



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Γεωργίας



**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ
(ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ) ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ
ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΤΙΣ
ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΑΣΟΛΙΟΥ»**

Κωνσταντίνος Β. Πανταλέων

Αθήνα, 2012

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Θέμα: *«Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας (Συμβατική και Βιολογική) και της αλατότητας στην ανάπτυξη, τα χαρακτηριστικά και στις αποδόσεις του φασολιού»*

Κωνσταντίνος Β. Πανταλέων

Εξεταστική επιτροπή:

- Μπιλάλης Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής Βιολογικής Γεωργίας Γ.Π.Α, ως επιβλέπων
- Ευθυμιάδης Παναγιώτης, Καθηγητής Γ.Π.Α., ως μέλος
- Σάββας Δημήτριος, Αναπληρωτής Καθηγητής στο Γ.Π.Α., ως μέλος

Αθήνα, 2012

Ευχαριστίες

Από την θέση αυτή θα ήθελα να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στον Επίκουρο Καθηγητή κ. Μπιλάλη Δημήτριο τόσο για την ανάθεση του θέματος όσο και για τη συνεχή καθοδήγηση, την κριτική επίβλεψη και τις εύστοχες διορθώσεις του κατά τη διάρκεια της συγγραφής της μεταπτυχιακής μελέτης. Η πολύτιμη και αγόγγυστη συνεργασία του ήταν καθοριστική για την ολοκλήρωση της ερευνητικής αυτής εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Σάββα Δημήτριο, αναπληρωτή καθηγητή του εργαστηρίου Λαχανοκομίας για την πολύτιμη βοήθεια κατά την έναρξη, τη διάρκεια και την ολοκλήρωση του πειράματος.

Θερμές ευχαριστίες στον καθηγητή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου κ. Ευθυμιάδη Παναγιώτη για την αμέριστη βοήθεια του καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής της παρούσας μελέτης.

Ευχαριστώ θερμά όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Γεωργίας για την συμπαράσταση που έδειξαν καθ' όλη την διάρκεια της διατριβής. Ευχαριστώ την υποψήφια διδάκτορα Κοντοπούλου Χάρις-Κωνσταντίνα για την αμέριστη βοήθεια της στον πειραματικό αγρό και στην ειτέλεση των εργαστηριακών εργασιών για τη διεξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων.

Ευχαριστώ την υποψήφια διδάκτορα Πατσιαλή Σωτηρία και το μεταπτυχιακό φοιτητή Κατσένιο Ιωάννη για την έμπρακτη και ουσιαστική βοήθεια και στήριξη τους στη διεξαγωγή του πειράματος και στην τελική συγγραφή της παρούσας μελέτης.

Περίληψη

Σε βιολογικό αγρό στην περιοχή της Ερμίτσας στην πόλη του Αγρινίου, μελετήθηκε η επίδραση του συστήματος καλλιέργειας (συμβατική και βιολογική) και της αλατότητας στην ανάπτυξη, τα χαρακτηριστικά και στην απόδοση του φασολιού. Κάθε σύστημα της καλλιέργειας συνδυάστηκε με δυο διαφορετικά επίπεδα αλατότητας (υψηλή αλατότητα και χαμηλή αλατότητα).

Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν: το ξηρό και νωπό βάρος του υπέργειου, ο αριθμός των λοβών, το νωπό και το ξηρό βάρος των λοβών, η περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία των λοβών καθώς και η συγκέντρωση σακχάρων στους λοβούς.

Στο ριζικό σύστημα προσδιορίστηκαν τα ακόλουθα: το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος, το μήκος και ο όγκος του ριζικού συστήματος, ο αριθμός των φυματίων και το ποσοστό της μυκόρριζας.

Από τα συστήματα καλλιέργειας τις θετικότερες επιδράσεις στην πλειοψηφία των μετρήσεων παρουσίασε το βιολογικό σύστημα καλλιέργειας.

Από τα επίπεδα της αλατότητας θετικότερες επιδράσεις παρουσίασε η χαμηλή αλατότητα με την υψηλή να αποδεικνύεται περιοριστικός παράγοντας στην καλλιέργεια του φασολιού.

Η ανάπτυξη, τα χαρακτηριστικά καθώς και η παραγωγή επηρεάστηκαν αρνητικά από την υψηλή αλατότητα.

Summary

On an organic field located in the region of Ermita near the city of Agrinio, the effect of the farming system (conventional and organic) as well as the effect of salinity (high salinity and low salinity) on the growth, the characteristics and the yield of the common bean was studied. The experimental field was established during the cultivating period January-September 2011.

The plant properties which were studied were the following: fresh and dry weight, number of pods, pods fresh and dry weight, dry matter content of pods as well as the concentration of soluble sugars in the pods.

The properties of the root system which were examined were the following: dry weight of the root system, length and volume, nodule number and the percentage of mycoriza.

It was observed from the farming system that the conventional system had the most positive effects

From the salinity levels, only the low level had positive effects. The high salinity level proved to be a binding factor in the crop of common bean.

The high salinity level had negative impact on the growth, characteristics and yield of common bean.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	1
Περίληψη	2
Summary.....	3
1. Εισαγωγή.....	6
1.1 Βιολογική γεωργία	8
1.1.1 Οργανική λίπανση.....	10
1.1.2 Συστήματα καλλιέργειας και αλατότητα	11
1.2 Γενική ανασκόπηση της αλατότητας.....	13
1.2.1 Επίδραση της αλατότητας στο κοινό φασόλι	16
1.2.2 Αναγνώριση και αντίδραση των φυτών στην αλατότητα	17
1.2.3 Επίδραση στη φυσιολογία.....	18
1.2.4 Επίδραση στην ανάπτυξη και την παραγωγή.....	21
1.2.5 Επίδραση στην αζωτοδέσμευση και το σχηματισμό φυματίων	22
1.2.6 Μυκόρριζα και αλατότητα	22
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	25
2.1 Γενικά	25
2.2 Πειραματικό σχέδιο	25
2.2.1 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα υποδιαιρεμένων τεμαχίων	28
2.3 Χαρακτηριστικά του αγρού.....	28
2.4 Ενέργειες εδαφοκατεργασίας.....	29
2.5 Φυτικό υλικό	29
2.6 Καλλιεργητικές εργασίες.....	30
2.7 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	30

2.7.1 Υπέργειο τμήμα	30
2.7.2 Ριζικό σύστημα	33
2.8 Μετεωρολογικές παρατηρήσεις.....	34
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	36
3.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΡΙΖΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	36
3.1.1 Μήκος ριζικού συστήματος	36
3.1.2 Όγκος ριζικού συστήματος.....	37
3.1.3 Ξηρό βάρος ριζικού συστήματος.....	38
3.1.4 Ποσοστό μυκόρριζας.....	42
3.1.5 Αριθμός φυματίων	43
3.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΛΟΒΩΝ	48
3.2.1 Αριθμός λοβών	48
3.2.2 Νωπό βάρος λοβών	49
3.2.3 Ξηρό βάρος λοβών.....	51
3.2.4 Ποσοστό περιεκτικότητας ξηράς ουσίας λοβών.....	53
3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ.....	55
3.3.1 Νωπό βάρος υπέργειου	55
3.3.2 Ξηρό βάρος υπέργειου.....	60
3.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΑ ΟΛΙΚΑ ΣΑΚΧΑΡΑ	66
3.4.1 Γλυκόζη	66
3.4.2 Φρουκτόζη.....	67
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	69
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	82

1. Εισαγωγή

Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού προβλέπεται ότι θα κλιμακωθεί και θα φτάσει τα 8,3 δισεκατομμύρια μέχρι το 2030 από περίπου 6 δισεκατομμύρια σήμερα, τα οποία θα επιδεινώσουν την αβεβαιότητα τροφίμων ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες (FAO, 2009). Μέχρι το 2050, οι αναπτυσσόμενες χώρες θα πρέπει να υπολογίσουν μια αύξηση της απαίτησης της τάξεως του 93% σε δημητριακά και 85% σε κρέας (Rosegrant & Cline, 2003). Η δυνατότητα της γεωργίας να υποστηρίξει έναν διαρκώς αυξανόμενο πληθυσμό αποτελεί μια ανησυχία και συνεχίζει να είναι υψηλής προτεραιότητας στην ημερήσια διάταξη της πολιτικής, παγκόσμια.

Στα γεωργικά συστήματα παραγωγής, τα έντομα, οι ασθένειες και τα ζιζάνια συνεχίζουν να απειλούν τη βιωσιμότητα των φυτικών ειδών και ο βαθμός απώλειας μπορεί να φτάνει και το ~40% της παραγωγής μιας καλλιέργειας. Η διαθεσιμότητα του αγροτικού εδάφους και η παραγωγικότητα μειώνεται λόγω της εδαφολογικής διάβρωσης, της υποβάθμισης και της προσάρτησης του αγροτικού εδάφους για εναλλακτικές χρήσεις. Επίσης, η διαθεσιμότητα του νερού για τις γεωργικές καλλιέργειες μειώνεται. Η ξηρασία, τα ακραία καιρικά φαινόμενα: θύελλες, πλημμύρες, κ.λ.π., η αύξηση της θερμοκρασίας και η άνοδος του επιπέδου της θάλασσας προβλέπεται να εμφανίζονται πιο συχνά με σημαντική αρνητική επίδραση στην παραγωγικότητα των καλλιεργειών (Challinor et al., 2009). Δεδομένου ότι οι συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα συνεχίζουν να αυξάνονται σε ανησυχητικό βαθμό, καταβάλλονται σήμερα σημαντικές προσπάθειες για την κατανόηση των επιπτώσεων στην παραγωγή των καλλιεργειών (Anderson & Bows, 2008). Οι υψηλότερες θερμοκρασίες την εποχή της αύξησης μπορεί να ασκήσουν δραματικές επιδράσεις στη γεωργική παραγωγικότητα, στα έσοδα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και στην επισιτιστική ασφάλεια (Battisti & Naylor, 2009). Οι αβιοτικές καταπονήσεις

προκαλούν μείωση της παραγωγής από 50 έως 80% ανάλογα με την καλλιέργεια. Με δεδομένη την αυξημένη ζήτηση γεωργικών προϊόντων λόγω πληθυσμιακής αύξησης καθώς και τη στροφή προς την φυτική παραγωγή λόγω συχνών διατροφικών σιανδάλων (νόσος “ τρελών αγελάδων”, νόσος πτηνών και πουλερικών κ.α.) η κατανόηση των επιδράσεων των αβιοτικών καταπονήσεων αποκτά μεγάλο ενδιαφέρον. Αυτή την θέση έρχονται να ενισχύσουν και ραγδαία καιρικά συμβάντα όπως: ξηρασία, πλημμύρες, αύξηση υπεριώδους ακτινοβολίας, αύξηση κινδύνου ερημοποίησης λόγω αύξησης αλατότητας των εδαφών κ.α.

Η αλατότητα και άλλες εδαφολογικές τοξικότητες είναι πιθανό να είναι πιο προβληματικές σε μερικές περιοχές. Στις ημι-ξηρικές περιοχές προβλέπεται μείωση της παραγωγής βασικών καλλιεργειών όπως του αραβόσιτου (*Zea mays* L.), του σιταριού (*Triticum aestivum* L.) και του ρυζιού (*Oryza sativa* L.) στις επόμενες δύο δεκαετίες (Lobell *et al.*, 2008).

Νέες γεωργικές τεχνικές θα χρειαστούν για να εξασφαλιστεί η παγκόσμια ασφάλεια των τροφίμων και να υποστηριχθεί η διατήρηση της ποιότητας του ύδατος και των εδαφών. Σήμερα απαιτείται η καλλιέργεια ποικιλιών υψηλότερης παραγωγικής ικανότητας με ανθεκτικότητα στα παθογόνα για την κάλυψη των διατροφικών αλλαγών παράλληλα με την προστασία του περιβάλλοντος. Στο βιβλίο της «*Silent Spring*», η Carson (1962) πρότεινε να βρεθούν βιολογικοί τρόποι αντιμετώπισης των παρασίτων στη γεωργία με παράλληλη μείωση της χρησιμοποίησης των χημικών φυτοφαρμάκων.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η εξακρίβωση της δράσης της αλατότητας ως περιοριστικό παράγοντα σε συνδυασμό με το σύστημα καλλιέργειας, βιολογικό ή συμβατικό, στην καλλιέργεια του κοινού φασολιού (*Phaseolus vulgaris*), ενός από τα πιο σημαντικά καρποδοτικά ψυχανθή για ανθρώπινη κατανάλωση αλλά και ένα από τα πιο ευαίσθητα σχετικά με την καταπόνηση από την αλατότητα.

1.1 Βιολογική γεωργία

Οι όροι οικολογική καλλιέργεια, βιολογική καλλιέργεια ή οργανική καλλιέργεια είναι συνώνυμες έννοιες.

Ως ξεχωριστές κατηγορίες και ως ποιοτικές έννοιες, χαρακτηρίζουν τον ίδιο επιστημονικό κλάδο και υποδηλώνουν βασικές και τυπικές πλευρές μιας γεωργίας η οποία είναι ιδιαίτερα φιλική προς τη φύση και περιβαλλοντικά ανεκτή. Και οι τρεις έννοιες, ως ονομασίες για την ίδια μορφή της γεωργίας λαμβάνονται ως ισοβαρείς (κατάλληλες). Στη χώρα μας έχει καθιερωθεί ο όρος βιολογική γεωργία. Η λέξη «γεωργία» παραπέμπει στη φυτική παραγωγή, δηλαδή στις μεθόδους καλλιέργειας, και όχι στον γενικό όρο περί γεωργίας.

Στη βιολογική καλλιέργεια, η γεωργική εκμετάλλευση είναι προσαρμοσμένη σχεδόν οργανικά στα δεδομένα της εν λόγω περιοχής. Προσαρμογή στην περιοχή και εκμετάλλευση σύμφωνα με τις δυνατότητες της περιοχής γίνονται εξατομικευμένα, σε περιορισμένο χώρο και ειδικά για τον κάθε οικότοπο. Για τη σωστή οργάνωση και λειτουργία αυτής της μορφής της γεωργίας απαιτούνται πρότυπα και κανόνες.

«Ο πιο σημαντικός παράγοντας που θα βοηθήσει τη βιολογική γεωργία να συμβάλλει επιτυχώς στην ασφάλεια της τροφής είναι η στάση αυτών που παίρνουν τις αποφάσεις. Η βιολογική γεωργία πρέπει να συζητηθεί με ανοιχτά μυαλά, με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα να ληφθούν υπόψη πολύ καθαρά» (Wynen, 1998).

Σύμφωνα με το Κώδικα Τροφίμων & Ποτών του FAO:

«Η βιολογική γεωργία, είναι ένα ολιστικό σύστημα διαχείρισης της παραγωγής, το οποίο προωθεί και ενισχύει την υγεία του αγρο-οικοσυστήματος, περιλαμβάνοντας την βιοποικιλότητα, τους βιολογικούς κύκλους και τη βιολογική δραστηριότητα του εδάφους. Δίνει έμφαση στη χρήση της πρακτικής διαχείρισης αντί της χρήσης εξωτερικών γεωργικών

εισροών, συμπεριλαμβάνοντας τις τοπικές συνθήκες που απαιτούν τοπικά συστήματα. Όλο αυτό, συμπληρώνεται χρησιμοποιώντας, όπου είναι δυνατό, γεωπονικούς, βιολογικούς και μηχανικούς τρόπους, που είναι αντίθετοι στη χρήση συνθετικών υλικών, για να ολοκληρώσει κάθε ειδική λειτουργία στο σύστημα» (FAO 1999).

Ένα μεγάλο ποσοστό της επιφάνειας της γης έχει μετατραπεί από την ανθρώπινη δραστηριότητα, με σημαντικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα, στην τροφική αλυσίδα, στη δομή και τη βιολογία του εδάφους και στο κλίμα. Η γη που χρησιμοποιείται ως αγροτική φτάνει το 38% της συνολικής παγκόσμιας επιφάνειας εδάφους, από την οποία το 69% αποτελούν μόνιμα λιβάδια, 28% είναι αροτραίες καλλιέργειες και το 3% είναι μόνιμες καλλιέργειες (FAO 2004).

Είναι η βιολογική γεωργία πιο φιλική στο περιβάλλον;

Υπάρχει μια ευρέα συμφωνία ότι η βιολογική γεωργία έρχεται πιο κοντά σε μια φιλική προς το περιβάλλον γεωργία (Πίνακας 1). Ιδιαίτερα έντονο είναι το σημαντικό επίπεδο της μόλυνσης από εντομοκτόνα στη συμβατική γεωργία, σε αντίθεση με τη βιολογική που η χρήση τους είναι πολύ περιορισμένη. Ένας δεύτερος σημαντικό τομέας στον οποίο η βιολογική γεωργία είναι πιο φιλική προς το περιβάλλον είναι η προστασία του εδάφους. Η φροντίδα του εδάφους είναι κατευθυντήρια αρχή της βιολογικής γεωργίας. Ένα τρίτο πλεονέκτημα εκφράζεται από το σκοπό να ενισχυθεί η βιοποικιλότητα: η βιολογική γεωργία εξαρτάται από τις άθικτες οικολογικές ισορροπίες και τις ευνοϊκές βιολογικές διαδικασίες που εκφράζονται σε οικολογικές υπηρεσίες όπως η γονιμοποίηση ή ο έλεγχος των παρασίτων από φυσικούς εχθρούς (Alfoldi *et al.*, 2002).

Οι Stolze *et al.*,(2000) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η βιολογική γεωργία δημιουργεί πιο ευνοϊκές συνθήκες στα είδη και τα οικοσυστήματα σε επίπεδο ποικιλότητας χλωρίδας και πανίδας σε σύγκριση με τα συστήματα της συμβατικής γεωργίας.

Η οργανική διαχείριση θα μπορούσε να είναι το κλειδί που θα φέρει την υποβαθμισμένη γη πίσω στην παραγωγή και να συνεισφέρει σημαντικά στο παγκόσμιο πρόβλημα τροφής (Alfoldi *et al.*, 2002).

Πίνακας 1. Επισκόπηση των απόλυτων και σχετικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων της βιολογικής γεωργίας συγκρινόμενη με τη συμβατική.

Απόλυτη: αναφέρεται στην επίπτωση της βιολογικής γεωργίας στο περιβάλλον

Σχετική: αναφέρεται στη σχετική επίπτωση σε σύγκριση με τη συμβατική γεωργία

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΑΠΟΨΗ	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΠΤΩΣΗ	
		Απόλυτη	Σχετική
Βιοποικιλότητα	Γενετική ποικιλότητα	+	+
	Ποικιλότητα χλωρίδας	+	++
	Ποικιλότητα πανίδας	+	+++
	Ποικιλότητα φυσικού περιβάλλοντος	+?	+
Τοπίο	Δομή του τοπίου και αισθητική αξία	+?	+
Έδαφος	Οργανική ύλη και οξύτητα	?	++
	Βιολογική δραστηριότητα	+?	+++
	Δομή του εδάφους	?	+
	Διάβρωση	-	++/-
	Απερήμωση	+	+
Εδαφικό και επιφανειακό νερό	Χρήση θρεπτικών στοιχείων και ισορροπία	-	++
	Έκπλυση νιτρικών	-	++/-
	Φωσφορικά	0	+?
	Εντομοκτόνα	-	+++
	Παθογόνα	-	-?
Κλίμα και Αέρας	CO ₂	+?	+?
	N ₂ O	-	+/-?
	CH ₄	-	?
	NH ₃	-	+/-?
Ενέργεια	Ένταση της χρήσης της ενέργειας	ME	++/-
	Αποδοτικότητα της χρήσης της ενέργειας	ME	+?

+ = Λίγο καλύτερα, ++ = Καλύτερα, +++ = Ουσιαστικά καλύτερα, ++/- = Καλύτερα με κάποιες πτυχές αρνητικές, +? = Καλύτερα με κάποιες αβεβαιότητες, +/-? = Ένα μέρος καλύτερα ένα χειρότερα με κάποιες αβεβαιότητες, ? = Ασαφές, - = Αρνητική επίπτωση, 0 = Καμία επίπτωση ή αλλαγή, ME = Μη εφαρμόσιμο.

1.1.1 Οργανική λίπανση

Η διαχείριση της γονιμότητας του εδάφους στα συστήματα της βιολογικής γεωργίας έχει βασιστεί σε κάποιες αρχές. Παρόλο που κάποιοι έχουν ισχυριστεί ότι τα συστήματα βιολογικής γεωργίας έχουν ριζικές

διαφορές από τα άλλα συστήματα, αυτό δεν μπορεί να τεκμηριωθεί από την άποψη της γονιμότητας του εδάφους. Η διαχείριση λοιπόν χαρακτηρίζεται ποικιλοτρόπως από μικτή κτηνοτροφία, αμειψισπορές, χλωρές λιπάνσεις με ψυχανθή, εισροές οργανικών υλών και τη χρήση λιπασμάτων που δεν είναι ευδιάλυτα στο έδαφος (Stockdale *et al.*, 2001).

Τα ψυχανθή αποτελούν θεμελιώδη συνιστώσα των συστημάτων βιολογικής γεωργίας (στα λιβάδια, τη χλωρή λίπανση, την κάλυψη καλλιεργειών) επειδή μειώνουν ή περιορίζουν την ανάγκη λίπανσης με άζωτο με την προϋπόθεση να αζωτοδεσμεύουν (Μπιλάλης *et al.*, 2006). Η αειφορία της χρήσης των ψυχανθών στον ανεφοδιασμό με άζωτο τόσο στη βιολογική όσο και τη συμβατική γεωργία (Ridley *et al.*, 2004) εξαρτάται από:

1. Σταθεροποίηση επαρκούς αζώτου στη βιομάζα των ψυχανθών
2. Ικανότητα του εδάφους στην αύξηση της ορυκτοποίησης του οργανικού αζώτου
3. Ικανότητα των γεωργικών πρακτικών να αυξήσουν ευεργετικά τη γονιμότητα του εδάφους και τα περιβαλλοντικά αποτελέσματα από τα ψυχανθή και να μειώσουν τις αρνητικές επιπτώσεις (π.χ. αύξηση της οξύτητας και της έκπλυσης του αζώτου).

1.1.2 Συστήματα καλλιέργειας και αλατότητα

Είναι πλέον φανερό και παγκοσμίως αποδεκτό πως η ειτεταμένη χρήση χημικών λιπασμάτων κατά τα συμβατικά συστήματα καλλιέργειας προκαλούν ολοένα και μεγαλύτερα προβλήματα στο περιβάλλον. Τα χημικά λιπάσματα, λόγω της μεγάλης διαλυτότητας τους αφού ουσιαστικά πρόκειται για ανόργανα άλατα, συσσωρεύονται στο έδαφος καθώς και στα υπόγεια ύδατα, τα ποτάμια και τις λίμνες προκαλώντας διαταραχές σε όλα τα οικοσυστήματα. Επηρεάζουν

επίσης τις εδαφικές ιδιότητες αυξάνοντας την οξύτητα και την αλατότητα προκαλώντας έτσι πρόβλημα στους μικροοργανισμούς του εδάφους.

Τα τελευταία χρόνια η ανάγκη για τη δημιουργία βιολογικών λιπασμάτων καθώς και η εφαρμογή βιολογικών μεθόδων καλλιέργειας προς αντικατάσταση των παλαιότερων συμβατικών κρίνεται αναγκαία και επιτακτική. Και αυτό γιατί από σειρές πειραμάτων έχει αποδειχθεί πως τα βιολογικά συστήματα καλλιέργειας καθώς και τα βιολογικά λιπάσματα οδηγούν σε αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους, πυροδοτώντας μια σειρά αλυσιδωτών «εκρήξεων» που συνεισφέρουν θετικά στις καλλιέργειες. Η ανάπτυξη πληθυσμών αζωτοβακτηρίων στις ρίζες των ψυχανθών καθώς και η ανάπτυξη υφών μυκόρριζας που οδηγεί σε ταχύτερη απορρόφηση μαγνησίου και φωσφόρου από τα φυτά με τελικό αποτέλεσμα τη βέλτιστη ανάπτυξη και θρέψη των φυτών αλλά και η αντοχή τους στις αβιοτικές καταπονήσεις, είναι λίγα μόνο από τα οφέλη.

Με τις θέσεις αυτές συμφωνούν οι *Gomaa et al.*,(2002), οι οποίοι σε πειράματα εφαρμογής βιολογικών συστημάτων καλλιέργειας σε συνδυασμό με βιολογικά λιπάσματα και χρήση σκευασμάτων αζωτοβακτηρίων αλλά και υφών μυκόρριζας σε καλλιέργεια ψυχανθών, παρατήρησαν αυξημένη παραγωγή. Επίσης σύμφωνα με τους *Igbasan et al.*,(1996) και *Elizondo et al.*,(1999), η χρήση σκευασμάτων με αζωτοβακτήρια οδήγησε σε μεγάλο αριθμό φυματίων και αυξημένη παραγωγή. Επίσης οι επεμβάσεις με **compost** οδήγησαν σε υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης, παραγωγής και υψηλά ποσά πρωτεΐνης σε φυτά και λοβούς κοινού φασολιού.

1.2 Γενική ανασκόπηση της αλατότητας

Ως αλατότητα εδαφών ορίζεται η υπερβολική συσσώρευση διαλυτών αλάτων σε τέτοιο επίπεδο, ώστε να προκαλείται μείωση της παραγωγής των καλλιεργούμενων φυτών ή γενικότερα να εμφανίζονται προβλήματα στην ανάπτυξη των φυτών (Καλύβας, 2003). Διαλυτά άλατα, είναι ενώσεις που είναι περισσότερο διαλυτές από το γύψο ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ο οποίος έχει διαλυτότητα 0,241 gr/100 ml ενώ το γνωστό NaCl έχει διαλυτότητα 35,7 gr/100 ml (Miller & Donahue, 1995). Η αλατότητα αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα της Γεωργίας για πολυετείς και μονοετείς καλλιέργειες. Τα τελευταία χρόνια, το πρόβλημα αυτό γίνεται όλο και πιο έντονο εξαιτίας της συνεχώς αυξανόμενης εισροής ανόργανων λιπασμάτων και των αρδευόμενων εκτάσεων με κακής ποιότητας νερό. Νερό που συνήθως αντλείται από μεγάλα βάθη και είναι πλούσιο σε διαλυτά άλατα..Η ολική περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα ποικίλει από λίγα έως 5000 ppm, σε εξαιρετικές περιπτώσεις.

Ένα από τα δριμύτερα και πιο διαδεδομένα προβλήματα, που οφείλεται στην εκτεταμένη γεωργική βιομηχανία και εκμετάλλευση σε αρκετές ερημικές και ημι-ερημικές περιοχές είναι η υποβάθμιση της εδαφικής ποιότητας λόγω της αποξήρανσης και της αλατότητας. Ιδιαίτερα σε ξηροθερμικές συνθήκες νερό καλής ποιότητας είναι πηγή αλάτων για το έδαφος. Συγκεκριμένα περίπου το 40% της παγκόσμιας έκτασης αντιμετωπίζει προβλήματα λόγω της αλατότητας (Zahran, 1999). Λόγω της παγκόσμιας χρήσης της τεχνητής άρδευσης, ειδικά μέσω γεωτρήσεων και υπεράντλησης νερού από μεγάλο βάθος, μέχρι το 2050 το 50% των αρδευόμενων εκτάσεων θα είναι αλατωμένα (Wang *et al.*, 2003).

