



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΟΥ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΚΑΝΔΡΗ

**«Εκτίμηση της προσαρμοστικότητας διαφόρων ειδών ψυχανθών στην
Ανατολική Θεσσαλία»**



ΒΟΛΟΣ 2014

**ΘΕΜΑ: Εκτίμηση της προσαρμοστικότητας διαφόρων ειδών ψυχανθών
στην Ανατολική Θεσσαλία**

Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια

Κανδρή Ευαγγελία

Τα μέλη της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής είναι τα εξής:

- ❖ **Δαναλάτος Νικόλαος Καθηγητής Εργαστηρίου Γεωργίας & Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών, Επιβλέπων**
- ❖ **Δημήρκου Ανθούλα Καθηγήτρια Εργαστηρίου Εδαφολογίας**
- ❖ **Χα Ιμπραχίμ–Αβραάμ Καθηγητής Γενετικής και Βελτίωσης Φυτών**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής διατριβής, θεωρώ υποχρέωση μου να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή του Εργαστηρίου Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών κ. Νικόλαο Δαναλάτο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του κατά τη διεξαγωγή και τη συγγραφή της μεταπτυχιακής διατριβής μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την κ. Δημήρκου Ανθούλα και τον κ. Χα Ιμπραχίμ-Αβραάμ μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής μου για τον χρόνο που αφιέρωσαν στην μεταπτυχιακή μου διατριβή καθώς επίσης και για τις σημαντικές παρατηρήσεις και συμβουλές. Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά το Διδάκτορα κ. Δημήτριο Μπαρτζιάλη για την πολύτιμη βοήθεια του και καθοδήγηση του ως προς τον τρόπο διεξαγωγής της έρευνας καθώς και για την σημαντική βοήθεια του κατά την επεξεργασία και συγγραφή της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Ευχαριστώ θερμά τον διδάκτορα κ. Γιαννούλη Κυριάκο για την πολύτιμη βοήθεια του καθ' όλη τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος αλλά και κατά τη συγγραφή της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου για την οικονομική και ηθική υποστήριξη, υπομονή και κατανόηση σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αφιερώνεται....

Στην οικογένειά μου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα χειμερινά ψυχανθή είναι πολύτιμα τόσο γιατί συντελούν στη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους, με την ικανότητα που έχουν να δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό N μέσω των βακτηρίων που συμβιών στις ρίζες τους, όσο και γιατί δίνουν καρπό ο οποίος περιέχει πολλά λευκώματα ανωτέρας ποιότητας. Κατά μέσο όρο η περιεκτικότητα των δημητριακών σε λευκώματα κυμαίνεται περί τα 10% ενώ των ψυχανθών υπερβαίνει τα 20%. Επίσης οι καρποί είναι πλούσιοι σε φώσφορο και ασβέστιο. Έτσι, όταν χρησιμοποιούνται για τη διατροφή των ζώων, αποτελούν άριστο συμπλήρωμα του σιτηρεσίου τους, αλλά και για τη διατροφή του ανθρώπου αποτελούν καλή πηγή λευκώματος.

Το σογιάλευρο χρησιμοποιείται ευρέως ως πηγή πρωτεϊνών για τις ζωοτροφές αλλά είναι εισαγωγής και πολύ ακριβό. Το σημαντικότερο θέμα είναι να βρούμε τρόπους να μειώσουμε το κόστος παραγωγής γάλακτος. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να αντικαταστήσουμε στο σιτηρέσιο την πρωτεΐνη που προέρχεται από εισαγόμενες ά ύλες, όπως το σογιάλευρο με άλλους πρωτεϊνούχους καρπούς, (μπιζέλια, κουκιά, λαθούρι κ.λπ.). Τόσο οι πρωτεϊνούχοι καρποί όσο και οι χονδροειδείς ζωοτροφές που προέρχονται από ψυχανθή φυτά (λούπινο, μηδική, βίκος, μπιζέλι, λαθούρι, κουκί κ.λπ.), μπορούν να καλλιεργηθούν στην χώρα μας ως φυτά χαμηλών εισροών για τόνωση της ανταγωνιστικότητας της εγχώριας φυτικής και ζωικής παραγωγής. Στην Ευρώπη έχει υπάρξει αυξανόμενη έμφαση στην τοπική παραγωγή ψυχανθών για ζωοτροφή προκειμένου να ικανοποιηθούν μερικές από αυτές τις πρωτεϊνικές απαιτήσεις. Οι επιδοτήσεις έχουν οδηγήσει στην αυξανόμενη παραγωγή, ιδιαίτερα, μπιζελιών (*Pisum sativum*) και κουκιών (*Vicia faba*). Η χρήση των ψυχανθών ως πηγή πρωτεϊνών στη βιομηχανία ζωοτροφών αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω στο εγγύς μέλλον.

Προκειμένου να διερευνηθεί η προσαρμοστικότητα διαφόρων ειδών χειμερινών ψυχανθών (όπως το μπιζέλι, ο βίκος, η φακή, το λούπινο, το λαθούρι και το κουκί), το 2013 εγκαταστάθηκε πείραμα αγρού στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο Μαγνησίας. Συγκεκριμένα η έρευνα περιλάμβανε τρεις μεταχειρίσεις φωσφορικής λίπανσης για τα έξι χειμερινά ψυχανθή που χρησιμοποιήθηκαν, σε τρεις επαναλήψεις. Οι μεταχειρίσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν: α) μάρτυρας (0 μονάδες

φωσφόρου), β) 6 μονάδες φωσφόρου από το συμβατικό λίπασμα 0-46-0 και γ) 12 μονάδες φωσφόρου. Οι ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν για τα έξι καλλιεργούμενα είδη ήταν για το μπιζέλι η ποικιλία «Όλυμπος», για τον βίκο η ποικιλία «Κάδμος», για τη φακή η ποικιλία «Θεσσαλία», για το λούπινο η ποικιλία «*Multitalia*», για το λαθούρι η ποικιλία «Ίμια» και για το κουκί η «*Scuro di torre lama*».

Με βάση την μέτρηση της βλαστικότητας των σπόρων προκύπτει ότι οι σπόροι του μπιζελιού βλαστάνουν γρηγορότερα συγκριτικά με τα άλλα χειμερινά ψυχανθή που καλλιεργήθηκαν και τα νεαρά φυτά του αναπτύσσονται ταχύτερα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Ιεραρχικά ακολουθεί το κτηνοτροφικό κουκί, η φακή και το λαθούρι ενώ τη μικρότερη βλαστικότητα έχει ο βίκος και ιδιαίτερα το λούπινο.

Σε ότι αφορά την αλληλεπίδραση του φωσφόρου με το ψυχανθές, παρατηρήθηκε ότι η προσθήκη φωσφόρου ευνόησε την παραγωγή περισσότερης βιομάζας στα ψυχανθή χωρίς όμως να δώσει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το μπιζέλι έδωσε σταθερά την υψηλότερη βιομάζα ακολουθούμενο ιεραρχικά από τα κουκιά, το βίκο, τη φακή και το λαθούρι, ενώ το λούπινο είχε τη χαμηλότερη βιομάζα λόγω υπερίσχυσης των ζιζανίων. Τα ψυχανθή δεν είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστικά προς τα ζιζάνια, και συνεπώς επιβάλλεται επιμελημένη ζιζανιοκτονία για να επιτευχθεί σωστή εγκατάστασή τους.

Σχετικά με την απόδοση σε καρπό και πάλι υπερέχει το μπιζέλι και δευτερευόντως το κουκί έναντι όλων των άλλων ψυχανθών, ενώ το λούπινο υστερεί λόγω του μεγάλου προβλήματος που αντιμετώπισε με τα ζιζάνια και της εντομολογικής προσβολής που παρατηρήθηκε, με αποτέλεσμα την αμελητέα παραγωγή καρπού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	3
Περίληψη	4
Περιεχόμενα	6

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική περιγραφή των ψυχανθών	8
1.2 Ταξινόμηση με βάση την εποχή σποράς.....	9
1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά των ψυχανθών	11
1.4 Οικολογικές απαιτήσεις.....	15
1.5 Αύξηση και ανάπτυξη.....	18
1.6 Καλλιέργεια των ψυχανθών για παραγωγή χονδροειδών τροφών.....	25
1.7 Χρησιμότητα των καρποδοτικών ψυχανθών στη διατροφή του ανθρώπου	28
1.8 Χημική σύσταση των σπόρων των ψυχανθών	
1.8.1 Πρωτεϊνική σύνθεση.....	29
1.8.2 Θρεπτική αξία	31
1.8.3 Αντιθρεπτικοί παράγοντες.....	32
1.8.4 Προσδιορισμός της θρεπτικής αξίας με βάση τη χημική σύσταση.....	33
1.9 Συμβιωτική αζωτοδέσμευση.....	34
1.9.1 Σχηματισμός φυματίων (μηχανισμός)	36
1.9.2 Συνεισφορά της αζωτοδέσμευσης-Ποσότητες δεσμευόμενου N	38
1.9.3 Παράγοντες που επηρεάζουν το σχηματισμό φυματίων και την αζωτοδέσμευση.....	40
1.10 Ο ρόλος του φωσφόρου.....	42
1.11 Μηχανισμοί αύξησης της συμβιωτικής δέσμευσης του N και της απόκτησης P.....	44
1.12 Λίπανση ψυχανθών.....	46
1.13 Οφέλη των ψυχανθών ως φυτά κάλυψης του εδάφους.....	50

2. Σκοπός της εργασίας	54
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	
3.1 Στοιχεία πειράματος.....	55
3.2 Καιρικές συνθήκες.....	58
3.3 Καλλιεργητικές εργασίες	58
3.4 Ανάλυση αύξησης και ανάπτυξης των φυτικών ειδών.....	
3.4.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά – Ξηρά βάρη.....	59
3.4.2 Μέτρηση της βλαστικότητας.....	60
3.4.3 Εκτίμηση του ζιζανιοπληθυσμού	60
3.4.4 Εκτίμηση του ολικού περιεχόμενου N στους φυτικούς ιστούς	61
3.4.5 Εκτίμηση του δείκτη συγκομιδής	61
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ	
4.1 Καιρικές συνθήκες.....	62
4.2 Έδαφος πειραματικού αγρού	63
4.3 Αύξηση και ανάπτυξη.....	65
4.4 Βλαστικότητα σπόρων	72
4.5 Προσδιορισμός της θρεπτικής αξίας με βάση τη χημική σύσταση	77
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	81
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	96

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική περιγραφή των ψυχανθών

Τα ψυχανθή ανήκουν στην οικογένεια *Fabaceae* (συνώνυμα *Leguminosae* ή *Papilionaceae*), μία από τις μεγαλύτερες οικογένειες ανθοφόρων φυτών, που αποτελεί ομάδα δικοτυλήδονων φυτών και περιλαμβάνει περίπου 700 γένη και περισσότερα από 18.000 είδη. Η μεγάλη οικογένεια των ψυχανθών, πήρε το όνομά της από τη χαρακτηριστική μορφή του άνθους όλων των ειδών της, που μοιάζει με πεταλούδα (ψυχή) (kurlovich & Ropyev, 1995).

Τα ψυχανθή καλλιεργούνται για την παραγωγή καρπών που χρησιμοποιούνται στη διατροφή του ανθρώπου και των ζώων, για την παραγωγή χονδροειδών ζωοτροφών και ως φυτά χλωράς λίπανσης. Οι καρποί των ψυχανθών είναι υψηλής βιολογικής αξίας καθώς είναι πλούσιοι σε υδατάνθρακες και πρωτεΐνες με περιεκτικότητα πάνω από 20%. Τα τελευταία χρόνια με τη στροφή των καταναλωτών σε πιο υγιεινή διατροφή (μεσογειακή δίαιτα), τα όσπρια αποκτούν σταδιακά μεγαλύτερη σημασία και στη διατροφή των πληθυσμών των αναπτυσσόμενων χωρών. Εκτός από τους ξηρούς σπόρους, σημαντικές ποσότητες ψυχανθών καταναλώνονται από τον άνθρωπο υπό μορφή χλωρών λοβών ή σπερμάτων. Τα κυριότερα εδώδιμα ψυχανθή είναι οι φακές (*Lens culinaris*), τα κουκιά (*Vicia faba*), τα λούπινα (*Lupinus spp.*), το λαθούρι (φάβα) (*Lathyrus sativus*), τα μπιζέλια (*Pisum sativum L.*), τα φασόλια (*Phaseolus vulgaris L.*) καθώς και τα ρεβίθια (*Cicer arietinum L.*) (Vasilopoulou et al., 2005; Παπακώστα, 2005).

Ακόμη στα ψυχανθή ανήκουν και χορτοδοτικά φυτά, τα οποία καλλιεργούνται ως κτηνοτροφικά φυτά για την παραγωγή ξηρού χόρτου και σπόρου για την κτηνοτροφία. Τα σπουδαιότερα ψυχανθή που καλλιεργούνται για παραγωγή ξηρού χόρτου αλλά και για άλλες χρήσεις είναι η μηδική, ο βίκος και τα τριφύλλια, ενώ τα πιο σημαντικά ψυχανθή που καλλιεργούνται για το σπόρο τους και χρησιμοποιούνται στη συνέχεια στην κτηνοτροφία είναι τα μπιζέλια, τα κτηνοτροφικά κουκιά, τα λούπινα και η σόγια. Επιπλέον, τα ψυχανθή καλλιεργούνται και ως καλλωπιστικά φυτά, για τα ελαιούχα σπέρματά τους αλλά κυρίως για την ικανότητά τους να δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005; kurlovich & Ropyev, 1995).

Η μεγάλη σπουδαιότητα των ψυχανθών έναντι των άλλων καλλιεργειών, είναι το γεγονός ότι όλα τους έχουν την μοναδική στον κόσμο των φυτών ικανότητα να δεσμεύουν το άζωτο της ατμόσφαιρας, που αποτελεί βασικό στοιχείο διατροφής των φυτών. Και δεσμεύουν όχι μόνο όσο άζωτο χρειάζονται τα ίδια για την ολοκλήρωση του βιολογικού τους κύκλου, αλλά περισσότερο ώστε να αφήνουν το περίσσειμα στο έδαφος, σαν προσφορά στην καλλιέργεια που τ' ακολουθεί. Η μοναδική τους αυτή ιδιότητα, συμβάλει σημαντικά στη διατήρηση του ισοζυγίου της γονιμότητας του εδάφους και εξοικονομεί δαπάνες για αζωτούχο λίπανση (Γρηγοράκης, Ποδηματάς, 1986).

1.2 Ταξινόμηση με βάση την εποχή σποράς

Διακρίνονται σε χειμερινά (φθινοπωρινά) και εαρινά ψυχανθή, ανάλογα με την εποχή σποράς τους (Πίν. 1.1). Η σπορά το φθινόπωρο των ειδών που είναι ανθεκτικά στις χαμηλές θερμοκρασίες πλεονεκτεί σε σχέση με τη σπορά την άνοιξη. Με φθινοπωρινή σπορά το φυτόμα γίνεται κάτω από ευνοϊκότερες συνθήκες, τα φυτά αξιοποιούν κατά αποτελεσματικότερο τρόπο τη χειμερινή κατανομή της βροχόπτωσης και στις μη αρδευόμενες καλλιέργειες ολοκληρώνεται ο βιολογικός κύκλος των φυτών πριν από την εξάντληση της υγρασίας του εδάφους και την επικράτηση υψηλών θερμοκρασιών (Παπακώστα, 2005).

Πίνακας 1.1. Κατάταξη των καλλιεργειών ψυχανθών ανάλογα με τη συνήθη εποχή σποράς στη χώρα μας (Παπακώστα, 2005).

Εποχή σποράς	
Φθινόπωρο	Άνοιξη
Κουκιά	Φασόλια
Φακή	Γίγαντες
Λαθούρι	Σόγια
Βίκος	Αραχίδα
Λούπινο	Αρακάς
Μπιζέλι	Ρεβίθι
Ρεβίθι	Μηδική
Ρόβι	Τριφύλλια
Αρακάς	
Μηδική	
Τριφύλλια	

❖ Χειμερινά καρποδοτικά ψυχανθή

Τα χειμερινά ψυχανθή κατάγονται από τις παραμεσόγειες περιοχές και τη ΝΔ. Ασία. Η καλλιέργειά τους εκτείνεται σε περιοχές με ανάλογο κλίμα και για μερικά από αυτά λίγο βορειότερα. Η διάδοση των χειμερινών ψυχανθών στη χώρα μας είναι μικρή γιατί δεν μπορούν να συναγωνισθούν τα χειμερινά σιτηρά, που προσαρμόζονται στις ίδιες εδαφοκλιματικές συνθήκες. Οι κυριότεροι λόγοι είναι ότι:

- 1) αντέχουν λιγότερο στις χαμηλές θερμοκρασίες, τις ασθένειες και τα έντομα,
- 2) έχουν μεγαλύτερο συντελεστή διαπνοής και μικρότερη αντοχή στην ξηρασία,
- 3) υστερούν από άποψη εκμηχανίσεως της καλλιέργειας και
- 4) έχουν μικρότερη στρεμματική απόδοση που δεν αντισταθμίζεται με την μεγαλύτερη τιμή τους, ιδίως των κτηνοτροφικών οσπρίων (Σφήκας, 1987).

Στις ανεπτυγμένες χώρες οι αποδόσεις σε καρπό δεν αυξήθηκαν με τον ίδιο ρυθμό με εκείνο της αύξησης των αποδόσεων των σιτηρών. Επίσης υπολογίστηκε ότι οι αποδόσεις των μπιζελιών στις αναπτυσσόμενες χώρες ήταν μόλις το 45% των αντίστοιχων αποδόσεων των ανεπτυγμένων χωρών και των κουκιών και του ρεβιθιού το 75% αυτών. Επομένως θα πρέπει να καταβληθεί προσπάθεια για την αύξηση των αποδόσεων. Το μειονέκτημα της μικρής απόδοσης αντισταθμίζεται από τις υψηλότερες τιμές μόνο στους καρπούς που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση (Jeuffroy and Ney, 1997).

❖ Εαρινά καρποδοτικά ψυχανθή

Κατάγονται από τροπικές και υποτροπικές περιοχές και για το λόγο αυτό είναι απαιτητικά σε θερμοκρασία, υγρασία εδάφους και φωτισμό. Η καλλιέργεια των εαρινών καρποδοτικών ψυχανθών είναι ευρύτατα διαδεδομένη σε πολλές περιοχές του κόσμου. Στα εαρινά ψυχανθή σε αντίθεση με τα χειμερινά, έγινε σημαντική βελτιωτική προσπάθεια με αποτέλεσμα οι αποδόσεις να είναι υψηλές και σταθερές για κάθε συγκεκριμένη περιοχή. Οι μεγάλες διαφορές στην απόδοση μεταξύ των διαφόρων περιοχών καλλιέργειάς τους οφείλονται

στις διαφορετικές εδαφολογικές συνθήκες και στα διαφορετικά καλλιεργητικά συστήματα στα οποία εντάσσεται η καλλιέργειά τους (Παπακώστα, 2005).

1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά των ψυχανθών

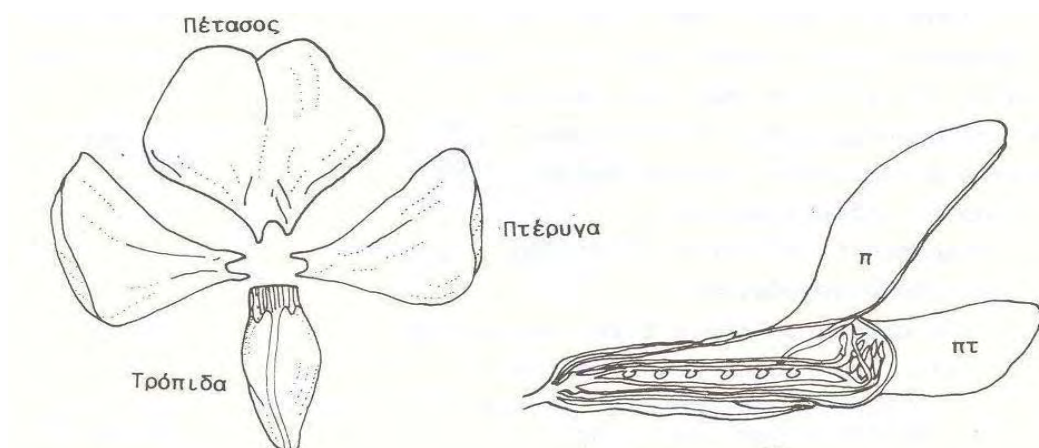
Τα ψυχανθή είναι φυτά δικοτυλήδονα, ετήσια, διετή ή πολυετή και έχουν τα ακόλουθα κοινά χαρακτηριστικά: τα φύλλα τους συνήθως είναι σύνθετα, τα σπέρματά τους ωριμάζουν μέσα σε λοβούς, τα άνθη τους μοιάζουν με ψυχή (πεταλούδα).

- **Φύλλα.** Τα φύλλα των ψυχανθών είναι συνήθως σύνθετα αποτελούμενα από τρία ή περισσότερα φυλλάρια. Μόνο το πρώτο πραγματικό φύλλο είναι απλό και πολύ σπανιότερα το δεύτερο και το τρίτο. Το σχήμα των φύλλων ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό μεταξύ των διάφορων γενών και μπορεί να είναι παλαμοειδή, πτερωτά περιπτόληκτα και σπανιότερα πτερωτά αρτιόληκτα. Τα περιθώρια των φυλλαρίων μπορεί να είναι ακέραια ή οδοντωτά. Σε μερικά είδη το ακραίο φυλλάριο μπορεί να αντικαθίσταται από μία απλή ή διακλαδιζόμενη έλικα. Στη βάση κάθε φύλλου συνήθως απαντάται ένα ζεύγος παράφυλλων. Τα παράφυλλα ποικίλλουν σε μέγεθος και σχήμα σε μεγάλο βαθμό και σε πολλές περιπτώσεις είναι πολύ χρήσιμα για τη ταξινόμηση των φυτών όταν δεν είναι ακόμα ανθισμένα (Παλάτος, Κυρκενίδης, 2006).
- **Άνθη.** Οι ανθοταξίες των ψυχανθών είναι μασχαλιαίες ή επάκριες και τα άνθη τους είναι διαταγμένα σε κεφαλές ή βότρους. Τα άνθη έχουν πέντε χωριστά πέταλα με διάταξη σε σχήμα πεταλούδας, πέντε σέπαλα ενωμένα στη βάση και 10 στήμονες ελεύθερους ή ενωμένους σε σωλήνα. Η στεφάνη αποτελείται από πέντε πέταλα τριών διαφορετικών ειδών (Εικ. 1.1). Το μεγαλύτερο, ο πέτασος, είναι το πιο εξωτερικό πέταλο του άνθους. Τα δύο πλευρικά πέταλα είναι όμοια μεταξύ τους, ελεύθερα το ένα από το άλλο και ονομάζονται πτέρυγες. Τα άλλα δύο πέταλα συμφύονται με τα χείλη τους και σχηματίζουν την

τρόπιδα. Η τρόπιδα περικλείει τους στήμονες και τον ύπερο. Ο ύπερος είναι επιφυής και αποτελείται από ένα καρπόφυλλο (Σφήκας, 1987).



(α)



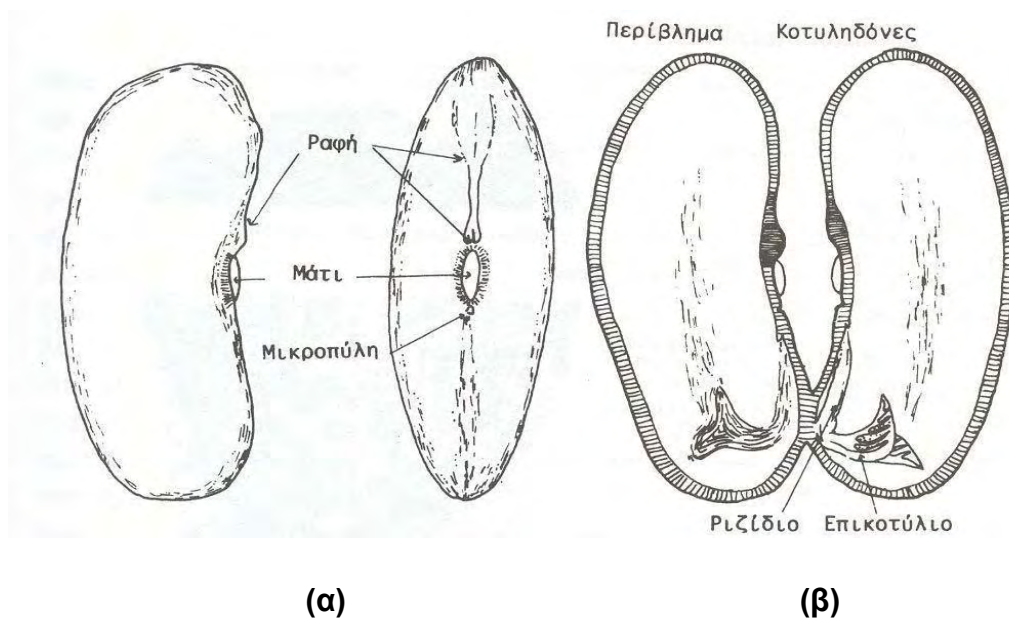
(β)

Εικόνα 1.1. Μορφολογία άνθους ψυχανθών: (α) τυπικά άνθη, (β) λεπτομέρεια πετάλων (Παπακώστα- Τασοπούλου, 2005).

