. Έπειτα οι αποκολλημένες ρίζες συλλέγονται σε ψιλό κόσκινο και τοποθετούνται σε τρυβλία με διηθητικό χαρτί. Ακολουθεί άπλωμα των ριζών στην επιφάνεια του σαρωτή Scanner, έγινε χρήση (Hewlett Packard 4c, Paolo Alto, CA), και ακολουθεί σάρωση της επιφάνειας κατά τη μέγιστη δυνατή ανάλυση εικόνας σε μαύρο-άσπρο (Black and White). Το αρχείο αποθηκεύεται ως .tif για να είναι δυνατή η ανάγνωσή του από το πρόγραμμα

DT Software (9Delta-T-Scan version 2.04, Delta-T Devices), (Kokko et al., 1993).

2.8.8. Μυκόρριζα

Τα δείγματα των ριζών που συλλέχθηκαν 145 ημέρες μετά τη σπορά και είχαν τοποθετηθεί σε τρυβλία με διηθητικό χαρτί κατά την προετοιμασία δέχθηκαν χρώση με φουξίνη (fuchine). Σε κάθε τρυβλίο αφαιρέθηκε το διηθητικό χαρτί και τοποθετήθηκε σταυρόνημα.

Το ποσοστό αποικισμού της ρίζας προσδιορίστηκε με τη χρήση στερεοσκοπίου και του προγράμματος Motic image Plus 2.0 (2009) (Giovannetti & Mosse, 1980). Έγινε ο προσδιορισμός του ποσοστού αποικισμού μέσω της μέτρησης των διασταυρώσεων της ρίζας με το σταυρόνημα και συνολικά τον αριθμό που η ρίζα είναι παρασιτισμένη.

2.8.9. Αποδώσεις πολλαπλασιαστικά

Οριοθετήθηκε τυχαία γραμμή σε κάθε πειραματικό υποτεμάχιο και μετρήθηκε ο αριθμός των φυτών ανά μέτρο καθώς και ο αριθμός λοβών ανά φυτό. Η κάθε μέτρηση αποτέλεσε αντιπροσωπευτικό δείγμα του πειραματικού αγροτεμαχίου.

Γνωρίζοντας τον αριθμό των φυτών ανά μέτρο, υπολογίστηκε αριθμός των φυτών ανά στρέμμα και τέλος υπολογίστηκε η απόδοση ανά στρέμμα. Τα δείγματα πάρθηκαν 193 ημέρες μετά τη σπορά.

B) Ποιοτικά χαρακτηριστικά

2.8.10. Βάρος 1000 σπόρων

Στο στάδιο της πλήρους ωρίμανσης, 219 μέρες μετά τη σπορά πραγματοποιήθηκε συγκομιδή λοβών από κάθε πειραματικό υποτεμάχιο προκειμένου να γίνει εξαγωγή των σπόρων και ζύγιση, ώστε να προσδιοριστεί το βάρος 1000 σπόρων.

2.9. Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Η καταγραφή των δεδομένων από τις μετρήσεις , τα διαγράμματα και η οργάνωση τους έγινε με την χρήση του προγράμματος Microsoft Excel. Η σύγκριση των τιμών και η στατιστική ανάλυση για την διαπίστωση των στατιστικά σημαντικών ή όχι διαφορών μεταξύ των χειρισμών για τις διάφορες παραμέτρους έγινε με την χρήση του προγράμματος Statistica.5.0 και συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε η στατιστική μέθοδος Anova/Manova.

Κεφάλαιο 3 -Αποτελέσματα

3.1. Επιφάνεια του ριζικού συστήματος (mm^2/cm^3)

Πίνακας 1α: Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-Level),
για την επιφάνεια των ριζών

(* στατιστικά σημαντικά. ns= μη στατιστικά σημαντικά)

Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-level)		
	F	p
Επίδραση ποικιλίας	0,365728	0,606815 ns
Επίδραση μυκόρριζας	0,861797	0,451239 ns
Επίδραση ποικιλίας x μυκόρριζας	33,63940	0,028464

Πίνακας 1β: Μέσος όρος επιφάνειας ρίζας (mm^2/cm^3)

	ΑΜΟΡΓΟΣ	ΘΗΒΑ
Με AMF	40,242	80,943
Χωρίς AMF	108,111	37,5172

AMF:arbuscular mycorrhizal fungus

Στις 145 μέρες μετά τη σπορά παρατηρήθηκε ότι η ποικιλία Θήβα με την παρουσία μυκόρριζας ($80,943 \text{ mm}^2/\text{cm}^3$) παρουσίασε την υψηλότερη τιμή σε σχέση με την ποικιλία Αμοργός ,ενώ χωρίς μυκόρριζα η ποικιλία Αμοργός παρουσιάζει μεγαλύτερο μέσο όρο επιφάνειας ρίζας .Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 1α, δεν υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά της παρουσίας μυκόρριζας στο έδαφος και της ποικιλίας στην επιφάνεια του ριζικού συστήματος, οι δε διαφορές δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές ($p >0,05$). Εμφανίζεται όμως σημαντική στατιστική διαφορά στην αλληλοεπίδραση ποικιλίας x μυκόρριζας στο χαρακτηριστικό αυτό ($p= 0,028464$).

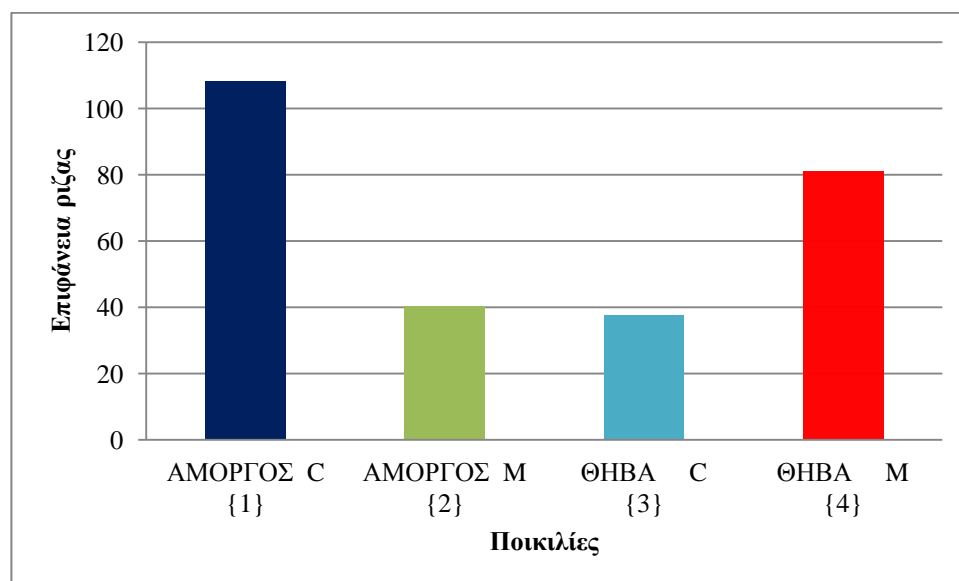
**Πίνακας 1γ: Κριτήριο δοκιμασιών σύγκρισης μέσων ,
για της επιφάνειας του ριζικού συστήματος ως προς την αλληλοεπίδραση**

Βάση Δεδομένα	Μυκόρριζα	Επιφάνεια ριζικού συστήματος			
		{1}	{2}	{3}	{4}
Ποικιλία		M=108,11	M=40,242	M=37,517	M=80,944
ΑΜΟΡΓΟΣ	ΧΩΡΙΣ AMF{1}		0,023674	0,019931	0,297006
ΑΜΟΡΓΟΣ	ΜΕ AMF {2}	0,023674		0,913671	0,133211
ΘΗΒΑ	ΧΩΡΙΣ AMF{3}	0,019931	0,913671		0,112407
ΘΗΒΑ	ΜΕ AMF {4}	0,297006	0,133211	0,112407	

ποικιλίας x μυκόρριζας

*= σημαντικές διαφορές που έχουν τιμή $p < 0.05$ *arbuscular mycorrhizal fungus:AMF

Όπως φαίνεται στον πίνακα 1γ παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την αλληλοεπίδραση μυκόρριζας x ποικιλία ($p=0,05$).