Σε περιοχές όπου η έκπλυση αλάτων δεν είναι επαρκής λόγω χαμηλής βροχοπτώσης, η αλατότητα μπορεί να αποδειχθεί περιοριστικός παράγοντας για τη φυτική παραγωγή. Υπό αυτές τις συνθήκες οι διαφορές των ειδών αλλά και οι διαφορές εντός του ίδιου είδους, όσο αφορά την αντοχή στα άλατα,

μπορούν να χρησιμοποιηθούν για βελτιστοποίηση της παραγωγής (Southey & Jooste, 1992). Δεν πρέπει όμως να παραγκωνίζονται οι καλλιεργητικές εκείνες τεχνικές που εμποδίζουν τη συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος.

Κατά τον Bernstein (1964) η αλατότητα μπορεί να ζημιώσει τα φυτά με τους εξής τρόπους:

- Με την υψηλή ωσμωτική πίεση του εδαφικού διαλύματος, σε σχέση με την ωσμωτική πίεση του ριζικού συστήματος, σε αλγεβρικές τιμές. Λόγω διαφοράς δυναμικού μεταξύ εδάφους-ρίζας, παρεμποδίζεται η πρόσληψη νερού και θρεπτικών στοιχείων από το φυτό (Levvit, 1980; Munns & Termaat, 1986; Hale & Oratt, 1987).
- Με την τοξικότητα των ιόντων νατρίου και χλωρίου. Οι υψηλές συγκεντρώσεις των ιόντων έχουν τοξική δράση στο πρωτόπλασμα των φυτικών κυττάρων και επίδραση στα ενζυμικά συστήματα (Greenway & Osmond, 1972; Ting & Osmond, 1973; Mladenova, 1990; Prat & Fathi-Ettai, 1990). Αποτέλεσμα της επίδρασης αυτής είναι η επιτάχυνση της δράσης των ενζύμων, αύξηση στην ταχύτητα των αντιδράσεων, διατάραξη του μεταβολισμού και τελικά σύνθεση και συσσώρευση τοξικών μεταβολιτών που ευθύνονται για την τοξικότητα των αλάτων.
- Με τη δημιουργία τροφopenιών, λόγω ανταγωνισμού των θρεπτικών συστατικών. Μεταξύ της απορρόφησης των ιόντων μπορεί να υπάρξει αλληλεπίδραση. Μια τέτοια αλληλεπίδραση μπορεί να είναι θετική ή αρνητική (Osmond, 1968; Mass & Neeman, 1978; Gramer *et al.*, 1990). Παράδειγμα θετικής επίδρασης είναι η αύξηση της απορρόφησης Κ με παρουσία υψηλής συγκέντρωσης Ca (Viets, 1944). Εν αντιθέσει, υψηλή συγκέντρωση Na προκαλούν έλλειψη Ca στο φυτό, με την προσθήκη συμπληρωματικού Ca να βελτιώνει την καταπόνηση Na⁺ και να εξυπηρετεί την αύξηση και την ανάπτυξη (Lahaye & Epstein, 1971; Kent & Lauchi, 1985; Akhavan-Khazarian *et al.*, 1991; Awada *et al.*, 1995). Παρόμοιοι ανταγωνισμοί αναφέρονται μεταξύ

ιόντων νατρίου και καλίου (Siegel *et al.*, 1980; Gunes *et al.*, 1996) Cl και NO₃ (Kirkby & Knight, 1977; Wehzmahn & Hahndel, 1984; Gunes *et al.*, 1996) κ.τ.λ.

Όσον αφορά στα φυτικά είδη, υπάρχει σαφής διαχωρισμός σχετικά με την αντοχή τους στην αλατότητα. Έτσι, υπάρχουν τα Αλόφυτα τα οποία διαθέτουν μηχανισμούς που εξουδετερώνουν τις αρνητικές επιδράσεις και προσαρμόζονται σε αυτές και τα Γλυκόφυτα τα οποία δεν επιβιώνουν στις υψηλές συγκεντρώσεις, ή έχουν μειωμένες αποδόσεις.

Ακόμα όμως και τα γλυκόφυτα έχουν αναπτύξει μηχανισμούς αντοχής σε μικρές συγκεντρώσεις αλατότητας. Σύμφωνα με τον Lauchli (1984) παρεμποδίζουν την απορρόφηση των αλάτων (salt exclusion) και μειώνουν το ρυθμό μεταφοράς τους από τη ρίζα προς το υπέργειο τμήμα. Αυτό όμως δεν ισχύει και σε μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων, όπου ο έλεγχος απορρόφησης δεν είναι επαρκής. Η ανεπάρκεια αυτή προκαλεί αυξημένες εσωτερικές συγκεντρώσεις και βλάβες (Drew & Dikunwin, 1985), επειδή οι μηχανισμοί διαμερισματοποίησης δεν είναι ίδιοι όπως στα αλόφυτα.

Η μειωμένη ανάπτυξη και παραγωγή μπορεί να απορρέει από επίδραση της αλατότητας στην φωτοσύνθεση και την διακίνηση και κατανομή των φωτοσυνθετικών προϊόντων, στην πρόληψη και χρησιμοποίηση των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων, στην υδατική κατάσταση του φυτού που εκφράζεται με υδατική καταπόνηση, στο μεταβολισμό ή σε πιθανό συνδυασμό των παραπάνω (Greenway & Munns, 1980). Πολλοί ερευνητές αναφέρουν πως με την αύξηση της εδαφικής αλατότητας, οι συγκεντρώσεις σε μικρο- και μακρο-στοιχεία σε υπέργεια και υπόγεια μέρη των φυτών μειώνονται. (Feng *et al.*, 2002; Al-karaki, 2006; Giri *et al.*, 2007). Η υπερβολική εναπόθεση ιόντων νατρίου και ή χλωρίου στην περιοχή του μεσόφυλλου ίσως προκαλέσει μείωση της ενζυμικής δραστηριότητας (Jennings, 1976) και αύξηση της αναπνοής. Λόγω μείωσης του μεγέθους και του ρυθμού παραγωγής των νέων φύλλων (Walker *et al.*, 1981;

Seeman & Gritchley, 1985; Munns & Termaat, 1986) μειώνεται η φωτοσυνθετική επιφάνεια που ως αντίτυπο έχει της μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας.

Στα φυτά, η αλατότητα επιδρά δραστικά στην φωτοσύνθεση (Soussi *et al.*, 2002), στο μεταβολισμό του αζώτου (Santos *et al.*, 2002), στο μεταβολισμό του άνθρακα (Balibrea *et al.*, 2003) και προκαλεί δυσλειτουργίες στη θρέψη των φυτών που συνήθως οδηγούν σε τροφοπενίες πολλών στοιχείων και σε υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων νατρίου (Mengel & Kirkby, 2001). Τέτοιες αλλαγές στη φυσιολογία έχουν ως αποτέλεσμα μειωμένη ανάπτυξη. Άμεση συνέπεια είναι η μειωμένη απόδοση σε καρπό (Singla and Garg, 2005 ; Tejera *et al.*, 2006).

Σύμφωνα με τον Kriedemann (1986) η αντίδραση των φυτών δεν είναι ίδια στην αυξημένη συγκέντρωση αλάτων αλλά ποικίλλει ανάλογα με το είδος των ιόντων και εξαρτάται από την αρχική παρεμπόδιση της απορρόφησης από τις ρίζες, την κατανομή μέσω του συστήματος μεταφοράς, τη συγκέντρωση στον αποπλάστη και το μηχανισμό ωσμωρύθμισης στους ιστούς που φωτοσυνθέτουν. Δεν πρέπει να παραλειφθούν και άλλοι εξίσου σημαντικοί παράγοντες που συνδέονται με την ανοχή των φυτών στην αλατότητα όπως το κλίμα, η γενετική και η φυσιολογία που σχετίζονται με το γενότυπο, το είδος καθώς και τη συγκέντρωση των αλάτων στο νερό άρδευσης (Νάστου, 1977).

1.2.1 Επίδραση της αλατότητας στο κοινό φασόλι

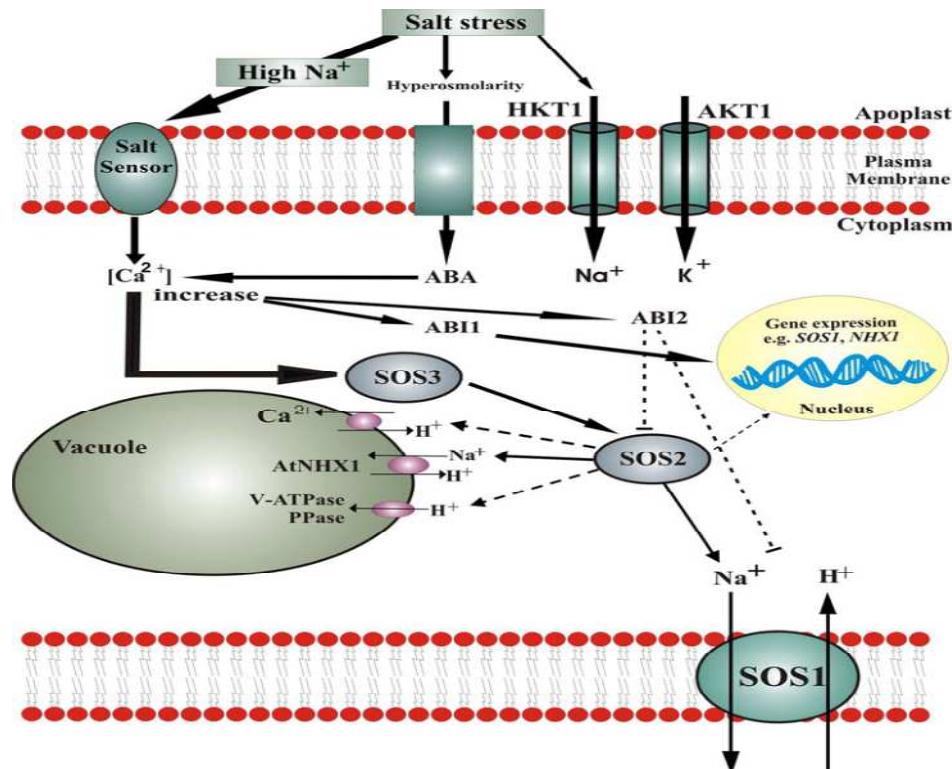
Πλήθος ερευνητών έχουν ασχοληθεί με την επίδραση της αλατότητας στην καλλιέργεια του κοινού φασολιού και καταλήγουν στο γενικό συμπέρασμα πως η αλατότητα δρα ως περιοριστικός παράγοντας στη ζωή των φυτών. Τα περισσότερα ψυχανθή είναι ευαίσθητα στην αλατότητα με το φασόλι να κατέχει μια από τις πρώτες θέσεις (Munns, 2002). Τα αρνητικά αποτελέσματα της αλατότητας αποτελούν ένα σύμπλεγμα συνδυασμένων μορφολογικών, φυσιολογικών και βιοχημικών διεργασιών στα φυτά (Singh & Chatrath, 2001).

1.2.2 Αναγνώριση και αντίδραση των φυτών στην αλατότητα

Τα φυτά αναγνωρίζουν την καταπόνηση από την αλατότητα μέσω διαφόρων σημάτων, ιοντικών και ωσμωτικών. Υπερβολική συγκέντρωση ιόντων νατρίου ανιχνεύεται από διαμεμβρανικές πρωτεΐνες ή από συγκεκριμένα ένζυμα και πρωτεΐνες εντός των κυττάρων (Zhu, 2003). Οι υπερβολικά υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων νατρίου και χλωρίου προκαλούν δομικές αλλαγές στις συγκεκριμένες πρωτεΐνες καθώς και αλλαγή στην πολικότητα των μεμβρανών που οδηγούν στην αντίληψη της ιοντικής τοξικότητας. Πειράματα σε φυτά-δείκτες *Arabidopsis* έδειξαν πως ένας πιθανός αισθητήρας της καταπόνησης από την αλατότητα είναι κάποιες κινάσες με την κωδική ονομασία ATHK1 (Urao *et al.*, 1999). Η είσοδος ιόντων νατρίου μέσω μη-συγκεκριμένων ιοντικών διόδων σε περιπτώσεις υψηλής αλατότητας, προκαλεί ταλάντευση ιόντων ασβεστίου μέσω αλλαγής πολικότητας και έτσι γίνεται αντιληπτή η καταπόνηση (Sanders *et al.*, 1999). Οι ταλαντεύσεις αυτές των ιόντων ασβεστίου λόγω της αλατότητας ρυθμίζονται μέσω ενεργειών ευαίσθητων μηχανισμών και διόδων ιόντων ασβεστίου που βρίσκονται στο πλασμαλλήμα και το ενδοπλασματικό δίκτυο (Dester & Davenport, 2003; Zhu 2000, 2003). Με τη σειρά τους τα σήματα από το μηχανισμό των ιόντων ασβεστίου ενεργοποιούν και άλλους μηχανισμούς που προκαλούν εξαγωγή των ιόντων νατρίου από το κύτταρο με ταυτόχρονη εισαγωγή ιόντων καλίου καθώς και πρωτονίων για την επαναφορά της πολικότητας και τη ρύθμιση του pH εντός του κυττάρου (Smirnov, 1993; Hernandez *et al.*, 2003; Chinnusamy *et al.*, 2005).

Όπως είναι ευκόλως αντιληπτό η πρόληψη της καταστροφής λόγω καταπόνησης από την αλατότητα καθώς και η δημιουργία επιδιορθωτικών οδών είναι αναγκαίες ενέργειες των φυτών ώστε να γλυτώσουν την καταστροφή. Για το λόγο αυτό τα φυτά προβαίνουν σε αλλαγές της βιολογίας τους όπως στην ανάπτυξη ριζικού συστήματος και στους ρυθμούς διαπνοής αλλά και στη σύνθεση και απορρόφηση ουσιών που δρουν ενάντια στην καταπόνηση όπως

διαλυτά σάκχαρα, προλίνη, βεταΐνη και πλήθος άλλων φυσικών ωσμωρυθμιστών.

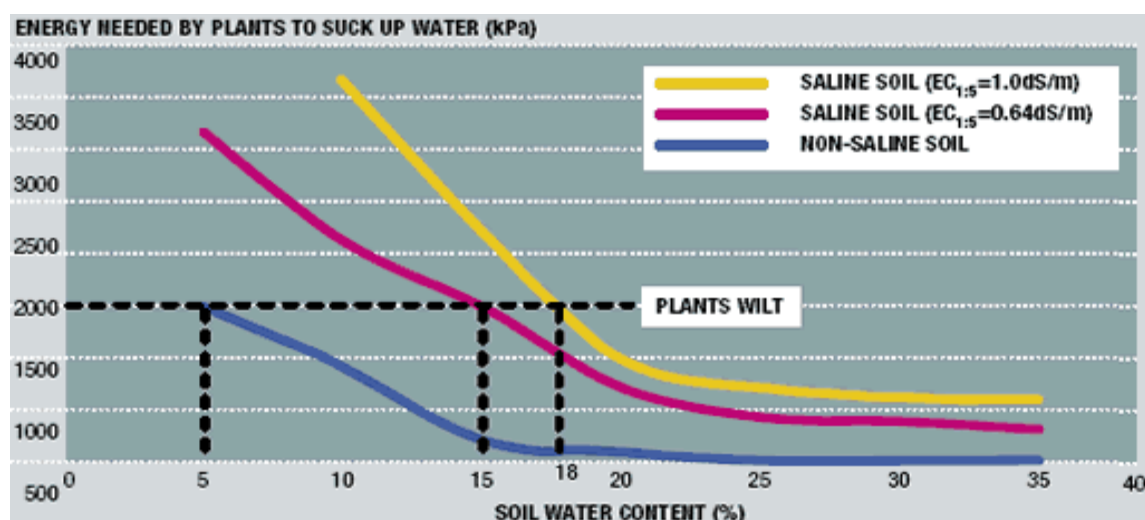


Σχήμα 1. Διαδικασία αναγνώρισης καταπόνησης από αλατότητα και οι ενέργειες προς αποφυγήν της σε ένα φυτικό κύτταρο.

1.2.3 Επίδραση στη φυσιολογία

Τα φυτά καταπονούνται λόγω δύο καταστάσεων από την υψηλή αλατότητα. Αρχικά λόγω αύξησης του ωσμωτικού δυναμικού στη ριζόσφαιρα λόγω της αυξημένης συγκέντρωσης ηλεκτρολυτών και κατά δεύτερον λόγω της τοξικότητας που προκαλείται από υψηλή συγκέντρωση ιόντων νατρίου και χλωρίου (Demir & Kocakalikan, 2002). Κατά την πρώτη περίπτωση τα διαλυμένα άλατα εμποδίζουν τα φυτά να παραλάβουν το νερό που είναι πολύτιμο για τη θρέψη και τις βιολογικές τους διεργασίες. Αυτό είναι το ωσμωτικό ή φαινόμενο ανεπάρκειας ύδατος που προκαλείται από την αλατότητα (Munns, 2005). Η υδατική ανεπάρκεια υπό συνθήκες υψηλής

αλατότητας προκαλείται από τη μείωση του υδατικού δυναμικού στο εδαφικό διάλυμα.



Διάγραμμα 1. Απεικόνιση της απαιτούμενης ενέργειας (kPa) προς απορρόφηση νερού συναρτήσει της εδαφικής υδατικής περιεκτικότητας (%) σε τρεις διαφορετικές τιμές εδαφικής αλατότητας (dS m^{-1}). Φαίνεται ξεκάθαρα το σημείο μόνιμης μάρανσης των φυτών.

Σαν αποτέλεσμα η πίεση σπαργής των κυττάρων μειώνεται και αφού η πίεση σπαργής συσχετίζεται άμεσα με την ανάπτυξη των κυττάρων εξάγεται το συμπέρασμα ότι ο λόγος της μειωμένης ανάπτυξης των φυτών λόγω υψηλής αλατότητας έγκειται στη μειωμένη πίεση σπαργής των κυττάρων (Greenway & Munns, 1980). Επίσης τα διαλυμένα άλατα μπορεί να εισέλθουν στο διαπνευστικό ρεύμα των φυτών και να τραυματίσουν τα φυτικά κύτταρα και να μειώσουν την ανάπτυξη περαιτέρω. Αυτή η επίδραση της αλατότητας είναι γνωστή ως υπέρμετρη συσσώρευση αλάτων (Munns, 2005), η οποία είναι μια αρκετά χρονοβόρα διαδικασία (Munns & Termaat, 1986). Η υψηλή συγκέντρωση αλάτων οδηγεί σε τοξικά φαινόμενα εντός των κυτταρικών διαμερισμάτων (Greenway & Munns, 1980). Η ανάπτυξη των φυτών επίσης επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση των ιόντων νατρίου και χλωρίου με άλλα μεταλλικά στοιχεία προκαλώντας διαταραχή της θρεπτικής ισορροπίας, της απορρόφησης ή/και της διακίνησης των θρεπτικών στοιχείων εντός των φυτών (Greenway & Munns, 1980; Grattan & Grieve, 1992).

Εκτός από την ταχέως αυξανόμενη υδατική καταπόνηση, η αύξηση της αλατότητας οδηγεί και σε τοξική συσσώρευση ιόντων όπως χλωρίου και συγκεκριμένα ιόντων νατρίου στα κύτταρα. Η δυσανάλογη αυτή ενδό- και εξώ-κυτταρική συσσώρευση των συγκεκριμένων ιόντων έχει αρνητικό αντίκτυπο στην απόκτηση απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων όπως ιόντων καλίου και ασβεστίου. Τα ψυχανθή σε γενικές γραμμές αντιδρούν και αντιστέκονται στην αλατότητα αποκλείοντας τα ιόντα νατρίου από τα φύλλα τους. Συγκεκριμένα η αντοχή των γλυκοφύτων στην αλατότητα σχετίζεται με την ικανότητα τους να αποφεύγουν να συσσωρεύουν μονοσθενή κατιόντα στα φύλλα τους (Lauchli, 1984; Lauter *et al.*, 1988). Οι Francois *et al.*, (1990) ανακάλυψαν πως η εξωτερική αύξηση της αλατότητας αύξησε τις συγκεντρώσεις ιόντων νατρίου, χλωρίου και ασβεστίου στα φύλλα κοινού φασολιού ενώ παράλληλα μείωσε τις συγκεντρώσεις των ιόντων μαγνησίου, καλίου και φωσφόρου σημαντικά. Οι Cordovilla *et al.*, (1995 a, b) σε πειράματα που εκτέλεσαν σε τέσσερα καρποδοτικά ψυχανθή, φάβα (*Vicia faba* L.), μπιζέλι (*Pisum sativum* L.), σόγια (*Glycine max* L.), κοινό φασόλι (*Phaseolus vulgaris* L.) μελέτησαν την επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη και στην εναπόθεση θρεπτικών στοιχείων και παρατήρησαν υψηλότερες συγκεντρώσεις ιόντων καλίου στη ρίζα συγκριτικά με το υπέργειο τμήμα καθώς και υψηλότερες συγκεντρώσεις νατρίου τόσο στο υπέργειο όσο και στο υπόγειο μέρος του φυτού. Οι Mamo *et al.*, (1996) σε πείραμα με επίπεδα αλατότητας από 0 έως 8 mS m⁻¹, ανακάλυψαν πενταπλάσια συγκέντρωση ιόντων νατρίου συγκριτικά με αυτή του χλωρίου με παράλληλη μείωση της συγκέντρωσης καλίου σε υψηλό βαθμό. Σπόροι κοινού φασολιού που βλάστησαν παρουσία άλατος χλωριούχου νατρίου παρουσίασαν μειωμένη συγκέντρωση καλίου και αυξημένη συγκέντρωση νατρίου που ταυτόχρονα οδήγησε σε καχεκτική βλάστηση και μειωμένη παραγωγή καρπού σε όλες τις δοκιμαζόμενες ποικιλίες (Sekeroglu *et al.*, 1999).

1.2.4 Επίδραση στην ανάπτυξη και την παραγωγή

Μορφολογικά το συνηθισμένο σύμπτωμα της δράσης της αλατότητας είναι η καθυστερημένη ανάπτυξη που οφείλεται στην ανάσχεση επιμήκυνσης των κυττάρων (Nieman, 1965). Σύμφωνα με τους Okusanya & Ungar (1984) οι ρίζες είναι το πιο ευαίσθητο όργανο στις επιπτώσεις της αλατότητας. Με αυτή τη θέση συμφωνούν και οι Elsheikh & Wood (1990) όπου αναφέρουν σημαντική μείωση του ξηρού βάρους και στη ρίζα και στο υπέργειο τμήμα των φυτών κοινού φασολιού. Οι Delgado *et al.*, (1994) και Cordovilla *et al.*, (1995) σύγκριναν τις επιδράσεις σε ανάπτυξη και παραγωγικότητα σε κοινό φασόλι και παρατήρησαν ισχυρή αρνητική συσχέτιση.

Σύμφωνα με τους Zurayk *et al.*, (1998) σημαντικές αλλαγές παρατηρήθηκαν στο ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος φυτών κοινού φασολιού κατά την εφαρμογή διαλυμάτων χλωριούχου νατρίου ως πειραματική επέμβαση. Επίσης αποκλίσεις από την κανονική ανάπτυξη και μειωμένη παραγωγή παρατήρησαν οι Feri *et al.*, (2000) και οι Sibole *et al.*, (2000) στην καλλιέργεια κοινού φασολιού. Σε άλλα πειράματα που διεξήχθησαν υπό την καταπόνηση της αλατότητας μειώσεις παρατηρήθηκαν στο ξηρό βάρος όλων των οργάνων αλλά δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές (Soussi *et al.*, 2001).

Ανάμεσα στη ρίζα και το υπέργειο μέρος, από πληθώρα πειραμάτων που έχουν διεξαχθεί, φαίνεται πως το υπέργειο τμήμα υποφέρει και επηρεάζεται περισσότερο από την αλατότητα. Η επέμβαση της αλατότητας μείωσε το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος περισσότερο από αυτό της ρίζας, αύξησε το λόγο ρίζα/υπέργειο τμήμα, μείωσε τη φυλλική επιφάνεια και μείωσε το σχετικό ρυθμό ανάπτυξης σε δυο καλλιεργούμενες ποικιλίες κοινού φασολιού (Jimenez *et al.*, 2003)

1.2.5 Επίδραση στην αζωτοδέσμευση και το σχηματισμό φυματίων

Η ύπαρξη ζωής στον πλανήτη μας σχετίζεται άμεσα με δύο διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στον κόσμο των φυτών. Αυτές είναι, αρχικά, η φωτοσύνθεση και κατά δεύτερον η αζωτοδέσμευση που τελείται στα φυμάτια του ριζικού συστήματος των ψυχανθών. Η υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος επηρεάζει την αζωτοδέσμευση (Jasandura *et al.*, 1998) μειώνοντας το σχηματισμό και το ξηρό βάρος των φυματίων καθώς και την ποσότητα του δεσμευόμενου αζώτου. Η παρεμπόδιση του σχηματισμού φυματίων οφείλεται κυρίως στη μείωση του αριθμού και της πλάγιας ανάπτυξης των ριζικών τριχιδίων λόγω της αλατότητας (Tu, 1981). Σε αλατούχα εδάφη η μείωση της παραγωγικότητας οφείλεται σε έλλειψη επιτυχούς συμβίωσης με τα αντίστοιχα βακτήρια (Hafeez *et al.*, 1988). Ακόμα και φυτά εμβολιασμένα με στελέχη βακτηρίων και αφού υποβλήθηκαν σε πότισμα με υψηλή αλατότητα παρουσίασαν μειωμένο αριθμό φυματίων ανά φυτό και παράλληλα μειωμένο βάρος φυματίων (Elsheikh & Wood, 1990). Παρόμοιες μελέτες απέδειξαν πως η αζωτοδέσμευση και ο σχηματισμός φυματίων είναι πιο ευαίσθητος από την ανάπτυξη των φυτών. Στα αλατούχα εδάφη η έλλειψη ορισμένων μικροστοιχείων και συγκεκριμένα σιδήρου μειώνει το σχηματισμό φυματίων μέσω της μείωσης των επιπέδων της νιτρογενάσης και της λεγκ-αιμογλοβίνης (Tang *et al.*, 1990; Delgado *et al.*, 1993) οδηγώντας στο μειωμένο αριθμό φυματίων.

1.2.6 Μυκόρριζα και αλατότητα

Η συμβιωτική δράση των ειδών μυκόρριζας είναι γνωστή για την αποτελεσματικότητά τους στην πρόσληψη φωσφόρου και στην αύξηση της εισροής φωσφόρου στα φυτά (Sanders & Tinker, 1971; Jakobsen, 1986).

Οι υφές της μυκόρριζας υπάρχουν και στη ρίζα-ξενιστή (εσωτερικό μυκήλιο) και έξω από αυτό (έξωτερικό μυκήλιο). Ποσοτικοποίηση της αποικίας των μυκήτων στη ρίζα γίνεται πολύ απλά με τη χρήση βιοχημικών (Hepper 1977; Bethlenfalvay & Ames, 1987; Olsson *et al.*, 1997) ή μικροσκοπιών (Philips & Hayman, 1970) τεχνικών, και η τελευταία μπορεί να συνδυαστεί με μορφομετρικές μεθόδους που αυξάνουν την ανάλυση των μετρήσεων (Toth & Toth, 1982; Toth *et al.*, 1991). Το λινάρι, συνήθως, παρασιτίζεται ισχυρά από AM μύκητες (Dugassa *et al.*, 1996) και εξαρτάται από αυτούς ως πηγή P σε χαμηλά ως μέτρια επίπεδα διαθεσιμότητας φωσφόρου (Dickson, 2003; Thompson, 1996; Thingstrup *et al.*, 1998).