- **Καρποί και σπόροι.** Ο καρπός των ψυχανθών είναι λοβός, με δύο τοιχώματα, τα οποία συνδέονται με δύο ραφές. Σε μερικά είδη κατά την ωρίμανση των λοβών ανοίγει η μία ή και οι δύο ραφές και εκχύνονται οι σπόροι από το εσωτερικό. Οι λοβοί των ψυχανθών είναι συνήθως επιμήκεις, κυλινδρικοί ή πλατυσμένοι. Σε μερικά είδη οι λοβοί συστρέφονται σπειροειδώς, ενώ σε άλλα είναι ευθείς ή ελαφρώς

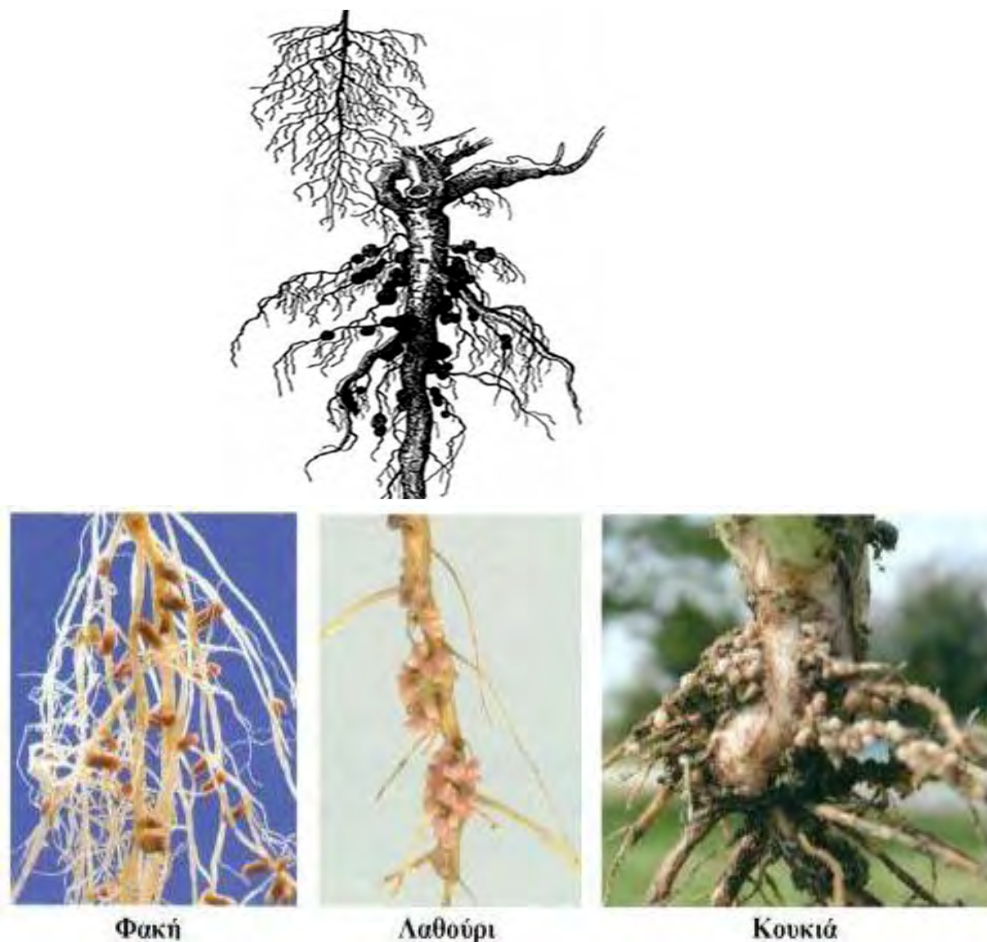
κυρτοί. Κάθε λοβός περιέχει έναν ή περισσότερους σπόρους, διατεταγμένους σε γραμμική σειρά.

Ο σπόρος των ψυχανθών αποτελείται από το έμβρυο και το περίβλημα. Το περίβλημα αποτελεί το εξωτερικό μέρος του σπόρου και περιβάλλει το έμβρυο σε όλη του την έκταση. Στο περίβλημα των μεγάλων σπόρων διακρίνονται ευκρινώς εξωτερικά (Εικ. 1.2.): το ίχνος του ομφαλικού ιμάντα που ονομάζεται οφθαλμός και είναι η ουλή που μένει όταν γίνεται η αποκοπή του σπόρου από το λοβό, η μικροπύλη η οποία είναι μία μικρή οπή από όπου εισήλθε η προβολή της γύρης στον εμβρυόσακκο και η ραφή μία μικρή προέκταση κοντά στον οφθαλμό που αντιπροσωπεύει τη βάση του ομφαλικού ιμάντα. Σε αρκετά είδη ψυχανθών το περίβλημα μερικών σπόρων είναι αδιαπέραστο από το νερό. Οι σπόροι αυτοί καλούνται σκληροί και αδυνατούν να φυτρώσουν παρά το γεγονός ότι το έμβρυο τους είναι ζωντανό (Παπακώστα, 2005).



Εικόνα 1. 2. Μορφολογία του σπόρου των ψυχανθών: (α) ολόκληρος σπόρος, (β) κατά μήκος τομή (Παπακώστα- Τασσπούλου, 2005).

- **Ριζικό σύστημα.** Κύριο χαρακτηριστικό των ψυχανθών είναι το ισχυρό πασσαλώδες ριζικό σύστημα με πολυάριθμες διακλαδώσεις το οποίο έχει την ικανότητα να διεισδύει βαθιά μέσα στο έδαφος υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι το επιτρέπουν η υγρασία και η φυσική κατάσταση του εδάφους. Στα ξηρότερα εδάφη η πασσαλώδης ρίζα επιμηκύνεται γρήγορα και εισχωρεί βαθιά μέσα στο έδαφος. Στις ρίζες αποθηκεύονται υδατάνθρακες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την αναβλάστηση των φυτών κατά την άνοιξη και μετά την απομάκρυνση της υπέρχειας φυτομάζας λόγω κοπής ή βόσκησης (Παλάτος, Κυρκενίδης, 2006). Τόσο στην κύρια ρίζα όσο και στις διακλαδώσεις εμφανίζονται φυμάτια που είναι εξογκώσεις οι οποίες σχηματίζονται από τη συμβιωτική δράση των αζωτοβακτηρίων κυρίως των γενών *Rhizobium* και *Bradyrhizobium* (Εικ. 1.3.).



Εικόνα 1.3. Φυμάτια στις ρίζες χαρακτηριστικών ειδών ψυχανθών (Παπακώστα- Τασοπούλου, 2005).

1.4 Οικολογικές απαιτήσεις

❖ Βίκος (*Vicia sativa*)

Από τα χειμερινά ψυχανθή ο βίκος είναι καλλιέργεια δροσερών κλιμάτων και παρουσιάζει την καλύτερη προσαρμοστικότητα και αποδοτικότητα στην Ελλάδα. Ως προς την αντοχή του στο κρύο, θεωρείται φυτό με μειωμένη αντοχή και βρίσκεται ανάμεσα στο μπιζέλι (ανθεκτικό) και το λαθούρι (ευπαθές). Γι' αυτό στη Βόρεια Ευρώπη, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών, σπέρνεται την άνοιξη ενώ στη χώρα μας δίνει τις μεγαλύτερες αποδόσεις με φθινοπωρινή σπορά. Οι σπόροι βλαστάνουν σε θερμοκρασία 2-5 °C και τα αναπτυγμένα φυτά μπορούν να αντέξουν μέχρι -10°C περίπου (Δαναλάτος, 2007). Ο βίκος είναι καλλιέργεια αρκετά απαιτητική σε νερό. Κατά τα ξηρά έτη οι αποδόσεις ελαττώνονται σημαντικά. Οι περιοχές όπου καλλιεργείται πρέπει να έχουν ετήσιο ύψος βροχής τουλάχιστον 450mm, για ικανοποιητική απόδοση (Φασουλά-Φωτιάδη, 1984). Η απόδοση σε σπόρο βρέθηκε ότι σχετίζονταν θετικά με την ποσότητα του νερού που χρησιμοποίησαν τα φυτά μετά την άνθηση. Στις ξηροθερμικές μεσογειακές συνθήκες τις μεγαλύτερες αποδόσεις δίνουν οι ποικιλίες που ανθίζουν νωρίς και δένουν τους καρπούς πριν από την περίοδο έναρξης της ξηρασίας (Siddique et al., 2001). Οι εδαφικές απαιτήσεις του βίκου είναι γενικά μικρές. Προτιμά όμως τα καλά στραγγιζόμενα, μέτριας γονιμότητας εδάφη, μέσης σύστασης, με pH 6-7. Ως προς το pH του εδάφους είναι το πιο ανθεκτικό σε χαμηλές τιμές pH μεταξύ των χειμερινών ψυχανθών (Σφήκας, 1987).

❖ Μπιζέλι (*Pisum sativum*)

Το μπιζέλι είναι φυτό των υγρών και δροσερών περιοχών. Αντέχει περισσότερο από το βίκο στις χαμηλές θερμοκρασίες και τον αντικαθιστά στις πολύ ψυχρές περιοχές. Οι σπόροι του αρχίζουν να βλαστάνουν σε θερμοκρασία 1-2°C και αντέχει σε παγετούς μέχρι 12°C υπό το μηδέν (Δαναλάτος, 2007). Κατά την άνθιση θερμοκρασίες -2 έως -3°C είναι επιζήμιες (Φασουλά-Φωτιάδη, 1984). Η αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες αυξάνεται

με τη σκληραγώγηση. Θερμοκρασίες -6 έως -14°C, ανάλογα με την ποικιλία, δεν προκαλούν ζημιές στα σκληραγωγημένα φυτά (Murray *et al.*, 1988).

Το μπιζέλι είναι απαιτητικό σε υγρασία εδάφους λόγω της ταχείας και μεγάλης ανάπτυξης και του σχετικά επιπόλαιου ριζικού συστήματος. Θεωρείται ότι μπορεί να απορροφήσει νερό μέχρι τα 70cm του εδάφους (Nielsen, 2001). Η ανάπτυξη του όμως περιορίζεται δυσμενώς σε υγρά και ψυχρά εδάφη. Η ξηρασία περιορίζει την ανάπτυξη και σταματά την αζωτοδέσμευση. Τη μεγαλύτερη ευαισθησία στην ξηρασία παρουσιάζουν τα φυτά κατά την άνθηση και το γέμισμα των σπόρων. Βρέθηκε ότι η απόδοση σε σπόρο συνδέονταν θετικά με τη διαθεσιμότητα του νερού μετά την άνθηση (Baigorri *et al.*, 1999; Siddique *et al.*, 2001). Τα πλέον κατάλληλα εδάφη για το μπιζέλι είναι τα γόνιμα, αργιλοπηλώδη, που είναι πλούσια σε Ca και έχουν οπωσδήποτε καλή αποστράγγιση. Η καλύτερη εδαφική αντίδραση είναι η ελαφρώς όξινη έως ελαφρώς αλκαλική (pH 6-8) (Φασουλά-Φωτιάδη, 1984).

❖ **Κουκιά (*Vicia faba*)**

Τα κουκιά προσαρμόζονται σε δροσερές και σχετικά υγρές περιοχές. Φυτρώνουν στους 3-4 °C (Δαναλάτος, 2007) και αντέχουν όταν είναι μικρά στους -4 ως -6°C και αργότερα ως τους -10°C. Οι φθινοπωρινές ποικιλίες κατά μέσο όρο αντέχουν ως -12°C, ενώ οι ανοιξιάτικες μέχρι -6°C. Οι χαμηλές θερμοκρασίες κατά την άνοιξη καταστρέφουν τα άνθη. Επιζήμιες για το φυτό είναι επίσης και οι υψηλές θερμοκρασίες, κυρίως κατά την περίοδο της αναπαραγωγικής ανάπτυξης. Επάρκεια υγρασίας είναι απαραίτητη σε όλα τα στάδια ανάπτυξης. Από πολλούς ερευνητές όμως, ως πλέον ευαίσθητο στάδιο αναφέρεται εκείνο της έναρξης του γεμίσματος των λοβών. Ξηρασία κατά το στάδιο αυτό προκαλεί μείωση των αποδόσεων μέχρι και πάνω από 50% (Mwanamwenge *et al.*, 1999). Τα πλέον κατάλληλα εδάφη είναι τα πηλώδη, πλούσια σε Ca, με καλή στράγγιση. Μπορούν όμως να καλλιεργηθούν και σε πολύ πτωχά εδάφη, λόγω της μεγάλης αζωτοδεσμευτικής ικανότητας που παρουσιάζουν. Δεν αντέχουν σε χαμηλό pH ενώ σε υψηλό αντέχουν περισσότερο από τα άλλα ψυχανθή (Παπακώστα, 2005).

❖ Φακή (*Lens culinaris*)

Συγκριτικά προς τα άλλα ψυχανθή η φακή αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες, στην ξηρασία καθώς και στις χαμηλές θερμοκρασίες. Οι σπόροι αρχίζουν να φυτρώνουν σε θερμοκρασία 4-6°C, η άριστη όμως θερμοκρασία φυτώματος είναι οι 15-25°C και αντέχει ως τους -10°C (Παπακώστα, 2005). Η αντοχή όμως των φυτών μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας (Murray *et al.*, 1988) και τα αναπτυγμένα φυτά ζημιώνονται σε θερμοκρασίες μικρότερες από -12°C. Για το λόγο αυτό σε πολύ ψυχρές περιοχές η φακή σπέρνεται ως ανοιξιιάτικη καλλιέργεια. Σε πειράματα θερμοκηπίου (Fageria, 1992), άριστες θερμοκρασίες ημέρας και νύχτας για την ανάπτυξη και την καρπόδεση φυτών φακής, ήταν οι 27°C και 21°C, αντίστοιχα. Η δε καρπόδεση ευνοήθηκε όταν η σχετική υγρασία ήταν στο 50%. Η φακή αναπτύσσεται σε ποικιλία εδαφών, καλύτερα όμως στα ελαφρά που είναι πλούσια σε Ca και έχουν καλή αποστράγγιση. Σε εδάφη πλούσια και υγρά παράγει μεγάλη βλαστική μάζα, σχηματίζει λίγους λοβούς, οι οποίοι ωριμάζουν ανομοιόμορφα και πλαγιάζει. Οι μεγαλύτερες αποδόσεις λαμβάνονται σε εδάφη μάλλον ελαφρά και μέτρια υγρά (Φασουλά-Φωτιάδη, 1984). Επίσης η φακή δεν αντέχει στην οξύτητα. Από τους Mahler και McDole (1987) το pH=5,65 αναφέρεται ως η ελάχιστη αποδεκτή τιμή για την καλλιέργεια της φακής.

❖ Λαθούρι (*Lathyrus sativus*)

Το βρώσιμο λαθούρι προσαρμόζεται σε ξηρά κλίματα, παρ' όλο ότι ανέχεται υψηλή βροχόπτωση. Αντέχει κατάκλυση με νερό περισσότερο από πολλά άλλα είδη ψυχανθών. Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του είναι η σχετικά μεγάλη αντοχή στη ζέστη και την ξηρασία. Η βλάστηση των σπόρων αρχίζει στους 2-3°C (Δαναλάτος, 2007). Μετά την καλή εγκατάστασή τους τα φυτά μπορούν να ανεχθούν θερμοκρασίες από -8 έως -10°C. Κατά την περίοδο όμως της άνθησης, θερμοκρασίες λίγο κάτω από το μηδέν είναι δυνατόν να προκαλέσουν σοβαρές καταστροφές. Στην αντοχή στην ξηρασία το λαθούρι ξεπερνά το μπιζέλι, το βίκο και τη φακή και σε χρονιές μεγάλης ξηρασίας το λαθούρι υπερβαίνει όλα αυτά τα ψυχανθή σε απόδοση (Φασουλά-Φωτιάδη, 1984). Το βρώσιμο λαθούρι προσαρμόζεται σε πτωχά εδάφη, όχι όμως πολύ

υγρά ή κορεσμένα με νερό, ανέχεται δε βαριά και πηλώδη εδάφη και είναι ευαίσθητο στην οξύτητα του εδάφους. Γενικά το λαθούρι προτιμά εδάφη με αλκαλικό pH (Παπακώστα, 2005).

❖ Λούπινο (*Lupinus albus*)

Τα λούπινα είναι καλλιέργειες των εύκρατων κλιμάτων και δεν είναι ανθεκτικά στον παγετό. Στην περιοχή της Μεσογείου, όπου συνήθως η σπορά γίνεται το φθινόπωρο, τα φυτά μπορεί να ζημιωθούν από θερμοκρασίες χαμηλότερες από -4°C στα πρώτα στάδια της βλαστικής ανάπτυξης. Μεγαλύτερη όμως βλάβη υφίστανται νωρίς την άνοιξη κατά τα πρώτα στάδια της αναπαραγωγικής ανάπτυξης. Για την αποφυγή των ζημιών από τις χαμηλές θερμοκρασίες συνιστάται η πρώιμη φθινοπωρινή σπορά. Η ανάπτυξη των φυταρίων καθώς και ο σχηματισμός των φυματίων περιορίζονται σε θερμοκρασίες μικρότερες από 2-5°C. Επιζήμιες για την ανάπτυξη του φυτού είναι και οι υψηλές θερμοκρασίες. Κατά τη διάρκεια της άνθησης, θερμοκρασίες ημέρας 33°C μπορούν να προκαλέσουν πτώση ανθέων και νεαρών λοβών. Μπορούν να καλλιεργηθούν σε πτωχά και ξηρά εδάφη όπου άλλα ψυχανθή αποτυγχάνουν. Ευδοκιμούν στα ελαφρά όξινα εδάφη (pH<6) και, αντίθετα προς τα άλλα ψυχανθή, δεν αποδίδουν όταν υπάρχει ασβέστιο. Γενικά το λούπινο χαρακτηρίζεται ως μετρίως ευαίσθητο φυτό στην αλκαλικότητα του εδάφους (Παπακώστα, 2005). Η ευαισθησία του λευκού λούπινου στο ελεύθερο ασβέστιο του εδάφους βρέθηκε ότι συνδέεται με τους μηχανισμούς πρόσληψης του φωσφόρου και του σιδήρου (Huyshe, 1997).

1.5 Αύξηση και ανάπτυξη

✓ Βίκος

Ο βίκος παρουσιάζει υπόγειο φύτρωμα. Η αύξησή του είναι συνεχής, καθόσον μετά από ένα καθαρά βλαστικό στάδιο αρχίζει η έκπτυξη ανθέων και η ανάπτυξη των λοβών (Εικ. 1.4). Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες βίκου διαφέρουν ως προς τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου (πρώιμες, μεσοπρώιμες, όψιμες) και ως προς την παραγωγική κατεύθυνση (παραγωγή

σπόρου, σανού και σπόρου) (Παπακώστα, 2005). Η μέγιστη συγκέντρωση ολικής πρωτεΐνης στη χορτομάζα παρατηρήθηκε προς το τέλος της περιόδου ταχείας ανάπτυξης του σπόρου, όταν η περιεκτικότητα των σπόρων σε ξηρά ουσία ήταν 45-55%. Σ' αυτό το στάδιο παρατηρήθηκε και η μέγιστη συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων (Caballero *et al.*, 1996α). Η μεγαλύτερη απόδοση σε χορτομάζα (βλαστικό τμήμα και σπόρος) καθώς και σε σπόρο καλλιέργειας κοινού βίκου παρατηρήθηκαν στο στάδιο κατά το οποίο η ξηρά ουσία των σπόρων ήταν 45-55%. Με την αύξηση του βάρους των σπόρων η αναλογία των βλαστικών τμημάτων μειώθηκε (Caballero *et al.*, 1996β).



Εικόνα 1.4. Βλαστοί βίκου όπου διακρίνεται η μορφολογία των φύλλων και η έκφυση των ανθέων.

✓ Μπιζέλι

Το μπιζέλι παρουσιάζει υπόγειο φύτευμα. Η ανάπτυξη της ρίζας είναι ταχύτερη και φθάνει στο μέγιστό της λίγο πριν την εμφάνιση των πρώτων ανθικών καταβολών. Συνήθως στην έναρξη σχηματισμού των λοβών παρατηρείται μία αναζωπύρωση της ριζικής δραστηριότητας, καθώς όμως ωριμάζουν οι λοβοί, η ανάπτυξη των ριζών πρακτικά σταματά (Salter and Drew, 1965). Ο χρόνος εμφάνισης του πρώτου ανθοφόρου κόμβου επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και τη φωτοπερίοδο κατά τη διάρκεια έναρξης του βιολογικού κύκλου και εμφανίζεται στο ακραίο μερίστωμα, όταν τα φυτά έχουν περίπου 4-6 φύλλα. Όσο υψηλότερα εμφανίζεται το πρώτο άνθος τόσο οφιμότερη είναι η ποικιλία. Η άνθηση ξεκινά από το κατώτερο

τμήμα των βλαστών και συνεχίζεται σταδιακά προς την κορυφή. Η περίοδος άνθησης στο μπιζέλι διαρκεί αρκετές εβδομάδες, είναι ιδιαίτερα μεταβλητό χαρακτηριστικό και εξαρτάται από τον αριθμό των ανθοφόρων γονάτων του βλαστού (Heath and Hebblethwaite, 1987). Η πυκνή σπορά, η μειωμένη υγρασία στο έδαφος και η έλλειψη αζώτου είναι παράγοντες που περιορίζουν τον αριθμό των ανθοφόρων γονάτων και συνεπώς μειώνουν την περίοδο άνθησης (Jeuffroy and Sebillotte, 1997). Στη χώρα μας τα πρώτα άνθη εμφανίζονται τον Απρίλιο και τα φυτά συνεχίζουν να ανθίζουν μέχρι τον Ιούνιο, όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές. Η βλαστική ανάπτυξη του μπιζελιού συνήθως είναι πολύ μεγάλη και παρατηρείται ανταγωνισμός εντός του φυτού ως προς την κατανομή των προϊόντων φωτοσύνθεσης στα διάφορα όργανα, με αποτέλεσμα η απόδοση να μειώνεται. Επίσης, η συμβιωτική αζωτοδέσμευση αρχίζει ένα μήνα μετά τη σπορά και διαρκεί περίπου για δύο μήνες. Ωστόσο σε ορισμένες πρώιμες ποικιλίες η συμβιωτική δέσμευση του αζώτου συνεχίζεται και κατά τη διάρκεια του γεμίσματος των σπόρων, ενώ στις όψιμες σταματά μετά την άνθηση (Cousin, 1997)



Εικόνα 1.5. Βλαστοί μπιζελιού όπου διακρίνεται η μορφολογία των βλαστών και των φύλλων και η έκφυση των ανθέων.

✓ Κουκιά

Τα κουκιά παρουσιάζουν υπόγειο φύτρωμα και συνεχή ανάπτυξη. Η εμφάνιση των ανθέων αρχίζει από το κάτω μέρος του στελέχους προς την κορυφή και από τη βάση προς την κορυφή κάθε ταξιανθίας. Η βιολογία της αναπαραγωγής στα κουκιά έχει μελετηθεί ιδιαίτερα, λόγω της μεγάλης πτώσης ανθέων και λοβών που παρατηρείται. Αναφέρεται ότι μόνον το 24% των σπερμοβλαστών δίνει σπόρους (Duc, 1997). Οι δυσμενείς συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως είναι η χαμηλή σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας, η υψηλή θερμοκρασία, η μειωμένη εδαφική υγρασία καθώς επίσης η μειωμένη δραστηριότητα των επικονιαστών εντόμων κατά τη διάρκεια της άνθησης θεωρούνται από τους κυριότερους παράγοντες της πτώσης των αναπαραγωγικών οργάνων (Παπακώστα, 2005). Σε συνθήκες ξηρασίας τα φυτά παρουσιάζουν διάφορους μηχανισμούς προσαρμογής, όπως είναι η μείωση: α) του ρυθμού φωτοσύνθεσης, β) του μεγέθους του φυλλώματος, γ) της συγκράτησης των λοβών πάνω στο φυτό, λόγω της μεταβολής της ισορροπίας των ορμονών, δ) της ικανότητας χρησιμοποίησης του φωτός, ε) του γεμίσματος των λοβών λόγω του περιορισμού των διαθέσιμων προϊόντων φωτοσύνθεσης (Karamanos, 1978; Husain *et al.*, 1988; Karamanos and Gimenez, 1991). Για την αποφυγή της δυσμενούς επίδρασης της ξηρασίας κατά την άνθηση γίνεται προσπάθεια να δημιουργηθούν γενότυποι που να ανθίζουν πρώιμα και έτσι να αποφεύγουν την ξηρασία.