Διάγραμμα 4 Αλληλοεπίδραση μυκόρριζας x ποικιλία

3.2. Διάμετρος ριζών (mm)

**Πίνακας 2α: Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-Level),
για τη μέση διάμετρο των ριζών**

(* στατιστικά σημαντικά .ns= μη στατιστικά σημαντικά)

Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-level)		
	F	p
Επίδραση ποικιλίας	<u>0,384149</u>	<u>0,598595</u> ns
Επίδραση μυκόρριζας	0,031487	0,875502ns
Επίδραση ποικιλίας x μυκόρριζας	2,168245	0,278764ns

Πίνακας 2β: Μέσος όρος διαμέτρου των ριζών(mm)

	ΑΜΟΡΓΟΣ	ΘΗΒΑ
Με AMF	0,117	0,114
Χωρίς AMF	0,112	0,122

Στις 145 μέρες μετά τη σπορά παρατηρήθηκε ότι στην απουσία μυκόρριζας η ποικιλία Αμοργός (0,117 mm) παρουσίασε την υψηλότερη τιμή, σε σχέση με την Θήβα παρουσία μυκόρριζας (Πίνακα 2β.).

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 2α, δεν υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά της μυκόρριζας καθώς και της ποικιλίας στη διάμετρο των ριζών και δεν εμφανίζεται αλληλοεπίδραση ποικιλίας x μυκόρριζας ως προς το χαρακτηριστικό αυτό. Οι δε διαφορές δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές ($p > 0,05$). Φαίνεται λοιπόν ότι η διάμετρος του ριζικού συστήματος δεν επηρεάστηκε σημαντικά, ούτε από την παρουσία μυκόρριζας, ούτε από την ποικιλία, ούτε από την αλληλοεπίδραση των δύο παραπάνω μεταβλητών.

3.3. Όγκος του ριζικού συστήματος (cm^3/cm^3)

**Πίνακας 3α: Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-Level),
για τον όγκο του ριζικού συστήματος**

Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-level)		
	F	p
Επίδραση ποικιλίας	0,024670	0,889616 ns
Επίδραση μυκόρριζας	0,059906	0,829466 ns
Επίδραση ποικιλίας x μυκόρριζας	5,265444	0,148693 ns

(* στατιστικά σημαντικά .ns= μη στατιστικά σημαντικά)

Πίνακας 3β: Μέσοι όροι όγκου του ριζικού συστήματος (cm^3/cm^3)

	ΑΜΟΡΓΟΣ	ΘΗΒΑ
Με AMF	0,022	0,216
Χωρίς AMF	0,192	0,023

Τα δείγματα του εδάφους πάρθηκαν 145 ημέρες μετά τη σπορά, παρά το γεγονός ότι η ποικιλία Θήβα, παρουσίασε το υψηλότερο μέσο όρο τιμών ($0,216 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$) σε σχέση με την ποικιλία Αμοργός, η επίδραση της ποικιλίας δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p>0,05$). Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 3α, δεν υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά της μυκόρριζας καθώς και της ποικιλίας στον όγκο των ριζών και δεν εμφανίζεται αλληλοεπίδραση ποικιλίας x μυκόρριζας ως προς το χαρακτηριστικό αυτό. Οι δε διαφορές δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές ($p > 0,05$). Φαίνεται λοιπόν ότι ο όγκος του ριζικού συστήματος δεν επηρεάστηκε σημαντικά, ούτε από την παρουσία μυκόρριζας, ούτε από την ποικιλία, ούτε από την αλληλοεπίδραση των δύο παραπάνω μεταβλητών.

3.4.Μυκόρριζα (mm^2/cm^3)

Πίνακας 4α: Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-Level),
για τις μυκόρριζες

Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-level)		
	F	P
Επίδραση ποικιλίας	0,043956	0,853353ns
Επίδραση μυκόρριζας	700	0,001426
Επίδραση ποικιλίας x μυκόρριζας	0,703297	0,489939 ns

(* στατιστικά σημαντικά. ns= μη στατιστικά σημαντικά)

Πίνακας 4β: Μέσος όρος μυκόρριζας (mm^2/cm^3)

	ΑΜΟΡΓΟΣ	ΘΗΒΑ
Με AMF	34,3	32,66
Χωρίς AMF	21,33	22,33

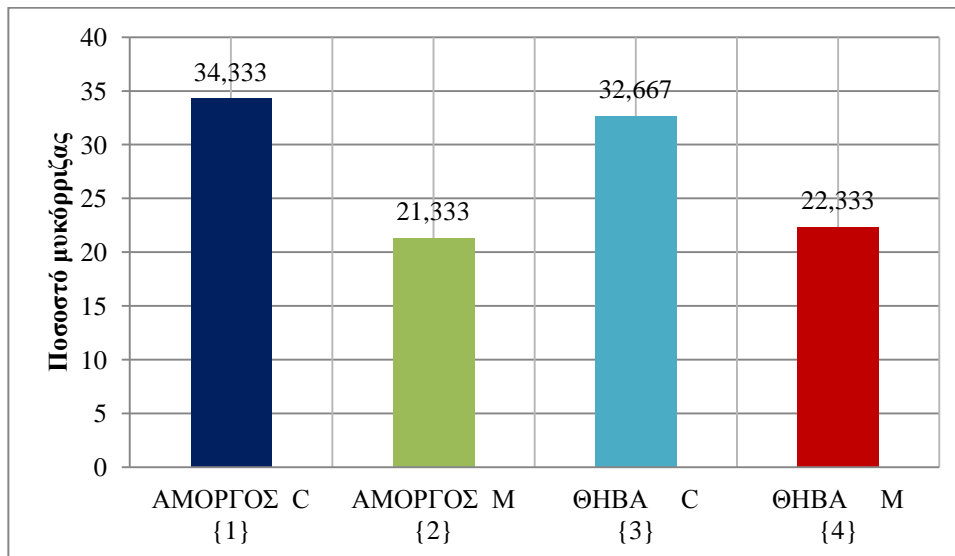
Στις 145 μέρες μετά τη σπορά παρατηρήθηκε ότι η ποικιλία Θήβα με την παρουσία μυκόρριζας παρουσίασε μικρότερη τιμή σε σχέση με την ποικιλία Αμοργός, ενώ χωρίς μυκόρριζα η ποικιλία Θήβα παρουσιάζει μεγαλύτερο μέσο όρο επιφάνειας ρίζας. Στην συγκεκριμένη μέτρηση φαίνεται η απορρόφηση μυκόρριζας από τα συγκεκριμένα τεμάχια που μελετούμε και γι' αυτό υπάρχει και διαφορετικός μέσος όρος τιμών. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4α, υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά της παρουσίας μυκόρριζας στο έδαφος, οι δε διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές ($p > 0,05$). Εμφανίζεται σημαντική στατιστική διαφορά στην μυκόρριζα στο χαρακτηριστικό αυτό ($p = 0,001426$).

Πίνακας 4γ: Κριτήριο δοκιμασιών σύγκρισης μέσω για την παρουσία μυκόρριζας

Βάση Δεδομένα		Επιφάνεια ριζικού συστήματος			
Ποικιλία	Μυκόρριζα	M=34,333	M=21,333	M=32,667	M=22,333
ΑΜΟΡΓΟΣ	ΧΩΡΙΣ AMF{1}		0,000811	0,522842	0,001337
ΑΜΟΡΓΟΣ	ΜΕ AMF {2}	0,000811		0,001891	0,698994
ΘΗΒΑ	ΧΩΡΙΣ AMF{3}	0,522842	0,001891		0,003242
ΘΗΒΑ	ΜΕ AMF {4}	0,001337	0,698994	0,003242	

*= σημαντικές διαφορές που έχουν τιμή $p < 0.05$

Όπως φαίνεται στον πίνακα 4γ παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την μυκόρριζας ($p=0,05$).