Τα είδη της μυκόρριζας είναι πιθανότατα οι πιο άφθονοι μύκητες στα καλλιεργούμενα εδάφη, υπολογίζονται περίπου μεταξύ 5 έως 50% της βιομάζας των εδαφικών μικροβίων (Μπιλάλης *et al.*, 2008; Olsson *et al.*, 1999). Η ικανότητα των ειδών της μυκόρριζας να ενισχύουν την πρόσληψη του φυτού ξενιστή σε δυσκίνητα θρεπτικά στοιχεία, συγκεκριμένα σε P και Zn (Bilalis *et al.*, 2008; Thompson, 1987), και την ανάγκη τους, έως και 20%, της φωτοσύνθεσης των ξενιστών για εγκατάσταση και διατηρησιμότητα είναι δεκτά (Bilalis *et al.*, 2009; Graham, 2000; Jakobsen & Rosendahl, 1990). Ο αποικισμός με είδη μυκόρριζας μπορεί επίσης να προστατεύει τις ρίζες των φυτών από συγκεκριμένα παθογόνα και να βελτιώνει τις υδατικές σχέσεις, ιδιαίτερα κάτω από συνθήκες περιορισμού θρεπτικών στοιχείων και αβιοτικών καταπονήσεων (Graham, 2001; Sánchez-Díaz & Honrubia, 1994).

Η μυκόρριζα αποτελεί μια άμυνα των φυτών έναντι στις αβιοτικές καταπονήσεις. Η συνεισφορά της έχει μελετηθεί σχετικά με τη σημασία της στις επιπτώσεις της αλατότητας στη βιολογία των φυτών. Ο Al-Karaki (2006) έδειξε πως η περιεκτικότητα βλαστών τομάτας σε βασικά ιόντα P, K, Zn, Cu, Fe ήταν μεγαλύτερη σε φυτά με μυκόρριζα παρά σε φυτά χωρίς. Σε αντίθεση με τη συγκέντρωση ιόντων νατρίου, η οποία ήταν χαμηλότερη σε φυτά με μυκόρριζα και μεγαλύτερη στα αντίστοιχα χωρίς. Οι Feng *et al.*, (2002)

αναφέρουν πως τα αποικισμένα με AM φυτά παρουσίασαν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ηλεκτρολυτών στη ρίζα και μικρότερη “ διαρροή” τους από τη ρίζα υπό τη χορήγηση χλωριούχου νατρίου. Οι Sannazzaro *et al.*, (2006) έδειξαν ότι τα αποικισμένα φυτά (AM) παρουσίασαν υψηλότερες τιμές στην καθαρή ανάπτυξη, συγκέντρωση πρωτεϊνών και στα ποσοστά υπέργειο/ρίζα και K^+ / Na^+ . Οι Coperman *et al.*, (1996) ανέφεραν πως ο αποικισμός με AMF, φυτών τομάτας, προώθησε την ανάπτυξη των φυτών μέσω βελτίωσης της θρέψης τους και παραγωγής ωσμωρυθμιστών σε αλατούχα εδάφη. Ο εμβολιασμός/ αποικισμός φυτών μπανάνας με συγκεκριμένο είδος AMF (*Glomus isolates*) μείωσε την καταπόνηση που επήλθε από την εδαφική αλατότητα (Yano-Melo *et al.*, 2003).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Γενικά

Για τη μελέτη του θέματος εγκαταστάθηκε πειραματικός αγρός στην περιοχή Ερμίτσα, ευρύτερη περιοχή του Αγρινίου στη Δυτική Ελλάδα ($38^{\circ}35'15.41''\text{N}$, $21^{\circ}25'38.47''\text{E}$), σε χωράφι το οποίο δέχεται διαχείριση ως βιολογικός αγρός από το 2003. Καλλιεργήθηκε το ψυχανθές βίκος (*Vicia sativa*), ως ενδιάμεση καλλιέργεια για χλωρή λίπανση, κατά τη χρονική περίοδο Νοεμβρίου 2011 έως Μάιο 2011. Στη συνέχεια ακολούθησε η καλλιέργεια του φασολιού, ως κύρια καλλιέργεια, κατά την χρονική περίοδο Μαΐου 2011 έως Αύγουστο 2011.

2.2 Πειραματικό σχέδιο

Ακολουθήθηκε το πειραματικό σχέδιο των υποδιαιρεμένων τεμαχίων (split-plot design), με 4 επαναλήψεις, 2 κύρια τεμάχια και 2 υποτεμάχια. Ο κύριος παράγοντας ήταν το σύστημα καλλιέργειας και δευτερέων παράγοντας ήταν η αλατότητα.

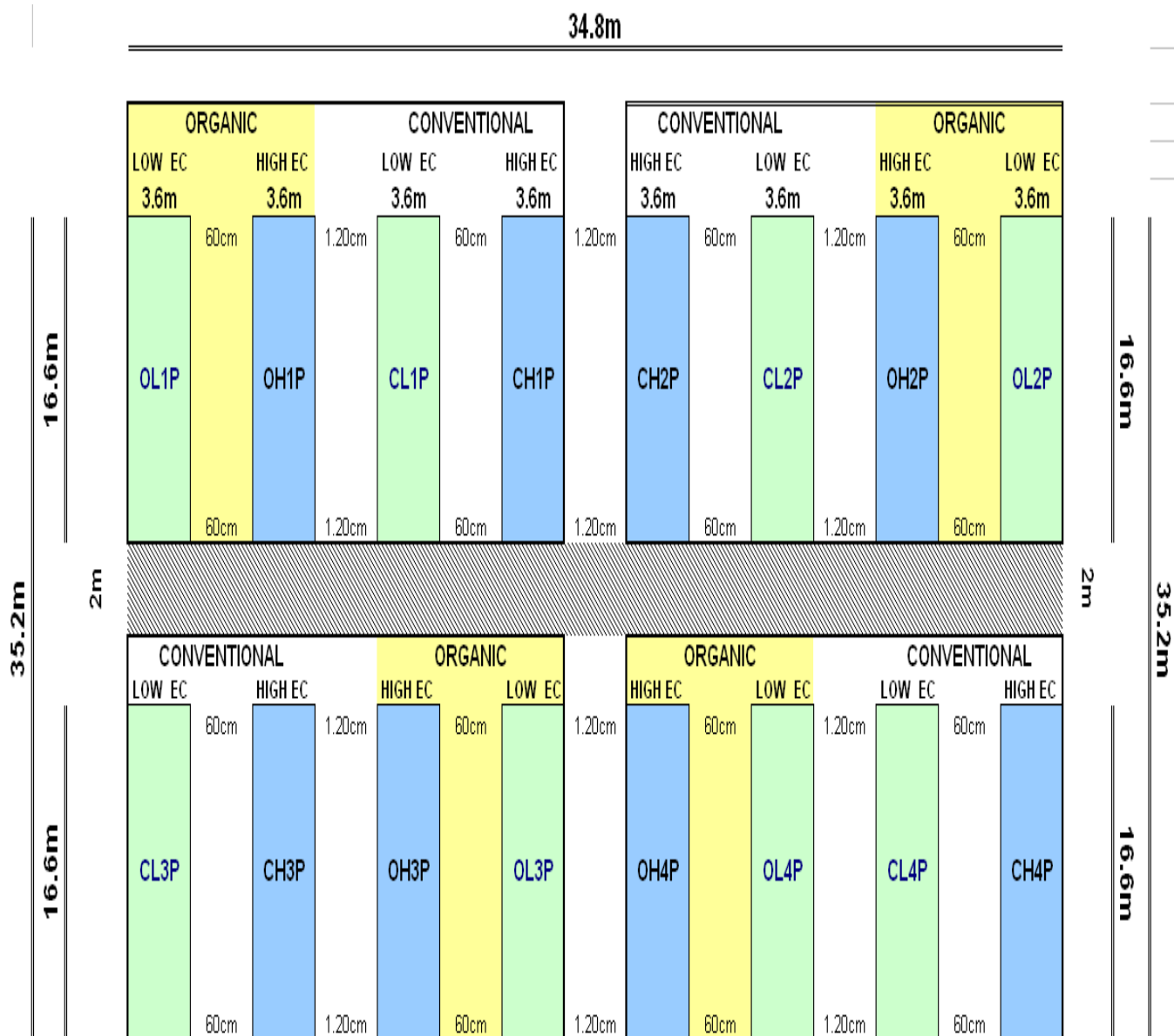
Ο κύριος παράγοντας αποτελούνταν από 2 επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο, όπου το σύστημα καλλιέργειας ήταν το βιολογικό, το λίπασμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το “ Βασιλόπουλος compost, M-80” με περιεκτικότητα σε N 1,5%. Επίσης οι σπόροι πριν τη σπορά εμβαπτιζόνταν σε σκεύασμα για μισή ώρα το οποίο περιείχε πληθυσμούς αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων με το εμπορικό όνομα “Azoriz”. Στο δεύτερο επίπεδο όπου το σύστημα καλλιέργειας ήταν το συμβατικό, χρησιμοποιήθηκε συμβατικό λίπασμα 11-15-15. Χρησιμοποιήθηκαν 15 kg/τεμάχιο για τα βιολογικά, κύρια τεμάχια και 6,5 kg/τεμάχιο για τα συμβατικά κύρια τεμάχια αντίστοιχα.



Εικόνα 1. Ετικέτα σκευάσματος αζωτοβακτηρίων.

Ο δευτερεύων παράγοντας αποτελούνταν και αυτός από 2 επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο, της χαμηλής αλατότητας (**Low salinity level**) τα φυτά δέχονταν αρδευτικό νερό από γεώτρηση, το οποίο χαρακτηριζόταν από αλατότητα 0.757 dS m^{-1} . Στο δεύτερο επίπεδο, της υψηλής αλατότητας (**High salinity level**) τα φυτά δέχονταν αρδευτικό νερό από δεξαμενή χωρητικότητας 300 λίτρων στην οποία συντίθεντο διάλυμα αλατότητας $1,91 \text{ dS m}^{-1}$ και αφού αναμιγνύονταν με το αρδευτικό νερό προς το τελικό διάλυμα, μέσω διάταξης σωληνώσεων κατέληγε στα φυτά.

Ο αριθμός των κύριων τεμαχίων ήταν 8 και των υπό-τεμαχίων 16. Κάθε υποτεμάχιο είχε εμβαδό $59,76 \text{ m}^2$. Η συνολική επιφάνεια του πειραματικού αγρού ήταν $1115,40 \text{ m}^2$ (Σχήμα 2).



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

C: Conventional (Συμβατικό)

O: Organic (Βιολογικό)

P: Phaseolus (Φασόλι)

H: High (Υψηλή αλατότητα)

L: Low (Χαμηλή αλατότητα)

Σχήμα 2. Διάταξη πειραματικού αγρού.

2.2.1 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα υποδιαιρεμένων τεμαχίων

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του πειράματος των υποδιαιρεμένων πειραματικών τεμαχίων έγκειται στην ευχέρεια, την οποία παρέχει στον ερευνητή να συμπεριλάβει στο πείραμά του παράγοντες, των οποίων τα επίπεδα για τεχνικούς ή άλλους λόγους απαιτούν μεγάλου μεγέθους πειραματικές μονάδες σε σύγκριση προς τα επίπεδα των άλλων παραγόντων του πειράματος. Στα πειράματα αυτά, το αποτέλεσμα του παράγοντα των κυρίων τεμαχίων εκτιμάται με μικρότερη ακρίβεια, ενώ αντιθέτως το αποτέλεσμα του παράγοντα των υποτεμαχίων και της αλληλεπίδρασης των παραγόντων εκτιμάται με μεγαλύτερη ακρίβεια. Η ανάλυση γίνεται περισσότερο πολύπλοκη όταν λείπουν ορισμένα πειραματικά δεδομένα.

2.3 Χαρακτηριστικά του αγρού

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Το έδαφος του πειραματικού αγρού, κατόπιν αναλύσεως, χαρακτηρίζεται σαν αργιλλοπηλώδες (CL) σύμφωνα με την παρακάτω ανάλυση:

Άμμος	13.9%
Ιλύς	61.2%
Άργιλος	24.9%
Οργανικά ουσία	1.45%
EC (Ηλεκτρική αγωγιμότητα)	0.63 mS cm⁻¹
pH (1:1 H₂O)	7.4
Ολικό άζωτο	0.152%
P (κατά Olsen)	175 ppm
K⁺	632 ppm

2.4 Ενέργειες εδαφοκατεργασίας

Έγιναν δύο ειδών κατεργασίες στον πειραματικό αγρό. Κατά την πρώτη χρησιμοποιήθηκε άροτρο και στη συνέχεια φρέζα για τη δημιουργία κατάλληλης σποροκλίνης για τη σπορά του βίκου. Κατά τη δεύτερη χρησιμοποιήθηκε μόνο φρέζα για την καταστροφή και ενσωμάτωση του βίκου και τη σπορά του φασολιού στη συνέχεια.

Για τη χλωρή λίπανση οι κατεργασίες έγιναν στις 10 Νοεμβρίου 2011, ενώ για το φασόλι στις 10 και 30 Απριλίου 2011.

Η χάραξη των γραμμών σποράς έγινε με γραμμοχαράκτη. Η απόσταση μεταξύ των γραμμών ήταν 30 cm. Η σπορά έγινε με τα χέρια για μεγαλύτερη ακρίβεια και σε κάθε περίπτωση.



Εικόνα2. Γραμμοχαράκτης

2.5 Φυτικό υλικό

Καλλιεργήθηκε το ψυχανθές ως χλωρή λίπανση:

- Βίκος (*Vicia sativa*), ποικιλία Αλέξανδρος

Ο πειραματικός αγρός σπάρθηκε στις 10 Νοεμβρίου 2011. Σε κάθε υποτεμάχιο σπάρθηκαν 7 γραμμές (απόσταση γραμμών 30 cm). Το φύτερωμα του βίκου ολοκληρώθηκε στις 2 Φεβρουαρίου 2011.

Η ενσωμάτωση του βίκου έγινε στις 24 Απριλίου 2011. Στη συνέχεια, καλλιεργήθηκε το φασόλι (*Phaseolus vulgaris* cv. Contender). Η σπορά έγινε στις 30 Απριλίου 2011. Σε κάθε υποτεμάχιο σπάρθηκαν 7 γραμμές (απόσταση γραμμών 30 cm).

2.6 Καλλιεργητικές εργασίες

Μετά τη σπορά του φασολιού και κατά τη διάρκεια όλης της περιόδου μέχρι την ωρίμανση του, έγιναν 14 ποτίσματα. Το σύστημα άρδευσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν με τη μέθοδο στάγδην. Σε τακτά χρονικά διαστήματα διενεργούνταν σκαλίσματα και βοτανίσματα για να περιορισθεί ο αριθμός των ζιζανίων.

2.7 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ □ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

2.7.1 Υπέργειο τμήμα

Πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις. Η πρώτη μέτρηση έγινε 45 ΗΜΣ (ημέρες μετά τη σπορά), η δεύτερη 65 ΗΜΣ και η τρίτη 81 ΗΜΣ.

Σε κάθε μέτρηση πραγματοποιήθηκαν οι εξής επιμέρους μετρήσεις:

- **ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ:** Κοπή 6 φυτών/υποτεμάχιο.
- **ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ:** Τα 6 φυτά τοποθετούνταν σε κλίβανο σε θερμοκρασία 64° C για 24 ώρες. Στη συνέχεια ζυγίζονταν σε ζυγαριά ακριβείας για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους.

- **ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΟΒΩΝ:** 6 φυτά ανά υποτεμάχιο σημάνθηκαν και οι λοβοί τους συγκομίζονταν και στη συνέχεια καταμετρούνταν.
- **ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΛΟΒΩΝ:** 6 φυτά ανά υποτεμάχιο σημάνθηκαν και οι λοβοί τους συγκομίζονταν και στη συνέχεια ζυγίζονταν.
- **ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΛΟΒΩΝ:** Οι συγκομισμένοι λοβοί τοποθετούνταν σε ειδικό κλίβανο σε θερμοκρασία 64° C για 24 ώρες. Στη συνέχεια ζυγίζονταν σε ζυγαριά ακριβείας για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους τους.
- **ΞΗΡΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΛΟΒΩΝ:** Ο λόγος Ξηρού προς Νωπό βάρος για το δείγμα των λοβών.
- **ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΑΚΧΑΡΩΝ ΛΟΒΩΝ:** Ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

Ποσοτικός προσδιορισμός αμύλου

Ως αρχικός ιστός χρησιμοποιήθηκαν 500 mg νωπού ιστού λοβού φασολιού. Οι συσκευές και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν στην διαδικασία είναι:

1. Vortex,
2. Falcons Greiner 15ml,
3. Φυγόκεντρος (SIGMA 3-16K),
4. Υδατόλουτρο,
5. Φασματοφωτόμετρο Perkin-Elmer Lambda 1A,
6. pHμετρο.

Τα αντίστοιχα αντιδραστήρια είναι:

- **80% αιθυλική αλκοόλη** => σε 100 ml δ/τος 80ml αιθυλική αλκοόλη 100% + 20ml απιονισμένο νερό (dH₂O)
- **0.5 N NaOH** => σε 100 ml dH₂O διαλύονται 2gr NaOH
- **1N NaOH** => 250ml dH₂O + 10gr NaOH
- **2M CH₃COOH** => 28.5 ml CH₃COOH + 221.5 ml dH₂O
- **0.2M CH₃COOH** => 10ml από το δ/μα των 2M διαλύονται σε ογκομετρική φιάλη των 100ml
- **0.2M CH₃COONa** => 4.1gr άνυδρου CH₃COONa διαλύονται σε 250ml dH₂O

- **Οξικό buffer** => για 100ml buffer αναμιγνύονται 43ml 0.2M CH_3COONa και 57ml 0.2M CH_3COOH
- **Ένζυμο αμυλογλυκοζιδάσης (A7420 Sigma)** => 1.0-1.5mg ενζύμου διαλύονται σε 10ml sodium acetate buffer σε pH 4.5
- **Ένζυμο οξειδάσης GOD-POD (Biosis):** σε ένα φιαλίδιο ρυθμιστικού δ/τος (R_1) διαλύεται ένα φιαλίδιο ενζύμου (R_{1a})

Εκτελείται η διαδικασία της εκχύλισης η οποία χωρίζεται σε 5 βασικά στάδια έως ότου καταλήξουμε στη διάσπαση του αμύλου και στον τελικό προσδιορισμό των σακχάρων. Τα στάδια αυτά έχουν ως εξής:

A. Έκπλυση των διαλυτών σακχάρων

Το στερεό υπόλειμμα (**pellet**) που παρέμεινε στους αρχικούς σωλήνες μετά την εκχύλιση των δ/των σακχάρων ξεπλένεται 3 φορές με 3ml 80% αλκοόλης κάθε φορά και μια ακόμα φορά με 5ml αλκοόλη. Η διαδικασία συνοπτικά έχει ως εξής:

1. Προσθήκη 3ml 80% αλκοόλης στο **pellet**
2. Καλή ανάδευση (**vortex**)
3. Τοποθέτηση σε υδατόλουτρο στους 65°C για 20min
4. Φυγοκέντρηση σε νωπό δείγμα 5500 gr για 10min)
5. Απομάκρυνση του υπερκείμενου υγρού

B. Ζελατινοποίηση

- Στο **pellet** μετά τα ξεπλύματα προστίθεται 8ml δ/τος NaOH 0,5N
- Καλή ανάδευση
- Τα **falcons** αφήνονται σε ηρεμία σε θερμοκρασία δωματίου για 20min για τη ζελατινοποίηση του αμύλου

C. Προετοιμασία των standards αμύλου

D. Εξουδετέρωση του NaOH

- Στα δείγματα που έχουμε ετοιμάσει και στα **standards** προστίθενται 0,55ml CH_3COOH (2M) ανά ml NaOH (0.5N) που έχει προστεθεί στο στάδιο B
- Ακολουθεί φυγοκέντρηση
- Από το υπερκείμενο υγρό παίρνουμε 1ml και τοποθετούμε σε νέα **falcons**

E. Διάσπαση του αμύλου σε γλυκόζη

- Προσθήκη ενζύμου αμυλογλυκοζιδάσης:

Στα **falcons** με το 1ml από το δ/μα του αμύλου προσθέτουμε 1ml δ/τος αμυλογλυκοζιδάσης, συνεχίζεται επώαση σε υδατόλουτρο σε θερμοκρασία 55°C για μια ώρα.

- Εξουδετέρωση:

Προσθήκη 0,4ml δ/τος NaOH

- Αποχρωματισμός

Προσδιορισμός γλυκόζης από τη διάσπαση αμύλου

- Προετοιμασία αντιδραστηρίου GOD-POD (Biosis)
- Blank του φασματοφωτόμετρου
- Κατασκευή καμπύλης αναφοράς συγκέντρωσης αμύλου.

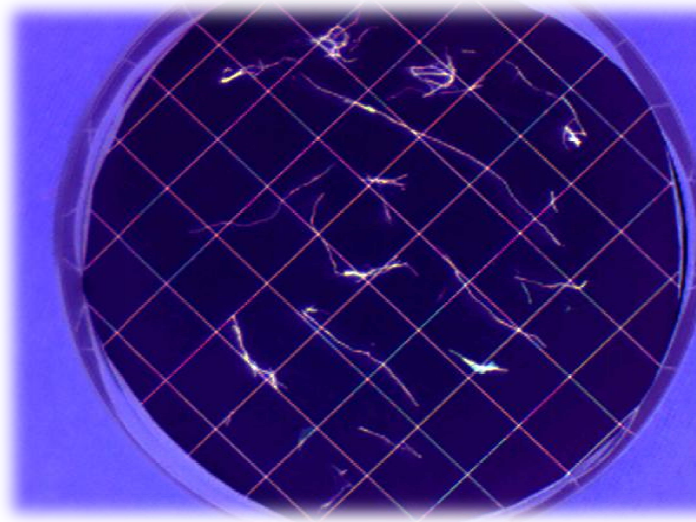
2.7.2 Ριζικό σύστημα

Πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις. Η πρώτη στις 15 Ιουνίου 2011 (45 ημέρες από τη σπορά) και η δεύτερη στις 5 Ιουλίου 2011 (65 ημέρες από τη σπορά) και η τρίτη στις 21 Ιουλίου 2011 (81 ημέρες από τη σπορά). Η δειγματοληψία ήταν τυχαία. Με σιδερένιο κύλινδρο όγκου 100 cm³ εξάγονταν αδιατάρακτα δείγματα εδάφους με ριζικό σύστημα σε 6 σημεία από το κάθε υποτεμάχιο. Στη συνέχεια προστέθηκε νερό με πολυμεταφωσφορικό Νάτριο για να πραγματοποιηθεί η διασπορά των κολλοειδών του εδάφους, έτσι ώστε να είναι εύκολη η εξαγωγή των ριζών. Τέλος το δείγμα του εδάφους το περνούσαμε από 2 κόσκινα διαφορετικής διαμέτρου, στα οποία συγκρατούνταν οι ρίζες, οι οποίες εξάγονταν με λαβίδες.

- **ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ:** Πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις. Οι ρίζες στραγγίζονταν σε διηθητικό χαρτί και στην συνέχεια γίνονταν η μέτρηση του ξηρού βάρους στην ζυγαριά ακριβείας.
- **ΜΗΚΟΣ ΡΙΖΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΕΣΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΡΙΖΩΝ:** Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια προγράμματος στον Η/Υ (Delta –T Scan version 2.04; Delta –T Devices Ltd, Burwell, Cambridge, UK), αφού προηγουμένως πραγματοποιήθηκε σάρωση των ριζών με σαρωτή.
- **ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΜΑΤΙΩΝ:** Πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις φυματίων, τις 3 ημερομηνίες μέτρησης του υπέργειου τμήματος, όπου

με τη χρήση μεγεθυντικού φακού μετρήθηκε ο αριθμός των φυματίων κάθε δείγματος, μακροσκοπικά.

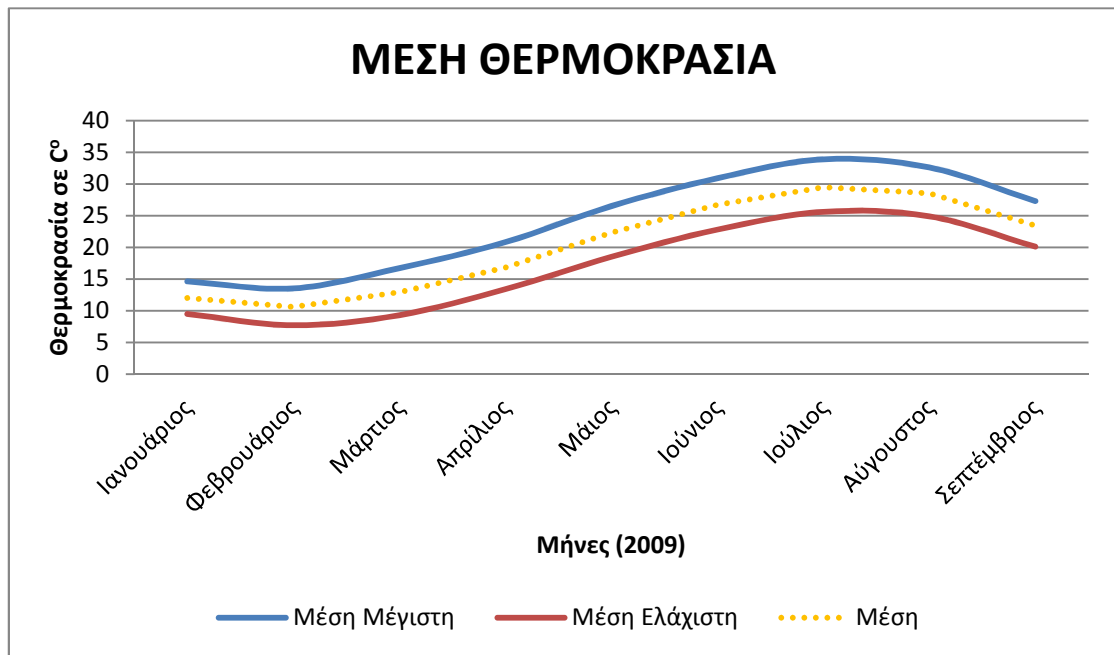
- **ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΥΚΟΡΙΖΑΣ:** Ένα δείγμα από τις ρίζες δέχθηκε χρώση με trypan blue σε λακτοφενόλη, σύμφωνα με τη μέθοδο των Phillips & Hayman (1970) και υπολογίστηκε το ποσοστό αποικισμού της ρίζας με στερεοσκόπιο και τη βοήθεια του προγράμματος Motic Image Plus 2.0 (2009)(Giovannetti & Mosse, 1980).