Εικόνα 1.6. Βλαστοί κουκιών όπου διακρίνονται τα φύλλα και οι ταξιανθίες στις μασχάλες των φύλλων.

✓ Φακή

Η φακή παρουσιάζει υπόγειο φύτρωμα και είναι φυτό συνεχούς ανάπτυξης. Η άνθηση προχωρεί σταδιακά από τη βάση προς την κορυφή του φυτού, ενώ συνεχίζεται η βλαστική ανάπτυξη. Ο ρυθμός φυτρώματος και ανάπτυξης των νεαρών φυταρίων, επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και εξαρτάται από την ποικιλία, το μέγεθος και την ηλικία των σπόρων. Οι μικρόκαρπες ποικιλίες, σε θερμοκρασίες μεταξύ 15°C και 25°C, φυτρώνουν γρηγορότερα σε σύγκριση με τις μεγαλόκαρπες (Muehlbauer, 1995). Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου εξαρτάται από το γενότυπο, την εποχή σποράς και τις κλιματολογικές συνθήκες, κυρίως τη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση την περίοδο της άνθησης και της καρποφορίας. Οι μικρόσπερμες ποικιλίες ωριμάζουν νωρίτερα από τις μεγαλόσπερμες και έτσι αποφεύγουν την ξηρασία (Muehlbauer *et al.*, 1995). Σε πειράματα που έγιναν στη Λάρισα με διάφορες εποχές σποράς και ποικιλίες, παρατηρήθηκε ότι τα φυτά όλων των εποχών σποράς και όλων των ποικιλιών, τερμάτισαν την άνθηση συγχρόνως και ότι υψηλές θερμοκρασίες και περιορισμένη βροχόπτωση, μείωσαν τον βιολογικό κύκλο των φυτών (Ηλιάδης, 1984).



Εικόνα 1.7. Βλαστοί φακής όπου διακρίνονται τα φύλλα και οι ταξιανθίες.

✓ Λαθούρι

Το λαθούρι έχει υπόγειο φύτρωμα και είναι φυτό συνεχούς ανάπτυξης. Κατά μέσο όρο παράγει μικρότερη βιομάζα, έχει μικρότερη απόδοση σε καρπό σε σύγκριση με το μπιζέλι και τα κουκιά και οψιμότερη έναρξη άνθησης (Παπακώστα, 2005). Ερευνητές υποστηρίζουν ότι η αύξηση της απόδοσης στο λαθούρι στα επίπεδα άλλων ψυχανθών μπορεί να επιτευχθεί με την επιλογή γενοτύπων που παρουσιάζουν: α) πρόωμη άνθηση, ανάπτυξη λοβών και ωρίμανση, ώστε να αποφεύγουν τις ξηροθερμικές συνθήκες και β) ικανότητα να συγκεντρώνουν μεγάλη ποσότητα βιομάζας (Thomson, 1997).



Εικόνα 1.8. Βλαστοί λαθουριού όπου διακρίνονται τα φύλλα και η έκφυση των ανθέων.

✓ Λούπινο

Το λούπινο έχει επίγειο φύτρωμα και φέρει επάκρεια ταξιανθία. Το πρώτο επίπεδο είναι ο κύριος βλαστός με μεταβλητό αριθμό φύλλων. Με φθινοπωρινή σπορά σχηματίζονται περισσότερα φύλλα σε σχέση με την ανοιξιάτικη. Η παραγωγή καταβολών φύλλων σταματά με το τέλος της εαρινοποίησης του φυτού. Εαρινοποίηση στο λευκό λούπινο γίνεται σε θερμοκρασίες μικρότερες από 14°C (Huyshe, 1997). Συμπερασματικά, η ανάπτυξη του κυρίως βλαστού εξαρτάται από το γενότυπο και τη θερμοκρασία. Μετατροπή της αρχιτεκτονικής του φυτού επιφέρουν δύο γενετικά συστήματα: η καθορισμένη ανάπτυξη και ο νανισμός. Η καθορισμένη ανάπτυξη μπορεί να ορισθεί ως η στιγμή του βιολογικού κύκλου, όπου όλοι οι οφθαλμοί στο φυτό γίνονται ανθοφόροι με αποτέλεσμα η παραγωγή νέων βλαστικών οργάνων να είναι αδύνατη. Με την καθορισμένη ανάπτυξη μειώνεται ο αριθμός των βλαστών σε 1-2 επίπεδα, συντομεύεται η ωρίμανση και γίνεται πλέον ομοιόμορφη (Huyshe, 1997). Ο νανισμός συντελεί σε βράχυνση των μεσογονατίων διαστημάτων. Σε ορισμένες περιπτώσεις συμβάλλει στη δημιουργία κοντότερων μεσογονατίων διαστημάτων χωρίς να τροποποιεί τη δομή του φυτού, το μέγεθος των φύλλων και το μήκος των μίσχων, ενώ σε άλλες περιπτώσεις παράλληλα με τις σμικρύνσεις των μεσογονατίων, μειώνει το μέγεθος των φύλλων και το μήκος των μίσχων (Παπακώστα, 2005).



Εικόνα 1.9. Βλαστοί λούπινου όπου διακρίνεται η μορφολογία των φύλλων.

1.6 Καλλιέργεια ψυχανθών για παραγωγή χονδροειδών τροφών

Τα ψυχανθή είναι φυτά που ως τροφή περιέχουν ικανοποιητικές ποσότητες πρωτεϊνών. Αυτό συμβαίνει διότι αυτά τα φυτά έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν από την ατμόσφαιρα το άζωτο που είναι απαραίτητο για την σύνθεση των πρωτεϊνών. Η κύρια πηγή πρωτεϊνών σήμερα, για τα μηρυκαστικά ζώα (αγελάδες, πρόβατα) είναι το σογιάλευρο. Το σογιάλευρο χρησιμοποιείται ευρέως ως πηγή πρωτεϊνών για τις ζωοτροφές και η τιμή των άλλων πρωτεϊνικών χονδραλεύρων καθώς και οι σπόροι του σιταριού κυμαίνονται ανάλογα με την αξία αυτού του είδους. Είναι γνωστό σε όλους ότι σήμερα το σογιάλευρο είναι εισαγωγής, σε μεγάλο ποσοστό γενετικά τροποποιημένο και ως χρηματιστηριακό είδος πολύ ακριβό (Gatel, 1994).

Το σημαντικότερο θέμα είναι να βρούμε τρόπους να μειώσουμε το κόστος παραγωγής γάλακτος. Κατ' αρχήν αυτό που θα μπορούσε να γίνει είναι να αντικαταστήσουμε στο σιτηρέσιο την πρωτεΐνη που προέρχεται από εισαγόμενες ά ύλες, όπως το σογιάλευρο. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί εάν αυξήσουμε τις πρωτεΐνες στις χονδροειδείς ζωοτροφές και ταυτόχρονα εάν αντικαταστήσουμε το σογιάλευρο με άλλους πρωτεϊνούχους καρπούς, (μπιζέλια, κουκιά, λαθούρι κ.λπ.). Τόσο οι πρωτεϊνούχοι καρποί όσο και οι χονδροειδείς ζωοτροφές που προέρχονται από ψυχανθή φυτά (μηδική, βίκος, μπιζέλι, κτηνοτροφικό ρεβίθι, κουκί κ.λπ.), μπορούν να καλλιεργηθούν στην χώρα μας, κάτι που γινόταν άλλωστε και τα παλαιότερα χρόνια. Ανάμεσα στα ψυχανθή, οι σπόροι των λούπινων, των μπιζελιών και των κουκιών αποτελούν τα τέσσερα σημαντικά εμπορικά ψυχανθή στις αμειψισπορές λόγω της ευρείας χρήσης τους σαν κτηνοτροφή (Batterham and Egan, 1986). Στην Ευρώπη έχει υπάρξει αυξανόμενη έμφαση στην τοπική παραγωγή ψυχανθών για ζωοτροφή προκειμένου να ικανοποιηθούν μερικές από αυτές τις πρωτεϊνικές απαιτήσεις (Gatel, 1994). Οι επιδοτήσεις έχουν οδηγήσει στην αυξανόμενη παραγωγή, ιδιαίτερα, μπιζελιών (*Pisum sativum*) και κουκιών (*Vicia faba*). Αυτή η επέκταση έγινε λόγω της επιβάρυνσης που υπήρχε από την ανάπτυξη των προηγούμενων ψυχανθών, όπως το λαθούρι, για το οποίο δεν δίνονταν κάποια επιδότηση (Franco Jubete, 1991). Η χρήση των ψυχανθών ως πηγές πρωτεϊνών στη βιομηχανία ζωοτροφών αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω στο εγγύς μέλλον (Hanbury *et al.*, 2000).

Στη διατροφή των ζώων χρησιμοποιούνται:

- 1) αποξηραμένοι σπόροι π.χ κτηνοτροφικά κουκιά, κτηνοτροφικό μπιζέλι, βίκος, ρεβίθι, ρόβι, λαθούρι, λούπινα,
- 2) τα υπολείμματα των φυτών μετά τη συγκομιδή των καρπών,
- 3) ολόκληρο το φυτό, βλαστικά τμήματα και καρποί σε στάδιο του βιολογικού κύκλου που εξαρτάται από το είδος του φυτού και τη χρήση για παραγωγή: σανού (π.χ. βίκος, λαθούρι), ενσιρώματος (π.χ. βίκος, κουκιά, κτηνοτροφικό μπιζέλι) και λιγότερο για βόσκηση (π.χ. βίκος, λαθούρι) (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

Συγκριτικό πλεονέκτημα αυτών των καλλιεργειών είναι ότι τα δύσκολα εισαγόμενα προϊόντα δεν μπορούν να ανταγωνιστούν τα εγχώρια προϊόντα. Αυτό ισχύει κυρίως για τις χονδροειδείς ζωτροφές (το σανό των ψυχανθών και τα ενσιρώματα). Εκτός των παραπάνω κάποια άλλα πλεονεκτήματα καλλιεργώντας ψυχανθή είναι τα εξής:

- Τα φυτά αυτά μπορούν να καλλιεργηθούν κοντά στην μονάδα από τον ίδιο τον κτηνοτρόφο.
- Στο κέρδος του κτηνοτρόφου προστίθεται και αυτό του καλλιεργητή (μείωση κόστους παραγωγής και μεταφοράς ζωοτροφών).
- Πιστοποιημένες μη γενετικά τροποποιημένες ζωοτροφές.
- Ο εξοπλισμός που απαιτείται για την καλλιέργεια υπάρχει γιατί είναι ίδιος με αυτόν των σημερινών καλλιεργειών.
- Χρειάζονται λιγότερα λιπάσματα (λόγω δέσμευσης αζώτου).
- Το χωράφι μετά την καλλιέργεια των ψυχανθών είναι γονιμότερο για την καλλιέργεια των σιτηρών.
- Συνήθως απαιτείται λιγότερο νερό από τις σημερινές καλλιέργειες.
- Αξιοποίηση των χωραφιών κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Οι σπόροι των ψυχανθών παίζουν σπουδαίο ρόλο ως συστατικά των κτηνοτροφών για τις γαλακτοκομικές αγελάδες και ως η πρωτεΐνη που τις συμπληρώνει τα τελευταία χρόνια κυρίως επειδή: (1) οι σπόροι των ψυχανθών έχουν συνήθως ένα ιδιαίτερα υψηλό περιεχόμενο σε πρωτεΐνες ή/και σε άμυλο και (2) μια ποικιλομορφία των ειδών των ψυχανθών, με υψηλές αποδόσεις σε καρπό, ταιριάζουν καλά στις διάφορες οικολογικές και κλιματολογικές συνθήκες σε πολλές χώρες (Cerning-Beroard and Filiatre, 1977; Ensminger and Olentine, 1978). Ωστόσο, η χρήση των σπόρων των ψυχανθών στις γαλακτοκομικές αγελάδες είναι περιορισμένη και ανεπαρκής κάτω από ορισμένες συνθήκες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η διαλυτή ή η γρήγορα διασπάσιμη περιεχόμενη πρωτεΐνη είναι σε πολλούς καρπούς των ψυχανθών πάρα πολύ υψηλή, κατά προσέγγιση είναι περίπου στο 90% (Van Straalen and Tamminga, 1990) και το ποσοστό της περιεκτικότητάς της είναι επίσης πολύ υψηλό (Yu, 1995). Γι αυτόν το λόγο προκαλείται μια δυσαναλογία μεταξύ της διακοπής της πρωτεϊνικής τροφοδοσίας και της μικροβιακής πρωτεϊνικής σύνθεσης, με συνέπεια να έχουμε ανεπιθύμητη απώλεια αζώτου από το στομάχι. Συχνά υπάρχει ένα γενικό πλεόνασμα υποβαθμισμένης πρωτεΐνης στο στομάχι. Αυτό είναι επειδή το μικροβιακό ποσοστό αύξησης και η πρωτεϊνική σύνθεση δεν μπορούν να αυξηθούν την ίδια στιγμή όταν η συγκέντρωση του NH_3 μεγιστοποιείται, με αποτέλεσμα μετά από την πρόωρη και απότομη υποβάθμιση της πρωτεΐνης να εμφανίζεται μία έλλειψη τροφοδοσίας N στο στομάχι (Egan, 1986; Tamminga *et al*, 1994).

Εάν οι καρποί των ψυχανθών πρόκειται να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικότερα στην διατροφή των μηρυκαστικών ως πηγή εντερικής πρωτεΐνης και ιδιαίτερα στη διατροφή των γαλακτοκομικών αγελάδων, υπό ορισμένες συνθήκες, το ποσοστό και ο βαθμός της υποβάθμισης της πρωτεΐνης στο στομάχι πρέπει να μειωθεί χωρίς να μειώσει τον βαθμό της εντερικής πέψης τους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την κατάλληλη επεξεργασία των κτηνοτροφών με την μέθοδο της θερμότητας, η οποία έχει τη δυνατότητα να εφαρμόσει ένα αποτελεσματικό μέσο ώστε να βελτιωθεί η μηρυκαστική πέψη και η θρεπτική συντήρηση των τμημάτων των σπόρων των ψυχανθών. Η περιοχή της πέψης του αμύλου και η πρωτεΐνη των σπόρων των ψυχανθών μπορούν επίσης να ελεγχθούν από την επεξεργασία (Yu *et al.*, 2002).

1.7 Χρησιμότητα των καρποδοτικών ψυχανθών στη διατροφή του ανθρώπου

Τα σπουδαιότερα καρποδοτικά ψυχανθή στην προτίμηση των καταναλωτών στη χώρα μας, είναι τα φασόλια, η φακή και το ρεβίθι. Σε μικρές ποσότητες καταναλώνονται από τον άνθρωπο τα κουκιά, το λαθούρι (ως φάβα) και το μπιζέλι. Χρησιμοποιείται κυρίως ο αποξηραμένος σπόρος τους (όσπρια) σε ορισμένα όμως είδη όπως τα φασόλια, τα κουκιά και το μπιζέλι (αρακάς) εκτός από τον αποξηραμένο σπόρο χρησιμοποιούνται και οι νωποί λοβοί. Επίσης στη χώρα μας χρησιμοποιείται σε περιορισμένη κλίμακα, η σόγια ως: αποξηραμένος σπόρος (όσπριο), αλεύρι σόγιας και ως πρωτεϊνη σόγιας (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

Η παροχή επαρκών πρωτεϊνών ζωικής προέλευσης είναι δύσκολη και ακριβή. Μία εναλλακτική λύση για τη βελτίωση της θρεπτικής κατάστασης των ανθρώπων είναι να συμπληρωθεί η διατροφή τους με πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης. Τα ψυχανθή και συγκεκριμένα τα όσπρια παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή δεδομένου ότι είναι πλούσιες πηγές πρωτεϊνών, θερμίδων, και ορισμένων ανόργανων αλάτων και βιταμινών (Deshrande, 1992). Στις Αφρικανικές και Ασιατικές διατροφές, τα όσπρια είναι οι σημαντικότεροι συντελεστές πρωτεϊνών για οικονομικούς και πολιτιστικούς λόγους (Amarowicz and Pegg, 2008). Επίσης ενσωμάτωση των οσπρίων στην ανθρώπινη διατροφή στις αναπτυσσόμενες χώρες μπορεί να παρέχει προστατευτικά αποτελέσματα ενάντια στις χρόνιες παθήσεις (Leterme, 2002; Rizkalla *et al.*, 2002; Anderson and Major, 2002).

Τα όσπρια περιέχουν διάφορες βιοενεργές ουσίες όπως τα φαινολικά που μπορούν να μικρύνουν την πρωτεϊνική πεπτικότητα και την ανόργανη βιοδιαθεσιμότητα (Chung *et al.*, 1998; Sendberg, 2002). Από την άλλη πλευρά, φαινολικές ενώσεις όπως τα φλαβονοειδή, τα φαινολικά οξέα, οι λιγνίνες και οι τανίνες έχουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες και αυτό είναι πολύ σημαντικό και από θρεπτικής και από τεχνολογικής άποψης. Διάφορα στοιχεία υποδεικνύουν ότι η οξειδωτική πίεση συνδέεται με μία κατάσταση διαφορετικών ειδών ασθενειών όπως ο καρκίνος και η καρδιαγγειακή πάθηση. Η αντιοξειδωτική ικανότητα των οσπρίων εξαρτάται από το βιολογική ποικιλία

των φυτών. Η τεχνολογική επεξεργασία και η βλάστηση των σπόρων των οσπρίων μπορεί να έχουν επιπτώσεις στα επίπεδα των φυσικών ενδογενών αντιοξειδωτικών (π.χ φαινολικά, τοκοφερόλες και βιταμίνη C). Ένα σημαντικό σημείο εκτίμησης είναι το υψηλό περιεχόμενο των φαινολικών αντιοξειδωτικών που εμφανίζονται στο περίβλημα των σπόρων.

Τέλος, διαπιστώθηκε ότι η φακή και το μπιζέλι είναι πλούσια σε λυσίνη, λευκίνη και αργινίνη και μπορούν να προσφέρουν τα βασικά αμινοξέα που απαιτούνται στην ανθρώπινη διατροφή εκτός από την τρυπτοφάνη και τα s-αμινοξέα. Η ανεπάρκεια ορισμένων βασικών αμινοξέων στην πρωτεΐνη των ψυχανθών, θα πρέπει να συμπληρωθεί με άλλα λαχανικά, κρέας και γαλακτοκομικά προϊόντα (π.χ. ορός γάλακτος, γιαούρτι) (Iqbal *et al.*, 2006).

1.8 Χημική σύσταση των σπόρων των ψυχανθών

1.8.1 Πρωτεϊνική σύνθεση

Η περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη εξαρτάται από το είδος του ψυχανθούς, αλλά και οι τιμές που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία για το ίδιο είδος κυμαίνονται σε ευρέα όρια. Εκτός από το γενότυπο σημαντική είναι η επίδραση των εδαφοκλιματικών συνθηκών της περιοχής καλλιέργειας, με κύριο παράγοντα το άζωτο που έχει το φυτό στη διάθεσή του. Οι σπόροι των ψυχανθών (λούπινο, κουκί, μπιζέλι και σόγια) έχουν υψηλή αναλογία σε διαθέσιμο N > 25-33 g N/kg (Yu *et al.*, 2002). Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη αυξάνεται με την αύξηση της διαθεσιμότητας του αζώτου και μάλιστα η ποσότητα αζώτου που απαιτείται για να επιτευχθεί η ανώτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη για τη μέγιστη απόδοση.

Η μέση περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στο λαθούρι είναι 25-27%. Το λαθούρι έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σε σχέση με το μπιζέλι (23%) και το κουκί (24%), αλλά χαμηλότερη απ' ό,τι έχει το λούπινο (32%) (Pettersson *et al.*, 1997) και η σόγια 42% (Ravindran and Blair, 1992). Σύμφωνα με τον Γρηγοράκη και τον Ποδηματά (1986) στον Πίνακα 1.2 φαίνεται η σύνθεση του βίκου, του λαθουριού και του μπιζελιού στο σανό και στον καρπό.

Πίνακας 1.2. Περιεκτικότητα (%) στο σανό και στο καρπό του βίκου, του μπιζελιού και του λαθουριού.

	Βίκος		Μπιζέλι		Λαθούρι	
	Σανός (%)	Καρπός (%)	Σανός (%)	Καρπός (%)	Σανός (%)	Καρπός (%)
Ξερή ουσία	–	90-91,7	–	90-91	–	90,77
Πρωτεΐνες (λευκώματα)	15-21	25-34	14-18	23-25	19,03	22,87
Ολικοί υδατάνθρακες (άμυλο)	51-54	54-63	52-54	50-60	56,41	53,20
	–	(48-51)	–	(45-55)	–	(47,88)
Λιπαρές ουσίες	1,4-3,1	0,5-1,6	1-2	1-2	2,31	1,21
Ακατέργαστες ίνες	19-23	4,1-5	24-26	4,5-5,5	17,86	6,43
Τέφρα	4,5-7	2,2-3	5-7	2-3	4,39	2,61

Πηγή: Γρηγοράκης και Ποδηματάς, 1986.

Εκτός από την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και η περιεκτικότητα των σπόρων σε λάδι κυμαίνεται σε ευρέα όρια (Πίν. 1.3). Με βάση την περιεκτικότητα σε λάδι τα καρποδοτικά ψυχανθή μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες:

- 1) χαμηλής περιεκτικότητας, 0,5-2,1% λάδι (κουκιά, φακή, μπιζέλι, βίκος, λαθούρι, φασόλια)
- 2) μέσης περιεκτικότητας, 4-13% λάδι (ρεβίθι, λούπινα)
- 3) υψηλής περιεκτικότητας, 15-54% λάδι (σόγια, αραχίδα).

Πίνακας 1.3. Περιεκτικότητα (%) σε πρωτεΐνη και λάδι των σπόρων των κυριότερων καρποδοτικών ψυχανθών που ενδιαφέρουν τη χώρα μας (τα στοιχεία συγκεντρώθηκαν από διάφορες πηγές).

Είδος	Πρωτεΐνη %	Λάδι %
Φακή	20-28	1,0-2,0
Μπιζέλι	16-32	1,0-1,5
Λαθούρι	23-32	0,6-2,1
Βίκος	25-34	0,5-1,6
Κουκιά	22-35	0,5-1,8
Λούπινα	33-46	6,0-13,0

Στους σπόρους των ψυχανθών, το 85-100% της πρωτεΐνης είναι λευκωματίνες (υδατοδιαλυτές) και σφαιρίνες-γλοβουλίνες (διαλυτό άλας), ελάχιστη ποσότητα 0-5% είναι προμιλαμίνη (διαλυτή αλκοόλη) και 0-15% είναι γλουτελίνη (αραιή αλκαλική διαλυτή ουσία) (McDonald *et al.*, 1988, Van Straalen and Tamminga, 1990). Οι Chandna και Matta (1994) βρήκαν ότι η σύσταση του σπόρου σε πρωτεΐνη για το λαθούρι (*Lathyrus sativus*) είναι: λευκωματίνες (14%), σφαιρίνες-γλοβουλίνες (66%), γλουτελίνη (15%) και προμιλαμίνη (5%) ομοίως ο Duke (1981) επίσης αναφέρει τις τιμές 26, 53, 15 και 6%, αντίστοιχα.

1.8.2 Θρεπτική αξία

Οι περισσότεροι σπόροι των ψυχανθών έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και ενέργεια και είναι ιδιαίτερα εύπεπτα και εύγευστα. Είναι, όμως, φτωχοί σε αμινοξέα που περιέχουν θείο και σε τρυπτοφάνη, μεθουνίνη και κυστίνη αλλά η περιεκτικότητα σε λυσίνη είναι μεγαλύτερη από εκείνη της πρωτεΐνης των σιτηρών (Gatel, 1994; Ravindran and Blair, 1992). Στις μικτές διατροφές, οι καρποί των ψυχανθών συμπληρώνουν από θρεπτική άποψη τα δημητριακά, τα οποία έχουν πιο υψηλά επίπεδα μεθουνίνης και κυστίνης αλλά χαμηλότερα επίπεδα λυσίνης (Amjad, Khalil, & Shah, 2003).

Οι σπόροι του λούπινου και της σόγιας περιέχουν ελάχιστο άμυλο, αλλά τα κουκιά και τα μπιζέλια περιέχουν > 40% άμυλο (Pettersson and Mackintosh, 1994; Goelema, 1999; Yu, 1999). Στον Πίνακα 1.4 είναι συγκεντρωμένα στοιχεία από διάφορες πηγές και φαίνεται η περιεκτικότητα ορισμένων κύριων θρεπτικών ουσιών καθώς και κάποιων αμινοξέων σε πέντε σημαντικά ψυχανθή τα οποία χρησιμοποιούνται ως ζωικές εντερικές πρωτεϊνικές πηγές.

Πίνακας 1.4. Θρεπτική αξία των καρπών και των σπερμάτων από πέντε σημαντικά ψυχανθή, το μπιζέλι, το κουκί, τον βίκο, το λούπινο και τη φακή (g/kg).

ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΕΣ ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ- ΚΑΡΠΟΙ ΚΑΙ ΣΠΕΡΜΑΤΑ					
	ΜΠΙΖΕΛΙ	ΚΟΥΚΙ	ΒΙΚΟΣ	ΛΟΥΠΙΝΟ	ΦΑΚΗ
Ασβέστιο (g/kg)	0,8	1,1	3,3	1,0	1,0
Φώσφορος (g/kg)	4,0	6,1	2,6	4,0	4,0
Κάλιο (g/kg)	11,0	12,0	8,8	10,0	1,0
Νάτριο (g/kg)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Άμυλο (g/kg)	424	350	393	85,4	368
Λυσίνη (g/kg)	16	16,6	12,5	16,8	16,8
Μεθειονίνη (g/kg)	2,5	2,1	2,5	2,8	2,5
Μεθειονίνη+Κυστίνη (g/kg)	5,9	7,3	4,5	8	4,7

Πηγή: Σπαής, Φλώρου-Πανέρη και Χρηστάκη, 2002.

1.8.3 Αντιθρεπτικοί παράγοντες

Είναι συστατικά της χορτομάζας τα οποία είτε επιδρούν δυσμενώς στην κατανάλωσή της από τα ζώα είτε δημιουργούν δυσμενείς επιδράσεις στα ζώα, τα οποία κατανάλωσαν χορτομάζα που περιείχε τέτοια συστατικά. Με τη γενική έννοια ορισμένοι αντιθρεπτικοί παράγοντες βρίσκονται πάντα στη χορτομάζα, αλλά οι περισσότεροι σε όρια που δεν δημιουργούν προβλήματα στα ζώα (Παπακώστα-Τασσοπούλου, 2005). Για παράδειγμα τα σπέρματα του λαθουριού περικλείουν πικρές ουσίες, όπως και εκείνα του βίκου, περιέχουν

επιπλέον και ένα τοξικό αλκαλοειδές, τη λαθυρίνη, η οποία είναι ικανή να προκαλέσει ιδίως στα ιπποειδή, τα πρόβατα και τους χοίρους τοξίκωση γνωστή με την ονομασία λαθυρισμός, η οποία εκδηλώνεται με δυσκινησία των μελών και τρόμο των κάτω άκρων (Γρηγοράκης, Ποδηματάς, 1986). Για τον παραπάνω λόγο, αυτά τα σπέρματα πρέπει να δίνονται στα ζώα σε πολύ περιορισμένες ποσότητες (Σπαής, Φλώρου, Χρηστάκη, 2002). Το ίδιο ισχύει και για τα σπέρματα του λούπινου τα οποία περιέχουν τοξικά αλκαλοειδή, όπως η λουπινίνη και είναι πολύ πικρά. Τα αλκαλοειδή αυτά είναι δυνατόν να προκαλέσουν τοξίκωση γνωστή ως λουπίνωση, η οποία εκδηλώνεται στα ζώα με συμπτώματα που είναι ουσιαστικά επακόλουθα της προσβολής του κεντρικού νευρικού συστήματος ανάμεσα στα οποία, πέρα από τις ενδεχόμενες κινητικές ανωμαλίες, είναι τα έλκη στα χείλη και η καταρροή του ρινικού και του εντερικού βλεννογόνου (Radeleff, 1970).

1.8.4 Προσδιορισμός της θρεπτικής αξίας με βάση τη χημική σύσταση

Οι ολικές αζωτούχες ουσίες περιλαμβάνουν την πρωτεΐνη και το μη πρωτεϊνικό άζωτο. Ο προσδιορισμός του οργανικώς δεσμευόμενου αζώτου γίνεται με τη μέθοδο Kjeldahl και της πρωτεΐνης πολλαπλασιάζοντας την περιεκτικότητα της χαρτομάζας σε N επί 6,25 (Πρωτεΐνες % = N% x 6,25), όπου 6,25 ο γενικός συντελεστής μετατροπής σε πρωτεΐνες του οργανικού αζώτου των τροφίμων (Khalil and Manan, 1990). Γενικά η καθαρή πρωτεΐνη αποτελεί το 70% του ολικού N στα χλωρά χόρτα και το 60% στο σανό. Η αναλογία είναι μικρότερη στο ενσιρωμένο χόρτο. Στο μη πρωτεϊνικό άζωτο περιλαμβάνονται η γλουταμίνη, το γλουταμινικό οξύ, η ασπαραγγίνη, το ασπαραγικό οξύ κ.ά. Η ενσιρωμένη τροφή περιλαμβάνει επίσης αμμωνία, διάφορες αμίνες και τα άλατά τους (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

1.9 Συμβιωτική αζωτοδέσμευση

Η ιδιότητα των ψυχανθών να συμβιώνουν με συγκεκριμένα βακτήρια του γένους *Rhizobium* και μέσω αυτών να δεσμεύουν το άζωτο της ατμόσφαιρας (αζωτοδέσμευση) και στη συνέχεια να το έχουν διαθέσιμο σε άμεσα αφομοιώσιμη μορφή (θρέψη), αποτελεί μία από τις σημαντικότερες <<λειτουργίες>> της φύσης και τα καθιστά ικανά να αναπτύσσονται ικανοποιητικά ακόμα και σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε άζωτο.

Η αζωτοδέσμευση αποτελεί τον κύριο τρόπο μετατροπής του ελεύθερου αζώτου σε χρήσιμες, για τους οργανισμούς, χημικές ενώσεις. Πραγματοποιείται με τη βοήθεια μικροοργανισμών του εδάφους, τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια, τα οποία είτε ζουν ελεύθερα είτε συνηθέστερα συμβιώνουν (πχ. *Rhizobium*) στις ρίζες ορισμένων φυτών όπως τα ψυχανθή (όσπρια, κουκιά κλπ.). Εκεί, τα βακτήρια μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό άζωτο σε νιτρικά ιόντα, μέρος των οποίων μεταφέρονται στα φυτά. Ως μέρος αυτής της συμβίωσης τα φυτά μετατρέπουν τα νιτρικά ιόντα σε οξειδία του αζώτου και αμινοξέα για τη δημιουργία πρωτεϊνών και άλλων βιολογικά χρήσιμων μορίων, και σε αντάλλαγμα παράγουν σάκχαρα, τα οποία χρειάζονται τα βακτήρια.

Ακόμα κι αν το άζωτο είναι μεταξύ των αφθονότερων στοιχείων στη γη, αποτελεί κρίσιμο περιοριστικό στοιχείο για την ανάπτυξη των περισσότερων φυτών λόγω της μη διαθεσιμότητάς του (Smil, 1999; Socolow, 1999; Graham and Vance, 2000). Η αζωτοδέσμευση συνεισφέρει το πολύ 10% στη συνολική ετήσια παραγωγή του σταθερού αζώτου. Η διαδικασία της βιολογικής δέσμευσης του αζώτου προσφέρει οικονομικά και οικολογικά πλεονεκτήματα, πρώτον λόγω της μείωσης του εξωτερικού αζώτου που εισάγεται και δεύτερον βελτιώνει την ποιότητα και την ποσότητα των εσωτερικών πόρων (Weisany *et al.*, 2013).

Η παρουσία ανόργανων θρεπτικών ουσιών στο έδαφος μπορεί να επηρεάσει τη δέσμευση του N_2 στα ψυχανθή και στα μη ψυχανθή, στα διάφορα στάδια της συμβιωτικής διαδικασίας: εμποδίζοντας τη μόλυνση, περιορίζοντας τη συγκέντρωση ριζοβίων στα ριζικά τριχίδια, μειώνοντας τις λεκτίνες στην επιφάνεια των ριζικών τριχιδίων, εμποδίζοντας το σχηματισμό και τη λειτουργία των φυματίων, περιορίζοντας την αύξηση των φυτών

ξενιστών και μειώνοντας τη δραστηριότητα της νιτρογενάσης (Sprent *et al.*, 1988; Caetano-Anolles, 1997). Η Anne - Sophie Voisin και οι άλλοι (2002) ανέφεραν ότι το ανόργανο άζωτο στο έδαφος εμπόδισε τη συμβιωτική αζωτοδέσμευση αλλά αυτό παρατηρήθηκε στην έναρξη του σχηματισμού των φυματίων κατά την πρόωρη αύξηση των φυτών σε χαμηλή συγκέντρωση. Τα ανασταλικά αποτελέσματα του ανόργανου αζώτου στο σχηματισμό φυματίων και στη δέσμευση του N₂ έγιναν εμφανή στη σόγια σε υψηλές συγκεντρώσεις (> 5 mM), αλλά πολύ λιγότερο σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Ωστόσο, η αζωτούχος λίπανση έχει επιπτώσεις στο σχηματισμό φυματίων στα φασόλια και επομένως οι συνήθεις συνιστώμενες ποσότητες είναι αυτές των 40-60 κιλά/εκτάριο οι οποίες καταστέλλουν τη δέσμευση του N₂ (Ruschel *et al.*, 1979; Graham, 1981). Παρόλα αυτά υπάρχουν και μερικές αναφορές σχετικά με τα θετικά αποτελέσματα των χαμηλών συγκεντρώσεων των νιτρικών αλάτων στη δέσμευση N₂ σε διάφορα είδη ψυχανθών όπως η σόγια (Streeter, 1982; Gremaud *et al.*, 1989; Gulden and Vessey, 1997).

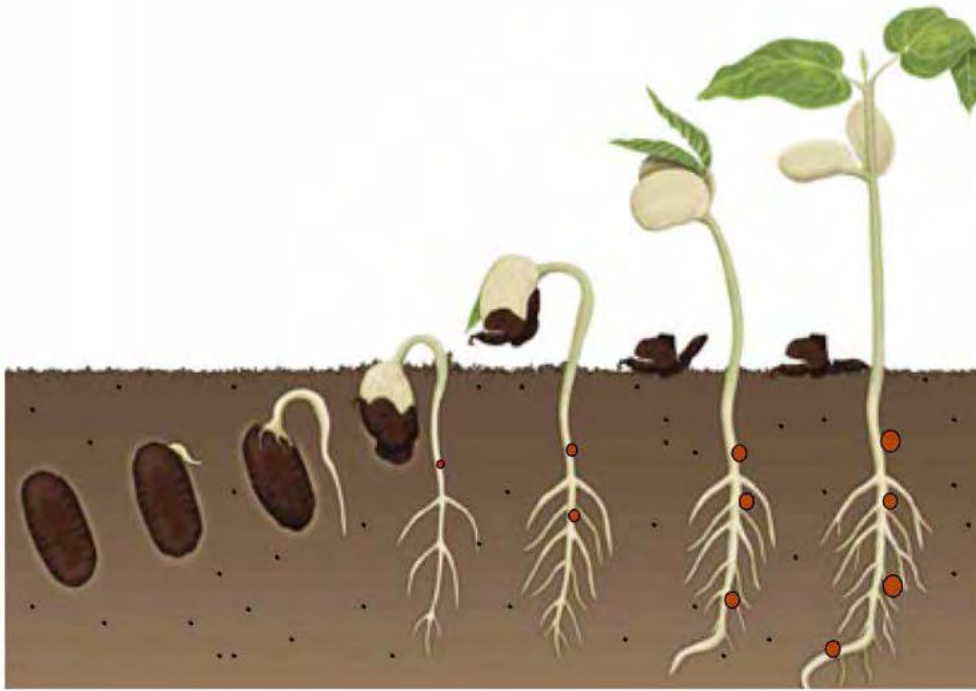
Τα φυτά εξαρτώνται από τη συμβιωτική αζωτοδέσμευση, έχουν απαιτήσεις σε ATP για την ανάπτυξη και τη λειτουργία των φυματίων (Ribet and Drevon, 1996) και χρειάζονται επιπρόσθετο P για τη μεταγωγή σημάτων και για τη βιοσύνθεση των μεμβρανών.

Σήμερα χρησιμοποιούνται εμπορικά σκευάσματα με μόλυσμα από *Rhizobium* για αύξηση της παραγωγικότητας. Τα ψυχανθή συνήθως καλλιεργούνται σε αμειψισπορά με μη ψυχανθή. Με τον τρόπο αυτό αζωτούχες ενώσεις από το προηγούμενο έτος βοηθούν στη λίπανση της καλλιέργειας του επόμενου έτους (Θεριός, 2005). Ωστόσο, η λειτουργία μιας αποτελεσματικής συμβίωσης μεταξύ του φυτού και των αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων είναι ένα αρκετά πολύπλοκο φαινόμενο που υφίσταται επιδράσεις τόσο ενδογενείς (προερχόμενες από το φυτό και τα βακτήρια), όσο και εξωγενείς (προερχόμενες από το άμεσο περιβάλλον των ριζών) (Παπακώστα, 2005, Smil, 1997).

1.9.1 Σχηματισμός φυματίων (Μηχανισμός)

Στη συμβίωση, το φυτό ξενιστής (ψυχανθές) εφοδιάζει το βακτήριο (*Rhizobium*) με ενέργεια (ATP, NADPH) και το βακτήριο σε αντάλλαγμα εξασφαλίζει στον ξενιστή άζωτο από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Αποτέλεσμα της συμβίωσης είναι η ανάπτυξη ενός διαφοροποιημένου ιστού(φυμάτιο) στις ρίζες του φυτού. Από το σύνολο των κύτταρων των φυματίων μόνο το 20-50% είναι μολυσμένα με ριζόβια και μόνο σε αυτά μπορεί να γίνει αζωτοδέσμευση. Για το λόγο αυτό τα συστήματα αμειψισποράς περιλαμβάνουν σχεδόν πάντα ψυχανθή, ενώ πρωταγωνιστούν και στη συγκαλλιέργεια. Το ένζυμο Νιτρογενάση, που είναι απαραίτητο σαν καταλύτης στην βιολογική δέσμευση του ατμοσφαιρικού N_2 , σχηματίζεται όταν τα βακτήρια «μεταμορφώνονται» μέσα στα κύτταρα της ρίζας. Τότε, σχηματίζεται στα φυμάτια, η αιμογλοβίνη (σχεδόν ίδια με εκείνη στα θηλαστικά), απαραίτητη για τον έλεγχο της συγκέντρωσης του O_2 (που χρειάζεται για το σχηματισμό ATP) έτσι ώστε αυτή να μην φθάσει σε επίπεδα τέτοια που θα αδρανοποιούσαν ή θα κατέστρεφαν το απαραίτητο ένζυμο Νιτρογενάση. Το χρώμα εσωτερικά στα φυμάτια, είναι πορφυρό-κόκκινο εξ' αιτίας της αιμογλοβίνης. Το σχήμα τους είναι άλλοτε σφαιρικό (π.χ. Σόγια) και άλλοτε ωοειδές (τριφύλλι). Η παρουσία της leg-αιμογλοβίνης είναι ένδειξη αζωτοδέσμευσης και ελέγχεται εύκολα, ανοίγοντας ένα φυμάτιο (Παλάτος και Κυρκενίδης, 2006).

Επιπλέον μέσα σε κάθε είδος ριζοβίου τα διάφορα στελέχη παρουσιάζουν διαφορετική αποτελεσματικότητα αζωτοδέσμευσης και μάλιστα αυτή η αποτελεσματικότητα των στελεχών εξαρτάται και από την ποικιλία του φυτού-ξενιστή με το οποίο συμβιώνουν (Caldwell and Vest, 1970; Papakosta, 1989; Embalomatis *et al.*, 1994). Η συμβίωση ψυχανθών-ριζοβίων είναι δηλαδή εξειδικευμένη και ένα είδος ριζοβίου δεν αναπτύσσει συμβιωτικές σχέσεις με όλα τα ψυχανθή. Μερικά είδη *Rhizobium* σχηματίζουν φυμάτια κατά προτίμηση στην κύρια ρίζα ή στις πλευρικές.



Εικόνα 1.10. Φυμάτια στις ρίζες των φυτών.

Ο σχηματισμός των φυματίων στα ριζικά τριχίδια των ριζών των ψυχανθών μπορεί να θεωρηθεί ότι περιλαμβάνει πέντε στάδια:

- ✚ Σχηματισμός των ριζικών τριχιδίων.
- ✚ Συγκέντρωση και πολλαπλασιασμός ενός πληθυσμού *Rhizobium*, κοντά και γύρω στην επιφάνεια των ριζικών τριχιδίων, στη ριζόσφαιρα.
- ✚ Κάμψη της άκρης του ριζικού τριχιδίου σε σχήμα «άγκιστρο», από ερεθισμό του βακτηρίου.
- ✚ Είσοδος του βακτηρίου στο ριζικό τριχίδιο και ανάπτυξη « ινών προσβολής » από το φυτό.
- ✚ Σχηματισμός των φυματίων (Hopkins, 1995).

1.9.2 Συνεισφορά της αζωτοδέσμευσης – Ποσότητες δεσμευόμενου αζώτου

Η συνεισφορά αζώτου από τους σπόρους των σιτηρών είναι γενικά αρνητική (Brown *et al.*, 1985; Wagger, 1989; Reeves and Touchton, 1991; Torbert and Reeves, 1991) και αυτό οφείλεται στην μεγάλη αναλογία C:N των υπολειμμάτων. Η ισοδυναμία που προσφέρουν τα ψυχανθή ως φυτά εδαφοκάλυψης σε σχέση με την αζωτούχα λίπανση έχει επαναξεταστεί εκτενώς (Hoyt and Hargrove, 1986; Smith *et al.*, 1987; Frye *et al.*, 1988). Οι ισοδυναμίες λιπάσματος αζώτου που αναφέρονται σε διάφορες αναφορές κυμαίνονται από 15 έως 200 kg /εκτάριο, με χαρακτηριστικές τιμές περίπου 60 έως 100 kg/εκτάριο.

Η συνεισφορά του αζώτου εξαρτάται από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και από τον τρόπο διαχείρισης της καλλιέργειας και έχει επιπτώσεις στο ποσό της ξερής ουσίας που παράγεται από τις καλλιέργειες κάλυψης. Οι συνθήκες που αυξάνουν τη δυνατότητα απόδοσης θα αυξήσουν και την απόκριση του N. Η συνεισφορά N από τα ψυχανθή που προορίζονται για εμπόριο υπολογίζεται γενικά ως το λίπασμα που απαιτείται για μια καλλιέργεια σιτηρών για να λάβει μια παραγωγή ισοδύναμη με αυτήν που θα είχε αν εφαρμοζόταν αζωτούχο λίπανση. Οι καλλιέργειες εδαφοκάλυψης επηρεάζουν την παραγωγή των επόμενων καλλιεργειών που θα ακολουθήσουν, παρουσιάζοντας αλλαγές στη ριζοβολία, στη δομή του εδάφους, στο εδαφικό νερό, στην θερμοκρασία του εδάφους, στον έλεγχο των ζιζανίων, κ.λπ.

Σε κάποιες μελέτες, η ανάκτηση N από τα υπολείμματα των ψυχανθών έχει κυμανθεί από 5 ως 28% (Norman and Werkman, 1943; Ladd *et al.*, 1983; Azam *et al.*, 1985; Westcott and Mikkelsen, 1987). Ωστόσο, υπάρχει μια πραγματική έλλειψη έρευνας που να εξετάζει την επίδραση του οργώματος στη διαθεσιμότητα του N από τα ψυχανθή. Σύμφωνα με τον Varco και τους άλλους (1989) η αποκατάσταση N που επιτεύχθηκε από τον τριχωτό βίκο, σε μία καλλιέργεια καλαμποκιού κυμάνθηκε κατά μέσο όρο στο 32% με το συμβατικό όργωμα και στο 20% χωρίς όργωμα. Η υπόλοιπη αποκατάσταση του N, κατά το δεύτερο έτος, αφότου παρέμειναν τα υπολείμματα των ψυχανθών στα τεμάχια ήταν 7 % χωρίς όργωμα και 3 % με το συμβατικό όργωμα.

Η μεγαλύτερη ποσότητα αζώτου δεσμεύεται κατά τα στάδια της βλαστικής ανάπτυξης των φυτών και μειώνεται συνήθως όταν τα φυτά εισέρχονται στο αναπαραγωγικό στάδιο (George and Singleton 1992; Koutroubas *et al.*, 1998). Αναφέρονται όμως και περιπτώσεις όπου η αναλογία δέσμευσης αζώτου παρέμεινε αρκετά υψηλή μέχρι το στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης των σπόρων (Zapata *et al.*, 1987). Η μείωση της αζωτοδέσμευσης κατά τη διάρκεια του γεμίσματος των σπόρων αποδίδεται στον προσανατολισμό των προϊόντων φωτοσύνθεσης κυρίως προς τους λοβούς, σε βάρος των φυματίων.

Η αζωτοδέσμευση στα ψυχανθή είναι πολύ δύσκολο να φθάσει στο μέγιστο. Οι παράγοντες που εμπλέκονται στην πορεία της αζωτοδέσμευσης είναι πολλοί και συνεπώς είναι δύσκολο όλοι αυτοί να βρεθούν συγχρόνως στο επιθυμητό επίπεδο. Για το λόγο αυτό οι δεσμευθείσες ποσότητες αζώτου που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία για το ίδιο είδος ψυχανθούς διαφέρουν πάρα πολύ μεταξύ τους (Πίν. 1.5). Σε μία μελέτη που έγινε στις ΗΠΑ, υπολογίστηκε ότι λιγότερο από το 20% του αζώτου της χορτομάζας που συγκομίζεται προέρχεται από την αζωτοδέσμευση όταν χορηγείται μεγάλη ποσότητα αζωτούχου λίπανσης (Russelle and Birr, 2004). Αντίθετα όταν η απόδοση είναι μεγάλη και η διαθέσιμη ποσότητα ανόργανου αζώτου μικρή, η αζωτοδέσμευση μπορεί να υπερβεί τα 40 kg/στρ. Επομένως, όταν η περιεκτικότητα του εδάφους σε N είναι μεγάλη η συμμετοχή των ψυχανθών στο σύστημα αμειψισποράς δεν έχει νόημα όσον αφορά τη μείωση της λίπανσης.

Πίνακας 1.5. Ποσότητες αζώτου που δεσμεύτηκαν από διάφορα ψυχανθή κατά τη διάρκεια μιας καλλιεργητικής περιόδου (τα δεδομένα προέρχονται από διάφορες πηγές).

Είδος	N ₂ αζωτοδέσμευσης kg N/στρ.
Κουκιά	5,5-25,1
Κτηνοτροφικό μπιζέλι	1,9-19,6
Φακή	4,3-18,9
Λούπινο	2,6-40,0
Φασόλια	1,2-12,1
ρεβίθι	2,4-8,4

1.9.3 Παράγοντες που επηρεάζουν το σχηματισμό φυματίων και την αζωτοδέσμευση

Σύμφωνα με μετρήσεις και υπολογισμούς που έγιναν, η δέσμευση του αζώτου είναι μια διεργασία με μεγάλες ανάγκες σε ενέργεια και ειδικότερα χρειάζονται 25 έως 28 μόρια ATP για να δεσμευθεί ένα μόριο N₂. Γίνεται λοιπόν φανερό ότι όποιος παράγοντας επηρεάζει τη φωτοσύνθεση επηρεάζει και την αζωτοδέσμευση. Οι παράγοντες γενικά μπορεί να είναι φωτοσυνθετικοί ή μη φωτοσυνθετικοί.

❖ Φωτοσυνθετικοί παράγοντες.

Έχουν σχέση τόσο με την ποσότητα της φωτοσύνθεσης, όσο και με τη μετακίνηση του προϊόντος της φωτοσύνθεσης (σάκχαρο), μέσα στο φυτό. Τέτοιοι παράγοντες είναι όπως για παράδειγμα: το φως (ένταση), οι θρεπτικές ανάγκες του φυτού, το στάδιο ανάπτυξής του, η υγρασία, οι καταστάσεις stress και η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε CO₂ και O₂. Μείωση της αζωτοδέσμευσης αναφέρεται σε εδάφη με έλλειψη υγρασίας. Ο Carranca και οι συνεργάτες του (1999) αναφέρουν ότι σε μεσογειακό κλίμα τα κουκιά αζωτοδέσμευσαν 7,6-12,5 kg N/στρ όταν η κατανομή των βροχοπτώσεων ήταν κανονική και 5,5-7,2 kg N/στρ σε συνθήκες έλλειψης υγρασίας. Οι τιμές που βρέθηκαν για το μπιζέλι ήταν 3,1-10,7 kg N/στρ και 0,4-3,7 kg N/στρ,

αντίστοιχα. Ανάμεσα στα διάφορα είδη αζωτοβακτηρίων παρατηρούνται διαφορές ως προς την αντοχή στη ξηρασία.

❖ Μη φωτοσυνθετικοί παράγοντες.