Διάγραμμα 5 επίδραση μυκόρριζας

3.5. Ξηρό βάρος Φυτού

Πίνακας 5α: Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p -Level) για το ξηρό βάρος

(* στατιστικά σημαντικά .ns=μη στατιστικά σημαντικά)

Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p -level)		
	F	p
Επίδραση ποικιλίας	<u>1,378700</u>	<u>0,361207</u>
Επίδραση μυκόρριζας	<u>,869713</u>	<u>0,449485</u>
Επίδραση ποικιλίας X μυκόρριζας	<u>1,000000</u>	<u>0,422650</u>

Πίνακας 5β: Μέσος όρος για το ξηρό βάρος

	ΑΜΟΡΓΟΣ	ΘΗΒΑ
Με AMF	32,076	27,68
Χωρίς AMF	24,416	17,846

Τα δείγματα του εδάφους πάρθηκαν 145 ημέρες μετά τη σπορά, παρά το γεγονός ότι η ποικιλία Θήβα, παρουσίασε το μικρότερο μέσο όρο τιμών σχετικά με την ποικιλία Αμοργός, η επίδραση της ποικιλίας δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p > 0,05$). Παρατηρήθηκε μια αύξηση ξηρού βάρους στην παρουσία της μυκόρριζας, όμως δεν κρίθηκε στατιστικά ως σημαντική ($p > 0,05$). Όπως φαίνεται στον πίνακα 5α δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την αλληλοεπίδραση μυκόρριζας x ποικιλία ($p = 0,05$). Φαίνεται λοιπόν ότι το ξηρό βάρος δεν επηρεάστηκε σημαντικά ούτε από την ποικιλία, ούτε και από την παρουσία μυκόρριζας, αλλά ούτε επηρεάστηκε από την αλληλοεπίδραση των παραπάνω μεταβλητών.

3.6. Αποδόσεις πολλαπλασιαστικά

Αποδόσεις σε Βάρος λοβού(kg/στρέμμα)

Πίνακας 6α: Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-Level),

Απόδοση σε Βάρος λοβού

(* στατιστικά σημαντικά .ns=μη στατιστικά σημαντικά)

Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-level)		
	F	P
Επίδραση ποικιλίας	<u>0,510204</u>	<u>0,549165</u>
Επίδραση μυκόρριζας	<u>9,000000</u>	<u>0,095466</u>
Επίδραση ποικιλίας X μυκόρριζας	<u>1,000000</u>	<u>0,422650</u>

Πίνακας 6β: Μέσος όρος για απόδοση σε Βάρος λοβού(kg/στρέμμα)

BAROS_LB	ΑΜΟΡΓΟΣ	ΘΗΒΑ
Με AMF	0,743333333	0,703333333
Χωρίς AMF	0,8	0,723333333

Τα δείγματα του εδάφους πάρθηκαν 145 ημέρες μετά τη σπορά, παρά το γεγονός ότι η ποικιλία Θήβα, παρουσίασε το μικρότερο μέσο όρο τιμών () σχετικά με την ποικιλία Αμοργός, η επίδραση της ποικιλίας δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p>0,05$). Παρατηρήθηκε μια μείωση στο Βάρος λοβού στην παρουσία της μυκόρριζας, όμως δεν κρίθηκε στατιστικά ως σημαντική ($p>0,05$). Όπως φαίνεται στον πίνακα 6α δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την αλληλοεπίδραση μυκόρριζας x ποικιλία ($p=0,05$). Φαίνεται λοιπόν ότι Βάρος λοβού δεν επηρεάστηκε σημαντικά ούτε από την ποικιλία, ούτε και από την παρουσία μυκόρριζας, αλλά ούτε επηρεάστηκε από την αλληλοεπίδραση των παραπάνω μεταβλητών.

3.7 Αποδόσεις σε λοβούς(kg /στρέμμα)

Πίνακας 7α: Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-Level),

(* στατιστικά σημαντικά .ns=μη στατιστικά σημαντικά)

Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-level)		
	F	p
Επίδραση ποικιλίας	<u>0,068578</u>	<u>0,817923</u>
Επίδραση μυκόρριζας	<u>0,707996</u>	<u>0,488682</u>
Επίδραση ποικιλίας X μυκόρριζας	<u>0,956599</u>	<u>0,296782</u>

Πίνακας 7β: Μέσος όρος για λοβούς

	ΑΜΟΡΓΟΣ	ΘΗΒΑ
Με AMF	71	84,66
Χωρίς AMF	61	59

Τα δείγματα του εδάφους πάρθηκαν 145 ημέρες μετά τη σπορά, παρά το γεγονός ότι η ποικιλία Θήβα, παρουσίασε το υψηλότερο μέσο όρο τιμών στην παρουσία μυκόρριζας(84,6) σχετικά με την ποικιλία Αμοργός, η επίδραση της ποικιλίας δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p>0,05$). Παρατηρήθηκε μια αύξηση τιμών στο μέσο όρο λοβών και στις δυο ποικιλίες στην παρουσία της μυκόρριζας, όμως δεν κρίθηκε στατιστικά ως σημαντική ($p>0,05$). Όπως φαίνεται στον πίνακα 7α δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την αλληλοεπίδραση μυκόρριζας x ποικιλία ($p=0,05$). Φαίνεται λοιπόν ότι οι λοβοί δεν επηρεάστηκαν σημαντικά ούτε από την ποικιλία, ούτε και από την παρουσία μυκόρριζας, αλλά ούτε επηρεάστηκαν από την αλληλοεπίδραση των παραπάνω μεταβλητών.

3.8 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Πίνακας 8α: Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-Level) για το βάρος 1000 σπόρων

(* στατιστικά σημαντικά .ns=μη στατιστικά σημαντικά)

Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-level)		
	F	p
Επίδραση ποικιλίας	<u>7,942149</u>	<u>0,106224</u>
Επίδραση μυκόρριζας	<u>0,076205</u>	<u>0,808417</u>
Επίδραση ποικιλίας X μυκόρριζας	<u>7,610814</u>	<u>0,110112</u>

Πίνακας 8β: Μέσος όρος για το βάρος 1000 σπόρων (gr)

	ΑΜΟΡΓΟΣ	ΘΗΒΑ
Με AMF	1186,66	1108,33
Χωρίς AMF	1065	1195

Τα δείγματα του εδάφους πάρθηκαν 145 ημέρες μετά τη σπορά, παρά το γεγονός ότι η ποικιλία Θήβα, παρουσίασε το υψηλότερο μέσο όρο τιμών χωρίς μυκόρριζα (1195) σχετικά με την ποικιλία Αμοργός, η επίδραση της ποικιλίας δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p>0,05$). Παρατηρήθηκε μια μείωση τιμών στην ποικιλία Θήβα στην παρουσία της μυκόρριζας, όμως δεν κρίθηκε στατιστικά ως σημαντική ($p>0,05$). Παρατηρήθηκε μια αύξηση τιμών στην ποικιλία Αμοργός στην παρουσία της μυκόρριζας, όμως δεν κρίθηκε στατιστικά ως σημαντική ($p>0,05$). Όπως φαίνεται στον πίνακα 8α δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την αλληλοεπίδραση μυκόρριζας x ποικιλία ($p=0,05$). Φαίνεται λοιπόν ότι το βάρος 1000 σπόρων (gr) δεν επηρεάστηκε σημαντικά ούτε από την ποικιλία, ούτε και από την παρουσία μυκόρριζας, αλλά ούτε επηρεάστηκε από την αλληλοεπίδραση των παραπάνω μεταβλητών.