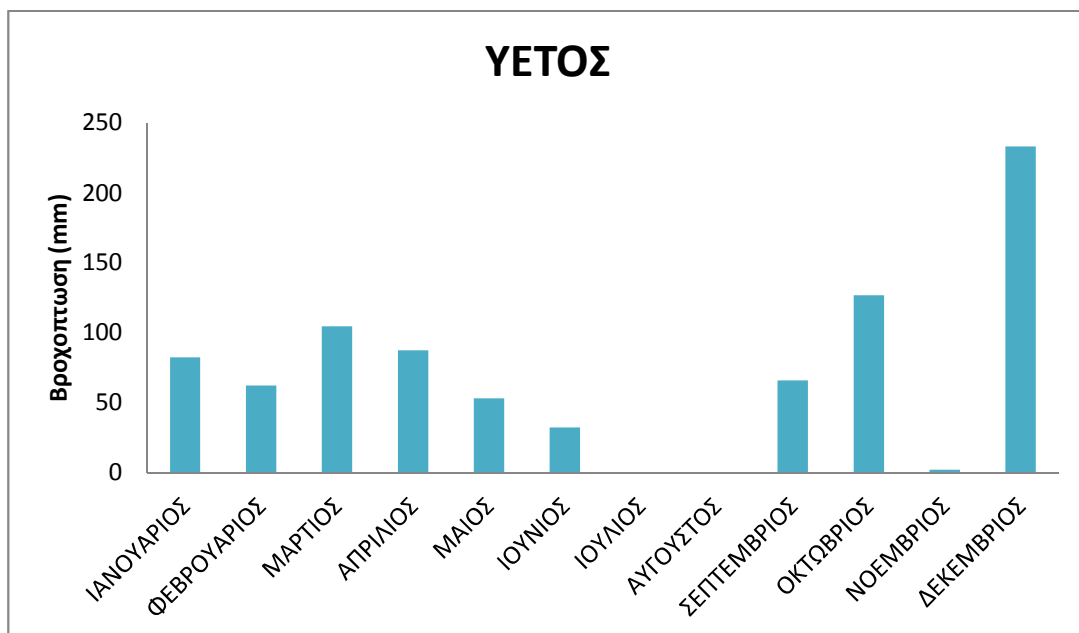
Εικόνα 3. Φωτογραφία που λήφθηκε από τη συσκευή Motic Image Plus 2.0 για να μετρηθεί και να υπολογιστεί το ποσοστό αποικισμού της μυκόρριζας

2.8 Μετεωρολογικές παρατηρήσεις

Παρουσιάζονται η διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας και η κατανομή της βροχόπτωσης κατά το χρονικό διάστημα Ιανουαρίου – Δεκεμβρίου 2011 (Διαγράμματα 2 και 3).



Διάγραμμα 1. Η διακύμανση της θερμοκρασίας (μέγιστη-μέση-ελάχιστη) για την χρονική περίοδο πραγματοποίησης του πειράματος (Πηγή: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία).



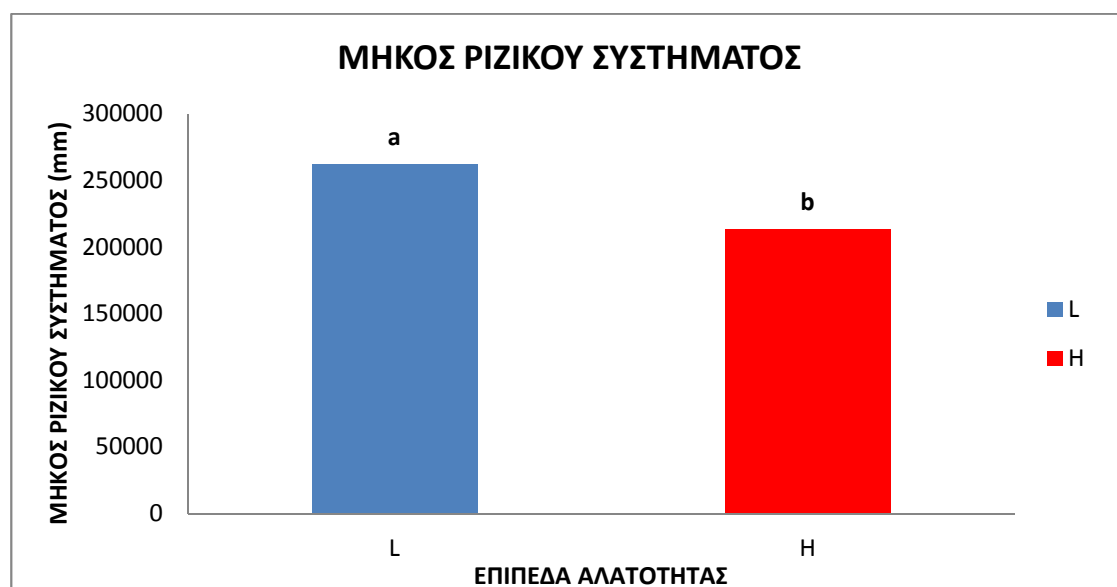
Διάγραμμα 2. Η διακύμανση της βροχόπτωσης για την χρονική περίοδο πραγματοποίησης του πειράματος (Πηγή: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΡΙΖΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

3.1.1 Μήκος ριζικού συστήματος

Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των επιπέδων του υπό-παράγοντα (αλατότητα) (διάγραμμα 4) με το μέσο μήκος του ριζικού συστήματος των φυτών του χαμηλού επιπέδου (26262 mm) να υπερέχει έναντι του μέσου μήκους του ριζικού συστήματος των φυτών του υψηλού επιπέδου (21362 mm).



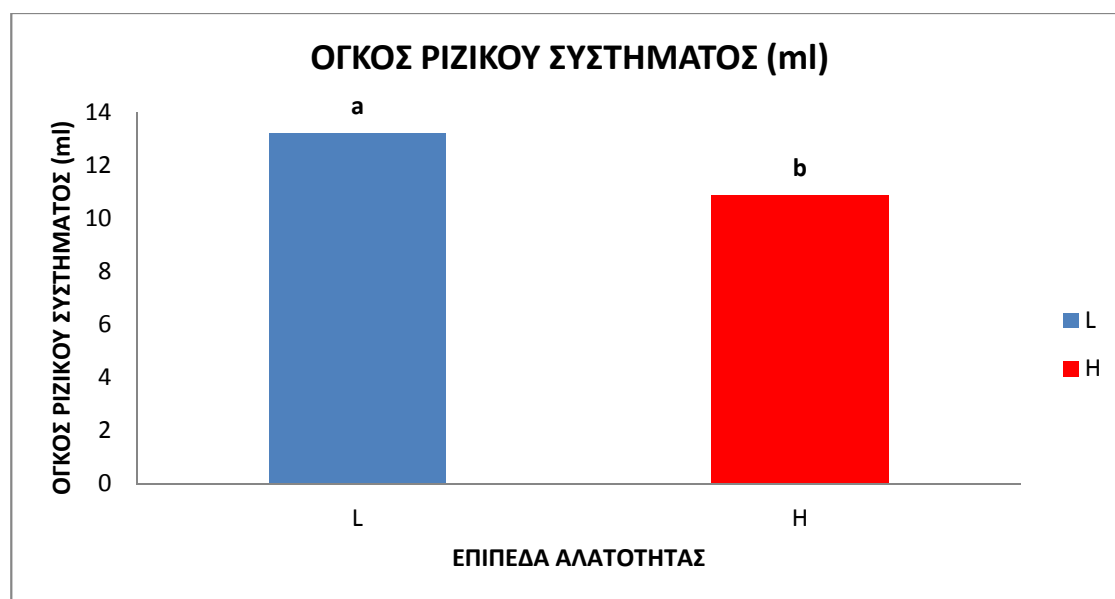
Διάγραμμα 4. Επίδραση της αλατότητας στο μήκος ριζικού συστήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5%. H: υψηλή αλατότητα (high), L: χαμηλή αλατότητα (low))

Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν στα επίπεδα του κύριου παράγοντα ούτε στην αλληλεπίδραση μεταξύ των δυο παραγόντων (πίνακας 2). Μεγαλύτερο μέσο μήκος ριζικού συστήματος παρουσίασε το συμβατικό σύστημα (24937 mm) έναντι του βιολογικού (22687 mm).

Πίνακας 2. Πίνακας ανάλυσης διασποράς για το μήκος του ριζικού συστήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΜΗΚΟΣ ΡΙΖΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (mm)						
Π/Π	B.E	ΑΤ	ΜΤ	F	p	
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	2,03E+09	2,03E+09	1,1208	0,3674	
Σφάλμα (A)	3	5,42E+09	1,81E+09			
Αλατότητα (B)	1	9,60E+09	9,60E+09	6,0569	0,049*	
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	9,12E+09	9,12E+09	5,7518	0,0534	
Σφάλμα (A X B)	6	2,60E+10	1,59E+09			

3.1.2 Όγκος ριζικού συστήματος



Διάγραμμα 5. Επίδραση της αλατότητας στον όγκο ριζικού συστήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5%. H: υψηλή αλατότητα (high), L: χαμηλή αλατότητα (low))

Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των επιπέδων του υπό-παράγοντα (αλατότητα) (διάγραμμα 5) με το μέσο όγκο του ριζικού συστήματος του χαμηλού επιπέδου (13,2017 ml) να υπερέχει έναντι του μέσου όγκου του ριζικού συστήματος των φυτών του υψηλού επιπέδου (10,8645 ml).

Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν στα επίπεδα του κύριου παράγοντα ούτε στην αλληλεπίδραση μεταξύ των 2 παραγόντων (πίνακας 3). Μεγαλύτερο μέσο νωπό βάρος παρουσίασε το βιολογικό σύστημα (12,9394 ml) έναντι του συμβατικού (11,1268 ml).

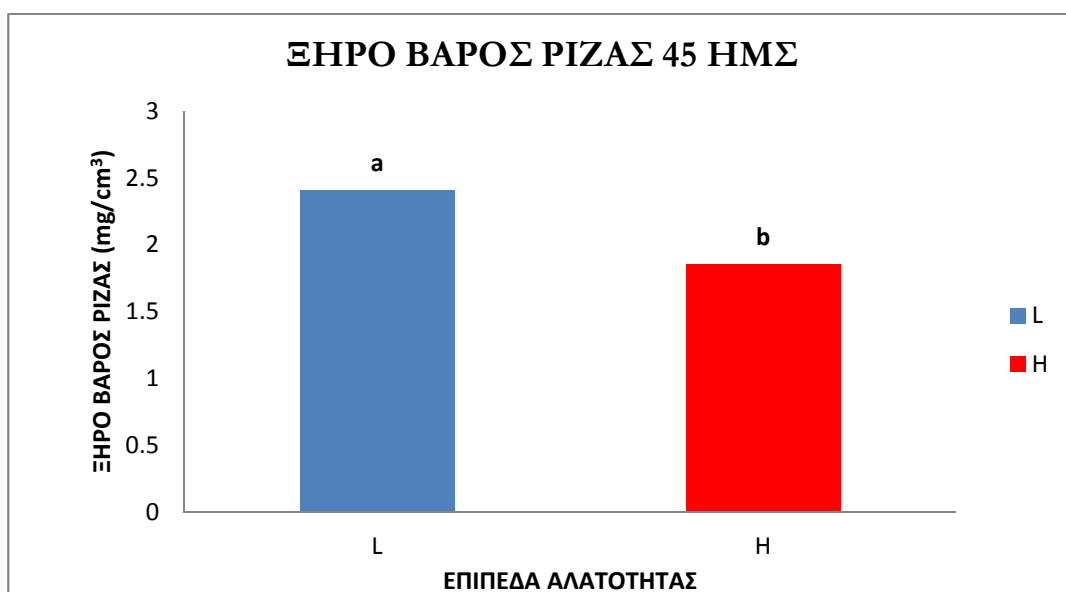
Πίνακας 3. Πίνακας ανάλυσης διασποράς για τον όγκο του ριζικού συστήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΟΓΚΟΣ ΡΙΖΑΣ					
Π/Π	B.E	AT	MT	F	P
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	1,31E+01	1,31E+01	8,0435	0,0659
Σφάλμα (A)	3	4,90E+00	1,63E+00		
Αλατότητα (B)	1	2,18E+01	2,18E+01	6,4707	0,0439*
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	1,06E+01	1,06E+01	3,1484	0,1264
Σφάλμα (A X B)	6	8,15E+01	3,38E+00		

3.1.3 Ξηρό βάρος ριζικού συστήματος

Το ξηρό βάρος μετρήθηκε 2 φορές, 45 και 65 ημέρες από τη σορά του φασολιού. Στους πίνακες που παρατίθενται φαίνεται η επίδραση της

αλατότητας, του συστήματος καλλιέργειας καθώς και της αλληλεπίδρασης των δυο παραγόντων στο ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος των φυτών.



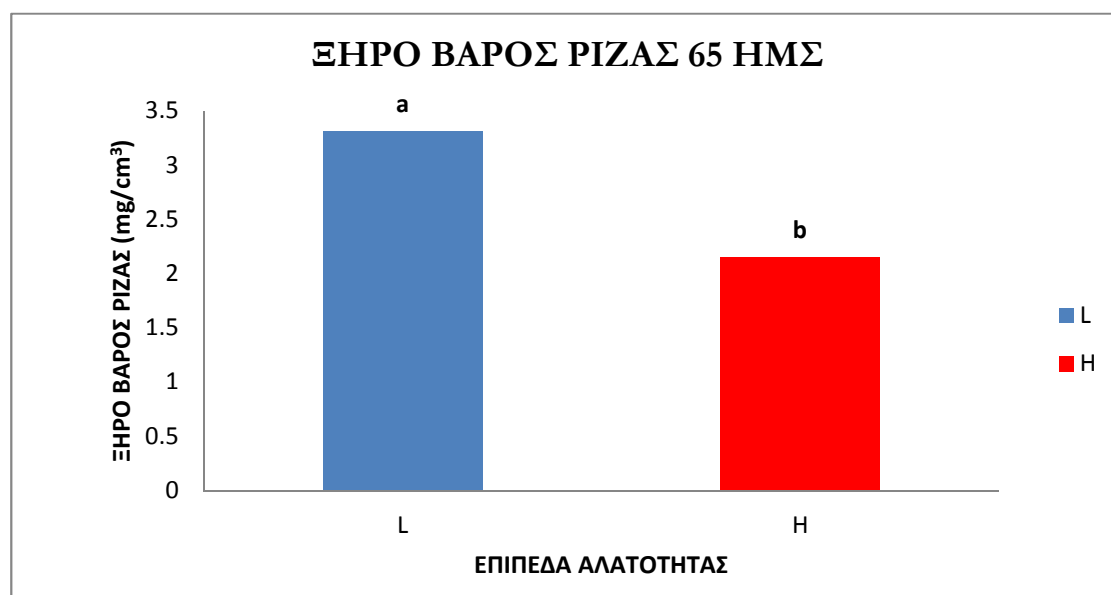
Διάγραμμα 6. Επίδραση της αλατότητας στο ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 45 ημέρες μετά τη σπορά. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5%. H: υψηλή αλατότητα (high), L: χαμηλή αλατότητα (low))

Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των επιπέδων του υπό-παράγοντα (αλατότητα) (διάγραμμα 6) με το μέσο ξηρό βάρος ριζικού των φυτών του χαμηλού επιπέδου ($2,409 \text{ mg cm}^{-3}$) να υπερέχει έναντι του μέσου ξηρού βάρους του ριζικού συστήματος των φυτών του υψηλού επιπέδου ($1,853 \text{ mg cm}^{-3}$).

Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν στα επίπεδα του κύριου παράγοντα ούτε στην αλληλεπίδραση μεταξύ των δυο παραγόντων (πίνακας 4). Μεγαλύτερο μέσο ξηρό βάρος ριζικού συστήματος παρουσίασε το συμβατικό σύστημα ($2,283 \text{ mg cm}^{-3}$) έναντι του βιολογικού ($1,978 \text{ mg cm}^{-3}$).

Πίνακας 4. Πίνακας ανάλυσης διασποράς για το ξηρό βάρος ρίζας φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 45 ημέρες μετά τη σπορά σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΡΙΖΑΣ 45 ΗΜΣ					
Π/Π	B.E	ΑΤ	ΜΤ	F	p
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	3,73E-01	3,73E-01	2,0956	0,2435
Σφάλμα (A)	3	5,34E-01	1,78E-01		
Αλατότητα (B)	1	1,23E+00	1,23E+00	6,1442	0,0479*
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	1,50E-01	1,50E-01	0,7449	0,4213
Σφάλμα (A X B)	6	1,27E+00	2,01E-01		



Διάγραμμα 7. Επίδραση της αλατότητας στο ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 65 ημέρες μετά τη σπορά. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5%. H: υψηλή αλατότητα (high), L: χαμηλή αλατότητα (low))

Κατά τη δεύτερη μέτρηση στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των επιπέδων του υπό-παράγοντα (αλατότητα) (διάγραμμα 7) με το μέσο ξηρό βάρος ριζικού των φυτών του χαμηλού

επιπέδου ($3,314 \text{ mg cm}^{-3}$) να υπερέχει έναντι του μέσου ξηρού βάρους του ριζικού συστήματος των φυτών του υψηλού επιπέδου ($2,150 \text{ mg cm}^{-3}$).

Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν στα επίπεδα του κύριου παράγοντα ούτε στην αλληλεπίδραση μεταξύ των 2 παραγόντων (πίνακας 5). Μεγαλύτερο μέσο ξηρό βάρος ριζικού συστήματος παρουσίασε το συμβατικό σύστημα ($2,952 \text{ mg cm}^{-3}$) έναντι του βιολογικού ($2,512 \text{ mg cm}^{-3}$).

Πίνακας 5. Πίνακας ανάλυσης διασποράς για το ξηρό βάρος ρίζας φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 65 ημέρες μετά τη σπορά σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΡΙΖΑΣ 65 ΗΜΣ					
Π/Π	B.E	AT	MT	F	P
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	7,75E-01	7,75E-01	1,3006	0,3369
Σφάλμα (A)	3	1,79E+00	5,96E-01		
Αλατότητα (B)	1	5,42E+00	5,42E+00	9,518	0,0215*
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	1,61E-02	1,61E-02	0,0283	0,872
Σφάλμα (A X B)	6	2,20E+00	5,69E-01		

3.1.4 Ποσοστό μυκόρριζας



Διάγραμμα 8. Επίδραση της αλατότητας στο ποσοστό της μυκόρριζας των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. H: υψηλή αλατότητα (high), L: χαμηλή αλατότητα (low))

Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των επιπέδων του υπό-παράγοντα (αλατότητα) (διάγραμμα 8) με το ποσοστό μυκόρριζας των φυτών του χαμηλού επιπέδου (63,2%) να υπερέχει έναντι του ποσοστού μυκόρριζας των φυτών του υψηλού επιπέδου (35,1 %).

Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν στα επίπεδα του κύριου παράγοντα ούτε στην αλληλεπίδραση μεταξύ των δυο παραγόντων (πίνακας 6). Μεγαλύτερο ποσοστό μυκόρριζας παρουσίασε το βιολογικό σύστημα (52,8 %) έναντι του συμβατικού (45,5 %).

Πίνακας 6. Ανάλυσης διασποράς για το ποσοστό μυκόρριζας των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΥΚΟΡΡΙΖΑΣ %					
Π/Π	B.E	AT	MT	F	p
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	2,13E-02	2,13E-02	1,7062	0,2826
Σφάλμα (A)	3	3,74E-02	1,25E-02		
Αλατότητα (B)	1	3,15E-01	3,15E-01	52,2665	0,0004*
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	2,40E-04	2,40E-04	0,0391	0,8497
Σφάλμα (A X B)	6	1,20E-02	6,03E-03		

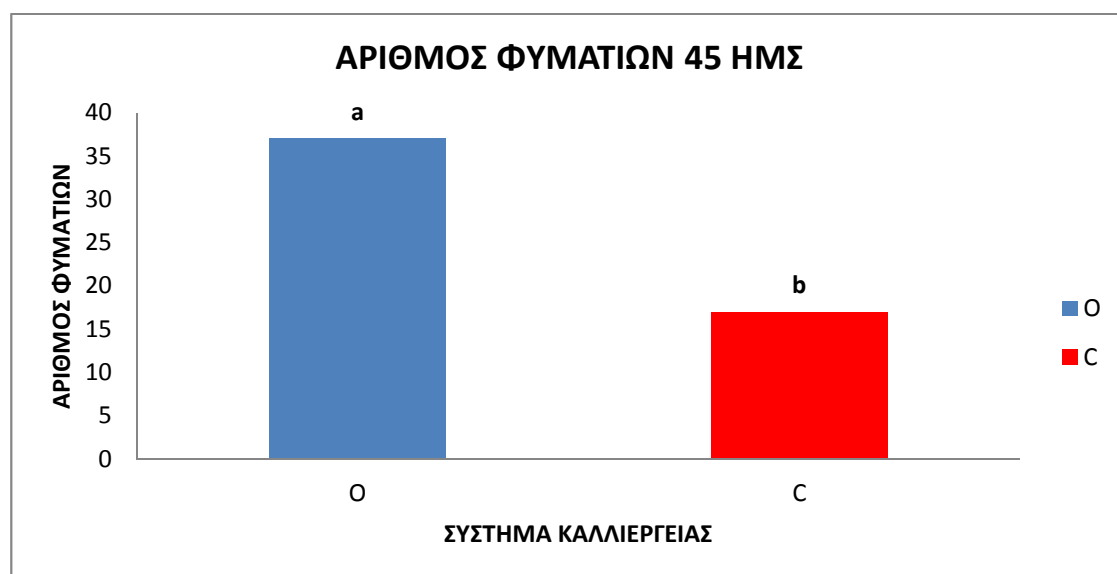
3.1.5 Αριθμός φυματίων

Ο αριθμός φυματίων μετρήθηκε 3 φορές, 45, 65 και 82 ημέρες από τη σπορά του φασολιού. Στους πίνακες που παρατίθενται φαίνεται η επίδραση της αλατότητας, του συστήματος καλλιέργειας καθώς και της αλληλεπίδρασης στον αριθμό φυματίων των φυτών.

Κατά την πρώτη μέτρηση παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων του κύριου παράγοντα (σύστημα καλλιέργειας) (πίνακας 8), με το μέσο αριθμό φυματίων των φυτών του βιολογικού συστήματος να υπερέχει (37) έναντι του μέσου αριθμού των φυματίων του συμβατικού συστήματος (17) (διάγραμμα 9).

Συνεχίζοντας, σύμφωνα με τον πίνακα 7, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων του υπό-παράγοντα (αλατότητα). Ο μέσος αριθμός φυματίων των φυτών στο επίπεδο της χαμηλής αλατότητας (29) υπερσχύει του μέσου αριθμού φυματίων των φυτών στο επίπεδο της υψηλής αλατότητας (26). Επίσης στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν εμφάνισε ούτε η αλληλεπίδραση των παραγόντων (πίνακας 7). Οι

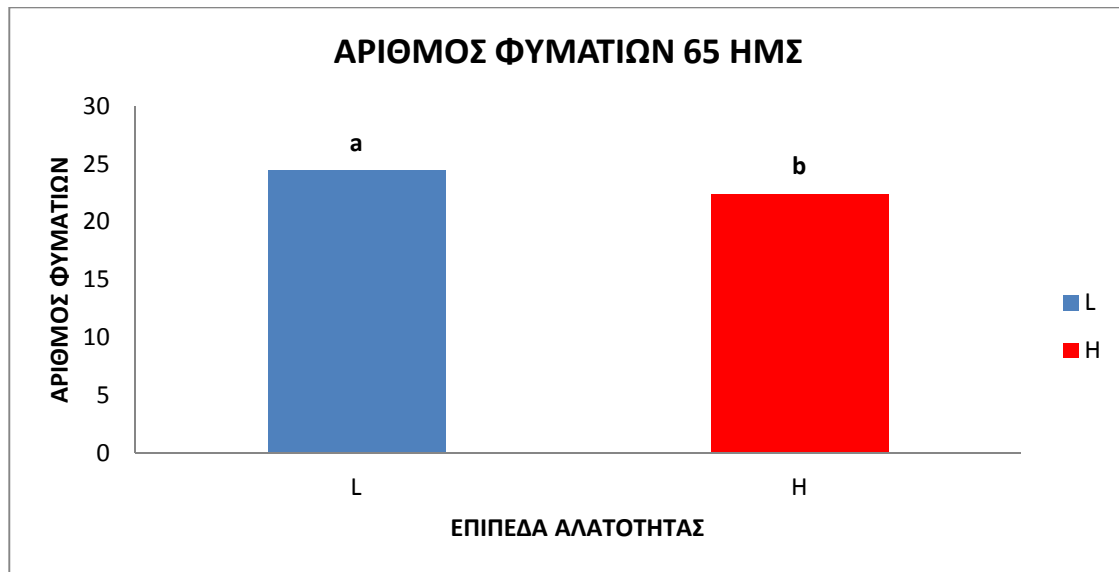
συγκρίσεις μέσω των έγιναν με τη μέθοδο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$.



Διάγραμμα 9. Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στον αριθμό φυματίων στην καλλιέργεια φασολιού 45 ημέρες μετά τη σπορά. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. C: συμβατικό σύστημα (conventional), O: βιολογικό σύστημα (organic))

Πίνακας 7. Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό φυματίων των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 45 μετά τη σπορά σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΜΑΤΙΩΝ 45 ΗΜΣ					
Π/Π	B.E	ΑΤ	ΜΤ	F	p
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	1,42E+03	1,42E+03	17,3517	0,0252*
Σφάλμα (A)	3	2,45E+02	8,16E+01		
Αλατότητα (B)	1	4,96E+01	4,96E+01	0,7732	0,413
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	1,41E-01	1,41E-01	0,0022	0,9642
Σφάλμα (A X B)	6	4,62E+02	6,41E+01		



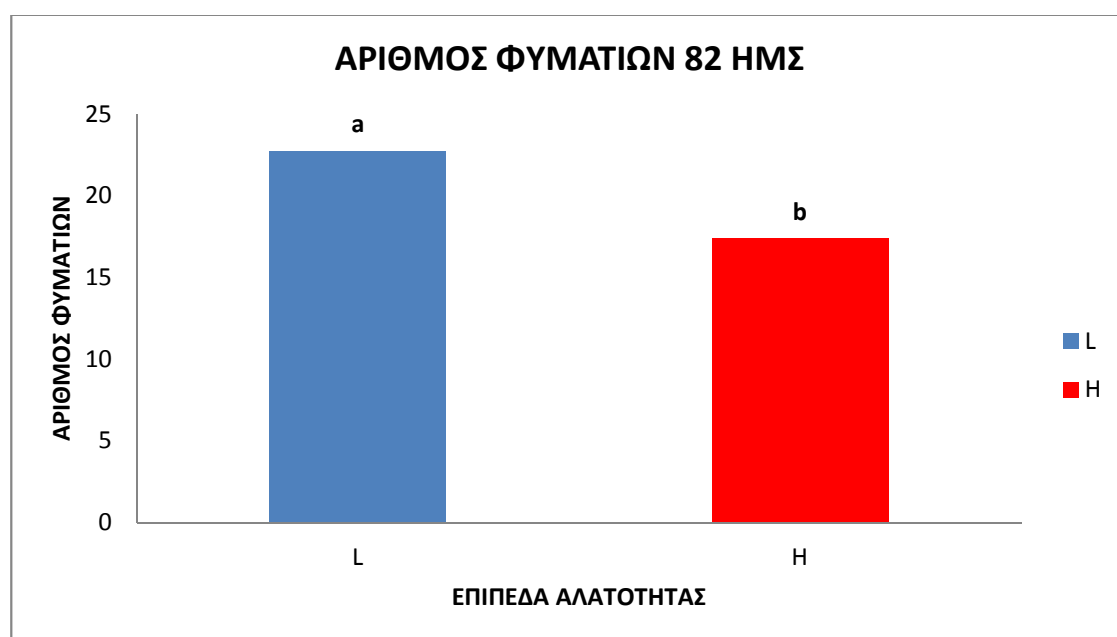
Διάγραμμα 10. Επίδραση της αλατότητας στον αριθμό φυματίων στην καλλιέργεια φασολιού 65 ημέρες μετά τη σπορά. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. H: υψηλή αλατότητα (high), L: χαμηλή αλατότητα (low))

Κατά τη δεύτερη μέτρηση, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των επιπέδων του υπό-παράγοντα (αλατότητα) (διάγραμμα 10) με το μέσο αριθμό φυματίων του χαμηλού επιπέδου (25) να υπερέρχει έναντι του μέσου αριθμού φυματίων των φυτών του υψηλού επιπέδου (22).

Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν στα επίπεδα του κύριου παράγοντα ούτε στην αλληλεπίδραση μεταξύ των 2 παραγόντων (πίνακας 8). Μεγαλύτερο μέσο αριθμό φυματίων παρουσίασε το βιολογικό σύστημα (24 φυμάτια) έναντι του συμβατικού (23 φυμάτια).

Πίνακας 8. Ανάλυσης διασποράς για τον αριθμό φυματίων των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 65 μετά τη σορά σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΜΑΤΙΩΝ 65 ΗΜΣ					
Π/Π	B.E	ΑΤ	ΜΤ	F	p
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	5,63E-01	5,63E-01	3,24	0,1697
Σφάλμα (A)	3	5,21E-01	1,74E-01		
Αλατότητα (B)	1	1,60E+01	1,60E+01	11,0415	0,0159*
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	6,25E+00	6,25E+00	4,3131	0,0831
Σφάλμα (A X B)	6	2,85E+00	1,45E+00		



Διάγραμμα 11. Επίδραση της αλατότητας στον αριθμό φυματίων στην καλλιέργεια φασολιού 82 ημέρες μετά τη σορά. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$. H: υψηλή αλατότητα (high), L: χαμηλή αλατότητα (low))

Κατά την τρίτη μέτρηση, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των επιπέδων του υπό-παράγοντα (αλατότητα) (διάγραμμα 11) με το μέσο αριθμό φυματίων του χαμηλού επιπέδου (23) να υπερέχει έναντι του μέσου αριθμού φυματίων των φυτών του υψηλού επιπέδου (17).

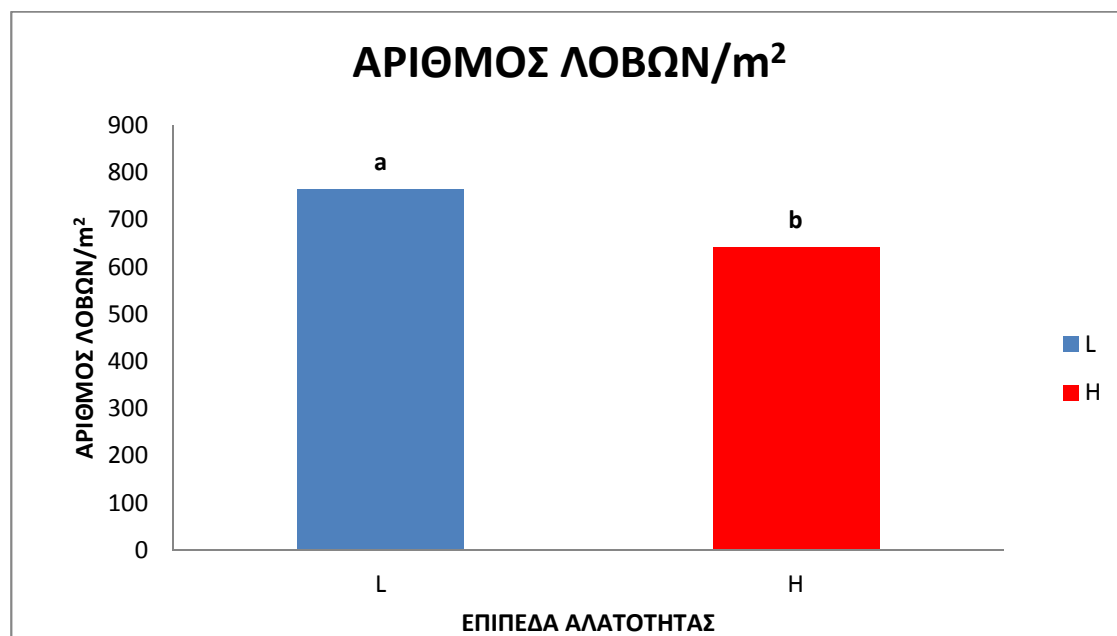
Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν στα επίπεδα του κύριου παράγοντα ούτε στην αλληλεπίδραση μεταξύ των 2 παραγόντων (πίνακας 9). Μεγαλύτερο μέσο αριθμό φυματίων παρουσίασε το βιολογικό σύστημα (22) έναντι του συμβατικού (18).

Πίνακας 9. Ανάλυσης διασποράς για τον αριθμό φυματίων των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 82 μετά τη σπορά σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΜΑΤΙΩΝ 82						
ΗΜΣ						
Π/Π	B.E	ΑΤ	ΜΤ	F	p	
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	3,91E+01	3,91E+01	4,562	0,1223	
Σφάλμα (A)	3	2,57E+01	8,56E+00			
Αλατότητα (B)	1	1,16E+02	1,16E+02	7,347	0,0351*	
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	1,56E+00	1,56E+00	0,0993	0,7633	
Σφάλμα (A X B)	6	4,27E+01	1,57E+01			

3.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΛΟΒΩΝ

3.2.1 Αριθμός λοβών



Διάγραμμα 12. Επίδραση της αλατότητας στο μέσο αριθμό λοβών/m² στην καλλιέργεια φασολιού. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5%. H: υψηλή αλατότητα (*high*), L: χαμηλή αλατότητα (*low*))

Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων του υπό-παράγοντα αλατότητα καθώς και μεταξύ των επιπέδων του κύριου παράγοντα. Από τα επίπεδα του υπό-παράγοντα, μεγαλύτερο αριθμό παρατηρήσεων για τον αριθμό λοβών /m², έδωσε το επίπεδο της χαμηλής αλατότητας (764,7 λοβοί/m²) με το επίπεδο της υψηλής αλατότητας να ακολουθεί (641,2 λοβοί/m²) (διάγραμμα 12)

Στο σύστημα καλλιέργειας μεγαλύτερη μέση τιμή παρατηρήθηκε στο συμβατικό επίπεδο (814,4 λοβοί/m²) με το βιολογικό να ακολουθεί (591,5 λοβοί/m²). Η αλληλεπίδραση δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές (πίνακας 10).

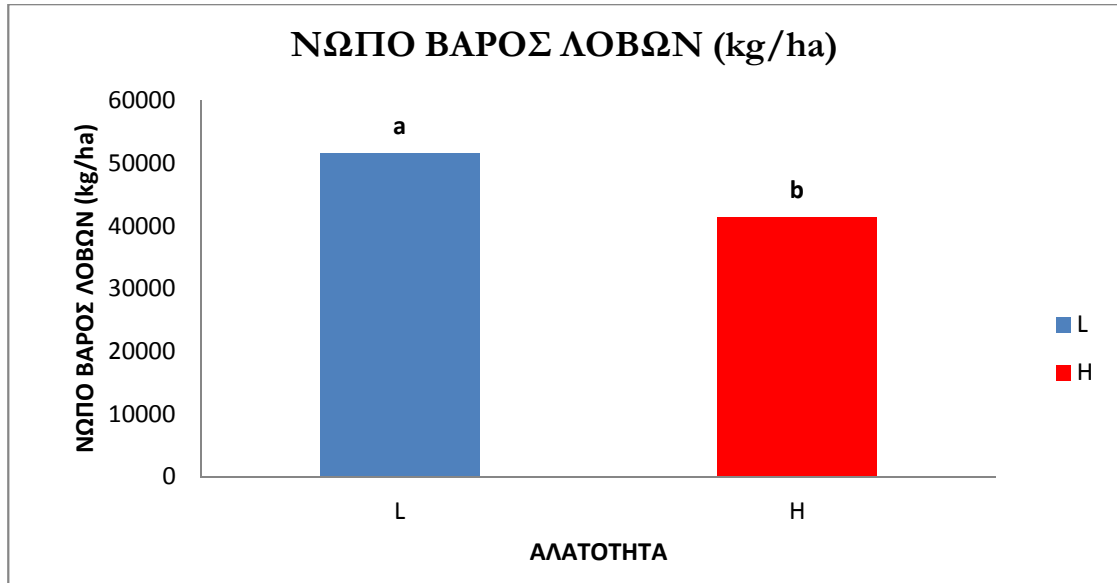
Πίνακας 10. Πίνακας ανάλυσης διασποράς για τον αριθμό των λοβών/μ² στην καλλιέργεια φασολιού σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΟΒΩΝ/ m ²					
Π/Π	B.E	AT	MT	F	P
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	1,99E+05	1,99E+05	12,0126	0,0405*
Σφάλμα (A)	3	4,96E+04	1,65E+04		
Αλατότητα (B)	1	6,10E+04	6,10E+04	15,2369	0,008*
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	1,85E+03	1,85E+03	0,4618	0,5221
Σφάλμα (A X B)	6	2,02E+05	4,00E+03		

3.2.2 Νωπό βάρος λοβών

Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των επιπέδων του συστήματος καλλιέργειας και μεταξύ των επιπέδων της αλατότητας ενώ η αλληλεπίδραση των δυο παραγόντων δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές (πίνακας 11).

Συγκεκριμένα, μεγαλύτερο νωπό βάρος λοβών παρατηρήθηκε στο χαμηλό επίπεδο αλατότητας (51558 kg/ha) με το υψηλό επίπεδο να ακολουθεί (41349 kg/ha) (διάγραμμα 13). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν και στα επίπεδα του συστήματος καλλιέργειας (πίνακας 11). Συγκεκριμένα το συμβατικό σύστημα υπερείχε (54969 kg/ha) με το συμβατικό να ακολουθεί (37938 kg/ha). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα επίπεδα της αλληλεπίδρασης των 2 παραγόντων σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$.

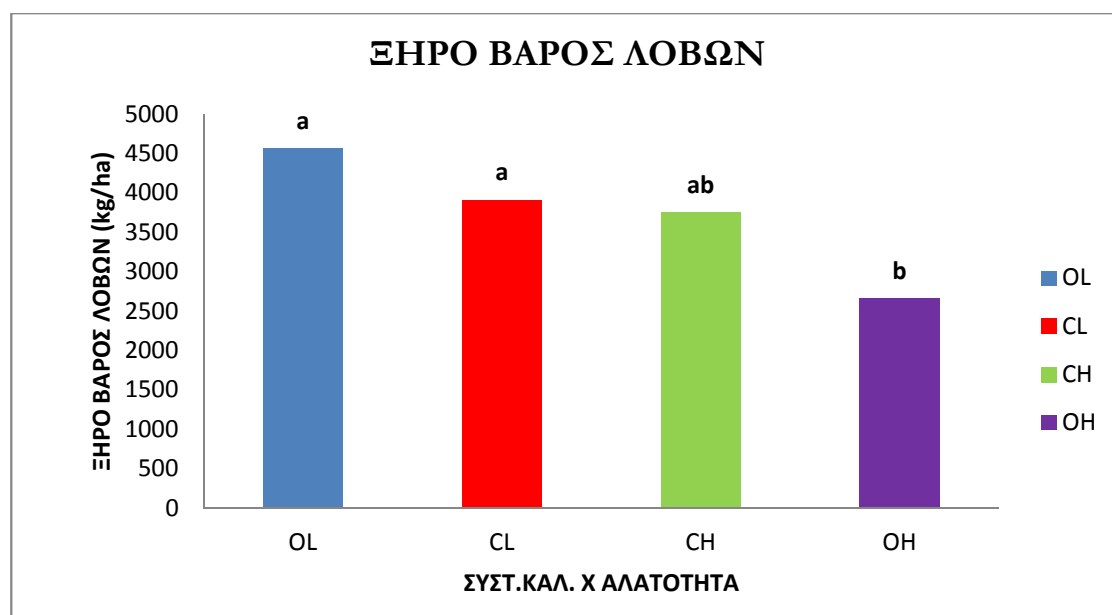


Διάγραμμα 13. Επίδραση της αλατότητας στο νωπό βάρος λοβών στην καλλιέργεια φασολιού. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5%. H: υψηλή αλατότητα (high), L: χαμηλή αλατότητα (low))

Πίνακας 11. Πίνακας ανάλυσης διασποράς για το νωπό βάρος λοβών στην καλλιέργεια φασολιού σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΛΟΒΩΝ (kg/h)					
Π/Π	B.E	AT	MT	F	P
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	1,16E+09	1,16E+09	19,6301	0,0214*
Σφάλμα (A)	3	1,77E+08	5,91E+07		
Αλατότητα (B)	1	4,17E+08	4,17E+08	11,4225	0,0149*
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	1,53E+07	1,53E+07	0,4203	0,5408
Σφάλμα (A X B)	6	1,10E+09	3,65E+07		

3.2.3 Ξηρό βάρος λοβών



Διάγραμμα 14. Επίδραση της αλληλεπίδρασης στο ξηρό βάρος λοβών στην καλλιέργεια φασολιού. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5%. CH: συμβατικό-υψηλή αλατότητα (*conventional-high*), CL: συμβατικό-χαμηλή αλατότητα (*conventional-low*), OL: βιολογικό- χαμηλή αλατότητα (*organic-low*), OH: βιολογικό-υψηλή αλατότητα (*organic-high*))

Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των επιπέδων της αλληλεπίδρασης των δυο παραγόντων καθώς και μεταξύ των επιπέδων του υπό-παραγόντα αλατότητα (πίνακας 12). Συγκεκριμένα η αλληλεπίδραση των επιπέδων βιολογικό σύστημα-χαμηλή αλατότητα (OL) έδωσε τη μεγαλύτερη παρατήρηση (4571,28 kg/ha). Ακολούθησε η αλληλεπίδραση συμβατικό-χαμηλή (CL) (3913,44 kg/ha), στη συνέχεια η αλληλεπίδραση συμβατικό-υψηλή (CH) (3753,36 kg/ha) και τέλος η αλληλεπίδραση βιολογικό-υψηλή (OH) (2667,05 kg/ha) (διάγραμμα 14).

Μεταξύ των επιπέδων της αλατότητας μεγαλύτερο μέσο ξηρό βάρος λοβών παρατηρήθηκε στο χαμηλό επίπεδο (4242,36 kg/ha) και ακολούθησε το υψηλό επίπεδο (3210,21 kg/ha). Οι συγκρίσεις των μέσων πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς.

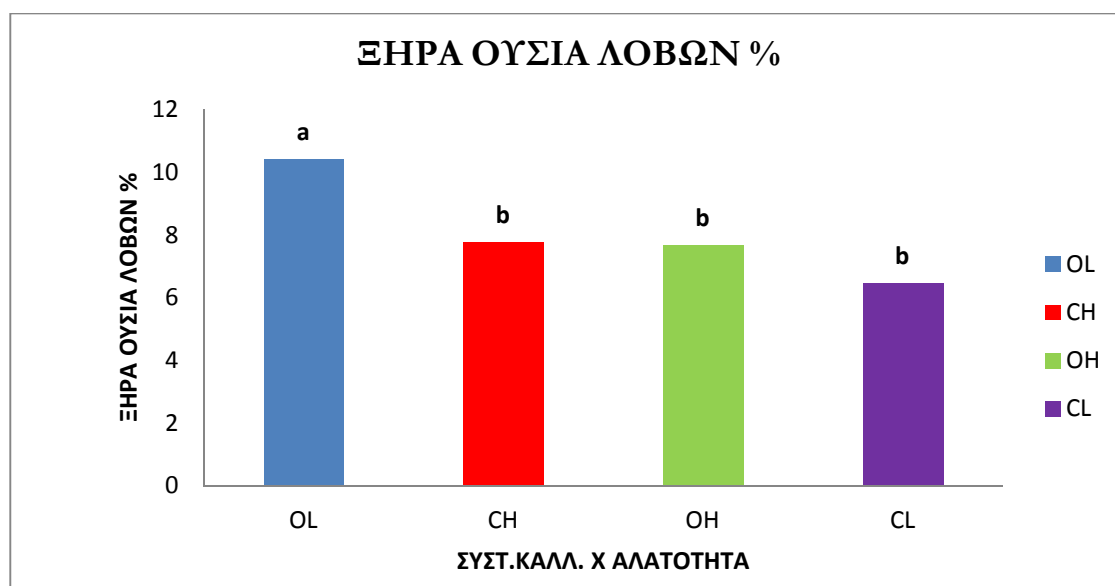
Πίνακας 12. Πίνακας ανάλυσης διασποράς για το ξηρό βάρος λοβών στην καλλιέργεια φασολιού σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΛΟΒΩΝ (kg/ha)					
Π/Π	B.E	AT	MT	F	p
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	1,84E+05	1,84E+05	0,0691	0,8097
Σφάλμα (A)	3	7,98E+06	2,66E+06		
Αλατότητα (B)	1	4,26E+06	4,26E+06	9,5235	0,0215*
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	3,04E+06	3,04E+06	6,7985	0,0403*
Σφάλμα (A X B)	6	1,10E+07	4,47E+05		

Πίνακας 13. Ορθογώνιες συγκρίσεις των μέσων του ξηρού βάρους λοβών στην καλλιέργεια φασολιού για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (CH: συμβατικό-υψηλή αλατότητα (conventional-high), CL: συμβατικό-χαμηλή αλατότητα (conventional-low), OL: βιολογικό- χαμηλή αλατότητα (organic-low), OH: βιολογικό-υψηλή αλατότητα (organic-high, οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τους μέσους όρους)

	CH	CL	OH	OL
	M= 3753,4	M= 3913,4	M= 2667,05	M= 4571,3
CH		0,49	0,085	0,079
CL	0,49		0,003	0,65
OH	0,085	0,003		0,0004
OL	0,079	0,65	0,0004	

3.2.4 Ποσοστό περιεκτικότητας ξηράς ουσίας λοβών



Διάγραμμα 15. Επίδραση της αλατότητας σε συνδυασμό με το σύστημα καλλιέργειας στη ξηρά ουσία λοβών στην καλλιέργεια φασολιού. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5%. CH: συμβατικό-υψηλή αλατότητα (*conventional-high*), CL: συμβατικό-χαμηλή αλατότητα (*conventional-low*), OL: βιολογικό- χαμηλή αλατότητα (*organic-low*), OH: βιολογικό-υψηλή αλατότητα (*organic-high*))

Στατιστικά σημαντικές διαφορές σε ξηρά ουσία % στους λοβούς παρατηρήθηκε επί της αλληλεπίδρασης του συστήματος καλλιέργειας με την αλατότητα (πίνακας 14). Μεγαλύτερο ποσοστό παρατηρήθηκε στο συνδυασμό βιολογικό σύστημα-χαμηλή αλατότητα (10,4023 %) και ακολούθησαν οι συνδυασμοί συμβατικό σύστημα-υψηλή αλατότητα (7,75994 %), βιολογικό σύστημα-υψηλή αλατότητα (7,67679 %) και συμβατικό σύστημα-χαμηλή αλατότητα (6,46492 %) (διάγραμμα 15). Από τους συνδυασμούς, στατιστικά σημαντικά διαφέρει ο πρώτος με όλους τους υπόλοιπους ενώ μεταξύ των τριών τελευταίων δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $\alpha = 5\%$, δεν παρατηρήθηκαν ούτε μεταξύ των επιπέδων του κύριου παράγοντα (σύστημα καλλιέργειας) ούτε μεταξύ των επιπέδων του υπό-παράγοντα (αλατότητα) (πίνακας 14).

Πίνακας 14. Πίνακας ανάλυσης διασποράς για τη ξηρά ουσία των λοβών στην καλλιέργεια φασολιού σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ % ΛΟΒΩΝ					
Π/Π	B.E	AT	MT	F	P
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	1,49E+01	1,49E+01	2,1778	0,2365
Σφάλμα (A)	3	2,05E+01	6,82E+00		
Αλατότητα (B)	1	2,05E+00	2,05E+00	3,407	0,1145
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	1,62E+01	1,62E+01	26,9127	0,002*
Σφάλμα (A X B)	6	6,57E+00	6,01E-01		

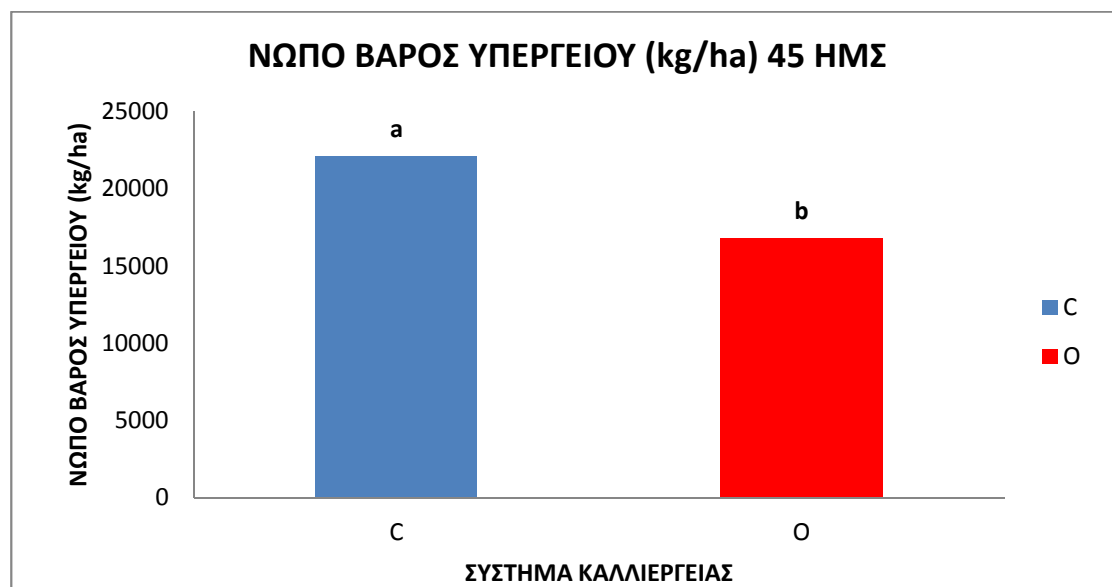
Πίνακας 15. Ορθογώνιες συγκρίσεις των μέσων της ξηράς ουσίας λοβών % στην καλλιέργεια φασολιού για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$ (CH: συμβατικό-υψηλή αλατότητα (conventional-high), CL: συμβατικό-χαμηλή αλατότητα (conventional-low), OL: βιολογικό- χαμηλή αλατότητα (organic-low), OH: βιολογικό-υψηλή αλατότητα (organic-high), οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τους μέσους όρους)

	CH	CL	OH	OL
	M= 7,7599	M= 6,4649	M= 7,6768	M= 10,402
CH		0,49	0,3435	0,005
CL	0,49		0,7939	0,001
OH	0,343	0,794		0,0004
OL	0,005	0,001	0,0004	

3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

3.3.1 Νωπό βάρος υπέργειου

Το νωπό βάρος μετρήθηκε 3 φορές, 45, 65 και 82 ημέρες από τη σπορά του φασιολιού. Στους πίνακες που παρατίθενται φαίνεται η επίδραση της αλατότητας, του συστήματος καλλιέργειας καθώς και της αλληλεπίδρασης στο νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών.



Διάγραμμα 16. Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στο νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασιολιού 45 ημέρες μετά τη σπορά. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha= 5\%$. C: συμβατικό σύστημα (conventional), O: βιολογικό σύστημα (organic))

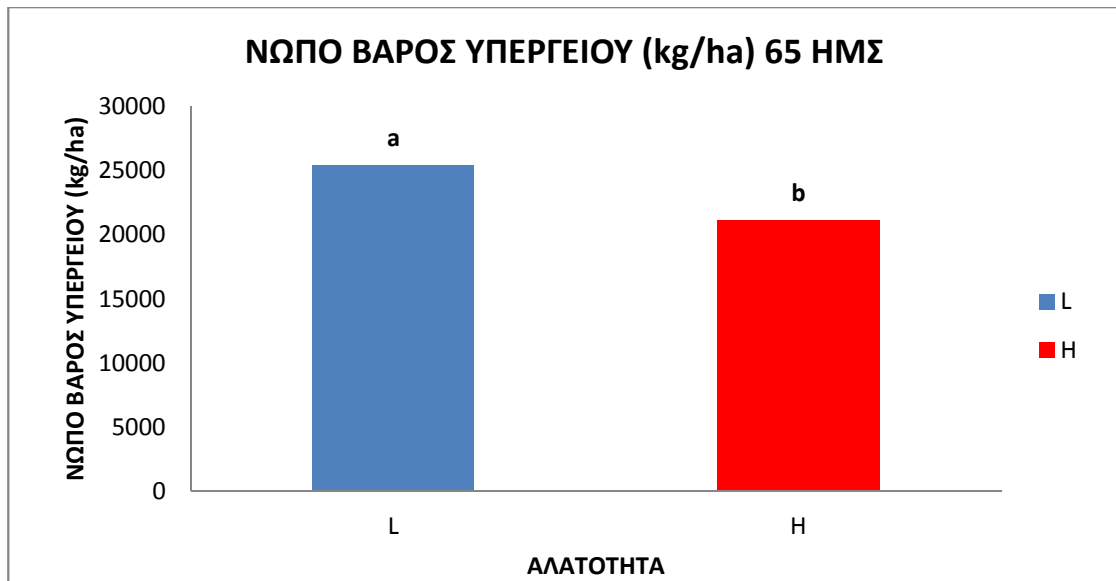
Κατά την πρώτη μέτρηση παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων του κύριου παράγοντα (σύστημα καλλιέργειας) (πίνακας 16), με το μέσο νωπό βάρος φυτών του συμβατικού συστήματος να

υπερέχει (22094 kg/ha) έναντι του μέσου νωπού βάρους των φυτών του βιολογικού συστήματος (16813,523 kg/ha) (διάγραμμα 16).

Συνεχίζοντας, σύμφωνα με τον πίνακα 1, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων του υπο-παράγοντα (αλατότητα). Το μέσο νωπό βάρος φυτών στο επίπεδο της χαμηλής αλατότητας (20255,5 kg/ha) υπερσχύει του μέσου νωπού βάρους των φυτών στο επίπεδο της υψηλής αλατότητας (18652,4 kg/ha). Επίσης στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν εμφάνισε ούτε η αλληλεπίδραση των παραγόντων (πίνακας 16). Οι συγκρίσεις μέσω έγιναν με τη μέθοδο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$.