Οι πιο γνωστοί είναι οι εξής :

i) Θερμοκρασία. Σε χαμηλές θερμοκρασίες έχουμε μεγάλα φυμάτια, αλλά περιορισμένη δράση της Νιτρογενάσης. Άριστη θερμοκρασία για τη σωστή λειτουργία των φυματίων είναι οι 25 °C (Παλάτος και Κυρκενίδης, 2006).

ii) pH εδάφους και αερισμός(O₂). Ο σχηματισμός των φυματίων και η αζωτοδέσμευση παρουσιάζουν ιδιαίτερη ευαισθησία στην οξύτητα του εδάφους ενώ ευνοούνται όταν το pH είναι ουδέτερο ή αλκαλικό. Γενικά ο σχηματισμός των φυματίων μειώνεται σε pH<5 στα περισσότερα είδη ψυχανθών ακόμη και στα λούπινα, τα οποία θεωρούνται σχετικά ανθεκτικά στην οξύτητα. Άριστο pH είναι 6-6,5. Οι ανάγκες μάλιστα σε Ca είναι πολύ μεγαλύτερες από εκείνες που απαιτούνται για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση των φυτών. Η δυσμενής επίδραση της οξύτητας στην αζωτοδέσμευση προκύπτει από την περιορισμένη επιβίωση των ριζοβίων, την παρεμπόδιση της πορείας σχηματισμού των φυματίων, την παρεμπόδιση της λειτουργικότητας των φυματίων, κυρίως από την έλλειψη Mo (Jayasundara *et al.* , 1998). Ο αερισμός είναι έμμεσα απαραίτητος.

iii) Θρεπτική κατάσταση του εδάφους και τα NO₃⁻. Ψυχανθή σε εδάφη με πολύ N, σχηματίζουν λιγοστά φυμάτια και δεν δεσμεύουν πολύ N₂. Το ίδιο παρατηρείται και σε εδάφη πλούσια σε NO₃⁻ . Η ανάπτυξη των φυματίων καθώς και η αζωτοδέσμευση εμποδίζονται από την έλλειψη Mo που συνήθως παρατηρείται σε όξινα εδάφη (Παλάτος και Κυρκενίδης, 2006). Το μολυβδαίνιο είναι συστατικό πολλών ενζύμων, συμπεριλαμβανομένης και της νιτρογενάσης. Οι ανάγκες σε Mo στα φυμάτια είναι πολλαπλάσιες απ' ότι σε οποιοδήποτε άλλο τμήμα του φυτού. Εφαρμογή Mo σε φυτά σόγιας τα οποία αναπτύχθηκαν σε εδάφη με τροφοπενία Mo, αύξησε την απόδοση σε σπόρο (22%) και σε άζωτο (33%) μόνο στην περίπτωση που οι ανάγκες των φυτών σε N εξαρτώνταν από την αζωτοδέσμευση και όχι από το άζωτο του εδάφους.

Το γεγονός αυτό καταδεικνύει τη σπουδαιότητα του Mo στην αζωτοδέσμευση (Parker and Harris, 1977). Στα αλκαλικά εδάφη η συμβίωση επηρεάζεται από τη μειωμένη διαθεσιμότητα ορισμένων μικροστοιχείων που είναι συνηθισμένη σε αυτά τα εδάφη. Η έλλειψη σιδήρου στο λούπινο για παράδειγμα μείωσε τόσο το σχηματισμό φυματίων όσο και την αζωτοδέσμευση, καθόσον ο σίδηρος αποτελεί συστατικό στοιχείο της νιτρογενάσης και της λεγκαιμογλουβίνης (Tang *et al.*, 1990). Η έλλειψη βορίου βρέθηκε ότι μείωσε την ανάπτυξη των φυματίων στα κουκιά (Robson, 1988). Επίσης η έλλειψη χαλκού επηρεάζει την αζωτοδέσμευση μειώνοντας το βάρος των φυματίων.

1.10 Ο ρόλος του φωσφόρου

Ο φώσφορος είναι το δεύτερο μετά το άζωτο περιορισμένο στοιχείο για την αύξηση των φυτών (Bielecki, 1973; Vance *et al.*, 2000). Το ποσό του P στα φυτά κυμαίνεται από 0,05% ως 0,30% του συνολικού ξηρού βάρους. Το 40% της παγκόσμιας παραγωγής των καλλιεργειών περιορίζεται από τη διαθεσιμότητα του P. Ο P είναι κατά ένα μεγάλο μέρος μη διαθέσιμος για τα φυτά (Bielecki, 1973; Schachtman *et al.*, 1998) επειδή διαμορφώνει γρήγορα αδιάλυτο σύμπλεγμα με τα κατιόντα, το οποίο ενσωματώνεται στην οργανική ουσία με τα μικρόβια. Τα όξινα και αποσαθρωμένα εδάφη σε τροπικά και υποτροπικά περιβάλλοντα είναι ιδιαίτερα επιρρεπή στην ανεπάρκεια P και στην τοξικότητα του αργιλίου (Al) (Von Uexküll and Mutert, 1995).

Στην εντατική γεωργία, η καλλιέργεια των σιτηρών απαιτεί την προσθήκη 90 έως 120 kg P το εκτάριο (Bielecki, 1973; Bumb and Baanante, 1996). Ωστόσο, ακόμη και κάτω από επαρκή λίπανση P, μόνο το 20% ή λιγότερο από αυτό που εφαρμόζεται, αφαιρείται με την αύξηση κατά το πρώτο έτος, με αποτέλεσμα αυτό να οδηγεί στο γέμισμα του εδάφους με P. Η απορροή όμως από εδάφη που είναι γεμάτα με P είναι ένας αρχικός παράγοντας που οδηγεί στον ευτροφισμό των εκβολών των λιμνών και των θαλασσών στον αναπτυσσόμενο κόσμο.

Ο φώσφορος είναι ένα σημαντικό θρεπτικό στοιχείο στα πρώτα στάδια αύξησης των φυτών για την ανάπτυξη των αναπαραγωγικών μερών, για την ενεργειακή αποθήκευση και μεταφορά, για την αύξηση της ανάπτυξης της

ρίζας και ως συστατικό πολλών δομικών ενώσεων. Σε πολλά οργανικά καλλιεργήσιμα αγροκτήματα όπου δεν εφαρμόζεται η ζωική κοπριά, ο P είναι ανεπαρκής για την παραγωγή σοδειάς (Malhi *et al.*, 2002). Υπάρχει μια κοινή γνώμη ότι η συγκέντρωση του P στα οργανικά εδάφη διαχείρισης μειώνεται με το χρόνο (Entz *et al.*, 2001, Gosling and Shepherd, 2005; Malhi *et al.*, 2002; Oehl *et al.*, 2002). Η ανεπάρκεια φωσφορικών αποθεμάτων και η περιορισμένη διαθεσιμότητά τους έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της αζωτοδέσμευσης και της συμβιωτικής συνεργασίας (Oberson *et al.*, 2007; Ozanne, 1980). Τα ψυχανθή που αζωτοδεσμεύουν έχουν υψηλότερες απαιτήσεις για P από ότι εκείνα τα οποία δεν αζωτοδεσμεύουν (Israel, 1987). Έχει αναφερθεί σε διάφορα ψυχανθή, ότι μία αύξηση του συνολικού N η οποία οφείλεται στην εφαρμογή P (Mclachlan and Norman, 1961; Gates and Wilson, 1974) οδήγησε και σε μεγαλύτερη αζωτοδέσμευση (Andrew και Robins, 1969; Singleton *et al.* 1985). Σύμφωνα με τον Robson και τους άλλους (1981), προσθήκη ανόργανου N αύξησε την απόκριση του P στη συνολική παραγωγή του τριφυλλιού (*Tifolium subterraneum L.*) και οδήγησε επίσης σε υψηλότερη αζωτοδέσμευση. Υπάρχουν χαρακτηριστικές διαφορές στις απαιτήσεις των φυτών και των ριζοβίων για P, για παράδειγμα με την αργή ανάπτυξη γίνονται πιο ανεκτικά στον χαμηλό P σε αντίθεση με την γρήγορη ανάπτυξη των ριζοβίων που εμφανίζουν υψηλότερες απαιτήσεις (Beck and Munns, 1985; Pereira and Bliss, 1989).

Τα φυμάτια απορροφούν τον P (Hart, 1989) και η διαθεσιμότητά του είναι πολύ σημαντική για το σχηματισμό των φυματίων και για την αζωτοδέσμευση (Leung and Bottomley, 1987; Singleton *et al.*, 1985; Saxena and Rewari, 1991). Αν τα ψυχανθή που εξαρτώνται από το συμβιωτικό άζωτο πάρουν μία ανεπαρκή ποσότητα P, τότε μπορεί να υποφέρουν από έλλειψη αζώτου. Ο περιεχόμενος φώσφορος ανά μονάδα ξηρού βάρους είναι συνήθως αρκετά υψηλότερος στα φυμάτια απ' ό,τι στις ρίζες και στους βλαστούς (Israel, 1987; Adu-Gyamfi *et al.*, 1989). Τα φυτά τα οποία δεσμεύουν N έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε P πέρα από αυτή τη ποσότητα που λαμβάνουν με την άμεση αζωτούχο λίπανση, πιθανόν λόγω της ανάγκης για ανάπτυξη των φυματίων και για τη μεταγωγή σημάτων και στα Π-λιπίδια σε μεγάλο αριθμό βακτηριδίων (Graham and Vance, 2000). Επίσης, τα φυμάτια καθώς αναπτύσσονται ανταγωνίζονται άλλα φυτικά τμήματα, όπως είναι η ρίζα και ο

μεριστωματικός βλαστός, για φώσφορο, περιορίζοντας τα εξωτερικά αποθέματα τα οποία μπορεί να είναι διαφορετικά μεταξύ των ειδών των ψυχανθών (Jakobsen, 1985; Robson and Bottomley, 1991).

Το άσπρο λούπινο (*Lupinus albus*) και το κοινό φασόλι αποτελούν άριστα πρότυπα ψυχανθών. Κάθε ένα υποβάλλεται σε αλλαγές στην αρχιτεκτονική της ρίζας και τη χημεία της ριζόσφαιρας σε χαμηλό P, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους και την ανεύρεση φωσφορικών αλάτων (Johnson *et al.*, 1996 Nielsen *et al.*, 1998, Miller *et al.*, 2001). Σύμφωνα με τον Bremer και του άλλους (1989), στις φακές η εφαρμογή P αύξησε σημαντικά την παραγόμενη ξηρή ουσία, την απόδοση σε σπόρο και το N που παράχθηκε από τους σπόρους, αλλά δεν είχε επιπτώσεις στο ποσοστό της πρωτεΐνης του σπόρου (%) και στο ποσοστό του N που προσδιορίστηκε.

1.11 Μηχανισμοί αύξησης της συμβιωτικής δέσμησης του N και της απόκτησης P

Όπως σημειώνεται από τον Abelson (1999) η βιώσιμη διαχείριση του N και του P στη γεωργία απαιτεί, σύμφωνα με τους βιολόγους των φυτών, την ανακάλυψη μηχανισμών στα φυτά οι οποίοι θα ενισχύουν την απόκτηση P και θα εκμεταλλεύονται αυτή την αφομοίωση για να καταστήσουν τα φυτά αποδοτικότερα με στόχο την αύξηση της συμβιωτικής δέσμησης του N και της διαθεσιμότητας του P. Τα ευεργετικά ψυχανθή ως φυτά εδαφοκάλυψης σε συνεργασία με τα βακτήρια (του γένους *Rhizobium*) είναι γνωστό ότι προωθούν τη θρέψη των φυτών και αυξάνουν την πρόσληψη φωσφόρου. Κατά συνέπεια, στρατηγικές διαχείρισης που προωθούν τη συνεργασία με τα βακτήρια είναι ιδιαίτερα επιθυμητές για τα συστήματα καλλιέργειας.

Μερικές στρατηγικές που οδηγούν στην πρόσληψη ή στην αυξημένη απόκτηση N και P περιλαμβάνουν:

- την επέκταση της επιφάνειας της περιοχής των ριζών μέσω της αυξανόμενης ανάπτυξης της ρίζας και των ριζικών τριχιδίων (Lynch and Brown, 1998; Zhang and Forde, 1998; Gilroy and Jones, 2000),
- την σύνθεση των οργανικών οξέων και την έκκριση τους (Marschner *et al.*, 1986; Gilbert *et al.*, 1998),

- την ενίσχυση της έκφρασης των μεταφορέων NO_3 , NH_4 , PO_4 (Ragothama, 1999; Gilroy and Jones, 2000), των ακουαπορινών και των σχέσεων των μυκοριζών (Marschner and Dell, 1994; Harrison, 1997) και
- την αύξηση της συμβιωτικής αζωτοδέσμευσης των φυματίων στη ρίζα (Peoples *et al.*, 1995; Vance *et al.*, 2000).

Τα περισσότερα ψυχανθή που χρησιμοποιούνται από τους ανθρώπους επιδεικνύουν όλες αυτές τις προσαρμοστικές στρατηγικές, οι οποίες είναι ιδανικές για την διαχείριση των καλλιεργειών που στοχεύουν στην ενίσχυση της ικανότητας αποδοχής και αποθήκευσης ενάντια στην εξάρτηση από λιπάσματα αζώτου και φωσφόρου. Έτσι τα βακτήρια αποικίζουν αποτελεσματικά και επιτρέπουν τη μεγαλύτερη πρόσληψη θρεπτικών ουσιών ενώ τα φυτά εφοδιάζουν τα βακτήρια με άνθρακα ως μία πηγή ενέργειας (Gupta *et al.*, 2000). Στα συστήματα οργανικής παραγωγής προϊόντων όπου ο P είναι γενικά περιορισμένος, οι συμβιώσεις μεταξύ των φυτών και των βακτηρίων είναι ιδιαίτερα σημαντικές (Harley and Smith 1983). Σύμφωνα με το Kahiluoto και τους άλλους (2009), τα βακτήρια συνεισφέρουν στην εδαφική ποιότητα και στη λειτουργική ικανότητα του εδάφους και αυτό ευνοείται ιδιαίτερα στα συστήματα χαμηλών εισροών σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα καλλιέργειας.

Κάποιες άλλες στρατηγικές που συμβάλλουν στην αυξημένη πρόσληψη N και P είναι οι εξής:

- ✚ Η βελτίωση των ψυχανθών δημιουργώντας γενοτύπους με επιθυμητά χαρακτηριστικά όπως η πρωιμότητα στο σχηματισμό των φυματίων και η ικανότητα αζωτοδέσμευσης σε συνθήκες υψηλής συγκέντρωσης νιτρικών στο έδαφος.
- ✚ Η επιλογή και η χρησιμοποίηση ριζοβίων με αντοχή σε διάφορες αντίξοες συνθήκες του εδάφους όπως η οξύτητα και η υψηλή θερμοκρασία. Και η παραγωγή εμπορικών σκευασμάτων ριζοβίων που να προστατεύουν τα ριζόβια από τοξικά αγροχημικά, τα οποία χρησιμοποιούνται στους σπόρους για την προστασία των νεαρών φυταρίων στο έδαφος.

✚ Διαχείριση των φυτών και του εδάφους με κατάλληλη επιλογή αμειψισποράς και συστημάτων καλλιέργειας, μείωση των νιτρικών στην περιοχή των ριζών μέσω της βόσκησης και περιορισμός της κατεργασίας του εδάφους. Για παράδειγμα βρέθηκε ότι το ισοζύγιο αζώτου αυξήθηκε όταν η σόγια καλλιεργήθηκε με το σύστημα της ακαλλιέργειας σε σύγκριση με το σύστημα της πλήρους κατεργασίας του εδάφους. Ψυχανθή που καλλιεργούνται μετά από σιτηρά δεσμεύουν περισσότερο άζωτο σε σχέση με την καλλιέργειά τους μετά από αγρανάπαυση (Peoples and Craswell, 1992).

1.12 Λίπανση ψυχανθών

➤ Βίκος

Η αζωτούχος λίπανση δεν θεωρείται απαραίτητη στα ψυχανθή, δεδομένου ότι ο βίκος και τα άλλα ψυχανθή δεσμεύουν το άζωτο του ατμοσφαιρικού αέρα με την βοήθεια των φυματίων που αναπτύσσονται στις ρίζες του. Μόνο μία μικρή αρχική δόση N, ιδίως στα φτωχά χωράφια, βοηθά την πρώτη ανάπτυξη, ωστόσο αρχίσουν τα φυτά να παίρνουν το N από την ατμόσφαιρα (Σφήκας, 1987). Η εξασφάλιση όμως της απαραίτητης ποσότητας αζώτου για την ικανοποιητική ανάπτυξη και σποριοποίηση των σποροκαλλιέργειών προϋποθέτει την ικανοποιητική ανάπτυξη και λειτουργία των φυματίων στις ρίζες των φυτών του βίκου. Αυτό όμως για να γίνει πρέπει να υπάρχουν στο έδαφος η κατάλληλη φυλή του ριζοβακτηρίου, τα κατάλληλα για την ανάπτυξη και δράση του βακτηρίου μικροστοιχεία και ιχνοστοιχεία, ικανοποιητική υγρασία και το κατάλληλο pH.

Πειραματικά δεδομένα του Ινστιτούτου Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών σε διάφορες περιοχές της χώρας μας, έδειξαν ότι η αζωτούχος λίπανση δεν αύξησε τις αποδόσεις του βίκου. Αντίδραση των φυτών δεν παρατηρήθηκε και στην καλιούχο λίπανση. Απαραίτητη όμως στις περισσότερες περιπτώσεις είναι η βασική λίπανση με 6-7 μονάδες φωσφόρου η οποία έχει ευνοϊκή επίδραση στην απόδοση του βίκου (Ποδηματάς, 1984).

➤ Μπιζέλι

Η αζωτούχος λίπανση δεν θεωρείται απαραίτητη, λαμβάνοντας υπόψη ότι το μπιζέλι δεν είναι το κύριο φυτό στο σύστημα αμειψισποράς και ότι οι κύριες καλλιέργειες λιπαίνονται με ποσότητα αζώτου πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που χρειάζονται, οπότε το μπιζέλι μπορεί να χρησιμοποιήσει το υπολειμματικό άζωτο του εδάφους. Μικρή ποσότητα αζωτούχου λίπανσης ίσως χρειαστεί στα πτωχά εδάφη, για την υποβοήθηση της πρώτης ανάπτυξης των φυτών.

Το μπιζέλι απορροφά μεγάλες ποσότητες φωσφόρου. Εάν όμως οι άλλες καλλιέργειες στο σύστημα αμειψισποράς λιπαίνονται πλούσια με φώσφορο, δεν θεωρείται απαραίτητη η φωσφορική λίπανση στο μπιζέλι. Όταν όμως το έδαφος είναι πτωχό σε φώσφορο, συνιστώνται 2,5-6 kg P₂O₅/στρ. Στη χώρα μας δεν παρατηρήθηκαν συμπτώματα έλλειψης καλίου. Στα πτωχά σε κάλιο εδάφη, για την αποφυγή δυσμενών επιδράσεων, συνιστάται εφαρμογή 2,5-6 K₂O/στρ.

Η λίπανση εφαρμόζεται στα πεταχτά κατά την τελευταία προετοιμασία του εδάφους και στη συνέχεια ενσωματώνεται, ή εφαρμόζεται γραμμικά κατά τη σπορά, σε μικρή απόσταση από το σπόρο. Ο σπόρος δεν πρέπει να έρχεται σε επαφή με το λίπασμα για την αποφυγή εγκαυμάτων στα νεαρά φυτά (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

➤ Λούπινο

Το λούπινο θεωρείται φυτό με ιδιαίτερα μεγάλη αζωτοδεσμευτική ικανότητα γι' αυτό το λόγο δεν συνιστάται αζωτούχος λίπανση. Το ψυχανθές άσπρο λούπινο (*Lupinus albus*), έδειξε ένα διαφωτιστικό πρότυπο σύστημα για την κατανόηση της αφομοίωσης των φυτών σε ένα περιβάλλον χαμηλό σε P και N (Skene, 1998; Watt and Evans, 1999). Το άσπρο λούπινο μπορεί αποτελεσματικά να αποκτήσει το N και τον P ακόμα κι αν δεν έχει διαμορφωθεί κάποια συμβίωση των βακτηρίων στη ρίζα. Επίσης, η προσαρμογή του στο έλλειψη P εκδηλώνεται με μια ιδιαίτερη τροποποίηση στην ανάπτυξη και στη βιοχημεία της ρίζας με συνέπεια το σύμπλεγμα των ριζικών τριχιδίων να εκκρίνει άφθονα ποσά οργανικού οξέος και όξινων φωσφατάσεων (Gilbert *et al.*, 1998; Neumann *et al.*, 1999).

Το λούπινο συμβιώνει με το ριζόβιο *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*), το οποίο δεν είναι διαδεδομένο στα εδάφη των περιοχών με μεσογειακό κλίμα (Howieson *et al.*, 1998). Τα δεδομένα πολλών μετρήσεων σε διάφορες περιοχές του κόσμου, δείχνουν ότι το ισοζύγιο αζώτου από την καλλιέργεια, όταν στους υπολογισμούς ληφθεί υπόψη και το υπόγειο μέρος των φυτών, είναι σχεδόν πάντα θετικό και κυμαίνεται από 1,4-18,1 kg N/στρ. Σε εδάφη όπου το λούπινο καλλιεργείται για πρώτη φορά ή έχει να καλλιεργηθεί για πολλά χρόνια (πάνω από 5), συνιστάται εμβολιασμός με κατάλληλα ριζόβια. Σε πειραματικές καλλιέργειες λούπινου σε αγρούς της Β. Ελλάδας δεν διαπιστώθηκε σχηματισμός φυματίων, γεγονός που πιθανότατα υποδηλώνει την απουσία του κατάλληλου ριζοβίου στο έδαφος.

Απαραίτητη θεωρείται η φωσφορική λίπανση ενώ η καλιούχος λίπανση γίνεται μόνο σε πτωχά σε κάλιο εδάφη.

➤ Φακή

Η φακή δεν έχει ανάγκη από αζωτούχο λίπανση γιατί χρησιμοποιεί για τις ανάγκες της το άζωτο της ατμόσφαιρας που δεσμεύεται κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου από τα αζωτοβακτήρια που σχηματίζουν φυμάτια στις ρίζες της. Σε περιοχές που καλλιεργείται για πρώτη φορά είναι δυνατόν τα εδάφη να μην έχουν αζωτοβακτήρια. Στην περίπτωση αυτή καθώς και στις περιπτώσεις που σχηματίζουν λίγα φυμάτια, επειδή δεν υπάρχουν κατάλληλες φυλές αζωτοβακτηρίων, συνιστάται εμβολιασμός των εδαφών με αζωτοβακτήρια που κυκλοφορούν στο εμπόριο (*Noctin*, *Nitragin* κ.ά.) (Ηλιάδης, 1995). Μελέτες έδειξαν ότι όταν η συμβίωση της φακής με τα υπάρχοντα ριζόβια του εδάφους ήταν αποτελεσματική, πάνω από το 85% του ολικού αζώτου που χρειαζόνταν το φυτό, προέρχονταν από την αζωτοδέσμευση (Saxena, 1981). Αυτό το υψηλό ποσοστό δε σημαίνει ότι η φακή έχει μεγάλη αζωτοδεσμευτική ικανότητα. Απλώς δίνει μικρή απόδοση σε καρπό, οπότε οι ανάγκες της σε άζωτο είναι περιορισμένες. Συνεπώς γενικά δεν αναμένεται σημαντική αύξηση των αποδόσεων με την προσθήκη αζωτούχου λίπανσης, όταν στο έδαφος υπάρχουν αυτόχθονες πληθυσμοί ριζοβίων. Μία μικρή προσθήκη αζώτου 2-3 kg/στρ δικαιολογείται σε πολύ άγονα εδάφη και όταν κατά την περίοδο της σποράς οι θερμοκρασίες είναι

χαμηλές και η υγρασία του εδάφους υψηλή, ώστε να βοηθηθούν τα φυτά πριν ξεκινήσει η αζωτοδέσμευση.

Η φακή είναι φυτό απαιτητικό σε φώσφορο. Εάν η περιεκτικότητα του P στο έδαφος είναι ίση ή μικρότερη από 4 ppm, συνιστάται η προσθήκη φωσφορικών λιπασμάτων σε ποσότητα περίπου 6 kg P₂O₅/στρ (30 κιλά από το 0-20-0 ή 0-46-0). Η συνήθεια ορισμένων γεωργών να χρησιμοποιούν και στη φακή τα λιπάσματα 16-20-0 ή 20-10-0 που χρησιμοποιούν στα σιτάρια είναι λανθασμένη για δύο λόγους:

A) Τα λιπάσματα αυτά είναι πιο ακριβά από το 0-20-0 και

B) Με το άζωτο που προστίθεται εμποδίζεται ο σχηματισμός φυματίων στις ρίζες της φακής από τα αζωτοβακτήρια. Όσο περισσότερα νιτρικά έχει το έδαφος τόσο λιγότερα φυμάτια σχηματίζονται στις ρίζες. Η ανταπόκριση των φυτών στη φωσφορική λίπανση είναι μεγαλύτερη σε ξηρικές συνθήκες, όπου και το όριο επάρκειας στο έδαφος είναι 9 ppm P (Saxena, 1981).

Καλιούχο λίπανση η φακή δεν χρειάζεται, επειδή κατά κανόνα τα ελληνικά εδάφη είναι εφοδιασμένα με κάλιο. Επάρκεια καλίου στο έδαφος βελτιώνει τη βραστικότητα της φακής. Συνεπώς στη φακή συνιστάται μόνο φωσφορική λίπανση (Ηλιάδης, 1995).