3.9.Μήκος λοβού

Πίνακας 9α: Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-Level) για το μήκος λοβού

Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-level)		
	F	p
Επίδραση ποικιλίας	<u>0,829126</u>	<u>0,458642</u>
Επίδραση μυκόρριζας	<u>0,778322</u>	<u>0,470716</u>
Επίδραση ποικιλίας x μυκόρριζας	<u>1,062812</u>	<u>0,410928</u>

(*στατιστικά σημαντικά .ns= μη στατιστικά σημαντικά)

Πίνακας 9β: Μέσοι όροι μήκος λοβού (cm^3/cm^3)

	ΑΜΟΡΓΟΣ	ΘΗΒΑ
Με AMF	2,366666667	2,42
Χωρίς AMF	2,366666667	2,56

Τα δείγματα του εδάφους πάρθηκαν 145 ημέρες μετά τη σπορά, παρά το γεγονός ότι η ποικιλία Θήβα, παρουσίασε το υψηλότερο μέσο όρο τιμών σχετικά με την ποικιλία Αμοργός, η επίδραση της ποικιλίας δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p>0,05$). Παρατηρήθηκε μια μείωση τιμών στη ποικιλία Θήβα στην παρουσία της μυκόρριζας όμως δεν κρίθηκε στατιστικά ως σημαντική ($p>0,05$), ενώ στη ποικιλία Αμοργός υπάρχει σταθερότητα τιμών. Όπως φαίνεται στον πίνακα 9α δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την αλληλοεπίδραση μυκόρριζας x ποικιλία ($p=0,05$). Φαίνεται λοιπόν ότι το μήκος λοβού δεν επηρεάστηκε σημαντικά ούτε από την ποικιλία, ούτε και από την παρουσία μυκόρριζας, αλλά ούτε επηρεάστηκε από την αλληλοεπίδραση των παραπάνω μεταβλητών.

3.10 Πυκνότητα φυτού

Πίνακας 10α: Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-Level) για τη πυκνότητα

(* στατιστικά σημαντικά .ns= μη στατιστικά σημαντικά)

Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-level)		
	F	p
Επίδραση ποικιλίας	<u>20,28000</u>	<u>0,045938</u>
Επίδραση μυκόρριζας	<u>0,020408</u>	<u>0,899496</u>
Επίδραση ποικιλίας x μυκόρριζας	<u>0,230769</u>	<u>0,678366</u>

Πίνακας 10β: Μέσοι όροι πυκνότητας

	ΑΜΟΡΓΟΣ	ΘΗΒΑ
Με AMF	10,33	4,33
Χωρίς AMF	10,66	6,66

Τα δείγματα του εδάφους πάρθηκαν 145 ημέρες μετά τη σπορά, η ποικιλία Θήβα, παρουσίασε το μικρότερο μέσο όρο τιμών σε σχέση με την ποικιλία Αμοργός, η επίδραση της ποικιλίας είναι στατιστικά σημαντική. Παρατηρήθηκε μια μείωση τιμών στην παρουσία της μυκόρριζας, κρίθηκε ως στατιστικά σημαντική ($p > 0,05$). Όπως φαίνεται στον πίνακα 10α παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την ποικιλία. Φαίνεται λοιπόν ότι η πυκνότητα επηρεάστηκε σημαντικά από την ποικιλία.

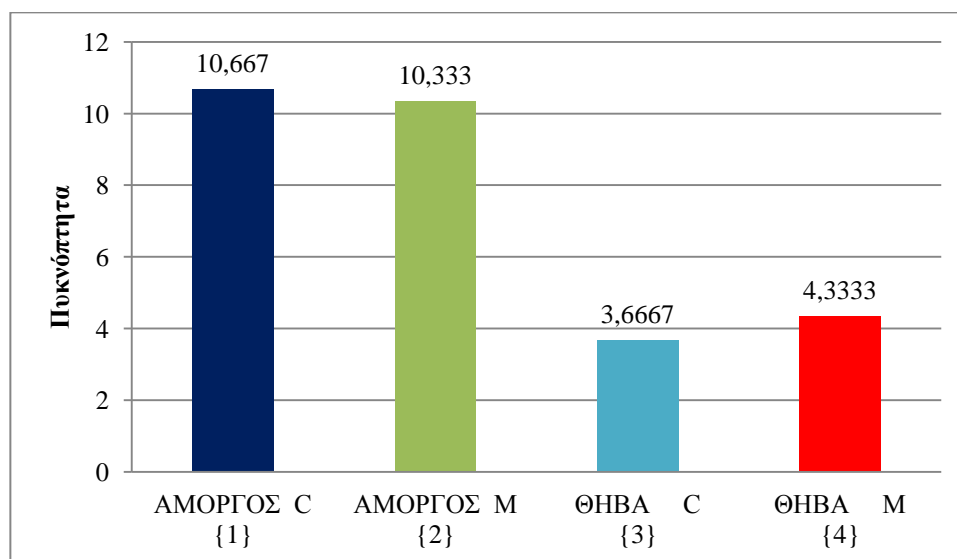
Πίνακας 10γ: Κριτήριο δοκιμασιών σύγκρισης μέσω ως προς την Πυκνότητα

Πυκνότητα

Βάση Δεδομένα	{1}	{2}	{3}	{4}
Ποικιλία	M=10, 667	M=10, 333	M=3,6 667	M=4,3 333
ΑΜΟΡΓΟΣ C {1}		0,86081	0,00521	0,00881
ΑΜΟΡΓΟΣ M {2}	0,86081		0,0067	0,0115
ΘΗΒΑ C {3}	0,00521	0,0067		0,7266
ΘΗΒΑ M {4}	0,00881	0,0115	0,7266	

*= σημαντικές διαφορές που έχουν τιμή $p < 0.05$ *arbuscular mycorrhizal fungus:AMF

Όπως φαίνεται στον πίνακα 11γ παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την ποικιλία



Διάγραμμα 6 Επίδραση ποικιλίας ως προς την Πυκνότητα

3.11 Ύψος φυτού

Πίνακας 11α: Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-Level) για τη 2^η μέτρηση του ύψους φυτού

(* στατιστικά σημαντικά .ns= μη στατιστικά σημαντικά)

Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-level)		
	F	p
Επίδραση ποικιλίας	<u>10,2712</u>	0,0551
Επίδραση μυκόρριζας	<u>0,558</u>	<u>0,532ns</u>
Επίδραση ποικιλίας x μυκόρριζας	<u>0,104</u>	<u>0,776ns</u>