Πίνακας 16. Ανάλυσης διασποράς για το νωπό βάρος υπέργειου τμήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 45 ημέρες μετά τη σπορά σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ					
45 ΗΜΣ					
Π/Π	B.E	AT	MT	F	P
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	1,12E+08	1,1E+08	29,2438	0,0124*
Σφάλμα (A)	3	1,14E+07	3814408		
Αλατότητα (B)	1	1,03E+07	1E+07	3,1232	0,1276
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	232599	232599	0,0707	0,7993
Σφάλμα (A X B)	6	1,59E+08	3291600		



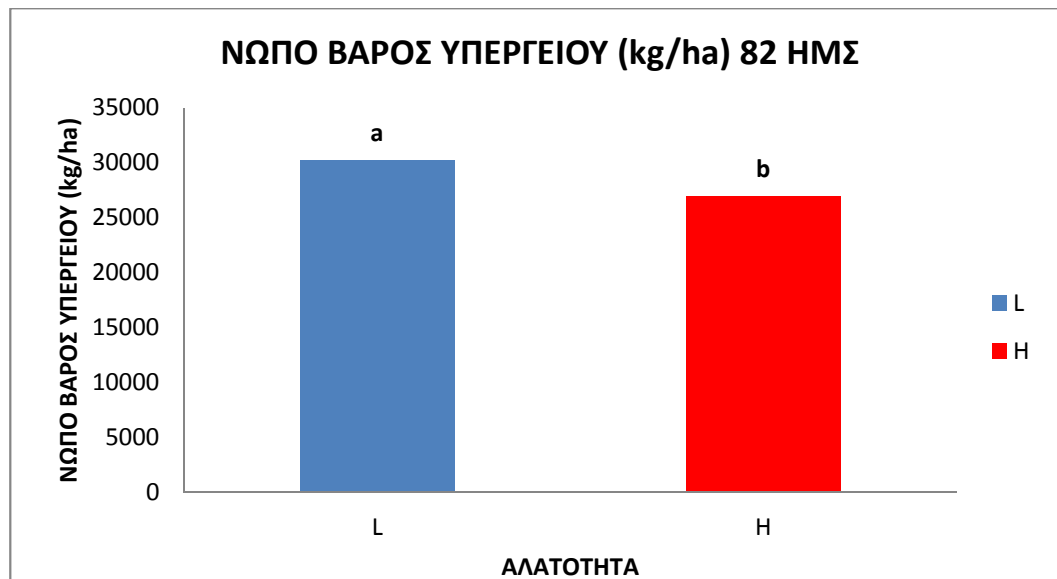
Διάγραμμα 17. Επίδραση της αλατότητας στο νωπό βάρος υπέργειου τμήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 65 ημέρες μετά τη σπορά. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. H: υψηλή αλατότητα (high), L: χαμηλή αλατότητα (low))

Κατά τη δεύτερη μέτρηση, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των επιπέδων του υπό-παράγοντα (αλατότητα) (διάγραμμα 17) με το μέσο νωπό βάρος φυτών του χαμηλού επιπέδου (25448,7 kg/ha) να υπερέχει έναντι του μέσου νωπού βάρους των φυτών του υψηλού επιπέδου (21140,7 kg/ha).

Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν στα επίπεδα του κύριου παράγοντα ούτε στην αλληλεπίδραση μεταξύ των 2 παραγόντων (πίνακας 17). Μεγαλύτερο μέσο νωπό βάρος παρουσίασε το βιολογικό σύστημα (23526,6 kg/ha) έναντι του συμβατικού (23062,7 kg/ha).

Πίνακας 17. Ανάλυσης διασποράς για το νωπό βάρος υπέργειου τμήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 65 ημέρες μετά τη σπορά σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ 65 ΗΜΣ					
Π/Π	Β.Ε	ΑΤ	ΜΤ	F	P
Σύστημα καλλιέργειας (Α)	1	8,61E+05	860864	0,0017	0,9208
Σφάλμα (Α)	3	2,21E+08	7,37E+07		
Αλατότητα (Β)	1	7,42E+07	7,42E+07	25,704	0,0023 *
Αλληλεπίδραση (Α X Β)	1	1,00E+07	1,00E+07	3,4667	0,119
Σφάλμα (Α X Β)	6	1,28E+08	2888058		



Διάγραμμα 18. Επίδραση της αλατότητας στο νωπό βάρος υπέργειου τμήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 82 ημέρες μετά τη σπορά. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. H: υψηλή αλατότητα (high), L: χαμηλή αλατότητα (low))

Κατά την τρίτη μέτρηση, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα επίπεδα του υπό-παράγοντα (αλατότητα- διάγραμμα 18) με το μέσο νωπό βάρος στο χαμηλό επίπεδο (30200,6 kg/ha) να υπερσχύει του μέσου νωπού βάρους του υψηλού επιπέδου (26948,2 kg/ha).

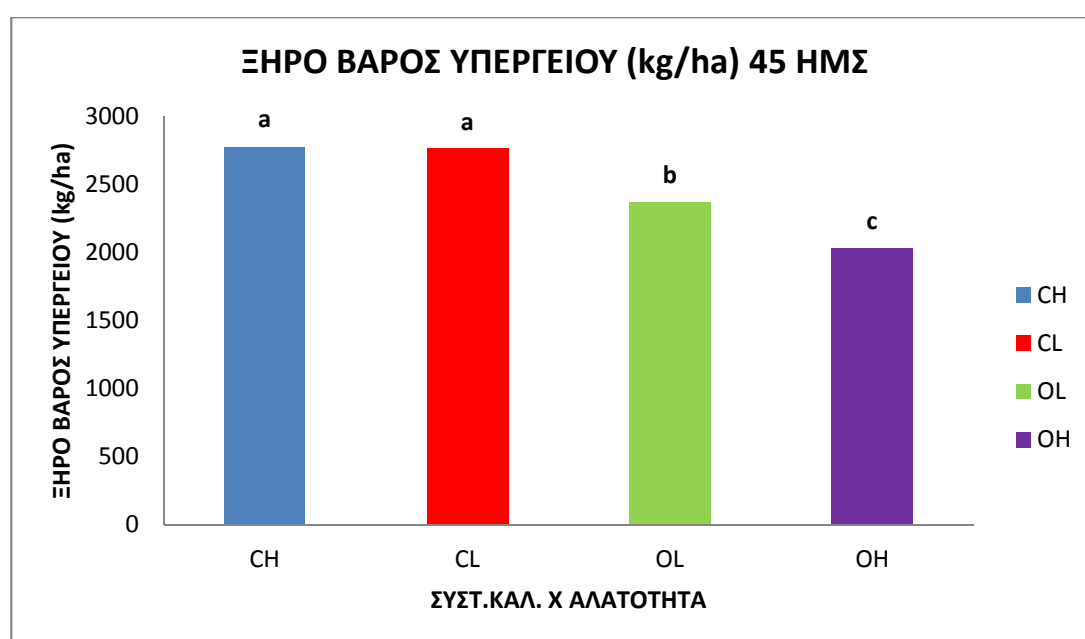
Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων του κύριου παράγοντα (σύστημα καλλιέργειας) καθώς και της αλληλεπίδρασης δεν παρατηρήθηκαν (πίνακας 18). Μεγαλύτερες τιμές σε μέσο νωπό βάρος παρουσίασε το συμβατικό σύστημα (30399,8 kg/ha) έναντι του βιολογικού (26749,1 kg/ha).

Πίνακας 18. Ανάλυσης διασποράς για το νωπό βάρος υπέργειου τμήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 82 μετά τη σπορά σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΝΩΠΙΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ 82 ΗΜΣ						
Π/Π	B.E	ΑΤ	ΜΤ	F	p	
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	5,33E+07	5,33E+07	3,5561	0,1558	
Σφάλμα (A)	3	4,50E+07	1,50E+07			
Αλατότητα (B)	1	4,23E+07	4,23E+07	10,7423	0,0169 *	
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	9,57E+06	9,57E+06	2,4307	0,1700	
Σφάλμα (A X B)	6	7,71E+07	3938870			

3.3.2 Ξηρό βάρος υπέργειου

Το ξηρό βάρος μετρήθηκε 3 φορές, 45, 65 και 82 ημέρες από τη σπορά του φασολιού. Στους πίνακες που παρατίθενται φαίνεται η επίδραση της αλατότητας, του συστήματος καλλιέργειας καθώς και της αλληλεπίδρασης των 2 παραγόντων στο ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών.



Διάγραμμα 19. Επίδραση της αλληλεπίδρασης του συστήματος καλλιέργειας και της αλατότητας στο ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 45 ημέρες μετά τη σπορά. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$. CH: συμβατικό-υψηλή αλατότητα (conventional-high), CL: συμβατικό-χαμηλή αλατότητα (conventional-low), OL: βιολογικό- χαμηλή αλατότητα (organic-low), OH: βιολογικό-υψηλή αλατότητα (organic-high))

Κατά την πρώτη μέτρηση παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των επιπέδων των παραγόντων στο ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών (πίνακας 19). Μεταξύ των επιπέδων της

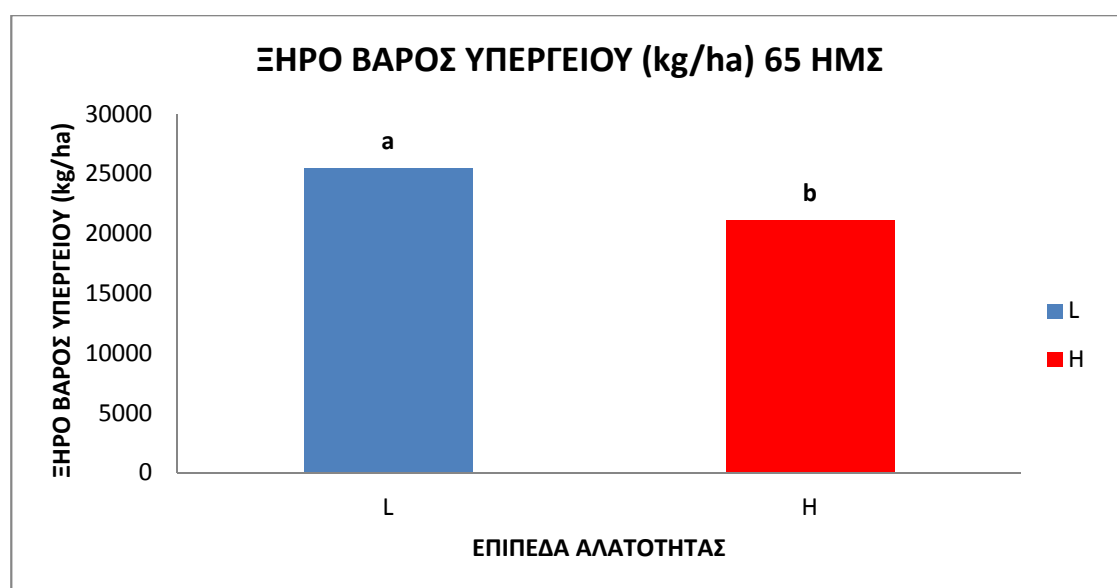
αλληλεπίδρασης, η μεγαλύτερη μέση τιμή ξηρού βάρους παρατηρήθηκε στο επίπεδο συμβατικό σύστημα-υψηλή αλατότητα (2776,655 kg/ha). Ακολούθησαν τα επίπεδα συμβατικό σύστημα-χαμηλή αλατότητα (2759,28 kg/ha), βιολογικό σύστημα-χαμηλή αλατότητα (2369,2725 kg/ha) και, τέλος, βιολογικό σύστημα-χαμηλή αλατότητα (2029,245 kg/ha) (διάγραμμα 19). Στατιστικά σημαντικές διαφορές, με τη μέθοδο της ελάχιστης διαφοράς, παρουσίασαν οι 2 πρώτοι συνδυασμοί με τους υπόλοιπους 2 καθώς και οι 2 τελευταίοι συνδυασμοί μεταξύ τους. Μεταξύ των 2 πρώτων συνδυασμών δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (διάγραμμα 19).

Πίνακας 19. Πίνακας ανάλυσης διασποράς για το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 45 ημέρες μετά τη σπορά σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ 45 ΗΜΣ					
Π/Π	Β.Ε	ΑΤ	ΜΤ	F	p
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	1,29E+06	1,29E+06	50,52	0,0057*
Σφάλμα (A)	3	7,68E+04	2,56E+04		
Αλατότητα (B)	1	1,04E+05	1,04E+05	7,88	0,0309*
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	1,28E+05	1,28E+05	9,67	0,0208*
Σφάλμα (A X B)	6	2,88E+06	13206,1		

Πίνακας 20. Ορθογώνιες συγκρίσεις των μέσων του ξηρού βάρους υπεργείου στην καλλιέργεια φασολιού για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (CH: συμβατικό-υψηλή αλατότητα (*conventional-high*), CL: συμβατικό-χαμηλή αλατότητα (*conventional-low*), OL: βιολογικό- χαμηλή αλατότητα (*organic-low*), OH: βιολογικό-υψηλή αλατότητα (*organic-high*, οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές, οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τους μέσους όρους).

	CH	CL	OH	OL
	M= 2776,6	M= 2759,9	M= 2029,2	M= 2369,3
CH		0,49	0,005	0,005
CL	0,49		0,003	0,001
OH	0,005	0,003		0,0004
OL	0,005	0,001	0,0004	



Διάγραμμα 20. Επίδραση της αλατότητας στο ξηρό βάρος του υπεργείου τμήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 65 ημέρες μετά τη σπορά. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5%. H: υψηλή αλατότητα (*high*), L: χαμηλή αλατότητα (*low*))

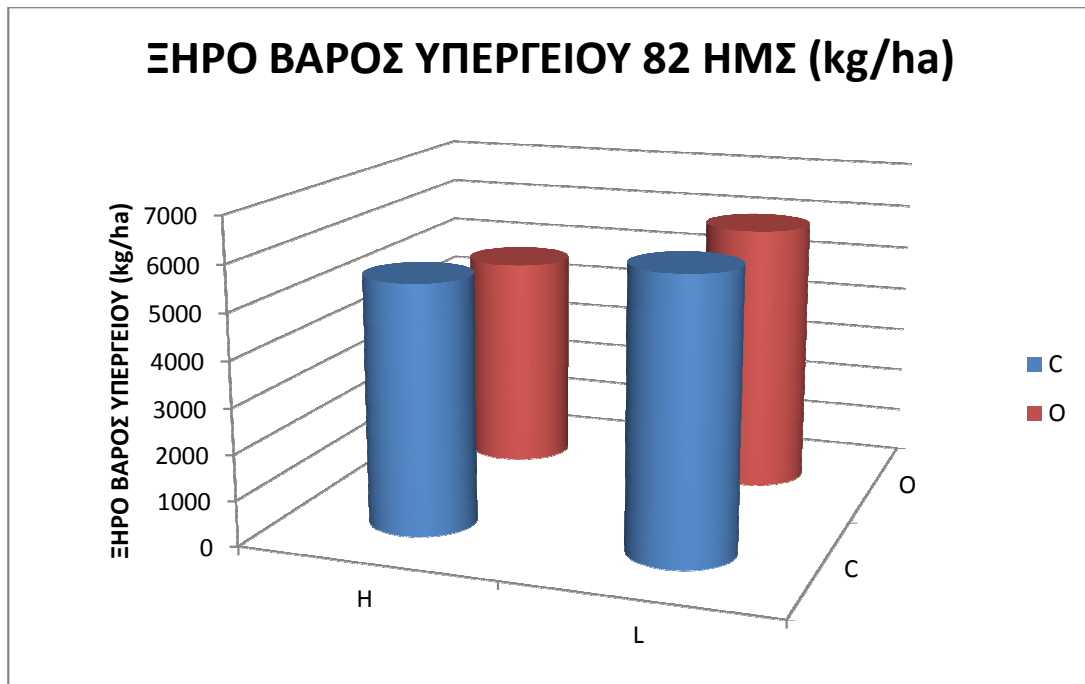
Κατά τη δεύτερη μέτρηση, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των επιπέδων του υπό-παράγοντα, αλατότητα (πίνακας

21), με το μέσο ξηρό βάρος φυτών του χαμηλού επιπέδου αλατότητας (3547,97 kg/ha) να υπερέχει έναντι του μέσου ξηρού βάρους των φυτών του υψηλού επιπέδου (2901,29 kg/ha) (διάγραμμα 20) σύμφωνα με τη μέθοδο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν στα επίπεδα του κύριου παράγοντα ούτε στην αλληλεπίδραση μεταξύ των 2 παραγόντων (πίνακας 20). Μεγαλύτερο μέσο ξηρό βάρος παρουσίασε το βιολογικό σύστημα (3234,5 kg/ha) έναντι του συμβατικού (3214,75 kg/ha) (πίνακας 21).

Πίνακας 21. Πίνακας ανάλυσης διασποράς για το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 65 ημέρες μετά τη σπορά σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ 65 ΗΜΣ						
Π/Π	B.E	AT	MT	F	p	
Σύστημα καλλιέργειας (A)	1	1,56E+03	1,56E+03	0,0008	0,9791	
Σφάλμα (A)	3	5,77E+06	1,92E+06			
Αλατότητα (B)	1	1,67E+06	1,67E+06	27,9579	0,0019*	
Αλληλεπίδραση (A X B)	1	5,18E+04	5,18E+04	0,8666	0,3878	
Σφάλμα (A X B)	6	3,28E+06	59832,3			



Διάγραμμα 21. Σύγκριση μέσων για το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 82 ημέρες μετά τη σπορά. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5%. H: υψηλή αλατότητα (high), L: χαμηλή αλατότητα (low), C: συμβατικό (conventional), O: βιολογικό (organic))

Κατά την τρίτη μέτρηση, στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν σε κανένα επίπεδο από τους εξεταζόμενους παράγοντες (πίνακας 22). Όσον αφορά στο σύστημα καλλιέργειας, μεγαλύτερο μέσο ξηρό βάρος παρουσίασε το συμβατικό σύστημα καλλιέργειας (5778.37 kg/ha) με το βιολογικό να ακολουθεί (5326.29 kg/ha). Σχετικά με την αλατότητα, μεγαλύτερο ξηρό βάρος παρουσίασε το επίπεδο της χαμηλής συγκέντρωσης (6001,72 kg/ha) έναντι του επιπέδου της υψηλής συγκέντρωσης (5102,94 kg/ha) (πίνακας 23). Η αλληλεπίδραση των 2 παραγόντων δεν κρίθηκε στατιστικά σημαντική ($p= 0.5113$) σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha= 5\%$. (πίνακας 22- πίνακας 23)

Πίνακας 22. Πίνακας ανάλυσης διασποράς για το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 82 ημέρες μετά τη σπορά σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$. (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές)

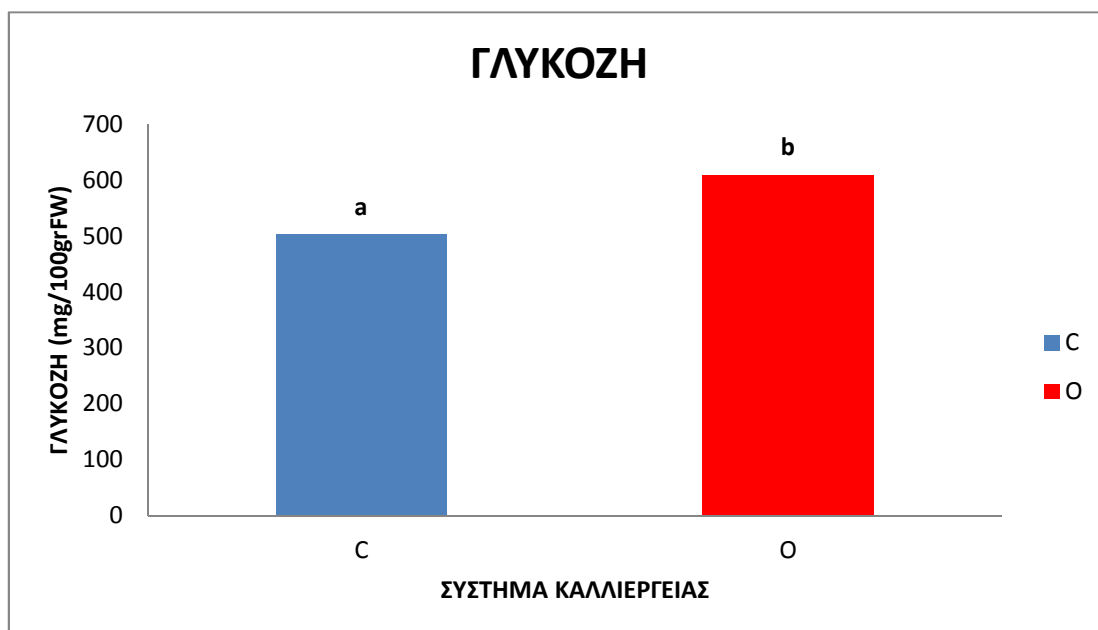
ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ 82 ΗΜΣ					
Π/Π	Β.Ε	ΑΤ	ΜΤ	F	p
Σύστημα καλλιέργειας (Α)	1	8,18E+05	8,18E+05	0,6093	0,492
Σφάλμα (Α)	3	4,03E+06	1,34E+06		
Αλατότητα (Β)	1	3,23E+06	3,23E+06	5,1815	0,0631
Αλληλεπίδραση (Α X Β)	1	3,04E+05	3,04E+05	0,4871	0,5113
Σφάλμα (Α X Β)	6	3,03E+06	623605		

Πίνακας 23. Σύγκριση μέσων για το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 82 μετά τη σπορά σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$.

ΠΗΓΕΣ ΠΑΡΑΛ/ΤΑΣ	ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ	ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ	ΜΕΣΟΙ	LSD 5%
ΥΨΗΛΗ ΑΛΑΤ.	5466,7675	4739,105	5102,94	ns
ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΑΤ.	6089,965	5913,4675	6001,72	ns
ΜΕΣΟΙ	5778,37	5326,29		
LSD 5%	ns	ns		

3.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΑ ΟΛΙΚΑ ΣΑΚΧΑΡΑ

3.4.1 Γλυκόζη



Διάγραμμα 22. Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας στην περιεκτικότητα γλυκόζης των λοβών στην καλλιέργεια φασολιού. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$. C: συμβατικό σύστημα (conventional), O: βιολογικό σύστημα (organic))

Κατά τη μέτρηση της γλυκόζης παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p=0.0145$) μεταξύ των επιπέδων του κύριου παράγοντα (σύστημα καλλιέργειας) (διάγραμμα 22), με τη μέση συγκέντρωση γλυκόζης του βιολογικού συστήματος να υπερέχει ($609,98 \text{ mg}/100 \text{ gr FW}$) έναντι της μέση συγκέντρωση γλυκόζης του συμβατικού συστήματος ($503,95 \text{ mg}/100 \text{ gr FW}$) (Διάγραμμα 20).

Συνεχίζοντας, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p=0.29$) μεταξύ των επιπέδων του υπο-παράγοντα (αλατότητα). Η μέση συγκέντρωση γλυκόζης στο επίπεδο της χαμηλής αλατότητας ($593,31 \text{ mg}/100$

gr FW) υπερσχύει της μέση συγκέντρωση γλυκόζης στο επίπεδο της υψηλής αλατότητας (520,62 mg/100 gr FW).

3.4.2 Φρουκτόζη



Διάγραμμα 23. Επίδραση της αλατότητας στην περιεκτικότητα φρουκτόζης στους λοβούς στην καλλιέργεια φασολιού. (τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha= 5\%$. H: υψηλή αλατότητα (high), L: χαμηλή αλατότητα (low))

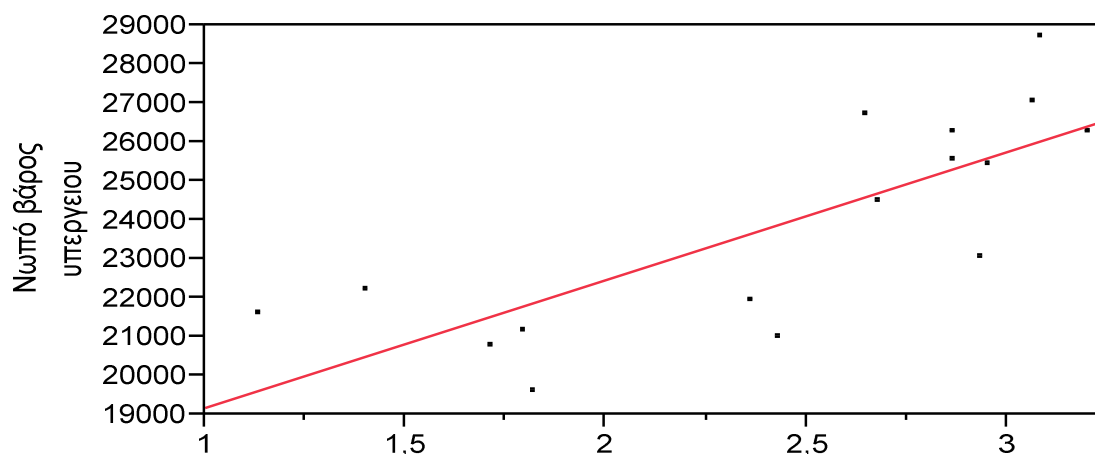
Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν τόσο μεταξύ των επιπέδων του κύριου παράγοντα ($p= 0.046$) όσο και μεταξύ των επιπέδων του υπό-παράγοντα ($p= 0.021$). Από τα επίπεδα του υπό-παράγοντα μεγαλύτερη συγκέντρωση σε φρουκτόζη παρατηρήθηκε κατά την επέμβαση της υψηλής αλατότητας (838,82 mg/100grFW) με την επέμβαση της χαμηλής αλατότητας να ακολουθεί (561 mg/100grFW) (Διάγραμμα 21).

Από τα επίπεδα του κύριου παράγοντα μεγαλύτερη συγκέντρωση σε φρουκτόζη παρατηρήθηκε στο βιολογικό σύστημα καλλιέργειας (819,03 mg/100grFW) με το συμβατικό να ακολουθεί (580.80 mg/100grFW) (Διάγραμμα 23).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ □ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην ανάλυση των αποτελεσμάτων είδαμε πως το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος επηρεάστηκε σημαντικά από την αλατότητα και συγκεκριμένα ήταν μεγαλύτερο στο επίπεδο της χαμηλής αλατότητας. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν οι Hauser *et al* (1976) καθώς και οι Leigh *et al* (1984). Αυτό οφείλεται στο ότι με την αυξημένη συγκέντρωση ιόντων Na^+ στο ριζικό ιστό προκαλεί αντικατάσταση των ιόντων Ca^{+2} από το πλασμαλλήμα, που με τη σειρά του δημιουργεί διαρροή των ιόντων K^+ μέσω των διαμεμβρανικών διόδων καλίου. Η επαρκής συγκέντρωση K^+ είναι αναγκαία για συνεχόμενη κυτταρική ανάπτυξη, αρχικά λόγω αύξησης του **turgor** που οδηγεί σε κυτταρική διόγκωση αλλά και ως συμπαραγοντας σε πολλά ενζυμικά συστήματα.