➤ **Κουκιά**

Αζωτούχος λίπανση δεν απαιτείται ακόμη και στα μικρής γονιμότητας εδάφη, λόγω της μεγάλης αζωτοδεσμευτικής τους ικανότητας, η οποία αναφέρεται ότι μειώνεται σε μεγάλο βαθμό με την εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης (*Robson et al.*, 2002).

Σε όξινα εδάφη συνιστάται προσθήκη ασβεστίου για την αύξηση του pH τουλάχιστον στο 6. Η εφαρμογή του ασβεστίου πρέπει να γίνεται τουλάχιστον ένα χρόνο πριν από την καλλιέργεια των κουκιών. Για τη χώρα μας συνιστάται φωσφορική λίπανση σε ποσότητα περίπου 6 kg P₂O₅/στρ. Προσθήκη καλίου, σε ποσότητα 6 kg K₂O/στρ., γίνεται μόνο στα εδάφη στα οποία μετά από αναλύσεις διαπιστώθηκε έλλειψή του. Για τα κουκιά ως κατώτερο μέσο όριο για την εφαρμογή λίπανσης θεωρούνται τα 11 ppm και τα 81 ppm K (*Oplinger et al.*, 1989).

Η εφαρμογή της λίπανσης γίνεται λίγο πριν από την τελευταία καλλιεργητική εργασία για την προετοιμασία του εδάφους για σπορά.

➤ **Λαθούρι**

Πειραματικά δεδομένα του Ινστιτούτου Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών, έδειξαν ότι το λαθούρι αντιδρά μόνο στη φωσφορική λίπανση και συνιστώνται 6 kg P₂O₅/στρ (Στεφανής, 1984).

1.13 Οφέλη των ψυχανθών ως φυτά κάλυψης του εδάφους

➤ Βελτίωση της φυσικής κατάστασης του εδάφους

Τα φυτά εδαφοκάλυψης καλλιεργούνται για να προστατεύσουν το έδαφος από τη διάβρωση και να περιορίσουν την απώλεια θρεπτικών ουσιών από τα φυτά ενώ οι χλωρές λιπάνσεις είναι καλλιέργειες που αναπτύσσονται με σκοπό τη βελτίωση της εδαφικής παραγωγικότητας. Στην πραγματικότητα, η χρήση των φυτών κάλυψης στις στρατηγικές διαχείρισης των υπολειμμάτων προσφέρει οφέλη που αποδίδονται συχνά στις χλωρές λιπάνσεις (Πίν. 1.6). Τα φυτά κάλυψης ευνοούν τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, αυξάνοντας πρώτον την παραγωγή της βιομάζας η οποία χρησιμεύει ως πηγή εδαφικής οργανικής ουσίας και δεύτερον την εδαφική βιολογική δραστηριότητα (Bruce *et al.*, 1991). Επίσης ορισμένες καλλιέργειες μπορούν να τροποποιήσουν φυσικά το προφίλ του εδάφους (Uhland, 1949; Elkins *et al.*, 1977; Kemper και Derpsch, 1981; Wilson *et al.*, 1982; Henderson, 1989; Meek *et al.*, 1990), καθώς και την εδαφική δομή μέσω της επιρροής που ασκούν στα συσσωματώματα του εδάφους (McVay *et al.*, 1989; Dexter, 1991).

Είναι αναγνωρισμένο ότι τα φυτά κάλυψης μπορούν να διατηρήσουν ή να αυξήσουν το άζωτο στο έδαφος και να απομακρύνουν τον άνθρακα. Με την αναστροφή η φυτομάζα, με τη βοήθεια των μικροοργανισμών, χουμποποιείται και η μισή περίπου ποσότητα γίνεται χούμος ενώ οι υπόλοιπη μετατρέπεται σε CO₂ που φεύγει στην ατμόσφαιρα. Το CO₂ όμως δρα διαβρωτικώς στα εδαφικά ορυκτά και υποβοηθά τη διαλυτοποίηση των θρεπτικών συστατικών (Pieters and McKee, 1938; Lewis and Hunter, 1940; Wilson *et al.*, 1982;

Hargrove, 1986; Utomo *et al.*, 1987; McVay *et al.*, 1989; Keisling *et al.*, 1990). Τα οφέλη των φυτών κάλυψης για τη διατήρηση ή την αύξηση της εδαφικής οργανικής ουσίας καταργούν το όργωμα (Utomo *et al.*, 1987).

Τα φυτά κάλυψης οδηγούν συχνά σε μεγαλύτερη διήθηση του νερού, λόγω των άμεσων αποτελεσμάτων της κάλυψης με τα υπολείμματα τους και το σχηματισμό μικροπόρων στις ρίζες. Η αύξηση του εδαφικού πορώδους λόγω της δράσης των ριζών, ειδικά κάτω από μειωμένες συνθήκες οργώματος, αναφέρεται συχνά ως η αιτία της μεγαλύτερης διήθησης. Επιπλέον, τα υπολείμματα των φυτών που αφήνονται στην εδαφική επιφάνεια δεν επιτρέπουν τη δημιουργία επιφανειακής κρούστας, διευκολύνοντας την καλύτερη διήθηση του νερού.

Τα ψυχανθή ως φυτά κάλυψης όπως ο τριχωτός βίκος και το πορφυρό τριφύλλι τείνουν να αυξήσουν τη συνολική ισορροπία περισσότερο από το σιτάρι. Η αυξανόμενη εδαφική οργανική ουσία των καλλιεργειών εδαφοκάλυψης σε αντιδιαστολή με την αγρανάπταυση είναι το αποτέλεσμα της αυξανόμενης παραγωγής βιομάζας. Αυτή η αυξανόμενη παραγωγή βιομάζας παράγεται από την ίδια την καλλιέργεια κάλυψης, καθώς επίσης και από την έμμεση επίδραση της καλλιέργειας κάλυψης στη επόμενη καλλιέργεια που την ακολουθεί.

Τα φυτά εδαφοκάλυψης έχουν επιπτώσεις επίσης στο εδαφικό φαινόμενο ειδικό βάρος και την εδαφική δύναμη. Δεδομένου ότι οι ρίζες καταλαμβάνουν τον εδαφικό χώρο που καταλαμβάνονταν προηγουμένως από τους εδαφικούς πόρους, πρέπει να μετατοπιστούν τα εδαφικά μόρια, τα οποία αυξάνουν το φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους δίπλα στη ρίζα (Glinski and Lipiec, 1990). Ωστόσο, καθώς οι ρίζες πεθαίνουν και αποσυντίθενται αφήνουν μικροπόρους μέσα στο χώμα. Επίσης, τα αυξανόμενα εδαφικά συσσωματώματα κάτω από τα υπέργεια υπολείμματα μπορούν να βελτιώσουν την εδαφική δομή και να μειώσουν το εδαφικό φαινόμενο ειδικό βάρος και την εδαφική δύναμη. Το αποτέλεσμα αυτών των διαδικασιών αλλάζει την εδαφική δύναμη και το φαινόμενο ειδικό βάρος τα οποία εξαρτώνται από τον εδαφικό τύπο, την καλλιέργεια που αναπτύσσεται και το σύστημα διαχείρισης των υπολειμμάτων.

Πίνακας 1.6. Η σημαντικότητα των ψυχανθών ως φυτά κάλυψης στη γεωργία.

Παράγωγή υψηλών πρωτεϊνικών τροφίμων για τους ανθρώπους και τα ζώα
Μείωση των απαιτήσεων σε αζωτούχο λίπανση
Παροχή N για αμειψισπορές και για ενδιάμεση καλλιέργεια
Ενίσχυση της κατάστασης του εδάφους ώστε να είναι υγιή
Αποκατάσταση των όξινων εδαφών
Βελτίωση της ανακύκλωσης P
Βελτίωση του ελέγχου των ασθενειών και των εντόμων
Έλεγχος των ζιζανίων ως φυτά κάλυψης
Παροχή ποικιλομορφίας και ομορφιάς
Ενίσχυση της απομάκρυνσης του άνθρακα

Πηγή: Peoples *et al.*, 1995, Graham and Vance, 2000.

➤ Έλεγχος της εδαφικής διάβρωσης

Μια καλλιέργεια εδαφοκάλυψης εξ ορισμού σπέρνεται με σκοπό τον έλεγχο της διάβρωσης (Parker, 1915). Οι καλλιέργειες κάλυψης μειώνουν τη διάβρωση με τη βελτίωση της εδαφικής δομής, την αύξηση της διήθησης, την προστασία της εδαφικής επιφάνειας και την διάλυση της ενέργειας των σταγόνων βροχής μειώνοντας την ταχύτητα του νερού που κινείται πάνω στην εδαφική επιφάνεια (Smith *et al.*, 1987).

➤ Περιβαλλοντική ποιότητα

Η χρήση των ψυχανθών ως φυτών εδαφοκάλυψης αυξάνει τη διήθηση και μειώνει τη διάβρωση μειώνοντας επίσης τις θρεπτικές απώλειες στην επιφάνεια απορροής. Το άζωτο και ο φώσφορος είναι δύο θρεπτικά συστατικά που συνδέονται με την υποβάθμιση της ποιότητας του νερού που προκύπτει από τη γεωργία (Logan, 1990). Η απώλεια του P στο περιβάλλον

συνδέεται με την απορροή ενώ η απώλεια του N συμβάλλει μέσω της διήθησης σε απώλειες $\text{NO}_3\text{-N}$, στα υπόγεια νερά.

Ο Sharpley και Smith (1991) πρόσφατα ανέφεραν την επίδραση των φυτών εδαφοκάλυψης στην ποιότητα του νερού. Σημείωσαν ότι η χρήση μιας καλλιέργειας κάλυψης στα διάφορα συστήματα καλλιέργειας είχε ως συνέπεια τη μείωση του N και του P που μεταφέρθηκαν με την απορροή. Αν και το ποσό του N και του P που μεταφέρθηκαν κατά τη διάρκεια της απορροής γενικά μειώθηκε, με μια καλλιέργεια εδαφοκάλυψης, η μέση ετήσια συγκέντρωση του $\text{NO}_3\text{-N}$ και του διαλυτού P μπορεί να αυξηθεί. Το ποσοστό του P στην απορροή το οποίο είναι βιοδιαθέσιμο (διαλυτός P + βιοδιαθέσιμος μοριακός P) μπορεί να αυξηθεί όταν καλλιεργούνται φυτά κάλυψης και γίνεται διαχείριση των υπολειμμάτων τους.

Οι παράγοντες διαχείρισης όπως το επίπεδο της εδαφικής γονιμότητας, το σύστημα διαχείρισης των υπολειμμάτων, ο τύπος των φυτών κάλυψης, και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών κάλυψης σε σχέση με τους κλιματολογικούς παράγοντες επηρεάζουν όχι μόνο το ποσό του αζώτου και του φωσφόρου που μεταφέρεται κατά τη διάρκεια της απορροής αλλά και το σχετικό ποσοστό αυτών των θρεπτικών συστατικών που είναι βιοδιαθέσιμο. Ο Sharpley και ο Smith (1991) επισημαίνουν ότι ο προσδιορισμός του βιοδιαθέσιμου P μπορεί να υπολογίσει ακριβέστερα το αντίκτυπο των γεωργικών πρακτικών, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης των φυτών κάλυψης, στον ευτροφισμό των επιφανειακών νερών.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '40 οι επιστήμονες ερεύνησαν τα φυτά κάλυψης με στόχο τη μείωση των απωλειών N μέσω της διήθησης. Το κίνητρο για αυτήν την εργασία ήταν οικονομικό, δηλαδή, αποδοτικότερη χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων. Σήμερα, η ανησυχία σχετικά με την περιβαλλοντική μόλυνση των υπόγειων νερών έχει προκαλέσει μια ανάκαμψη του ενδιαφέροντος για χρήση των φυτών εδαφοκάλυψης με στόχο τη μείωση της διήθησης του νιτρικού αζώτου. Οι καλλιέργειες εδαφοκάλυψης μειώνουν το N που διηθείται μέσω της πρόσληψης του για την παραγωγή της βιομάζας, ωστόσο, η κατανάλωση του εδαφικού νερού που απαιτείται για την ανάπτυξη είναι επίσης ένας σημαντικός μηχανισμός για τη μείωση της διήθησης του N.

2. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας, ήταν να αξιολογηθούν τα χειμερινά ψυχανθή, ως φυτά χαμηλών εισροών, υπό Θεσσαλικές συνθήκες με στόχο κάποια από αυτά να χρησιμοποιηθούν ως κτηνοτροφή στο σιτηρέσιο των παραγωγικών ζώων για τόνωση της ανταγωνιστικότητας της εγχώριας φυτικής και ζωικής παραγωγής.

Η έρευνα περιλάμβανε τρεις μεταχειρίσεις φωσφορικής λίπανσης για τα έξι χειμερινά ψυχανθή που χρησιμοποιήθηκαν, σε τρεις επαναλήψεις.

3.Υλικά και μέθοδοι

3.1 Στοιχεία πειράματος

Για τις ανάγκες της ερευνητικής εργασίας το Φθινόπωρο του 2013 εγκαταστάθηκε πείραμα αγρού στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο Μαγνησίας.

Τα φυτά που επιλέχθηκαν να καλλιεργηθούν είναι έξι διαφορετικά χειμερινά ψυχανθή, η φακή (*Lens culinaris*), το μπιζέλι (*Pisum sativum*), το λαθούρι (*Lathyrus sativus*), το λούπινο (*Lupinus albus*), το κουκί (*Vicia faba*) και ο βίκος (*Vicia sativa*), τα οποία συντελούν στη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους, με την ικανότητα που έχουν να δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο μέσω των βακτηρίων που συμβιούν στις ρίζες τους.

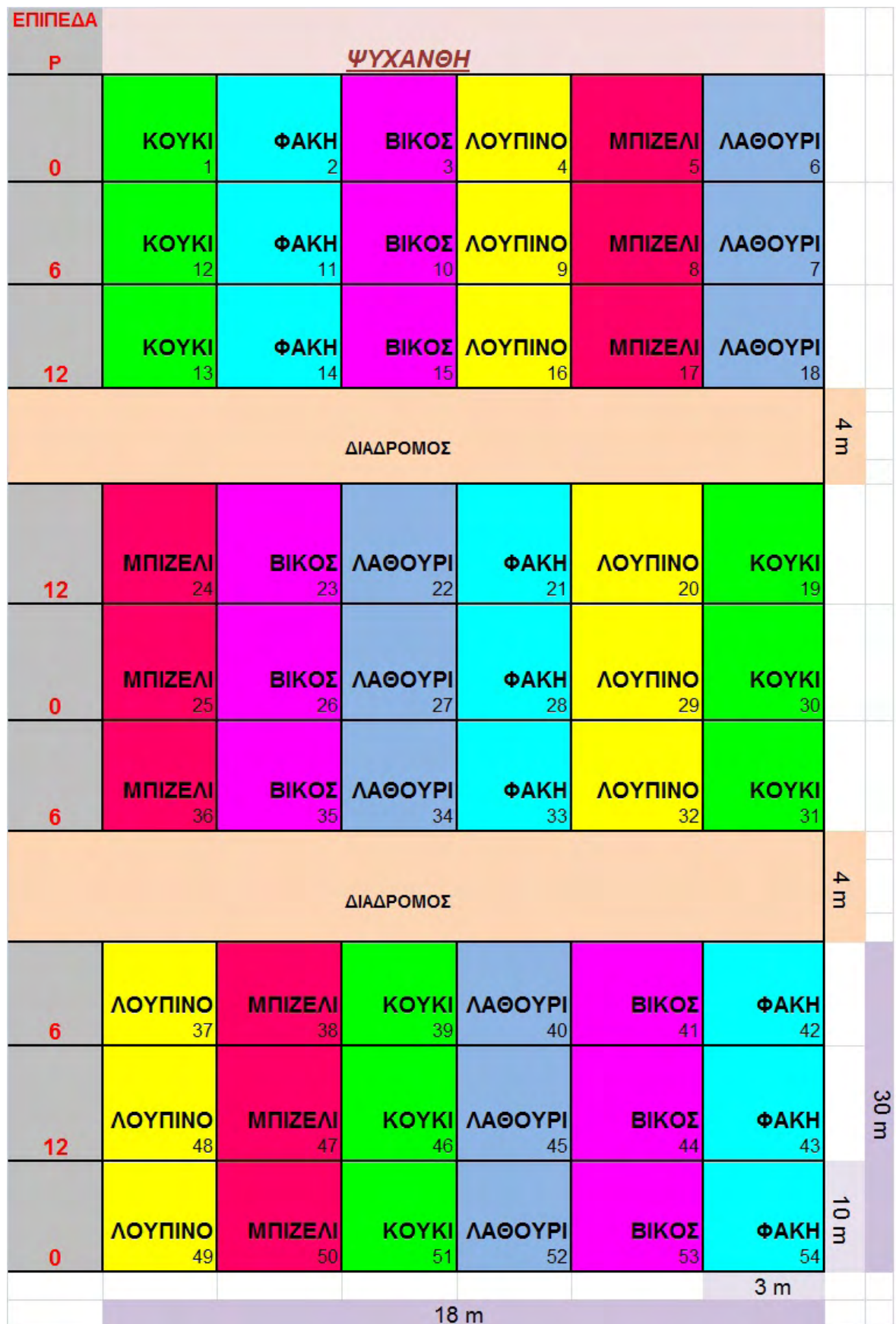
Το σχέδιο του πειράματος ήταν τυχαιοποιημένες ομάδες υποδιαιρεμένων τεμαχίων (split plot) με κύριο παράγοντα τη λίπανση. Εφαρμόστηκαν τρεις μεταχειρίσεις λίπανσης για τα έξι φυτά, σε τρεις επαναλήψεις, όπως φαίνονται στο πειραματικό σχέδιο που ακολουθεί (Σχήμα 3.1).

Οι μεταχειρίσεις λίπανσης ήταν οι ακόλουθες:

1. Μάρτυρας (0 μονάδες φωσφόρου)
2. Λίπανση: 6 μονάδες φωσφόρου από το συμβατικό λίπασμα 0-46-0
3. Λίπανση: 12 μονάδες φωσφόρου από το συμβατικό λίπασμα 0-46-0

Οι ποικιλίες των ψυχανθών που καλλιεργήθηκαν ήταν οι παρακάτω:

- ❖ για τη φακή χρησιμοποιήθηκε η ποικιλία <Θεσσαλία>, η οποία είναι πλατύσπερμη μεσοπρώιμη ποικιλία που αντέχει στους παγετούς του χειμώνα με μέση απόδοσή 150-180 κιλά/στρέμμα,
- ❖ για το μπιζέλι χρησιμοποιήθηκε η ποικιλία <Όλυμπος>, η οποία είναι μεσοόψιμη ποικιλία, κατάλληλη για παραγωγή καρπού με πολύ υψηλή αντοχή στο ψύχος μέχρι -16 °C,
- ❖ για το λαθούρι χρησιμοποιήθηκε η ποικιλία Ίμια, η οποία είναι πρώιμη ποικιλία με καλή αντοχή στην ξηρασία, ικανοποιητική αντοχή στο ψύχος και τις ασθένειες με μέση στρεμματική απόδοση 150-200 κιλά/στρ.,
- ❖ για το λούπινο η ποικιλία <Multitalia>,
- ❖ για το κουκί η ποικιλία <Scuro di torre lama> και
- ❖ για το βίκο η ποικιλία <Κάδμος>.



Σχήμα 3.1 : Πειραματικό σχέδιο.

Σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο οι διαστάσεις του κάθε πειραματικού τεμαχίου ήταν 3 m πλάτος επί 10 m μήκος (30 m²). Εφαρμόστηκαν 18 μεταχειρίσεις (τρία επίπεδα φωσφόρου x έξι χειμερινά ψυχανθή) σε τρεις επαναλήψεις δηλαδή 54 πειραματικά τεμάχια συνολικά. Η συνολική έκταση όλου του αγρού όπου εγκαταστάθηκε το πείραμα ήταν 18 m πλάτος επί 98 m μήκος (1764 m²).

Για όλα τα χειμερινά ψυχανθή που καλλιεργήθηκαν η ποσότητα σπόρου που χρησιμοποιήθηκε ήταν 15 kg σπόρου/στρ και η απόσταση μεταξύ των γραμμών ήταν 20 cm.

3.2 Καιρικές συνθήκες

Τα μετεωρολογικά δεδομένα προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής που είναι εγκατεστημένος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο. Οι μέσες κλιματικές τιμές της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης είναι για την περιοχή της Ν. Αγχιάλου διότι δεν υπάρχουν στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή του Βελεστίνου.

3.3 Καλλιεργητικές εργασίες

Για την προετοιμασία του αγρού έγιναν όλες οι ενδεδειγμένες καλλιεργητικές φροντίδες:

- 1) Όργωμα, το οποίο γίνεται συνήθως μετά τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου ή μετά τη συγκομιδή της προηγούμενης καλλιέργειας.
- 2) Ψιλοχωμάτισμα του εδάφους με περιστροφικό καλλιεργητή.

Πριν τη σπορά έγινε εφαρμογή της βασικής λίπανσης στα πεταχτά και ενσωμάτωση των λιπασμάτων με περιστροφικό καλλιεργητή (τύπου φρέζας).

Η σπορά των ψυχανθών έγινε στις 5/12/2013. Χρησιμοποιήθηκε σπαρτική μηχανή των χειμερινών σιτηρών. Δεν έγινε καμία εφαρμογή ζιζανιοκτόνου για την καταπολέμηση των ζιζανίων, για να μειωθεί το κόστος και να εκτιμηθεί η ανταγωνιστικότητα των έξι διαφορετικών ψυχανθών έναντι των ζιζανίων. Επίσης ελήφθησαν παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου των φυτών για τυχόν προσβολές από εχθρούς και ασθένειες.

3.4 Ανάλυση Αύξησης και Ανάπτυξης των φυτικών ειδών

3.4.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά – Ξηρά βάρη

Για την ανάλυση της αύξησης και ανάπτυξης των φυτών κατά τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου, έγιναν δειγματοληψίες φυτών των έξι διαφορετικών ψυχανθών. Κάθε δειγματοληψία περιλάμβανε την κοπή δύο τετραγώνων (0,25 m² έκαστο) συνολικού εμβαδού 0,5 m² φυτών από κάθε πειραματικό τεμάχιο, τα τετράγωνα τοποθετούνταν τυχαία μέσα σε κάθε τεμάχιο και κοβόταν ότι υπήρχε μέσα στο τετράγωνο (φυτά και ζιζάνια).

Αρχικά γινόταν καταγραφή του συνολικού χλωρού βάρους (των φυτών και των ζιζανίων) που περιέχονταν στο τετράγωνο, στη συνέχεια ξεχωρίζονταν τα φυτά από τα ζιζάνια και ξαναζυγίζονταν τα φυτά ξεχωριστά, ώστε να έχουμε το ακριβές χλωρό βάρος των ψυχανθών και αντίστοιχα το χλωρό βάρος των ζιζανίων. Για την καταγραφή των μορφολογικών και λοιπών χαρακτηριστικών τους επιλέγονταν ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα φυτών από το συνολικό δείγμα από κάθε τεμάχιο. Ακολούθως τα παραπάνω φυτά χωρίζονταν σε καρποφόρα όργανα, στελέχη και φύλλα και προσδιορίζονταν τα αντίστοιχα ξηρά βάρη, όπως και το συνολικό τους.

Η ξήρανση των δειγμάτων γινόταν σε ξηραντήριο σε θερμοκρασία 60 °C για τα φύλλα, τους βλαστούς και τους καρπούς. Η ξήρανση θεωρείτο περατωμένη όταν δεν μεταβαλλόταν το βάρος των δειγμάτων από την προηγούμενη μέτρηση μετά την παρέλευση μιας ημέρας.

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν στις 4/4/2014, στις 7/5/2014 και στις 5/6/2014.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν:

- Μέτρηση χλωρού βάρους (συνολικό χλωρό βάρος, χλωρό βάρος ψυχανθών, χλωρό βάρος υποδείγματος και βάρος των ζιζανίων).
- Μέτρηση του ξηρού βάρους των φύλλων, των βλαστών και των ανθέων.
- Μέτρηση του τελικού ύψους των φυτών.
- Εκτίμηση της απόδοσης σε καρπό.

3.4.2 Μέτρηση της βλαστικότητας

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος της βλαστικότητας των σπόρων σε 4 διαφορετικές θερμοκρασίες: στους 4 °C, στους 6 °C, στους 8 °C και στους 10 °C.

Τοποθετήθηκαν 50 σπόροι από κάθε φυτό σε προβλαστήριο (θάλαμος ελεγχόμενου περιβάλλοντος), σε τρεις επαναλήψεις για το κάθε φυτό. Για την προστασία των σπόρων από την ανάπτυξη μυκήτων χρησιμοποιήθηκε το σκεύασμα Benlate 50 WP με δραστική ουσία το benomyl 50% β/β.

3.4.3 Ποσοτική εκτίμηση ζιζανίων

Πραγματοποιήθηκε καταγραφή του χλωρού βάρους των ζιζανίων σε κάθε δειγματοληψία.