Πίνακας 11β: Μέσοι όροι ύψους για τη 2^η μέτρηση

	ΑΜΟΡΓΟΣ	ΘΗΒΑ
Με AMF	50,16	39,72
Χωρίς AMF	54	44,72

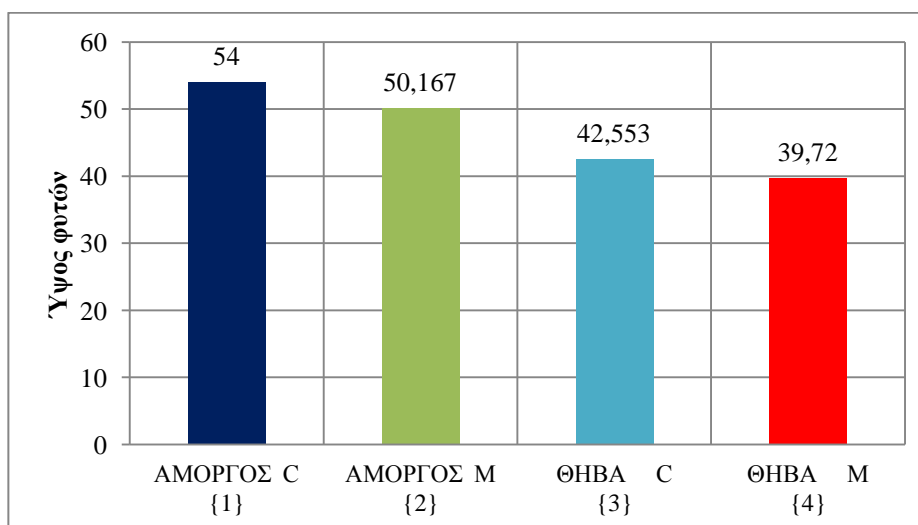
Τα δείγματα του εδάφους πάρθηκαν 145 ημέρες μετά τη σπορά, η ποικιλία Θήβα, παρουσίασε το χαμηλότερο μέσο όρο τιμών σε σχέση με την ποικιλία Αμοργός, η επίδραση της ποικιλίας είναι στατιστικά σημαντική. Παρατηρήθηκε μια μείωση στις τιμές με την παρουσία της μυκόρριζας, όμως δεν κρίθηκε στατιστικά ως σημαντική. Όπως φαίνεται στον πίνακα 11α παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την ποικιλία. Φαίνεται λοιπόν ότι το ύψος επηρεάστηκε σημαντικά με την παρουσία μυκόρριζας.

Πίνακας 11γ: Κριτήριο δοκιμασιών σύγκρισης μέσων για της ύψος 2 ως προς τη ποικιλία

LSD Test Variable: ΥΨΟΣ 2				
p < ,05000				
	{1}	{2}	{3}	{4}
	M=54,000	M=50,167	M=42,553	M=39,720
ΑΜΟΡΓΟΣ C {1}		0,4198	0,0347	0,0132
ΑΜΟΡΓΟΣ M {2}	0,4198		0,1297	0,0491
ΘΗΒΑ C {3}	0,0347	0,1297		0,5472
ΘΗΒΑ M {4}	0,0132	0,0491	0,5472	

*= σημαντικές διαφορές που έχουν τιμή $p < 0.05$ ***arbuscular mycorrhizal fungus:AMF**

Όπως φαίνεται στον πίνακα 11γ παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το ύψος 2 και την επίδραση της ποικιλίας.



Διάγραμμα 7 Επίδραση ποικιλίας ως προς το ύψος φυτού (2^η μέτρηση)

Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν στην έρευνα που έγινε από το πανεπιστήμιο The Eastern Mediterranean Agricultural Research Institute Adana, της Τουρκίας για την επίδραση των ποικιλιών, περαιτέρω. Οι ποικιλίες είχαν σημαντικό αποτέλεσμα ως προς το πλήρη αριθμό φλούδας (rod), το συνολικό αριθμός φλούδας (rod), το βάρος των σπόρων και την απόδοση των σπόρων. Δεδομένα έδειξαν ότι, ποικιλίες είχαν σημαντική επίδραση στο τελικό αριθμό φλούδας (rod), τον αριθμό των σπόρων, και την απόδοση των σπόρων. Ο αριθμός σπόρων ήταν σημαντικά και συσχετίζεται θετικά το συνολικό αριθμό φλούδας. Η επιλογή με βάση συνολικής φλούδας (rod), αριθμός σπόρων και του βάρους του σπόρου αύξησε την απόδοση του σπόρου.

3.12 Ύψος φυτού 1^η μέτρηση

Πίνακας 12α: Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-Level) για τη 1^η μέτρηση του ύψους φυτού

(* στατιστικά σημαντικά .ns= μη στατιστικά σημαντικά)

Στατιστική δοκιμασία κριτηρίου F (p-level)		
	F	p
Επίδραση ποικιλίας	<u>0,001372</u>	<u>0,973819</u>
Επίδραση μυκόρριζας	<u>0,823184</u>	<u>0,460019</u>
Επίδραση ποικιλίας x μυκόρριζας	122,2384	0,008082

Πίνακας 12β: Μέσοι όροι ύψους για τη 1^η μέτρηση

	ΑΜΟΡΓΟΣ	ΘΗΒΑ
Με AMF	11,333	12
Χωρίς AMF	11,63	10,847

Τα δείγματα του εδάφους πάρθηκαν 145 ημέρες μετά τη σπορά, η ποικιλία Θήβα παρουσίασε υψηλότερη τιμή μέσο όρο τιμών σε σχέση με την ποικιλία Αμοργός, η επίδραση της ποικιλίας x μυκόρριζα είναι στατιστικά σημαντική. Παρατηρήθηκε μια μείωση τιμών στη ποικιλία Αμοργός και μια αύξηση τιμών στη ποικιλία Θήβα στην παρουσία της μυκόρριζας. Όπως φαίνεται στον πίνακα 12α παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την αλληλοεπίδραση μυκόρριζας x

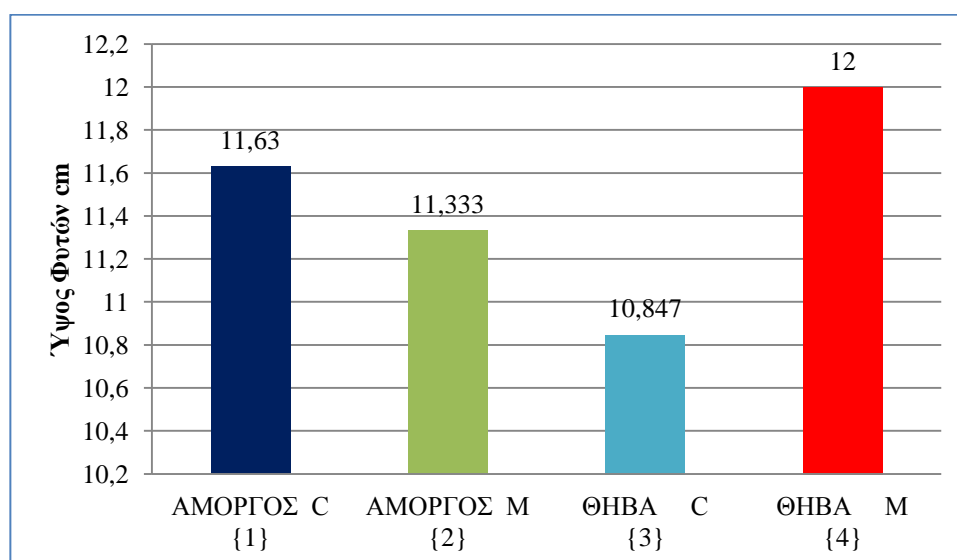
ποικιλία ($p=0,05$). Φαίνεται λοιπόν ότι το ύψος 1 επηρεάστηκε σημαντικά από την αλληλοεπίδραση των παραπάνω μεταβλητών.

Πίνακας 12γ: Κριτήριο δοκιμασιών σύγκρισης μέσων για το ύψος 1 ως προς την αλληλοεπίδραση ποικιλίας x μυκόρριζας

LSD Test; Variable: ύψος 1				
	{1}	{2}	{3}	{4}
ΠΟΙΚΙΛΙΑ	M=11,630	M=11,333	M=10,847	M=12,000
ΑΜΟΡΓΟΣ C {1}		0,8056	0,5207	0,7592
ΑΜΟΡΓΟΣ M {2}	0,8056		0,6874	0,5833
ΘΗΒΑ C {3}	0,5207	0,6874		0,3517
ΘΗΒΑ M {4}	0,7592	0,5833	0,3517	

*= σημαντικές διαφορές που έχουν τιμή $p<0,05$ *arbuscular mycorrhizal fungus:AMF

Όπως φαίνεται στον πίνακα 12γ παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την αλληλοεπίδραση μυκόρριζας x ποικιλία ($p=0,05$).