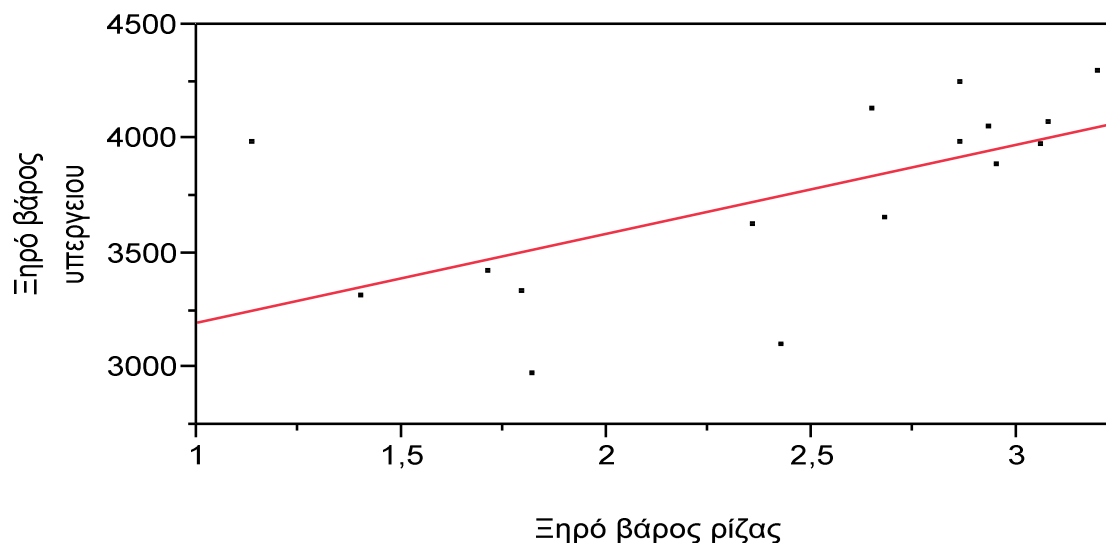
$$y = 15886,062 + 3284,6371 *x \quad (R= 0.78 \text{ και } p= 0.0004)$$



Ξηρό βάρος ρίζας

Διάγραμμα 24. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ξηρού βάρους ρίζας (mg/cm^3) και νωπού βάρους υπέργειου τμήματος (kg/ha) φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 65 ΗΜΣ.

$$y = 2809,094 + 388,36669 *x \text{ (R= 0.61 και p= 0.0114)}$$

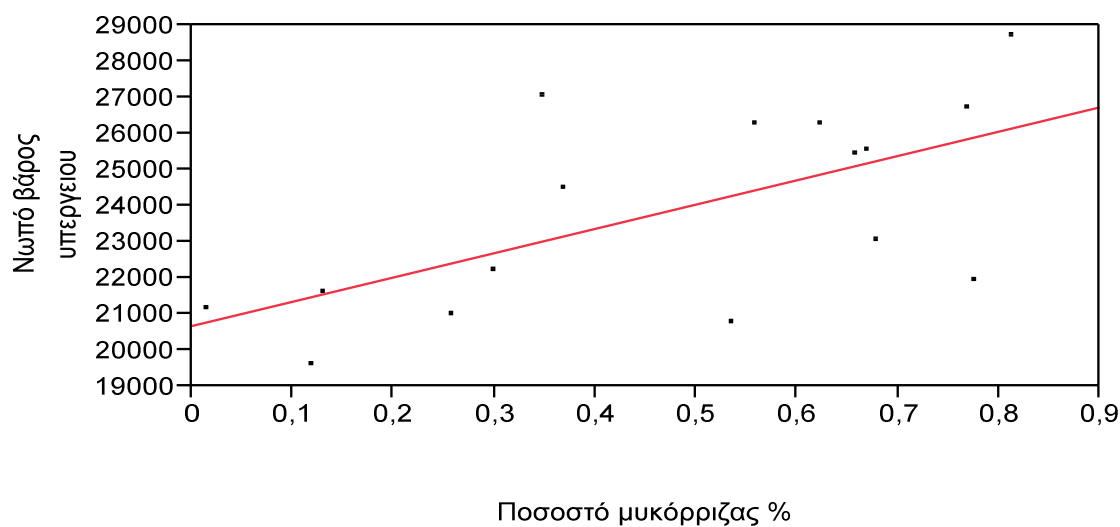


Διάγραμμα 25. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ξηρού βάρους ρίζας (mg/cm^3) και ξηρού βάρους υπέργειου τμήματος φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 65 ΗΜΣ.

Η μυκόρριζα αποτελεί ποιοτικό δείκτη στη βιολογική γεωργία καθώς και ένα μέσο αντίστασης των φυτών στις καταπονήσεις. Στα αποτελέσματα παρατηρήθηκε μείωση του ποσοστού μυκόρριζας στα υψηλά επίπεδα αλατότητας. Παρόμοιες θέσεις παρουσίασαν οι Daniels & Trappe (1980). Αυτό συμβαίνει επειδή δημιουργούνται τοξικές συνθήκες με την παρουσία ιόντων Na^+ και Cl^- που δεν επιτρέπουν την ομαλή μόλυνση του ριζικού συστήματος από τους συγκεκριμένους μύκητες. Αν και υπήρξε μείωση, το ποσοστό του παρασιτισμού κρίνεται υψηλό και από άλλους ερευνητές (Dickson *et al.*, 2003) που ίσως οφείλεται και στην ενσωμάτωση του βίκου που δρα ως “τράπεζα” θρεπτικών στοιχείων για τους μύκητες της συμβίωσης.

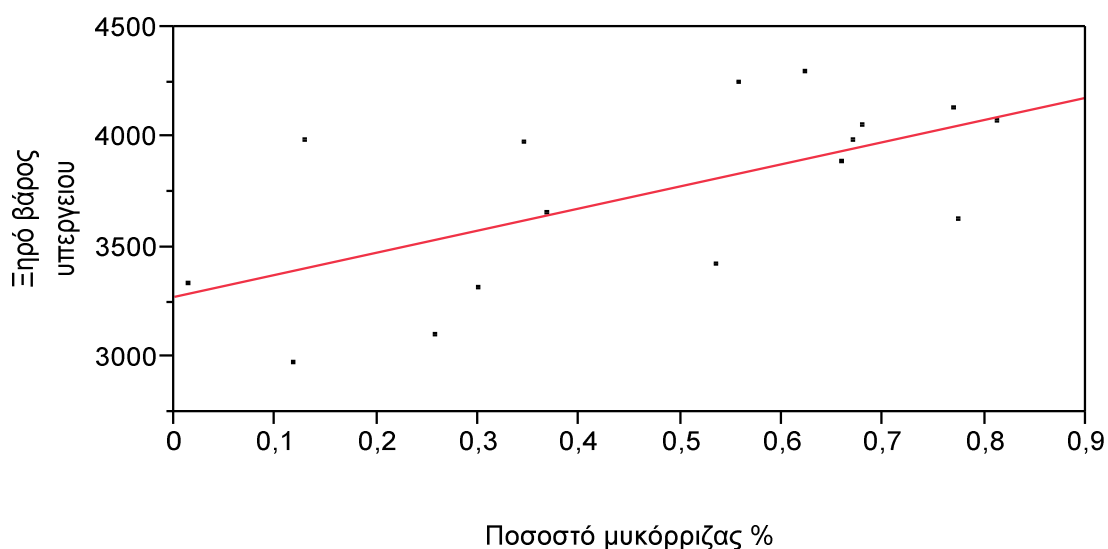
Συσχέτιση παρουσίασε το ποσοστό μυκόρριζας με το νωπό (διάγραμμα 26) και το ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος (διάγραμμα 27) καθώς και με το ξηρό βάρος της ρίζας (διάγραμμα 28).

$$y = 20692,081 + 6694,7769 *x \text{ (R= 0.62 και p=0.0096)}$$



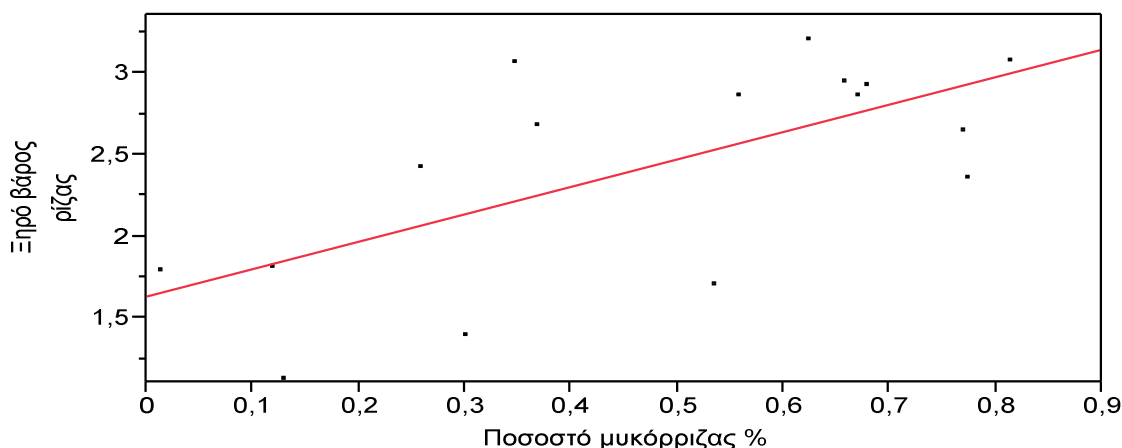
Διάγραμμα 26. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ποσοστού μυκόρριζας και νωπού βάρους υπέργειου τμήματος (kg/ha) φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 65 ΗΜΣ.

$$y = 3273,8849 + 1009,2788 *x \text{ (R= 0.63 και p= 0.0096)}$$



Διάγραμμα 27. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ποσοστού μυκόρριζας και ξηρού βάρους υπέργειου τμήματος (kg/ha) φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 65 ΗΜΣ.

$$y = 1,6307436 + 1,6856144 *x \text{ (R= 0.66 και p= 0.0052)}$$



Διάγραμμα 28. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ποσοστού μικρόρριζας και ξηρού βάρους ρίζας (mg/cm^3) φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 65 ΗΜΣ.

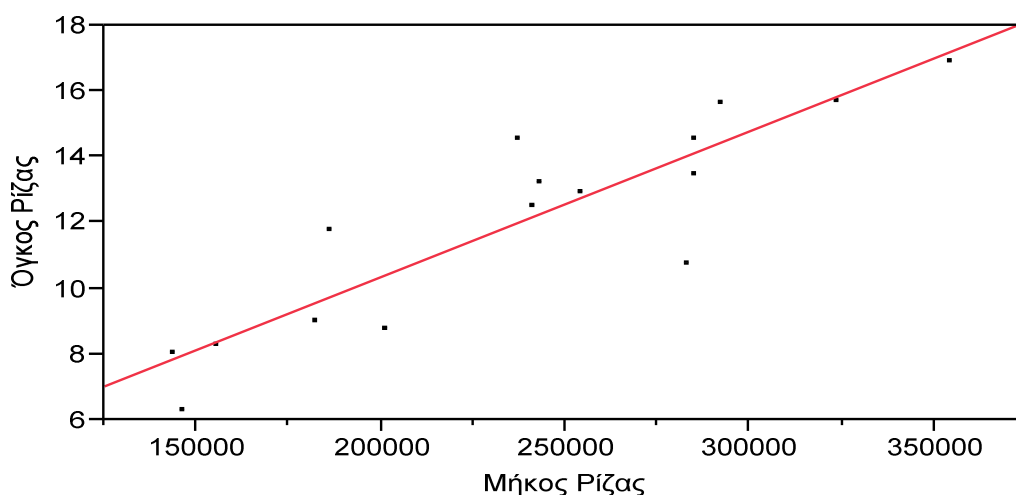
Το γεγονός αυτό συνδέεται με την παροχή νερού και θρεπτικών στοιχείων, ακόμα και σε συνθήκες καταπόνησης, στα φυτά αφού μέσω των υφών του μύκητα και ουσιαστικά μέσω της συμβιωτικής τους σχέσης, ποσότητες νερού απορροφώνται ακόμα σε μικρά υδατικά δυναμικά. Σε παρόμοιες θέσεις καταλήγουν και οι Marulanda *et al.* (2003) και Khalvati *et al.* (2005).

Ο αριθμός των φυματίων κατά την πρώτη μέτρηση, σύμφωνα με τα αποτελέσματα ήταν υψηλότερος στο βιολογικό σύστημα ενώ στις επόμενες δυο μετρήσεις αντέδρασε ουσιαστικά με τα επίπεδα της αλατότητας, με το υψηλό επίπεδο αλατότητας να παρουσιάζει μείωση στον αριθμό των φυματίων. Ίσως η εμφάνιση των σπόρων πριν τη σπορά, να οφείλεται στην παρουσία μεγαλύτερου αριθμού φυματίων κατά την πρώτη μέτρηση. Με τα αποτελέσματα των δυο επομένων μετρήσεων, παρόμοιες θέσεις παρουσιάζουν και οι Rai (1992), Hafeez *et al* (1988), Bernstein and Ogata (1966) και πλήθος ερευνητών. Η μείωση του αριθμού των φυματίων οφείλεται στη μείωση αρχικά των ριζικών τριχιδίων λόγω της αλατότητας με αποτέλεσμα τη μειωμένη

προσβολή από τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια (Tu, 1981) καθώς επίσης και στη μείωση της *leghemoglobin* σε επίπεδα της τάξης του 50% σε συγκέντρωση 50 mM NaCl (Delgado et al., 1994). Η ορθή δράση των φυματίων, με την αζωτοδέσμευση που πραγματοποιούν συμβάλλει στην αύξηση των φυτικών ιστών. Επίσης οι Steinborne and Roughley (1975) αναφέρουν μείωση στη ζωτικότητα καθώς και τη συμβίωση φυματίων σε ψυχανθή. Ένας ακόμα λόγος που συνδέεται με τη μείωση στον αριθμό των φυματίων είναι η μειωμένη υγρασία που προκαλείται από την αλατότητα στο έδαφος μέσω της αύξησης της πίεσης του εδαφικού ύδατος (Mahler and Wollum, 1980).

Ο όγκος καθώς και το μήκος του ριζικού συστήματος μειώθηκαν στα υψηλά επίπεδα της αλατότητας γεγονός που οφείλεται στους παράγοντες που μειώνουν την ανάπτυξη των ριζικών κυττάρων λόγω της υψηλής συγκέντρωσης των ιόντων Na^+ και Cl^- επιδρώντας στην απομάκρυνση ιόντων Ca^{+2} από τον αποπλάστη της ρίζας. Η ύπαρξη ιόντων ασβεστίου συμβάλλει στην ανθεκτικότητα στην αλατότητα (Lahaye & Epstein, 1969).

$$y = 1,4669667 + 4,4372e-5*x \quad (R = 0.89 \text{ και } p = 0.0001)$$

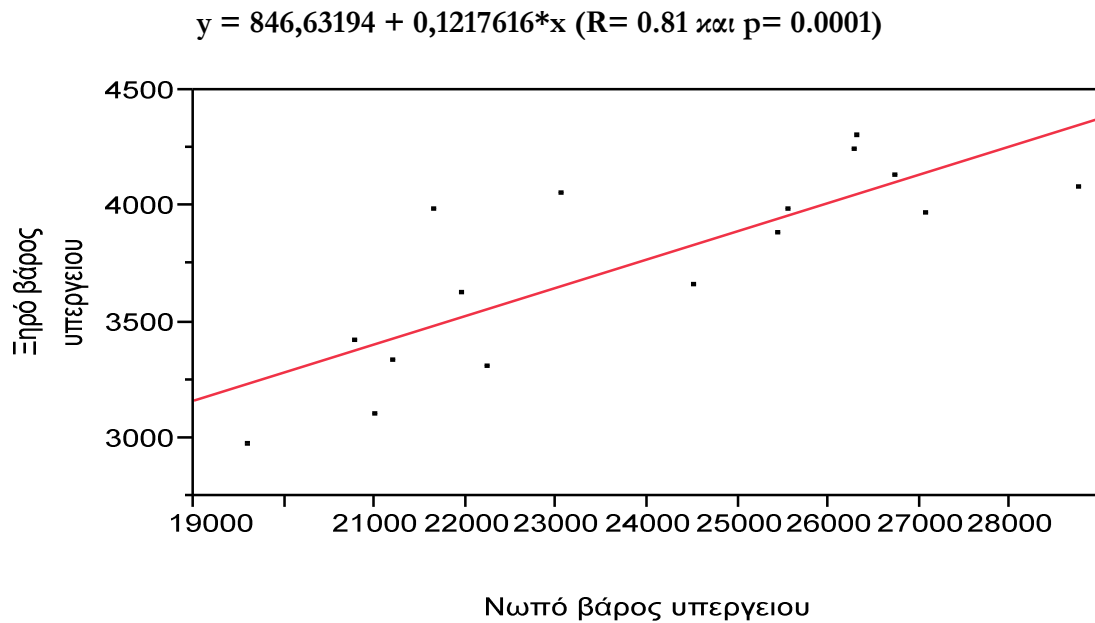


Διάγραμμα 29. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ όγκου και μήκους ριζικού συστήματος 65 ΗΜΣ.

Το νωπό βάρος του υπέργειου, κατά την πρώτη μέτρηση, παρουσίασε μεγαλύτερη τιμή στο συμβατικό σύστημα. Η αντίδραση αυτή οφείλεται στο ότι τα ανόργανα λιπάσματα παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα διάλυσης και απορρόφησης από τα φυτά, κατάσταση που οδηγεί στην ταχύτερη ανάπτυξη των φυτών συγκριτικά με τα φυτά που δέχονται βιολογικά λιπάσματα τα οποία διαλύονται και απορροφούνται πιο αργά. Στη συνέχεια όμως η αλατότητα επηρέασε το νωπό βάρος με το υψηλό επίπεδο να δρα αρνητικά. Στις ίδιες θέσεις καταλήγουν και οι *Delgado et al. (1994)*, *Gordovilla et al. (1995)*, *Dua (1998)*, *Ferri et al. (2000)*, *Sibole et al. (2000)* καθώς και πλήθος ερευνητών.

Ο περιοριστικός ρόλος της αλατότητας στο νωπό βάρος του φυτού οφείλεται βασικά σε 2, τουλάχιστον, λόγους, όπως έχει αποδειχθεί μέχρι σήμερα. Αρχικά οφείλεται στη δράση της αλατότητας ως μηχανισμός αλλαγής του ωσμωτικού δυναμικού με αποτέλεσμα τη μη-πρόσληψη ικανοποιητικών ποσοτήτων νερού από τα φυτά, με τελικό αποτέλεσμα τη μη-κανονική ανάπτυξη που αντικατοπτρίζεται στη μείωση του νωπού βάρους (*Bernstein and Hayward, 1958*). Στις ίδιες θέσεις κατέληξαν και οι *Wadleigh et al. (1945)*. Ο δεύτερος λόγος της μειωμένης ανάπτυξης είναι η μείωση της επιμήκυνσης των κυττάρων λόγω της συμβολής των ιόντων νατρίου στα βιοχημικά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα εντός των φυτικών κυττάρων με τελικό αποτέλεσμα τη μειωμένη παραγωγή RNA και πρωτεϊνών που συνδέονται άρρηκτα με την επιμήκυνση των κυττάρων (*Key, 1964*).

Θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ του ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος των φυτών και του νωπού βάρους του υπέργειου τμήματος των φυτών (Διάγραμμα 30).



Διάγραμμα 30. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ποσοστού μυκόρριζας και ξηρό βάρος ρίζας (mg/cm^3) φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 45 ΗΜΣ.

Το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος δεν παρουσίασε την αντίστοιχη πορεία του νωπού βάρους, μια ένδειξη όσο αφορά την επίδραση της αλατότητας σαν περιοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη των φυτών. Αρχικά παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων, με το συμβατικό σύστημα ουσιαστικά να παίζει κυρίαρχο ρόλο. Αυτό ίσως οφείλεται στην ταχύτερη αύξηση των φυτών λόγω ανόργανης λίπανσης, δημιουργία ισχυρότερου ριζικού συστήματος και γενικά πιο ισχυρού φυτού. Εν αντιθέσει το βιολογικό σύστημα είναι πολύ πιο ευαίσθητο σε βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες, φαινόμενο που ίσως εξηγεί και την πιο ταχεία και παράλληλα περιοριστική επίδραση της αλατότητας σε αυτό. Αυτό μπορεί να γίνει περισσότερο κατανοητό αν παρατηρηθεί προσεικτικά το αντίστοιχο διάγραμμα από τα ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.

Σε γενικές γραμμές το ξηρό βάρος επηρεάστηκε αρνητικά από την αλατότητα. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στη μειωμένη απορρόφηση θρεπτικών

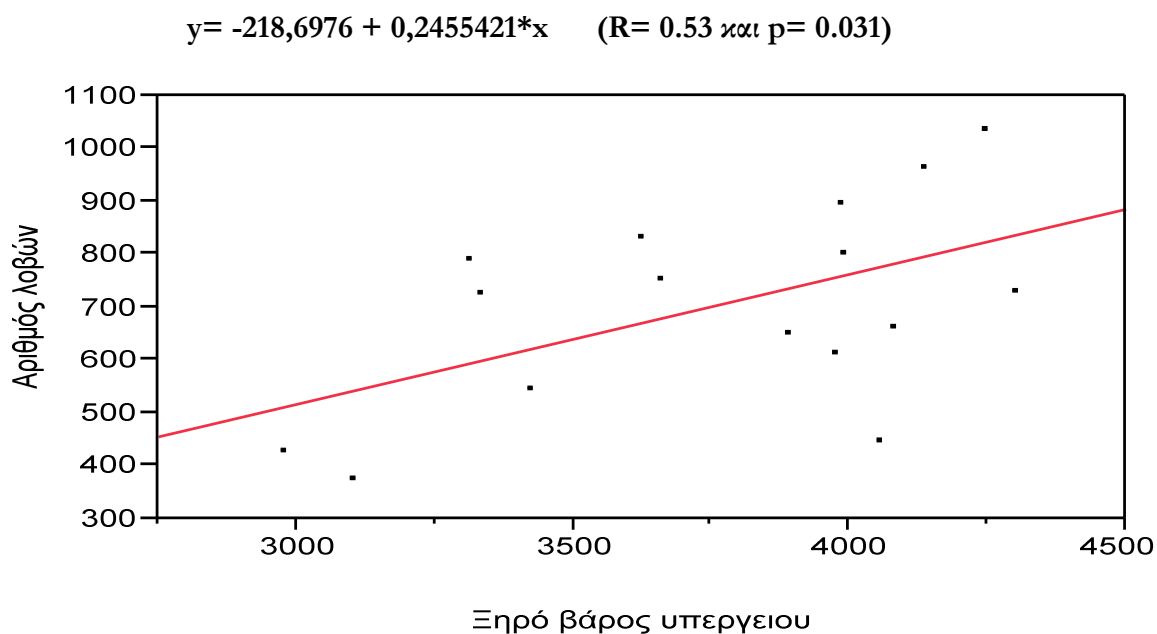
στοιχείων (Sprent, 1972) και συγκεκριμένα P-K-Ca-Mg, που αντικατοπτρίζεται την τελική σύνθεση δομικών μορίων που απαρτίζουν τους φυτικούς ιστούς αφού τα τέσσερα αυτά στοιχεία συμβάλλουν στο σχηματισμό αμινοξέων, λιπιδίων, σακχάρων έμμεσα ή άμεσα. Το ξηρό βάρος αντικατοπτρίζει την παραγωγικότητα του φυτού καθώς και την κατάσταση του και όπως αναφέρθηκε παραπάνω παρουσιάζει θετικές συσχετίσεις με το ποσοστό μυκόρριζας, το νωπό βάρος υπέργειου καθώς και με το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος.

Κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε μείωση του αριθμού των λοβών, του νωπού καθώς και του ξηρού βάρους των λοβών στα υψηλά επίπεδα της αλατότητας με στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Οι Viegas *et al.*(2004) παρατήρησαν σημαντικές διαφορές σε όλους τους παράγοντες παραγωγής (αριθμός λοβών, νωπό βάρος λοβών, ξηρό βάρος λοβών) πλην του αριθμού σπερμάτων εντός των λοβών σε αντίστοιχα πειράματα επίδρασης της αλατότητας. Αυτό μπορεί να αποδοθεί ουσιαστικά στη μείωση του νωπού βάρους καθώς και του ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος των φυτών. Είναι πλέον γνωστό πως η μείωση αυτή οφείλεται, εκτός των άλλων, σε απευθείας κλείσιμο των στοματίων και μείωση στην ενδοκυτταρική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα στα φύλλα που αυτόματα συνεπάγεται μείωση της συγκέντρωσης διοξειδίου (Downton *et al.*1985, Seeman *et al.*1985). Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η μειωμένη φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων που οδηγεί σε μειωμένη σύνθεση υδατανθράκων και σε μειωμένη θρέψη και τελικά διαταραχές στη οργανογένεση καθώς και στην παραγωγή υγιών οργάνων που θα εξασφαλίσουν αυξημένη παραγωγή.

Αξιίζει να σημειωθεί πως η μείωση της φωτοσύνθεσης οφείλεται και στην αναστολή δράσης της **Rubisco**, του πιο σημαντικού ενζύμου ίσως της φωτοσύνθεσης. Η **Rubisco** αποτελεί την ουσία-δέκτη του διοξειδίου του άνθρακα. Παρατηρήθηκαν μειώσεις στην φωτοσυνθετική ικανότητα C-3 φυτών,

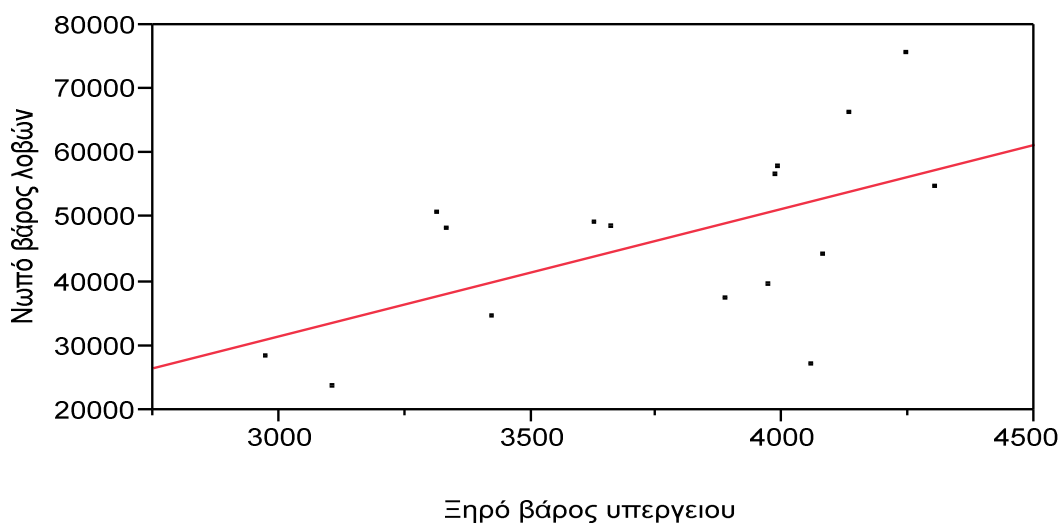
αλόφυτα και γλυκόφυτα, οι οποίες ήταν ανεξάρτητες από το κλείσιμο των στοματίων (Ball, 1984; Seeman, 1985; Seeman *et al.*, 1986) και ουσιαστικά οφείλονται σε: α) μειωμένη επάρκεια της Rubisco όταν βρίσκεται σε έλλειμμα (Seeman and Sharkey, 1986), β) μειωμένη ικανότητα αναγέννησης της Rubisco (Ball, 1984), γ) ευαισθησία του φωτοσυστήματος II (PSII) σε εξωγενείς προσθήκες NaCl (Ball and Anderson, 1984).