3.4.4 Εκτίμηση του ολικού περιεχομένου N στους φυτικούς ιστούς

Έγινε εκτίμηση του ολικού περιεχομένου N στους καρπούς και στη βιομάζα με τη μέθοδο kjeldahl. Αρχικά έγινε ο θρυμματισμός του υλικού για να είναι ομογενοποιημένο το δείγμα και στη συνέχεια έγινε ομαδοποίηση με βάση τη λίπανση. Τελικά προέκυψαν 18 δείγματα που περιείχαν καρπούς (τρία επίπεδα φωσφόρου x έξι χειμερινά ψυχανθή) και 18 με τη βιομάζα (δηλαδή φύλλα, βλαστός, άνθος).

3.4.5 Εκτίμηση του δείκτη συγκομιδής

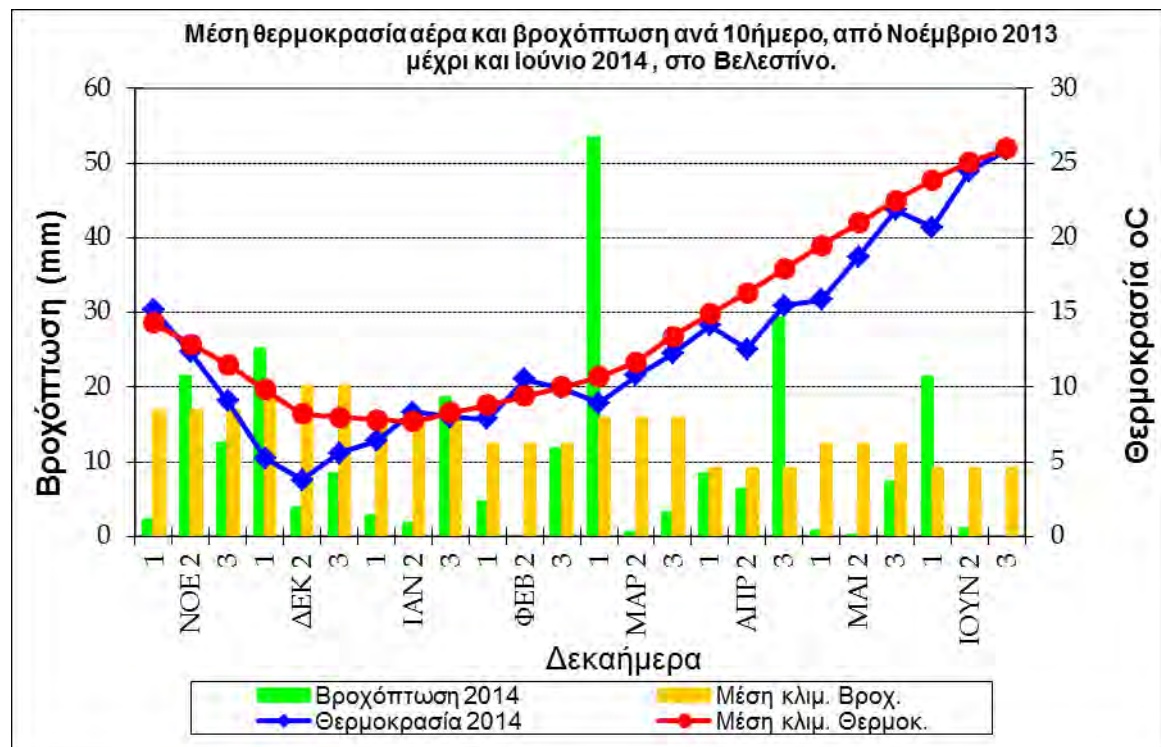
Η εκτίμηση του δείκτη συγκομιδής σε ότι αφορά την παραγωγή καρπού προέκυψε ως το πηλίκο της απόδοσης σε καρπό/συνολική βιομάζα για κάθε φυτό.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Καιρικές συνθήκες

Κατά τη σπορά των ψυχανθών (αρχές Δεκεμβρίου) επικράτησαν χαμηλές για την εποχή θερμοκρασίες με αποτέλεσμα την καθυστέρηση του φυτρώματος ιδιαίτερα των πιο θερμοαπαιτητικών φυτών.

Αξιοσημείωτες βροχοπτώσεις σημειώθηκαν κυρίως το πρώτο δεκαήμερο του Μαρτίου (53 mm), όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 4.1, οι οποίες ήταν επωφελείς για την αύξηση και την ανάπτυξη των χειμερινών ψυχανθών. Στη συνέχεια ακολούθησε μέχρι και το τέλος Απριλίου ξηρή περίοδος η οποία δεν ευνόησε τις καλλιέργειες των ψυχανθών, σε συνδυασμό και με τις χαμηλές για την εποχή θερμοκρασίες από τις αρχές Απριλίου μέχρι και το τέλος Μαΐου περίπου.



Διάγραμμα 4.1: Μέση θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση ανά 10ήμερο, από Νοέμβριο 2013 μέχρι και Ιούνιο 2014, στο Βελεστίνο.

4.2 Έδαφος πειραματικού αγρού

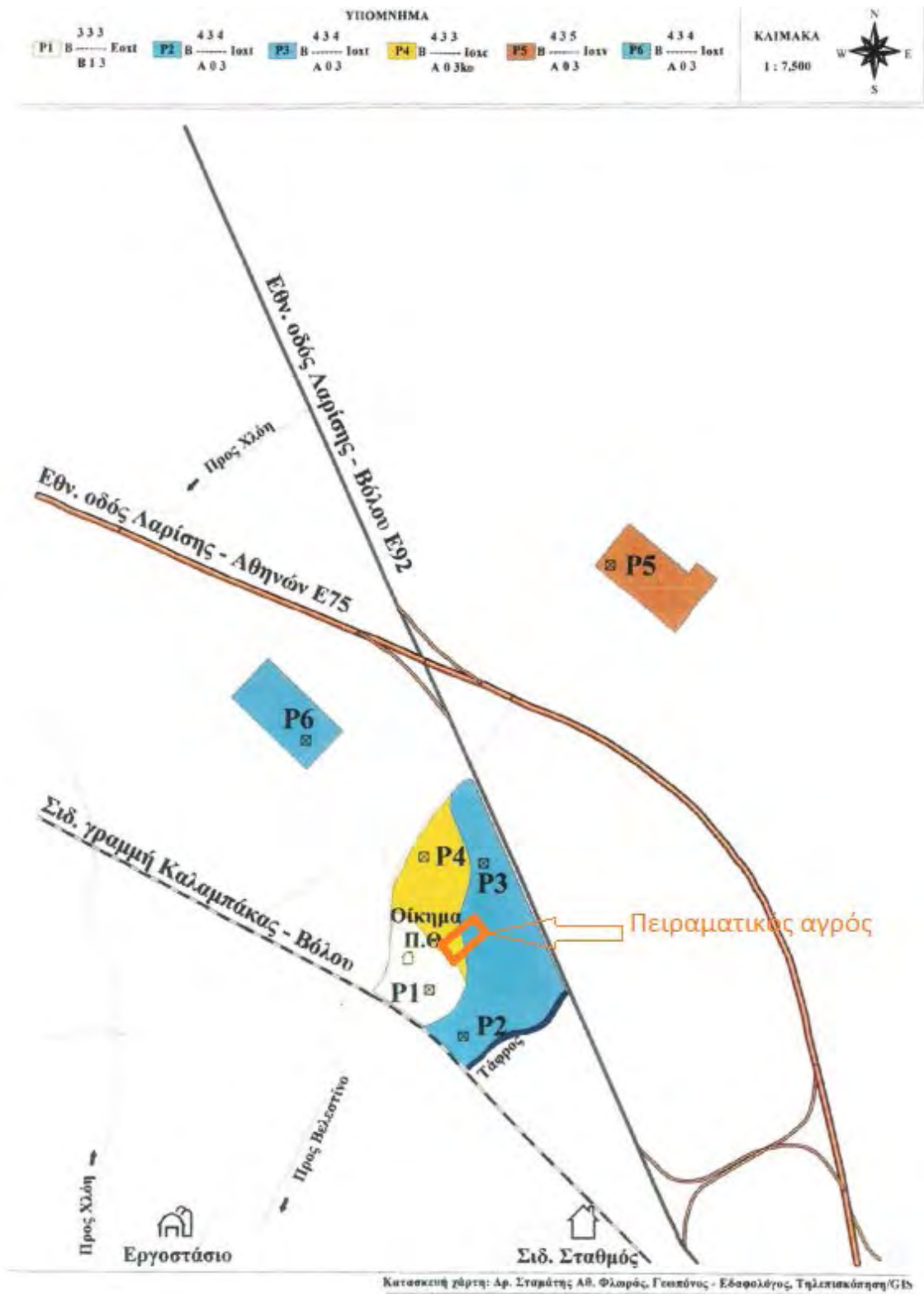
Σύμφωνα με τον Μήτσιο (2000), το έδαφος του πειραματικού αγρού είναι κατάλληλο για όλες τις καλλιέργειες με γονιμότητα σε ικανοποιητικό επίπεδο. Η εδαφοτομή P₃ τοποθετείται στην υποομάδα Typic Xerochrept και η εδαφοτομή P₄ στην υποομάδα Calcic (Εικόνα 4.1). Η περιεκτικότητα των ανθρακικών αλάτων μειώνεται με το βάθος και στα επιφανειακά τμήματα, όπου και το ριζόστρωμα των φυτών, βρίσκεται σε ποσοστά που δεν προκαλούν προβλήματα στις καλλιέργειες.

Τα εδάφη αυτά είναι μέσης έως λεπτόκοκκης μηχανικής σύστασης, οριζόντια, χωρίς προβλήματα διάβρωσης, αλλά με κάποιο κίνδυνο απόθεσης νέων υλικών σε συνθήκες έντονων και πλημμυρικών βροχοπτώσεων. Ο βαθμός οξύτητας είναι αλκαλικός, αλλά κάτω των ορίων επικινδυνότητας για απόθεση αλάτων (Μήτσιος, 2000).

Σε βάθος 0-33 cm η οργανική ουσία είναι 1,44 gr/100 gr εδάφους, το pH είναι 7,9, το CaCO₃ είναι 2,8 % και ο διαθέσιμος φώσφορος 17 ppm ενώ στο βάθος 33-60 cm η οργανική ουσία είναι 1,10 gr/100 gr εδάφους, το pH είναι 8,1, το CaCO₃ είναι 5,3 % και ο φώσφορος 15 ppm (Πίν. 4.1).

Βάθος (cm)	Οργανική ουσία (ΟΥ) gr/100gr εδάφους	CaCO ₃ %	pH	P ppm (Olsen)	Ανταλλάξιμα κατιόντα						ΙΑΚ me/100 gr εδ
					K		Na	Ca	Mg		
					me/100 gr εδ.	mg/Kg εδ.	me/100 gr εδ.	me/100 gr εδ.	me/100 gr εδ.	mg/Kg εδ.	
0-33	1,44	2,8	7,9	17	0,76	297	0,17	17,07	6,20	753	24,20
33-60	1,10	5,3	8,1	15	0,37	145	0,17	25,06	7,50	911	33,10
60-87	0,73	7,3	8,1	6	0,26	102	0,31	25,74	7,29	885	33,60
87-114	0,73	11,4	8,0	10	0,24	94	0,53	21,09	6,49	788	28,35
114-141	0,63	15,4	8,0	9	0,18	70	0,56	17,38	6,58	800	24,70
141-160	0,40	13,2	8,1	14	0,20	78	0,45	18,65	6,45	784	25,75

Πίνακας 4.1. Χημικές και φυσικές ιδιότητες του εδάφους στην εδαφοτομή P₃ (Μήτσιος, 2000).



Εικόνα 4.1 . Εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεσίνου (Φλωράς, 2000).

4.3 Αύξηση και ανάπτυξη

Η προσθήκη φωσφόρου ευνόησε την παραγωγή περισσότερης βιομάζας στα ψυχανθή χωρίς όμως να δώσει στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίν. 4.2).

Συγκρίνοντας τα χλωρά βάρη των ψυχανθών και των ζιζανίων φαίνεται ότι γενικώς τα ψυχανθή δεν είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστικά προς τα ζιζάνια και συνεπώς επιβάλλεται επιμελημένη ζιζανιοκτονία για να επιτευχθεί σωστή εγκατάσταση των ψυχανθών (Πίν. 4.2).

Ιδιαίτερο πρόβλημα με τα ζιζάνια αντιμετώπισαν ιεραρχικά το λούπινο, το λαθούρι και η φακή όπως φαίνεται από τα στοιχεία της πρώτης δειγματοληψίας όπου οι ζιζανιοπληθυσμοί υπερίσχυσαν των καλλιεργειών.

Μικρότερο πρόβλημα είχαν το μπιζέλι, ο βίκος και τα κουκιά.

Σε ότι αφορά την αλληλεπίδραση του φωσφόρου με το ψυχανθές, ο βίκος δείχνει να αξιοποιεί καλύτερα την υψηλή προσθήκη φωσφόρου (12 kg/στρ.) ενώ το μπιζέλι δεν αυξάνει τη βιομάζα του από της 6 στις 12 μονάδες. Τα υπόλοιπα ψυχανθή δεν δείχνουν να ευνοούνται ιδιαίτερα στην προσθήκη φωσφόρου ενδεχομένως λόγω υψηλού ανταγωνισμού από τα ζιζάνια.

Πίνακας 4.2. Συνολική χλωρή βιομάζα, χλωρή βιομάζα ψυχανθών, χλωρή βιομάζα ζιζανίων, ξηρά βάρη φύλλων, βλαστών και καρπών και συνολικά ξηρά βάρη (kg/στρ.)

1 ^η ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ- 4/4/2014									
Μεταχειρίσεις		Συνολική χλωρή βιομάζα	Χλωρή βιομάζα ψυχανθών	Χλωρή βιομάζα ζιζανίων	Ξηρά βάρη φύλλων	Ξηρά βάρη βλαστών	Ξηρά βάρη ανθέων	Συνολικά ξηρά βάρη	
Kg/στρ									
Επίπεδο Ρ	0	2403	1297	1106	90	93	5	188	
	6	3258	1448	1810	102	94	4	200	
	12	2863	1607	1256	120	109	4	233	
ΕΣΔ .05		194,1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Ψυχανθές	Κουκί	2988	1520	1468	72	111	13	196	
	Φακή	2104	876	1228	85	66	0	151	
	Βίκος	3415	2612	803	235	156	12	403	
	Λούπινο	2279	340	1939	17	28	1	46	
	Μπιζέλι	3253	2558	695	153	194	0	347	
	Λαθούρι	3012	800	2212	61	39	0	100	
ΕΣΔ .05		734,3	446,7	644,2	45,9	29,6	5,0	75,3	
Επίπεδο Ρ * Ψυχανθές	0	Κουκί	2687	2036	651	92	151	17	260
		Φακή	1627	824	803	87	71	0	158
		Βίκος	1998	1547	451	157	109	12	278
		Λούπινο	1936	313	1623	20	28	1	49
		Μπιζέλι	3234	2393	841	129	168	0	297
		Λαθούρι	2938	671	2267	55	33	0	88
	6	Κουκί	3826	1125	2701	56	86	7	149
		Φακή	2879	828	2051	72	55	0	127
		Βίκος	3654	2371	1283	225	135	15	375
		Λούπινο	2648	435	2213	20	34	2	56
		Μπιζέλι	3740	2887	853	165	211	0	376
		Λαθούρι	2805	1045	1760	72	44	0	116
	12	Κουκί	2449	1397	1052	67	97	15	179
		Φακή	1808	977	831	98	71	0	169
		Βίκος	4592	3917	675	323	224	10	557
		Λούπινο	2251	271	1980	12	21	1	34
		Μπιζέλι	2784	2393	391	166	204	0	370
		Λαθούρι	3293	685	2608	57	38	0	95
	ΕΣΔ .05		ns	818,8	ns	ns	54,4	ns	135,2
	CV (%)		26,84	31,98	31,98	45,82	31,05	116,66	37,67

Στη δεύτερη δειγματοληψία (Πίν. 4.3) δεν παρουσιάζεται σημαντική διαφορά μεταξύ των επιπέδων φωσφορικής λίπανσης. Η αριθμητική υπεροχή του μάρτυρα έναντι των άλλων δυο επιπέδων ενδεχομένως οφείλεται σε επάρκεια φωσφόρου που καλύπτει τις ανάγκες των φυτών, ή σε πιθανό πειραματικό σφάλμα κατά τη δειγματοληψία.

Πίνακας 4.3. Συνολική χλωρή βιομάζα, χλωρή βιομάζα ψυχανθών, χλωρή βιομάζα ζιζανίων, ξηρά βάρη φύλλων, βλαστών και καρπών και συνολικά ξηρά βάρη (kg/στρ.).

2 ^η ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ- 7/5/2014									
Μεταχειρίσεις		Συνολική χλωρή βιομάζα	Χλωρή βιομάζα ψυχανθών	Χλωρή βιομάζα ζιζανίων	Ξηρά βάρη φύλλων	Ξηρά βάρη βλαστών	Ξηρά βάρη καρπών	Συνολικά ξηρά βάρη	
		Kg/στρ							
Επίπεδο P	0	2623	1653	970	138	159	157	454	
	6	2673	1668	1005	131	147	129	407	
	12	2490	1619	871	136	143	150	428	
ΕΣΔ .05		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Ψυχανθές	Κουκί	2870	2137	733	100	175	146	421	
	Φακή	2181	1169	1012	155	131	96	382	
	Βίκος	2365	1913	452	177	158	237	572	
	Λούπινο	1665	253	1412	13	36	9	58	
	Μπιζέλι	3898	3467	431	278	321	291	890	
	Λαθούρι	2592	941	1651	86	77	92	255	
ΕΣΔ .05		966,4	726,0	438,2	82,2	84,7	78,3	225,7	
Επίπεδο P * Ψυχανθές	0	Κουκί	2744	2020	724	102	140	140	382
		Φακή	2210	1141	1069	155	139	127	421
		Βίκος	2611	1811	800	140	158	219	517
		Λούπινο	1108	141	967	10	21	4	35
		Μπιζέλι	4482	4067	415	346	436	371	1153
		Λαθούρι	2583	740	1843	74	59	82	215
	6	Κουκί	3056	2203	853	110	211	147	468
		Φακή	2153	829	1324	97	88	44	229
		Βίκος	2091	1895	196	197	165	161	523
		Λούπινο	2083	315	1768	14	40	5	59
		Μπιζέλι	3901	3333	568	256	263	288	807
		Λαθούρι	2754	1435	1319	114	115	128	357
	12	Κουκί	2809	2188	621	89	175	152	417
		Φακή	2179	1536	643	213	165	119	497
		Βίκος	2395	2035	360	194	151	331	676
		Λούπινο	1804	304	1500	16	45	18	79
		Μπιζέλι	3311	3000	311	232	265	215	712
		Λαθούρι	2441	649	1792	70	57	64	191
ΕΣΔ .05		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
CV (%)		38,69	45,81	48,00	63,30	58,80	55,9	54,52	

Το μπιζέλι, το κουκί και ο βίκος ιεραρχικά, υπερισχύουν έναντι των άλλων τριών ψυχανθών (φακή, λαθούρι, λούπινο). Το μπιζέλι έδειξε ιδιαίτερα ανταγωνιστικό έναντι των ζιζανίων και σε αυτή τη δειγματοληψία (89% βιομάζας μπιζέλι και 11% ζιζάνια), ενώ το λούπινο παρουσίασε το μεγαλύτερο πρόβλημα από τα ζιζάνια περιορίζοντας την παραγωγή βιομάζας στο 15% της συνολικά παραγόμενης στα τεμάχια της καλλιέργειας (85% ζιζάνια). Από τα παραπάνω φαίνεται πως τα τρία πρώτα ψυχανθή μπορούν να καλλιεργηθούν και χωρίς να απαιτηθεί κάποιου είδους ζιζανιοκτονία, ενώ τα τρία τελευταία απαιτούν ζιζανιοκτονία για να δώσουν παραγωγή.

Σε ότι αφορά την αλληλεπίδραση επιπέδου P με ψυχανθές, αν και δεν παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, το κουκί έδειξε να αντιδρά στην προσθήκη 6 μονάδων P, ο βίκος στις 12 μονάδες καλύτερα, ενώ το μπιζέλι σε αυτή τη δειγματοληψία δεν έδειξε να ωφελείται από την προσθήκη P. Το λούπινο επίσης έδειξε να αντιδρά θετικά στην προσθήκη P, όμως λόγω της ασήμαντης παραγωγής βιομάζας, δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Τα άλλα δύο ψυχανθή (λαθούρι, φακή) δεν παρουσίασαν ξεκάθαρη τάση αντίδρασης στην προσθήκη φωσφόρου.

Στη τρίτη δειγματοληψία σε ότι αφορά τον φώσφορο (Πίν. 4.4) δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων ενδεχομένως λόγω επάρκειας του αγρού στο συγκεκριμένο στοιχείο. Τελικά φαίνεται ότι πιο παραγωγικό σε συνολική βιομάζα είναι το μπιζέλι, ακολουθούμενο από τα κουκιά και το βίκο.

Σε ότι αφορά την απόδοση σε καρπό και πάλι υπερέχει το μπιζέλι έναντι όλων των άλλων ψυχανθών. Με μικρή διαφορά ακολουθεί το κτηνοτροφικό κουκί.

Σε όλες τις δειγματοληψίες φάνηκε ότι η καλλιέργεια του λούπινου απέτυχε ενδεχομένως λόγω των συνθηκών που επικράτησαν. Κατά το πρώτο στάδιο της καλλιέργειας υπήρχε αποδεκτός πληθυσμός φυτών (Εικ. 4.2) ενώ τα ζιζάνια ήταν στο αρχικό στάδιο. Στη συνέχεια φαίνεται ότι τα ζιζάνια είχαν ταχύτερη ανάπτυξη με αποτέλεσμα να κατακλύσουν τα πειραματικά τεμάχια του λούπινου, το οποίο ίσως επηρεάστηκε αρνητικά και από τις ξηροθερμικές συνθήκες της άνοιξης (Εικ. 4.3).



Εικόνα 4.2. Η καλλιέργεια του λούπινου κατά το πρώτο στάδιο ανάπτυξης.



Εικόνα 4.3. Η καλλιέργεια του λούπινου συγκριτικά με τον πληθυσμό των ζιζανίων.

Τα παραπάνω είχαν ως αποτέλεσμα την ελάχιστη παραγωγή βιομάζας του φυτού και αντίστοιχα αμελητέα παραγωγή καρπού. Επιπροσθέτως οι παραγόμενοι καρποί ήταν προσβεβλημένοι από προνύμφες και ενήλικα κολεόπτερα της οικογένειας *Bruchidae* (Εικ. 4.4 και 4.5).



Εικόνα 4.4 και 4.5. Προσβεβλημένοι καρποί λούπινου από προνύμφες και ενήλικα κολεόπτερα.

Η υπεροχή του μπιζελιού έναντι όλων των άλλων ψυχανθών φάνηκε και από το ύψος των φυτών (Πίν. 4.3).

Η εγκατάσταση του λαθουριού δεν ήταν ιδιαίτερα επιτυχής γεγονός που ενδεχομένως οφείλεται στην ποιότητα του σπόρου (Εικ. 4.6). Ο αραιός πληθυσμός που επετεύχθη κατέστησε το φυτό μη ανταγωνιστικό έναντι των ζιζανίων τα οποία τελικά υπερίσχυσαν.



Εικόνα 4.6. Η καλλιέργεια του λαθουριού στο πρώτο στάδιο ανάπτυξης.