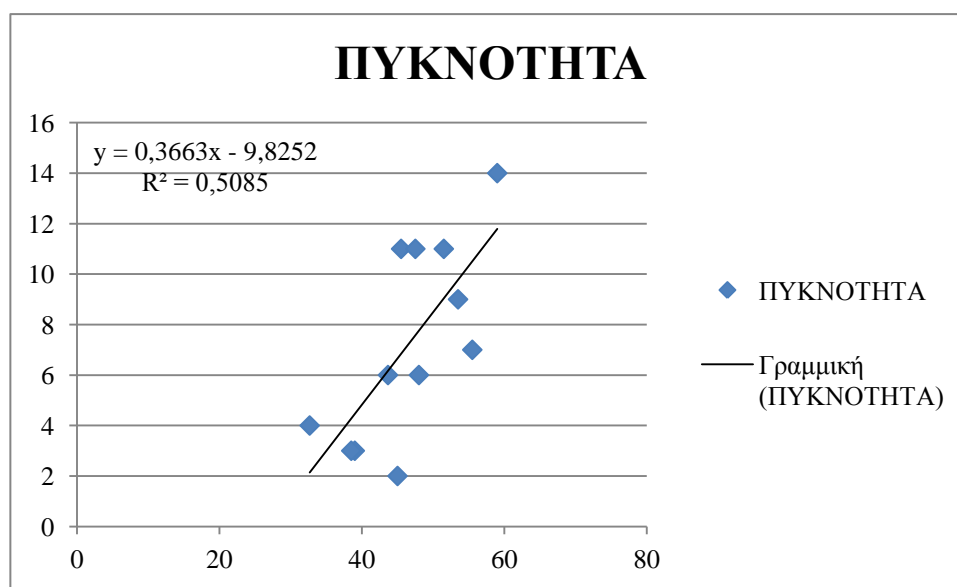
Διάγραμμα 8 Αλληλοεπίδραση μυκόρριζας x ποικιλία ως προς το ύψος (1 μέτρηση)

Κεφάλαιο 4 Συζήτηση

Το πείραμα που εγκαταστάθηκε στη Κοπαίδα Βοιωτίας δίνει μέσω των αποτελεσμάτων σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την καλλιέργεια του ρεβιθιού στην Ελλάδα. Η επίδραση της μυκόρριζας στην καλλιέργεια δυο διαφορετικών ποικιλιών ρεβιθιού Αμοργός και Θήβα εμφανίζεται στα αποτελέσματα και αναλύεται ακολούθως.

ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

1) Πυκνότητα και ύψος φυτού



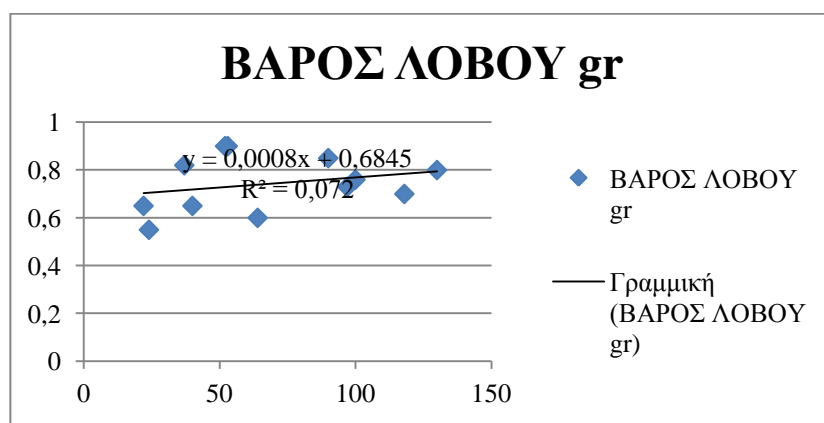
Διάγραμμα 9 Γραμμική συσχέτιση μεταξύ δείκτη Πυκνότητας και ύψος φυτού

Παρατηρούμε στο διάγραμμα μια αναλογική αύξηση της πυκνότητας και του ύψους του φυτού

Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν στην έρευνα που έγινε από το πανεπιστήμιο The Eastern Mediterranean Agricultural Research Institute Adana, της Τουρκίας. Η έρευνα διεξήχθη για να διερευνηθεί τη σύνδεση μεταξύ απόδοσης και άλλων χαρακτηριστικών αγρονομικού χαρακτήρες διαφορετικές ποικιλίες αρακά (BOLERO, SPRING και Utrillo) και οι πυκνότητες των φυτών (30, 40 και 50 φυτά ανά τετραγωνικό μέτρο) υπό τις συνθήκες μεσογειακού τύπου της Τουρκίας, το 2009-10 και το 2010-11 καλλιεργητικές περιόδους. Όλα τα χαρακτηριστικά που εξετάστηκαν ήταν επηρεάσιμα από τις εποχιακές καλλιεργητικές περιόδους και οι παράμετροι αυτές ήταν υψηλότερες σε σύγκριση με το 2010-11 2009-10 λόγω του υψηλότερου βροχοπτώσεις, στη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο. Ποικιλίες είχαν σημαντική επίδραση στον αριθμό φλούδας και το συνολικό αριθμό φλούδας, τον αριθμό των σπόρων, και την απόδοση των σπόρων. Το ύψος του φυτού, το πρώτο ύψος που μετρήθηκε, ο συνολικός αριθμός λοβών και η απόδοση σπόρων επηρεάστηκαν από τις πυκνότητες των φυτών.

IMPACT OF PLANT DENSITY ON YIELD AND YIELD COMPONENTS OF PEA (*Pisum sativum ssp. sativum L.*) CULTIVARS, Derya Ozveren Yucel
VOL. 8, NO. 2, FEBRUARY 2013 ISSN 1990-6145, ARPN Journal of Agricultural and Biological Science

2) Λοβοί και βάρος λοβού



Διάγραμμα 10 Γραμμική συσχέτιση μεταξύ δείκτη Λοβού και θάρους λοβού

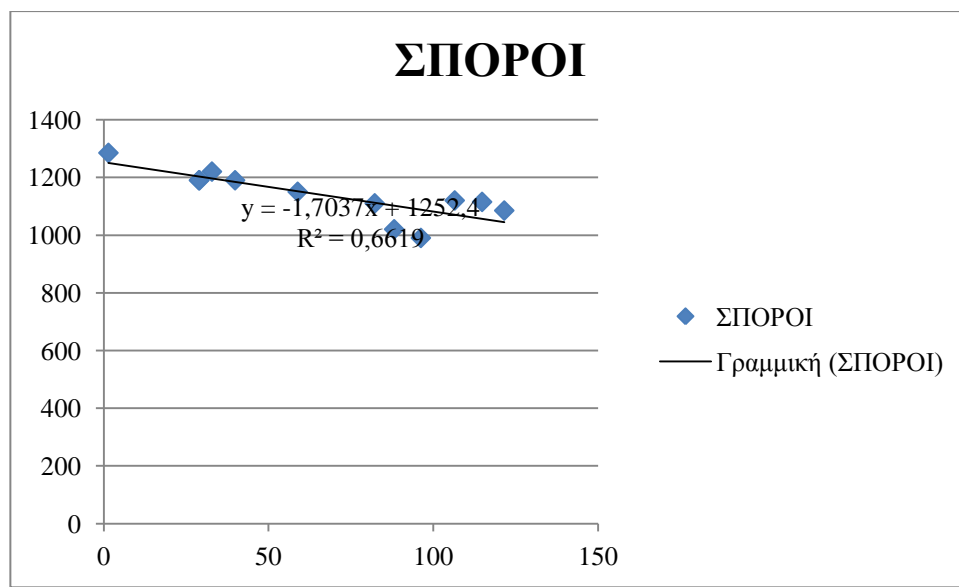
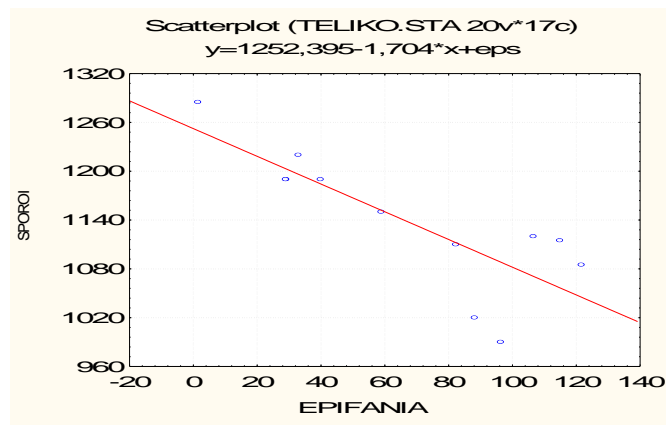
Το μέσο βάρος του λοβού/φυτό σχετίζεται θετικά με το αριθμό των λοβών ανα φυτό