Θετικές συσχετίσεις παρατηρήθηκαν μεταξύ του αριθμού των λοβών καθώς και του νωπού βάρους των λοβών με το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών (διάγραμμα 31 και διάγραμμα 32)



Διάγραμμα 31. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ αριθμού λοβών/m² και ξηρού βάρους υπέργειου (kg/ha) φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 65 ΗΜΣ.

$$y = -28563,08 + 19,98564 * x \quad (R = 0.58 \text{ και } p = 0.018)$$

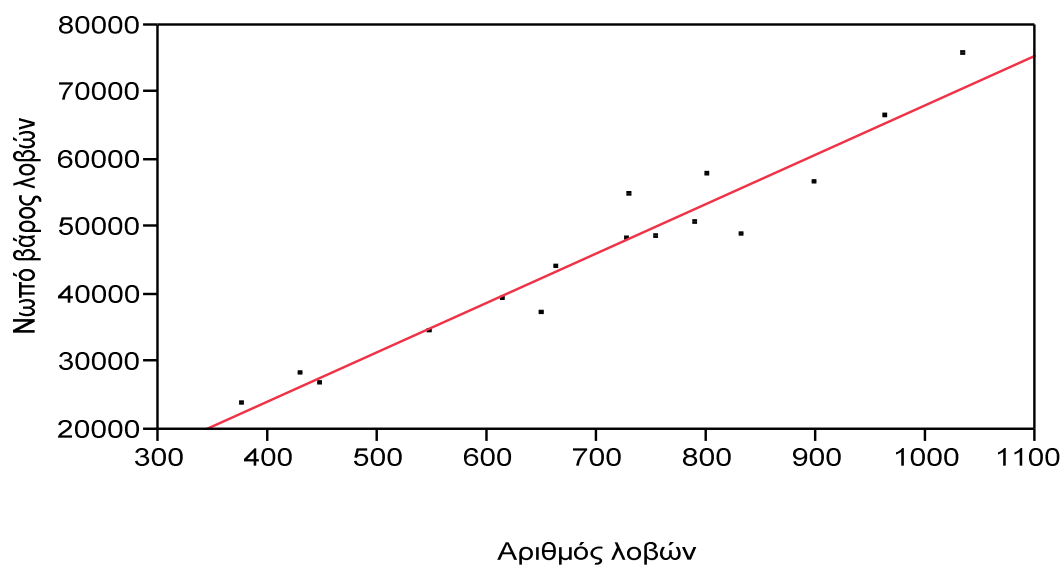


Διάγραμμα 32. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ νωπού βάρους λοβών (kg/ha) και ξηρού βάρους υπέργειου (kg/ha) φυτών στην καλλιέργεια φασολιού 65 ΗΜΣ.

Το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών είναι ο δείκτης ανάπτυξης και η εικόνα του φυτού αφού μέσω του ξηρού βάρους μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε τη θρεπτική κατάσταση κάποιου φυτικού οργανισμού.

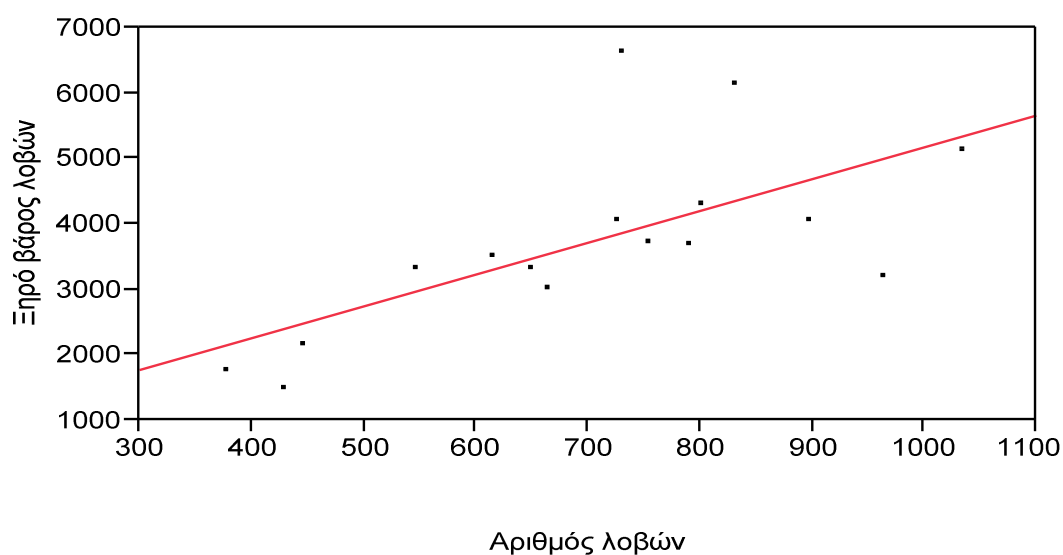
Επίσης θετική συσχέτιση παρουσίασε το νωπό βάρος λοβών με τον αριθμό των λοβών και το ξηρό βάρος των λοβών με το νωπό βάρος των λοβών καθώς και με τον αριθμό των λοβών (διάγραμμα 33, διάγραμμα 34, διάγραμμα 35).

$$y = -5229,471 + 73,522893 * x \quad (R = 0.97 \text{ και } p = 0.0001)$$



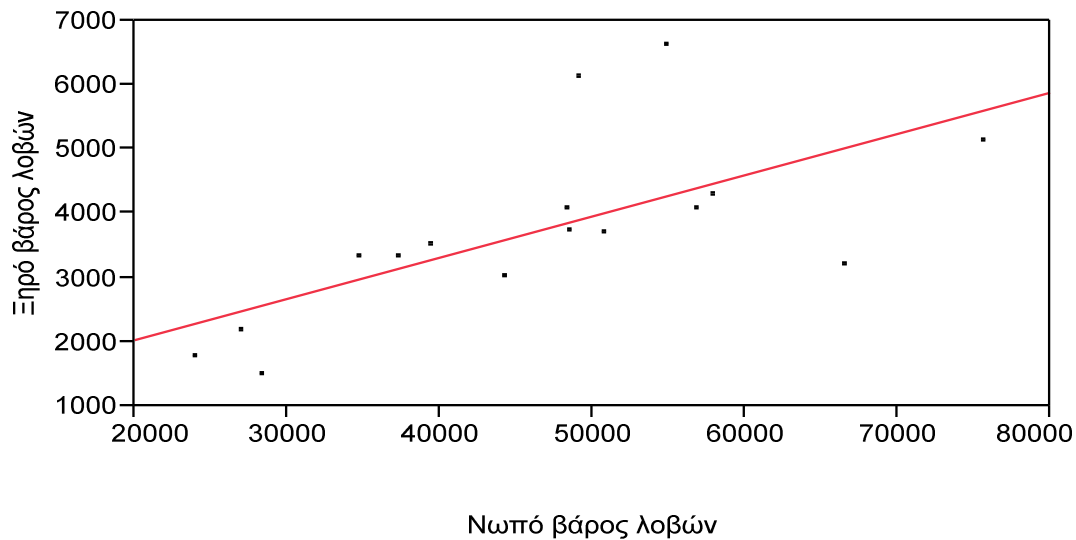
Διάγραμμα 33. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ νωπού βάρους λοβών (kg/ha) και αριθμού λοβών/μ² στην καλλιέργεια φασολιού.

$$y = 292,84118 + 4,8843319 * x \quad (R = 0.66 \text{ και } p = 0.005)$$



Διάγραμμα 34. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ξηρού βάρους λοβών (kg/ha) και αριθμού λοβών/μ² στην καλλιέργεια φασολιού.

$$y = 745,40743 + 0,0641691*x \quad (R= 0.66 \text{ και } p= 0.005)$$



Διάγραμμα 35. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ νωπού βάρους λοβών (kg/ha) και ξηρού βάρους λοβών (kg/ha) στην καλλιέργεια φασολιού.

Στα αποτελέσματα παρατηρήθηκε πως η αλατότητα και συγκεκριμένα το υψηλό επίπεδο της, οδήγησαν σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σακχάρων στους λοβούς του φασολιού. Τα σάκχαρα εκτός από τη χρήση τους ως τροφή για το φυτό αποτελούν και μια κατηγορία ωσμωρυθμιστών. Τα φυτά για να αντισταθούν στην καταπόνηση από την αλατότητα προβαίνουν στην παραγωγή και συσσώρευση μεγαλύτερων ποσών διαλυτών υδατανθράκων μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Με τον τρόπο αυτό προκαλούν πτώση του ωσμωτικού δυναμικού σε αντίθεση με τη συσσώρευση αλάτων που προκαλούν την άνοδο του (Monneveux & Bellhasen, 1996). Επίσης το βιολογικό σύστημα υπερτερούσε έναντι του συμβατικού στην παρουσία σακχάρων στους λοβούς.

Συμπερασματικά και κρίνοντας από την ανάλυση των δεδομένων του παρόντος πειράματος και προβαίνοντας σε συμπεράσματα αντιστοίχων ερευνητών που ασχολήθηκαν με το πρόβλημα της αλατότητας και με την επίδραση της στα ψυχανθή μπορούμε, με μια σχετική ασφάλεια να

καταλήξουμε στο συμπέρασμα πως η αλατότητα δρα ως περιοριστικός παράγοντας στη βιολογία του κοινού φασολιού με διαταραχές που προκαλεί σε κυτταρικό και βιοχημικό επίπεδο. Το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος επηρεάστηκε αρνητικά από την αλατότητα και παρουσίασε συσχετίσεις με το νωπό και το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος. Η μυκόρριζα, δείκτης της βιολογικής γεωργίας, επηρεάστηκε θετικά από το βιολογικό σύστημα και αρνητικά από το υψηλό επίπεδο αλατότητας. Αξίζει να σημειωθεί πως παρατηρήθηκαν συσχετίσεις μεταξύ του ποσοστού μυκόρριζας και του ξηρού βάρους ρίζας και υπέργειου καθώς και με το ξηρό βάρος υπέργειου. Η συσχέτιση αυτή μπορεί να ληφθεί υπόψη και να ενισχύσει τη γνώμη πως η μυκόρριζα αποτελεί μέσο αντοχής των φυτών στις αβιοτικές καταπονήσεις. Ο αριθμός των φυματίων στο συγκεκριμένο πείραμα δεν παρουσίασε κάποιες συσχετίσεις, αντέδρασε δε αρνητικά με την υψηλά αλατότητα. Τα χαρακτηριστικά της ρίζας (όγκος- μήκος) παρουσίασαν συσχετίσεις μεταξύ τους. Θετικές συσχετίσεις παρατηρήθηκαν, επίσης, μεταξύ των παρατηρήσεων επί των λοβών και του ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος των φυτών. Τέλος, η περιεκτικότητα των λοβών σε απλά σάκχαρα επηρεάστηκε θετικά από το υψηλό επίπεδο αλατότητας καθώς και από το βιολογικό σύστημα καλλιέργειας.

Κλείνοντας πρέπει να αναφερθεί πως η αλατότητα αποτέλεσε περιοριστικό παράγοντα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής των φυτών επηρεάζοντας αρνητικά τις ζωτικές τους λειτουργίες, κάτι που αντικατοπτρίζεται στην ανάλυση των αποτελεσμάτων των παρατηρήσεων.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

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 (FOOG-CT-2004-506223).
2. Abel, G. H. and Mackenzie, A. J. (1964). Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* (L.) Merrill) during germination and later growth. *Crop Science* : 157-161.
3. Adiku, G., Renger, M., Wessolek, G., Facklam, M. and Hech-Bucholtz, C. (2001). Stimulation of dry matter production and seed yield of common beans under varying soil water and salinity conditions. *Agricultural water Management*. 47: 55-68.
4. Alföldi, T., Fließbach, A., Geier, U., Kilcher, L., Niggli, U., Pfiffner, L., Stolze, M. & Willer, H., (2002). Organic agriculture and the environment. In: Scialabba, N. E.- H. And Hattam, C. (eds) *Organic Agriculture, Environment and Food Security. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome*.
5. Al-Karaki, G. N. (2006). Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. *Scientia Horticulturae* 109:1-7.
6. Al-Raddad, A. (1991). Response of bean, broad bean and chickpea plants to inoculation with *Glomus* species. *Scientia Horticulture*. 146: 195-200.
7. Amora-Lazcano, E., Vasquez M. M., Azcon, R. (1998). Response of nitrogen-transforming micro-organisms to arbuscular mycorrhizal fungi. *Biological Fertility and Soils* 27: 65-70.
8. Anderson, K. & Bows, A. (2008). Reframing the climate change challenge in light of post-2000 emission trends. *Philosophical*

- Transactions of the Royal Society of London Series A: Physics and Engineering Sciences. 366: 3863-3882.
9. Battisti, D.S. & Nylor, R. (2009). Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. *Science* 323: 240-244.
 10. Bayuelo-Jimenez, J., Debouck, D. G. and Lynch, J. P. (2003). Growth, gas exchange, water relations and ion composition of *Phaseolus* species, grown under saline conditions. *Field Crop Residual*. 80: 207-222.
 11. Bernstein, L. (1964). Effects of salinity on mineral composition and growth of plants. *Plant Anal. Fert. Probl. Colloq.* 4:25-45.
 12. Bilalis D., Kanatas, P., Patsiali, S., Konstantas, A. & Akoumianakis, K. (2009). Comparison between, conventional and organic floating systems, for lettuce and tomato (*Lactuca sativa* and *Lycopersicon esculentum*) seedling production. *J. Food, Agric. & Envir.*, 7: 623- 628.
 13. Bilalis, D., Kanatas, P., Konstantas, A. (2008). Effects of shading on root and shoot development of melon (*Cucubrita pepo*) transplants in conventional and organic float system nurseries. 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy.
 14. Carson, R. (1962). *Silent spring*. Houghton Mifflin Company, New York, USA.
 15. Challinor, A.; Ewert, F.; Arnold, S.; Simelton, E. & Fraser, E. (2009). Crops and climate change: Progress, trends, and challenges in simulating impacts and informing climate change (in press). *J. Exp. Bot.*
 16. Chinnusamy, V., Jagendorf, A., Zhu, J.K. (2005). Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science*. 45:437–448.
 17. Chonka, L. N. and Hanson, A. D. (1991). Prokaryotic osmoregulation: genetics and physiology. *Annual Revive Plant Physiology* 45: 569-606.

18. Copeman, R. H., C. A. Martin and J. C. Strutz (1996). Tomato growth in response to salinity and mycorrhizal fungi from saline or non-saline soils. *Hortscience* 31:341-344.
19. Coperman, R. H., Martin, C. A. and Stutz, J. C. (1996). Tomato growth in response to salinity and mycorrhizal fungi from saline or non-saline soil. *Horticulture Science*. 31: 341-344.
20. Cordovilla, M. P., Ligeró, F. and Lluch, C. (1994). The effect of salinity on N-fixation and assimilation in *Vicia faba*. *J. Exp. Bot.* 45: 1483-1488.
21. Delgado, M. J., Ligeró, F. and Lluch, C. (1994). Effects of salt stress on growth and nitrogen fixation by pea, faba bean, common bean and soybean plants. *Soil Biology Biochemistry* 26: 371-376.
22. Delgado, M.J., Garrido, J.M., Ligeró, F., Lluch, C. (1993). Nitrogen fixation and carbon metabolism by nodules and bacteroids of pea plants under sodium chloride stress. *Physiol Plant.* 89:824–829.
23. Demir, Y., Kocakalkan, I. (2002). Effect of NaCl and proline on bean seedlings cultured in vitro. *Biology of Plants*. 45:597–599.
24. Drew, M. C. and E. Di Kumwin. (1985). Sodium exclusion from shoots and roots of *Zea mays* (cv L.G. 11) and its breakdown with oxygen deficiency. *J. Exper. Bot.* 36:55-62.
25. Elsheikh, E., Wood, M. (1990). Effect of salinity on growth, nodulation and nitrogen yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Exp Botany*. 41:1263–1269.
26. FAO. (1999). Organic Agriculture. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome.. Accessed 26/2/99. <http://www.fao.org/unfao/bodies/COAG/COAG15/X0075E.html>
27. FAO. (2004). FAOSTAT home page. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome. <http://faostat.fao.org/>

28. FAO. (2009). World agriculture 2030: main findings. Available online at <http://www.fao.org/english/newsroom/news/2002/7833-en.html>, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
29. FAO. (2009). World agriculture 2030: main findings. Available online at <http://www.fao.org/english/newsroom/news/2002/7833-en.html>, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
30. Feng, G., Zhang, X. L., Li, C. Y., Tian, C., Tang and Rengel. (2002). Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza*. 12:185-190.
31. Ferri, A., Lluch, C., Ocana, A. (2000). Effect of salt stress on carbon metabolism and bacteroid respiration in root nodules of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Biology*. 2:396–402.
32. Francois, L.E., Donovan, T.J., Maas, E.V. (1990). Salinity effects on emergence, vegetative growth and seed yield of guar. *Agronomy Journal*. 82:587–591.
33. Gauch, H. C. and Wadleigh, C. H. (1944). Effects of high concentrations on growth of bean plants. *Bot. Gaz*. 105: 379-387.
34. Georgiev, G. I. and Atkias, C. A. (1993). Effects of salinity on N fixation, nitrogen metabolism and export and diffusive conductance of cowpea root nodules. *Symbiosis*. 15:239-255.
35. Graham, P. H. and Parker, C. A. (1964). Diagnostic features in the characterization of the root-nodule bacteria of legumes. *Plant Soil* 20: 383-396.
36. Grattan, S.R., Grieve, C.M. (1992). Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environments. *Agricultural Ecosystems and Environment*. 38:275–300.
37. Greenway, H., Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Rev of Plant Physiology*. 31:149–190.

38. Gunes, A., Inal, A., and M. Alpasan. (1996). Effect of salinity on stomatal resistance, proline and mineral composition of pepper. *J. Plant Nutr.* 19:389-396.
39. Hafeez, F.Y., Aslam, Z., Malik, K.A. (1988). Effect of salinity and inoculation on growth, nitrogen fixation and nutrient uptake of *Vigna radiata* (L.). *Plant Soil.* 106:3–8.
40. Hayward, H. E. and Wadleigh, C. A. (1949). Plant growth on saline and alkali soils. *Advanced. Agronomy.* 1: 1-38.
41. Hernandez, J.A., Almansa, M.S., Del Rio, L.A., Sevilla, F. (1993). Effect of salinity on metallo-enzymes of oxygen metabolism in two leguminous plants. *Journal of Plant Nutrition.* 16:2539–2554.
42. Jennings, D. H. (1976). The effects of sodium chloride on higher plants. *Boil. Rev.* 51:453-486.
43. Jimenez, J.S., Debouck, D.G., Lynch, J.P. (2003). Growth, gas exchange, water relations, and ion composition of Phaseolus species grown under saline conditions. *Field Crop Res.* 80:207–222.
44. Juniper, S. and Abbot, L. (2003). Vesicular-arbuscular mycorrhizas and soil salinity. *Mycorrhiza.* 44: 45-57.
45. Kirkby, E. A. and A. H. Knight. (1977). The influence of the level of nitrate nutrition on ion uptake and assimilation, organic acid accumulation and cation anion balance in whole tomato plants. *Plant Physiol.* 60:349-353.
46. Lauchli, A. (1984). Salt exclusion: An adaptation of legumes for crops and pastures under saline conditions. In: Staples, R.C., Toenniessen, G.H. *Salinity tolerance in plants-strategies for crop improvement.* Wiley, New York, pp 171–188.
47. Lauter, D.J., Meiri, A., Shuali, M. (1988). Iso-osmotic regulation of cotton and peanut at saline concentrations of K and Na. *Plant Physiology.* 87(4):911–916.

48. Mamo, T., Richter, C., Heiligtag, B. (1996). Salinity effects on the growth and ion contents of some chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medic.) varieties. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 176:235–247.
49. Moffett, M. L. and Colwell, R. R. (1968). Adansonian analysis of the Rhizobiaceae. *Journal of General Microbiology*. 51: 245-266.
50. Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytology*. 167:645–663.
51. Munns, R., Husain, S., Rivelli, A.R., James, R.A., Condon, A.G., Lindsay, M.P., Lagudah, E.S., Schachtman, D.P., Hare, R.A. (2002). Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. *Plant Soil*. 247(1):93–105.
52. Munns, R., Termaat, A. (1986). Whole plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*. 13:143–160.
53. Muns, D. N., Fox, R. L. and Koch, B. L. (1977). Influence of lime on nitrogen fixation by tropical and temperate legumes. *Plant Soil*. 49: 591-601.
54. Nieman, R.H. (1965). Expansion of bean leaves and its suppression by salinity. *Plant Physiology*. 40:156–161.
55. Okon, Y. and Vanderleyden, J. (1997). Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. *ASM News* 63: 366-370.
56. Okusanya, O.T., Ungar, I.A. (1984). The growth and mineral composition of three species of spergularia as affected by salinity and nutrients at high salinity. *American Journal of Botany*. 71:439–447.
57. Pillai, R. N. and Sen, A. (1966). Salt tolerance of *Rhizobium trifolii*. *Indian Journal of Agricultural Science*. 36: 80-84.
58. Raggio, M. and Raggio, N. (1962). Root nodules. *Ann. Rev. Plant Physiology*. 13: 109-128.

59. Riley, D. and Barber, S. A. (1970). Salt accumulation at the soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) root-soil interface. Soil Science Society American Procedure 34: 154-155.
60. Rosegrant, M.W. & Cline, S.A. (2003). Global food security: Challenges and policies. *Science* 302: 1917-1919.
61. Russo, A., C. Felici, A. Toffanin, M. Gotz, C. Collados, J. M. Barea, Y. Moenne-Loccoz, K. Smalla, J. Vanderleyden and M. Nuti (2005). Effect of *Azospirillum* inoculants on arbuscular mycorrhiza establishment in wheat and maize plants. *Biology and Fertility of Soils* 41:301-309.
62. Saleh Al-Garni S. M. (2006). Increased heavy metal tolerance of cowpea plants by dual inoculation of an arbuscular mycorrhizal fungi and nitrogen-fixer *Rhizobium* bacterium. *African Journal of Biotechnology*. 5: 132-144.
63. Sannazzaro, A. I., O. A. Ruiz, E. O. Alberto and A. B. Menendez (2006). Alleviation of salt stress in *Lotus glaber* by *Glomus intraradices*. *Plant and Soil*. 285: 279-287.
64. Sekeroglu, N., Kara, M.S., Dede, O., Askin, T. (1999). Effect of salinity on germination, early seedling growth, Na and K constituents of chickpea. *Turkish Journal of Field Crops*. 4:79-84.
65. Sibole, J.V., Montero, E., Cabot, C., Poschenrieder, C., Barcelo', J. (2000). Relationship between carbon partitioning and Na⁺, Cl⁻ and ABA allocation in fruits of salt-stressed bean. *Journal of Plant Physiology*. 157:637-642.
66. Siegel, S. M., Siegel, B. Z., Massey, J., Lahne, P. (1980). Growth of corn in saline waters. *Physiol. Plant*. 50:71-73.
67. Singh, R. P., Choudhary, A., Gulati, A., Dahiya, H. C., Jaiwal, P. K. and Sengar, R. S. (1997). Response of plants to salinity in interaction with other abiotic factors. Pp: 25-39. In: Jaiwal, P. K., Singh, R. P.,

- Gulati, A. Eds. Strategies for Improving Salt tolerance in High Plants. Science Publishers, Enfield, USA.
68. Smirnov, N. (1993). The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytology*. 125:27–58.
69. Soussi, M., Khadri, M., Lluch, C., Ocana, A. (2001). Carbon metabolism and bacteroid respiration in nodules of chick-pea (*Cicer arietinum* L.) plants grown under saline conditions. *Plant Biosystem*. 135(2):157–164.
70. Soussi, M., Lluch, C., Ocana, A. (1999). Comparative study of nitrogen fixation and carbon metabolism in two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under salt stress. *Journal of Botany* 50: 1701-1708.
71. Southey, J. M. and J. H. Jooste. (1992). Physiological response of *Vitis vinifera* L. (cv. Chenin blanc) grafted onto different rootstocks on a relatively saline soil. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 13:10-22.
72. Steinborn, J. and Roughley, R. J. (1975). Toxicity of sodium and chloride ions to *Rhizobium* spp. In broth and peat culture. *Journal of Applied Bacteriology* 39: 133-138.
73. Stockdale, E.A., Shepherd, M.A., Fortune, S. & Cuttle, S.P. (2002). Soil fertility in organic farming systems- fundamentally different? *Soil Use & Manag.*, 18: 301-308.
74. Stolze, M., Piorr, A., Häring, A. & Dabbert, S. (2000). The environmental impacts of organic farming in Europe. University of Hohenheim, Stuttgart-Hohenheim.
75. Subba Rao, N. S., Lakshmi-Kumari, M., Singh, C. S. and Magu, S. P. (1972). Nodulation of lucerne (*Medicago sativa* L.) under the influence of sodium chloride. *Indian Journal of Agricultural Science*. 42: 384-386.

76. Tain, C. Y., Feng, G., Li, X. L. and Zhang, F. S. (2004). Different effects of arbuscular mycorrhizal fungal isolates from saline or non-saline soil, on salinity tolerance of plants. *Appl. Soil Ecol.* 26: 143-148.
77. Tain, C. Y., Feng, G., Li, X. L., Zhang, F. S. (2004). different effects of arbuscular mycorrhizal fungal isolates from saline or non-saline soil on salinity tolerarance of plants. *Appl. Soil Ecol.* 26:143-148.
78. Urao, T., Yakubov, B., Satoh, R., Yamaguchi-Shinozaki, K., Seki, M., Hirayama, T., Shinozaki, K. (1999). A transmembrane hybrid-type Histidine Kinase in Arabidopsis functions as an osmosensor. *Plant Cell.* 11:1743–1754.
79. Volkmar, K. M., Hu, Y., Steppuhn, H. (1998). Physiological response of plants to salinity: a review. *Canadian Journal of Plant Science.* 78: 19-27.
80. Walker, R. P., Torokfalvy, E., Scott, N.S. and P.E. Kriedemann. (1981). An analysis of photosynthetic response to salt treatment in *Vitis vinifera*. *Austr. J. Plant Physiol.* 8:359-374.
81. Wehrmann, I., and R. Hahndel. (1984). Relationship between N and Cl nutrition and NO₃ content of vegetables. Proceeding VI international colloquium for the optimization of plant nutrition. 2:679-685.
82. Wilson, J. R. and Norris, D. O. (1970). Some effects of salinity on *Glycine javanica* and its *Rhizobium* symbiosis. *Proc. Int. Grassl. Congr.* 11: 455-458.
83. Wynen, E. (1998). *Evaluating the Potential Contribution Of Organic Agriculture to Sustainability Goals*. Environment and Natural Resources Service, Research and Training Division, Sustainable Development Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

84. Yano-Melo, A. M., O. J. Saggin and L. C. Maia (2003). Tolerance of mycorrhized banana (*Musa* sp. cv. Pacovan) plantlets to saline stress. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 95:343-348.
85. Yano-Melo, A. M., Saggin, O. J., Maia, L. C. (2003). Tolerance of mycorrhised banana (*Musa* sp. cv. Pacovan) plantlets to saline stress. *Agricultural Ecosystems Environment*. 95: 343-348.
86. Zahran, H. H. (1999). *Rhizobium*-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiology Molecular Biology Review* 36: 968-989.
87. Zahran, H. H. and Abu-Gharbia, M. A. (1995). Development and structure of bacterial root-nodules of two Egyptian cultivars of *Vicia faba* L. under salt stress and water stresses. *Bull. Fac. Sci. Assiut University*. 24: 1-10.
88. Zhu, J.K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends Plant Science*. 6:66–71.
89. Zhu, J.K. (2003). Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Curr Opin Plant Biology*. 6:441–445.
90. Zou, N., Dort, P. J. and Mascar, N. E. (1995). Interaction of salinity and rhizobial strains on growth and N fixation by *Acacia ampliceps*. *Soil Biology and Biochemistry*. 27: 409-413.
91. Zurayk, R., Adlan, M., Baalbaki, R., Saxena, M.C. (1998). Interactive effects of salinity and biological nitrogen fixation on chickpea (*Cicer arietinum* L.) growth. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 180:249–258.