3) Μέση διάμετρος ρίζας και λοβούς

Διάγραμμα 11 Γραμμική συσχέτιση μεταξύ δείκτη Μέσης διάμετρου ρίζας και λοβού

Η μέση διάμετρος ρίζας του φυτού σχετίζεται θετικά με τον αριθμό λοβών ανα φυτό

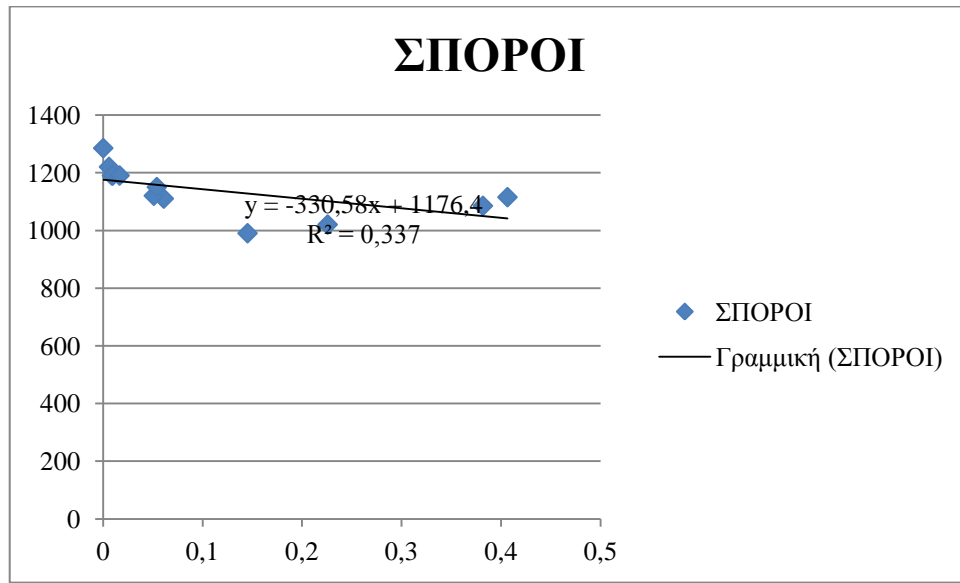
4)Επιφάνεια ρίζας με σπόρους



Διάγραμμα 12 Γραμμική συσχέτιση μεταξύ δείκτη Επιφάνειας ρίζας με σπόρους

Η επιφάνεια της ρίζας /φυτό έχει αντιστρόφως ανάλογες τιμές με τον αριθμό των σπόρων/ανα φυτό(αρνητική συσχέτιση)

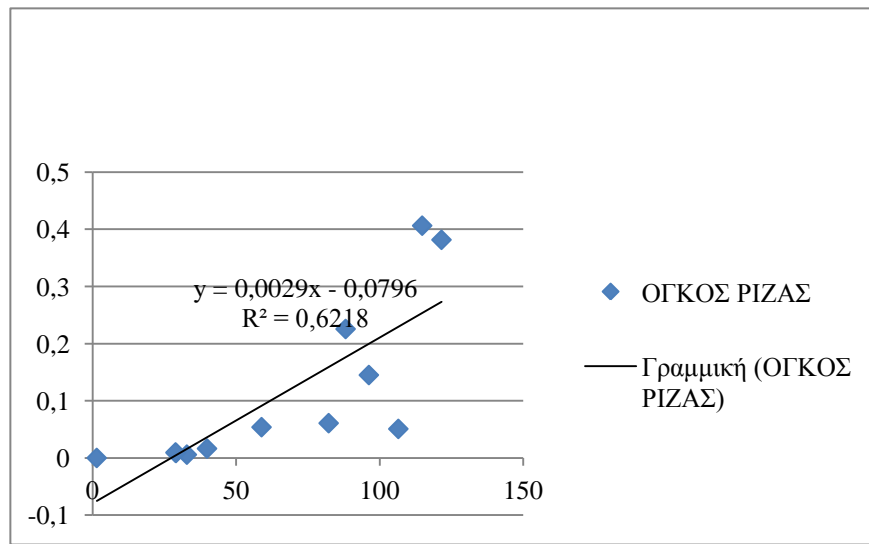
5) Όγκο ρίζας με σπόρους



Διάγραμμα 13 Γραμμική συσχέτιση μεταξύ δείκτη Όγκου ρίζας με σπόρους

Ο δείκτης του όγκου της ρίζας έχει αντιστρόφως ανάλογα αποτελέσματα με τον αριθμό των σπόρων ανά φυτό.

6) ΟΓΚΟ ΡΙΖΑΣ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΡΙΖΑΣ



Διάγραμμα 14 Γραμμική συσχέτιση μεταξύ δείκτη Όγκου ρίζας με επιφάνεια ρίζας

Ο δείκτης του όγκου της ρίζας έχει ανάλογη αύξηση σε σχέση με την επιφάνεια της ρίζας ανά φυτό.

Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα

Στα αποτελέσματα είδαμε ότι η παρουσία της μυκόρριζας στο ριζικό σύστημα φυτών ρεβιθιού τα οποία είχαν εμβολιαστεί με τον μύκητα κατά την σπορά απεδείχθη ότι είχε ευεργετικές ιδιότητες για τα φυτά. Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην καλλιέργεια όσον αφορά την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών προέκυψε ότι τα φυτά που είχαν εμβολιαστεί με τον μύκητα ήταν πιο αναπτυγμένα και εύρωστα σε σχέση με τα φυτά μάρτυρες.

Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι τα φυτά με μυκόρριζα είχαν μεγαλύτερο μήκος βλαστού(ύψος φυτού)σε σχέση με τα φυτά χωρίς μυκόρριζα και οι διαφορές που παρατηρήθηκαν ήταν στατιστικά σημαντικές. Αντίθετα, όσον αφορά την παράμετρο του ξηρού βάρους των φυτών επίσης υπήρξε αύξηση στις τιμές των μετρήσεων αλλά οι διαφορές δεν ήταν σημαντικές από στατιστική άποψη. Το ίδιο δεν ισχύει για την παράμετρο της επιφάνειας της ρίζας που υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην αλληλεπίδραση της ποικιλίας με την μυκόρριζα, ενώ τέλος, για την παράμετρο του ξηρού βάρους του φυτού οι διαφορές που παρατηρήθηκαν δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.

Συνεπώς, διαπιστώνεται αύξηση στις τιμές των παραμέτρων που μετρήθηκαν για τα φυτά με μυκόρριζα σε σχέση με τα φυτά χωρίς, αλλά οι διαφορές δεν είναι πάντα σημαντικές από στατιστική άποψη.

Συμπερασματικά, διαπιστώνεται η ευεργετική δράση της μυκόρριζας στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών γεγονός που επαληθεύει την αρχική υπόθεση της μελέτης σχετικά με την μειωμένη χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες αλλά και προσανατολισμό στη βιολογική γεωργία. Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται σε αυτό το πείραμα δείχνουν ότι AM μυκόρριζα στον τομέα εμβολιασμού θα μπορούσε να είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για τη βελτίωση της καλλιέργειας του ρεβιθιού με ενίσχυση της παραγωγικότητας και την ενίσχυση της θρεπτικής αξίας των ποιοτικών δημητριακών. Δεδομένου ότι το ρεβίθι είναι μια βασική τροφή για εκατομμύρια ανθρώπους, AM εμβολιασμό των την εκμετάλλευση της μυκόρριζας για την παραγωγή και στις τοπικές ποικιλίες, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα βιολογικό σκεύασμα στρατηγικής βιολογικής προστασίας που θα επωφεληθούν όχι μόνο τα οικονομικά της καλλιέργειας, αλλά και η προστασία της γεωργικής παραγωγής λόγω της δράσης του στην αμειψισπορά. Οι απαντήσεις που λαμβάνονται από ρεβίθι στο AM μυκόρριζας εμβολιασμό είναι μία ακόμη ένδειξη ότι οι δυνατότητες της μυκόρριζας αποτελούν μια πιο φιλική προσέγγιση στον τομέα της γεωργίας. Ωστόσο, απαιτείται περισσότερη έρευνα για να κατανοήσουμε την αποτελεσματικότητα των διαφορετικών στρατηγικών εμβολιασμού AM μυκόρριζας σε βιομηχανική κλίμακα ,γεωργικά συστήματα και με διάφορες καλλιέργειες και τις συνθήκες του εδάφους.

BIBLIOΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Παπακώστα – Τασοπούλου. Δ. Ψυχανθή (Καρποδοτικά – Χορτοδοτικά), Ειδική Γεωργία Ι, Τεύχος Β, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη, 2005.
2. Ηλιάδης Κ., Συμβατική και βιολογική σποροπαραγωγή του κτηνοτροφικού ρεβιθιού στην Ελλάδα, *ΕΘΙΑΓΕ*: 2002; 10 (23): 9-10.
3. Ηλιάδης Κ. Η έρευνα στα κτηνοτροφικά φυτά & όσπρια στην Ελλάδα, ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών, Λάρισα 2006.
4. Ελαφρός Ι. Κτηνοτροφικό ρεβίθι: Η «ελληνική» απάντηση στη σόγια, *Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ*, Κυριακή 18 Μαρτίου 2001 (<http://www.kathimerini.gr>).
5. Τζουραμάνη Ε., Σιντόρη Αλ., Λιοντάκης Αγ., Ναβρούζογλου Π., Παπαευθυμίου Μ., Καρανικόλας Π. και Αλεξόπουλος Γ. Βιολογικό Κτηνοτροφικό Ρεβίθι Ινστιτούτο Γεωργοοικονομικών και Κοινωνιολογικών Ερευνών Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας Οκτώβριος 2008.
6. Επίδραση της παρουσίας μυκόρριζας στην αύξηση φυτών αραβοσίτου (*Zea mays L.*) ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑΚΟΠΟΥΛΟΥ ΓΕΩΠΟΝΟΣ ΠΑΤΡΑ 2012
7. Γαλανοπούλου - Σενδουκά Σ. (2003). Ειδική Γεωργία 1. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
8. Organic Maize Growth and Mycorrhizal Root Colonization Response to Tillage and Organic Fertilization Dimitrios J. Bilalis a & Andreas J. Karamanos a a Agricultural University of Athens, Department of Agronomy , Athens, 2010.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

1. <http://en.wikipedia.org/wiki/Maize>
2. <http://mycorrhizas.info/vam.html>
3. <http://mycorrhizas.info/#intro>
4. [http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/maize3/\\$FILE/biologymaize08_2.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/maize3/$FILE/biologymaize08_2.pdf)
5. <http://en.wikipedia.org/wiki/Mycorrhiza>
6. <http://www.ufz.de/index.php?en=17023>
7. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/cropfactsheets/chickpea.html>
8. <http://www.statsoft.com/>

Ξένη Βιβλιογραφία

1. Abdelly C, Krouma A, Drevon J (2005) Nitrogen fixation and yield of chickpea in saline Mediterranean zones. In: The Grain Legumes, Vol. 42, IP (FOOD-CT-2004-506223).
2. Ahmad F, Gaur P, Croser J (2005) Chickpea (*Cicer arietinum* L.). In: Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement – Grain Legumes, Vol. 1 (Eds. R Singh, P Jauhar). CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 185-214.
3. Al-Raddad A (1991) Response of bean, broad bean and chickpea plants to inoculation with *Glomus* species. Scientia Hort 146: 195-200.
4. Amora-Lazcano E, Vazquez MM, Azcon R (1998) Response of nitrogen-transforming microorganisms to arbuscular mycorrhizal fungi. Biol Fertil Soils 27: 65-70.
5. Entry JA, Rygiewicz PT, Watrud LS, Donnelly PK (2002) Influence of adverse soil conditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. Adv Environ Res 7: 123-138.
Essa TA (2002) Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars. J Agron Crop Sci 188: 86-92.
6. Estaun V, Calvet C, Hayman DS (1987) Influence of plant genotype on mycorrhizal infection: response of three pea cultivars. Plant Soil 103: 295-298.
7. Elisa Pellegrino, Stefano Bedini ,Enhancing ecosystem services in sustainable agriculture: Biofertilization and biofortification of chickpea (*Cicer arietinum* L.) by arbuscular mycorrhizal fungi, Institute of Life Sciences, Scuola Superiore Sant'Anna, P.za Martiri della Libertà 33, 56127 Pisa, Italy b Department of Agriculture, Food and Environment, University of Pisa,

8. Neera GARG*, Shikha CHANDEL Department of Botany, Panjab University, Chandigarh, INDIA 2009 Effect of mycorrhizal inoculation on growth, nitrogen fixation, and nutrient uptake in *Cicer arietinum* (L.) under salt stress
9. Muehlbauer F.J., Tullu A., *Cicer arietinum* L. NewCROP FactSHEET, Purdue University, Center for New Crops & Plant Products, 1997 (<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/cropfactsheets/chickpea.html>).
10. Hernando Bermejo J.E., Leon J, Traditional varieties of grain legumes in human consumption, *Neglected crops: 1492 from a different perspective*, Plant Production and Protection Series No. 26. FAO, Rome, Italy, 1994; pp. 289-301
11. Manchanda G, Garg N (2007) Endomycorrhizal and rhizobia symbiosis: How much do they share? *J Plant Interact* 2: 79-88.
12. Tejera NA, Soussi M, Lluch C (2006) Physiological and nutritional indicators of tolerance to salinity in chickpea plants growing under symbiotic conditions. *Environ Exp Bot* 58: 17-24.
13. Singla R, Garg N (2005) Influence of salinity on growth and yield attributes in chickpea cultivars. *Turk J Agric Forest* 29: 231-235.
14. Sharifi M, Ghorbanli M, Ebrahimzadeh H (2007) Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with salt pretreated mycorrhizal fungi. *J Plant Physiol* 164: 1144-1151.
15. Pellegrino, E., 2007. Mycorrhizas for the Sustainable Management of Agroecosystems. Field Studies on Molecular and Functional Biodiversity of Indigenous and Introduced Arbuscular Mycorrhizal Fungi (PhD thesis). University of Pisa, Pisa, Italy.
16. *IMPACT OF PLANT DENSITY ON YIELD AND YIELD COMPONENTS OF PEA (Pisum sativum ssp. sativum L.) CULTIVARS*, Derya Ozveren Yucel VOL. 8, NO. 2, FEBRUARY 2013 ISSN 1990-6145, ARPN Journal of Agricultural and Biological Science