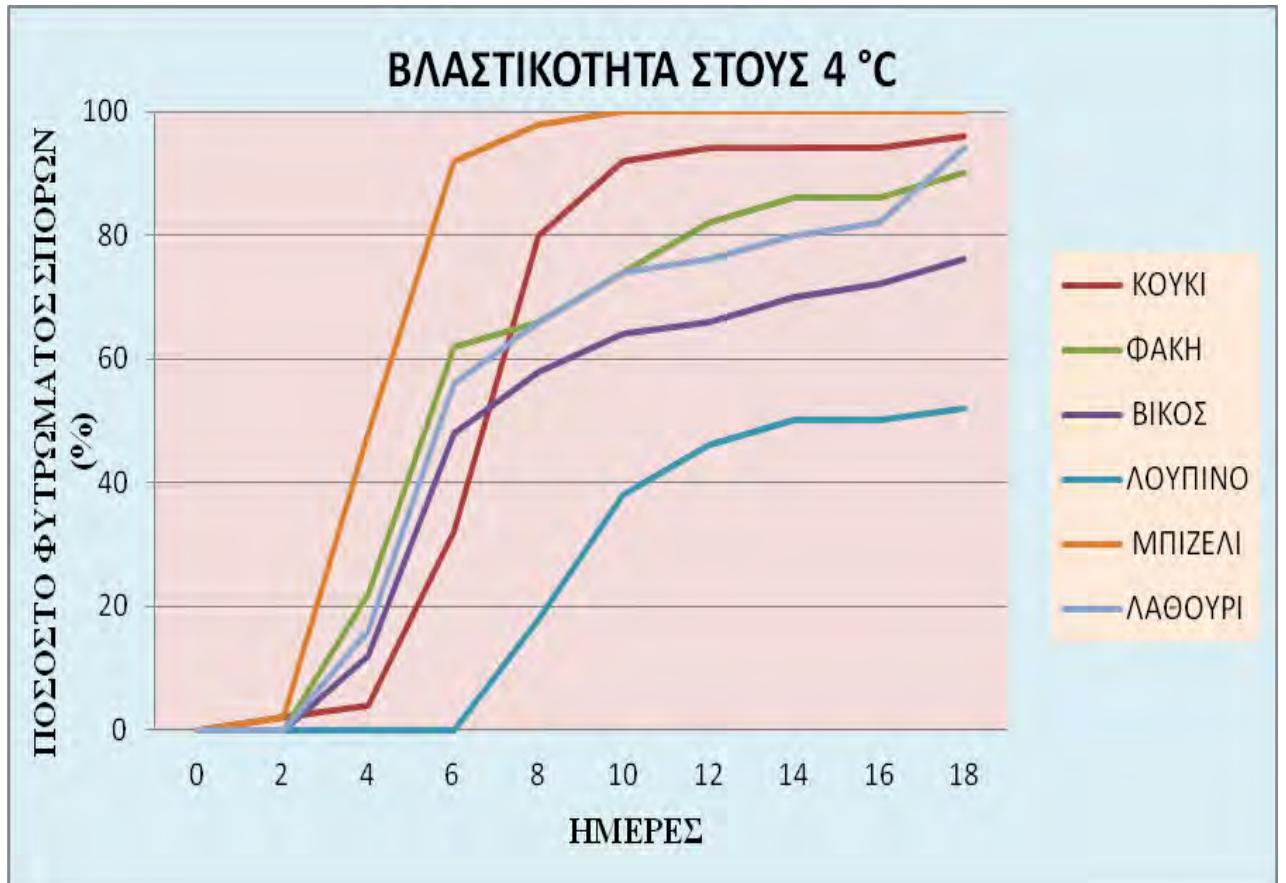
Η φακή ως το πιο μικρόσωμο από τα ψυχανθή που μελετήθηκαν δεν είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστικό ως προς τα ζιζάνια, γεγονός που φάνηκε και στη συγκεκριμένη έρευνα. Τελικώς υπήρξε ισορροπία στην παραγωγή βιομάζας της καλλιέργειας και των ζιζανίων.

Πίνακας 4.4. Συνολική βιομάζα, βιομάζα ψυχανθών, βιομάζα ζιζανίων, ύψος και απόδοση καρπών (kg/στρ).

3 ^η ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ- 5/6/2014							
Μεταχειρίσεις		Συνολική βιομάζα	Βιομάζα ψυχανθών	Βιομάζα ζιζανίων	Ύψος	Απόδοση καρπών	
Kg/στρ.							
Επίπεδο Ρ	0	733	454	279	74	100	
	6	628	373	255	74	71	
	12	650	419	231	80	76	
ΕΣΔ .05		ns	ns	ns	5,0	21,9	
Ψυχανθές	Κουκί	868	564	304	85	160	
	Φακή	542	282	260	55	36	
	Βίκος	613	510	103	76	84	
	Λούπινο	509	64	445	60	4	
	Μπιζέλι	860	805	55	103	174	
	Λαθούρι	630	268	362	78	38	
ΕΣΔ .05		172,6	135,3	137,3	9,7	36,9	
Επίπεδο Ρ * Ψυχανθές	0	Κουκί	833	662	171	83	198
		Φακή	646	349	297	57	42
		Βίκος	644	504	140	77	98
		Λούπινο	551	79	472	62	6
		Μπιζέλι	948	889	59	91	225
		Λαθούρι	774	242	532	73	32
	6	Κουκί	920	560	360	87	140
		Φακή	546	203	343	55	25
		Βίκος	546	475	71	79	71
		Λούπινο	452	55	397	58	3
		Μπιζέλι	739	671	68	93	150
		Λαθούρι	568	275	293	74	37
	12	Κουκί	851	469	382	85	143
		Φακή	434	293	141	53	41
		Βίκος	649	551	98	73	81
		Λούπινο	526	59	467	61	3
		Μπιζέλι	892	855	37	125	146
		Λαθούρι	548	287	261	86	44
ΕΣΔ .05		ns	ns	ns	ns	ns	
CV (%)		26,74	33,83	55,92	13,15	46,48	

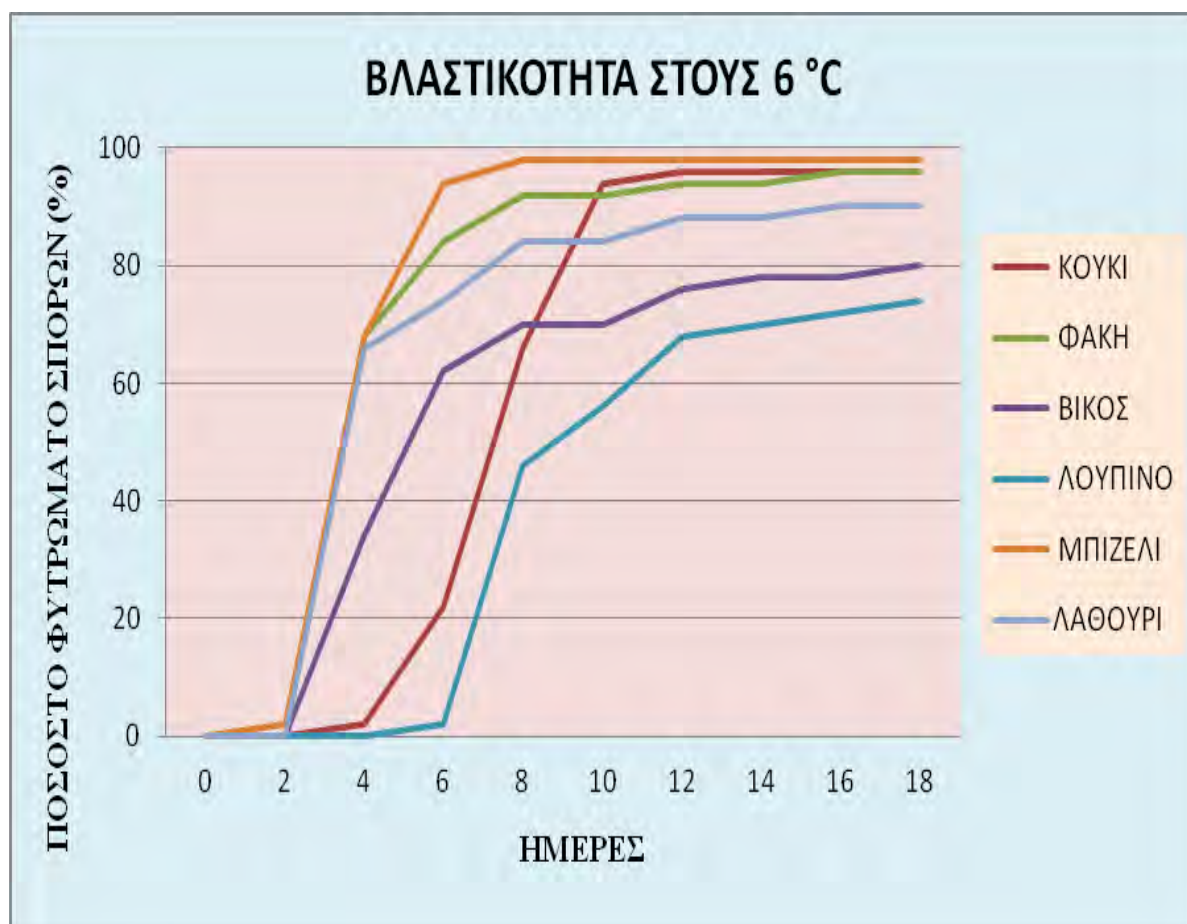
4.4 Βλαστικότητα σπόρων

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.2 η βλαστικότητα των σπόρων των έξι διαφορετικών χειμερινών ψυχανθών στους 4 °C κυμάνθηκε σε διαφορετικά επίπεδα. Το μπιζέλι παρουσίασε την μεγαλύτερη βλαστικότητα καθώς από την 2^η ημέρα παρακολούθησης εμφανίστηκε ταχύτερη βλάστηση των σπόρων ενώ κατά την 8^η ημέρα βλάστησαν και οι 50 σπόροι επαληθεύοντας τις βιβλιογραφικές αναφορές που αναφέρουν ότι οι σπόροι του βλασάνου γρηγορότερα, τα νεαρά φυτά αναπτύσσονται ταχύτερα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, συγκριτικά με τα περισσότερα χειμερινά ψυχανθή και ως ελάχιστη θερμοκρασία βλάστησης αναφέρουν τους 1-2 °C (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005, Σφήκας, 1987). Ιεραρχικά ακολούθησε το κουκί με μικρή διαφορά με τελικό ποσοστό φυτρώματος σπόρων 95% και έπειτα η φακή και το λαθούρι τα οποία είχαν παρόμοια πορεία και βλάστησε περίπου κατά την 18^η ημέρα το 90% των σπόρων που τοποθετήσαμε. Στο βίκο μετά από 18 ημέρες παρακολούθησης βλάστησε περίπου το 78% των σπόρων ενώ το λούπινο είχε αισθητά τη μικρότερη βλαστικότητα καθώς άρχισε να βλαστάνει από την 6^η ημέρα παρακολούθησης και τελικώς βλάστησαν περίπου μόνο 27 σπόροι. Επομένως από το Διάγραμμα 4.2 συμπεραίνουμε ότι το μπιζέλι έχει τη μεγαλύτερη αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες καθώς βλάστησε το 100% των σπόρων που τοποθετήθηκαν σε αντίθεση με το λούπινο το οποίο είναι το πιο ευπαθές και βλάστησε μέσα στο διάστημα των 18 ημερών μόνο το 50% των σπόρων.



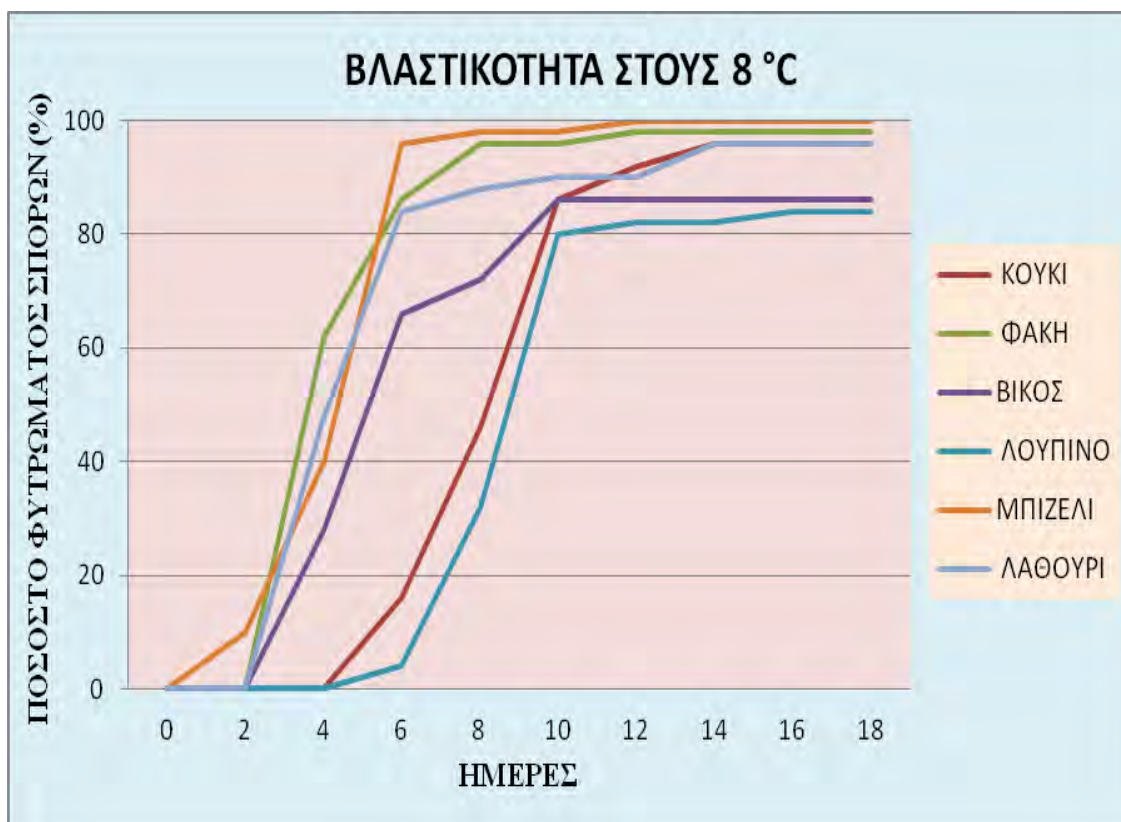
Διάγραμμα 4.2. Βλαστικότητα των σπόρων των έξι χειμερινών ψυχανθών στους 4 °C.

Αύξηση της θερμοκρασίας στους 6 °C όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.3 είχε ως αποτέλεσμα μετά από τη 2^η ημέρα την ταχύτερη αύξηση του αριθμού των σπόρων που βλάστησαν στο μπιζέλι και στη φακή ενώ στο κουκί παρουσιάστηκε από την 4^η ημέρα ενώ μετά τη 10^η μέρα σε αυτά τα ψυχανθή παρατηρήθηκε ότι βλάστησε σχεδόν το 100% των σπόρων που είχαν τοποθετηθεί. Ιεραρχικά ακολουθεί το λαθούρι στο οποίο βλάστησαν μετά τη 10^η μέρα οι 45 από τους 50 σπόρους που τοποθετήθηκαν επιτυγχάνοντας ποσοστό φυτρώματος 90% και έπειτα ο βίκος στον οποίο στη 18^η ημέρα βλάστησε το 80% των σπόρων. Το λούπινο παρουσίασε και σε αυτή τη θερμοκρασία τη μικρότερη βλαστικότητα καθώς κατάφεραν να βλαστήσουν τελικώς περίπου 35 σπόροι (το 72%) ωστόσο σε αυτή τη θερμοκρασία των 6 °C παρατηρήθηκε μία αύξηση του αριθμού των σπόρων που βλάστησαν σε σχέση με τη θερμοκρασία των 4°C.



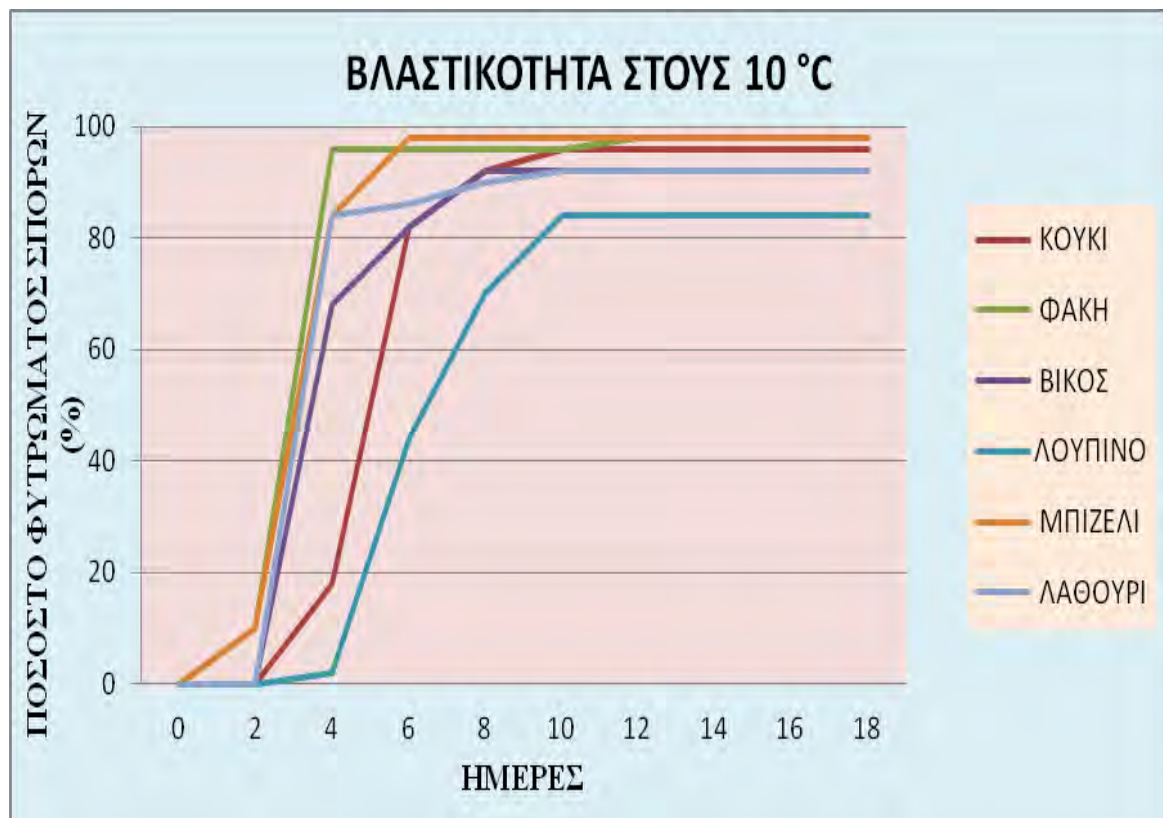
Διάγραμμα 4.3. Βλαστικότητα των σπόρων των έξι χειμερινών ψυχανθών στους 6 °C

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.4 η τοποθέτηση των ψυχανθών στη θερμοκρασία των 8 °C παρουσίασε παρόμοια αποτελέσματα για το μπιζέλι και τη φακή τα οποία από την 6^η μέρα βλάστησαν και οι 50 σπόροι, επιτυγχάνοντας ποσοστό φυτρώματος 100%. Ιεραρχικά τα ακολουθούσε το κουκί και το λαθούρι τα οποία από την 2^η ημέρα παρακολούθησης αυξήθηκε ο αριθμός των βλαστημένων σπόρων ενώ από την 12^η ημέρα και μετά σταθεροποιήθηκε το ποσοστό φυτρώματος το οποίο ήταν περίπου 95%. Στο βίκο και στο λούπινο κατόρθωσαν να βλαστήσουν τελικά περίπου 43 και 41 σπόροι αντίστοιχα επιτυγχάνοντας ποσοστό φυτρώματος περίπου 83% για το βίκο και 81% για το λούπινο. Το λούπινο το οποίο παρουσίασε τη μικρότερη βλαστηκότητα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα ψυχανθή παρατηρήθηκε ότι αυξάνοντας τη θερμοκρασία κάθε φορά κατά 2 °C αυξανόταν αισθητά και ο αριθμός των βλαστημένων σπόρων. Επομένως όσο αυξάνεται η θερμοκρασία παρατηρείται και ταχύτερη βλάστηση των σπόρων.



Διάγραμμα 4.4. Βλαστικότητα των σπόρων των έξι χειμερινών ψυχανθών στους 8 °C.

Αύξηση της θερμοκρασίας στους 10 °C όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.5 είχε ως αποτέλεσμα την έναρξη της βλάστησης των σπόρων και των έξι χειμερινών ψυχανθών από τη 2^η ημέρα παρακολούθησης. Στο μπιζέλι και στη φακή από την 4^η ημέρα επιτεύχθηκε ποσοστό φυτρώματος 99% ενώ στο λαθούρι και στο βίκο βλάστησε από την 8^η ημέρα παρακολούθησης περίπου το 90% των σπόρων. Στο λούπινο βλάστησε τελικά από τη 10^η ημέρα παρακολούθησης το 85% των σπόρων. Η εξέλιξη της βλάστησης του λούπινου συγκριτικά με τα υπόλοιπα χειμερινά ψυχανθη παρουσίασε κάποια υστέρηση ωστόσο η θερμοκρασία των 10 °C στο λούπινο αύξησε το ποσοστό φυτρώματος του στο 85%. Επομένως ο παραπάνω έλεγχος της βλαστικότητας των χειμερινών ψυχανθών στις διάφορες θερμοκρασίες έδειξε και τη διαφορετική θερμοαπαίτηση των ειδών, που μπορεί να αποτελέσει ένδειξη προσαρμοστικότητας στις διάφορες περιοχές (Δαναλάτος, 2007).



Διάγραμμα 4.5. Βλαστικότητα των σπόρων των έξι χειμερινών ψυχανθών στους 10 °C.

4.5 Προσδιορισμός της θρεπτικής αξίας (πρωτεΐνες %)

Τα διαφορετικά επίπεδα P δεν φάνηκε να ασκούν κάποια επίδραση στο περιεχόμενο ολικό άζωτο της συνολικής βιομάζας των ψυχανθών ή των καρπών τους (Πίν. 4.5). Αντιθέτως σημαντικές διαφορές υπήρξαν μεταξύ των διαφορετικών ειδών των ψυχανθών. Στη βιομάζα αλλά και στους καρπούς το λούπινο παρουσίασε τη μικρότερη περιεκτικότητα σε N έναντι όλων των άλλων. Στη βιομάζα το λαθούρι έδωσε την υψηλότερη περιεκτικότητα σε N ακολουθούμενο από το κουκί και το μπιζέλι. Στους καρπούς, πέραν της υστέρησης του λούπινου όλα τα άλλα έδωσαν το ίδιο ποσοστό N.

Η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων δεν έδειξε κάποια ξεκάθαρη τάση. Το υψηλότερο ποσοστό αζώτου στη βιομάζα έδωσε το λαθούρι στις 6 μονάδες P (2,9%) και το μπιζέλι και το κουκί στις 12 μονάδες P (2,8%) ενώ το χαμηλότερο ποσοστό το λούπινο στις 12 μονάδες P (1,2%). Στους καρπούς αριθμητικά υπερείχε ο βίκος και το μπιζέλι στις 6 μονάδες P (4,6%), ενώ υστέρηση παρουσίασε το λούπινο χωρίς προσθήκη P (3,2%).

Η περιεχόμενη πρωτεΐνη (που προέκυψε από το ολικό άζωτο των φυτικών ιστών πολλαπλασιαζόμενο με τον συντελεστή 6,25 (Khalil and Manan,1990; Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005)) έδειξε σημαντικότερη υστέρηση, όπως ήταν αναμενόμενο, του λούπινου έναντι των υπολοίπων. Την υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη παρουσίασε το λαθούρι στη βιομάζα και το μπιζέλι στους καρπούς.

Η τελευταία στήλη του Πίνακα 4.5 δείχνει τα κιλά αζώτου που περιέχονται στη βιομάζα ενός στρέμματος καλλιέργειας. Το αποτέλεσμα αυτό προέκυψε από την παραγωγή βιομάζας (kg/στρ.) του κάθε ψυχανθούς πολλαπλασιαζόμενη με το ποσοστό του αζώτου στη βιομάζα.

Αν λοιπόν η βιομάζα αυτή ενσωματωνόταν στο έδαφος θα το εμπλούτιζε με τις ποσότητες αζώτου που παρουσιάζονται στην τελευταία στήλη του Πίνακα 4.5 και το οποίο προέρχεται μάλλον από τη δράση των αζωτοβακτηρίων που συμβιούν στις ρίζες των ψυχανθών.

Μεγαλύτερος εμπλουτισμός με άζωτο θα επιτυγχάνονταν από το μπιζέλι (21,5 kg/στρ.), συμφωνώντας και με τα αποτελέσματα πρόσφατης έρευνας στη Θεσσαλία (Σκουφογιάννη, 2013). Το λούπινο εξαιτίας της πολύ μικρής

παραγωγής δεν θα συνέβαλε ιδιαίτερα στον εμπλουτισμό του εδάφους με άζωτο.

Πίνακας 4.5. Ολικό άζωτο βιομάζας και καρπών (%), περιεχόμενη πρωτεΐνη βιομάζας και καρπών (%) και περιεχόμενο άζωτο βιομάζας (kg/στρ.).

Μεταβλητές		Ολικό άζωτο βιομάζας (%)	Ολικό άζωτο καρπών (%)	Περιεχόμενη πρωτεΐνη βιομάζας (%)	Περιεχόμενη πρωτεΐνη καρπών (%)	Περιεχόμενο άζωτο βιομάζας (kg/στρ.)	
Μεταχειρίσεις							
Επίπεδο P	0	2,1	4,0	13,3	24,9	9,7	
	6	2,4	4,1	14,8	25,9	10,4	
	12	2,4	4,0	15,0	24,7	11,2	
ΕΣΔ .05		ns	ns	ns	ns	ns	
Ψυχανθές	Κουκί	2,6	4,2	16,2	26,0	10,8	
	Φακή	2,4	4,1	15,0	25,6	9,3	
	Βίκος	2,3	4,1	14,3	25,9	13,3	
	Λούπινο	1,3	3,4	8,1	21,5	0,7	
	Μπιζέλι	2,5	4,2	15,6	26,5	21,5	
	Λαθούρι	2,7	4,1	16,8	25,4	7,0	
ΕΣΔ .05		0,29	0,39	1,87	2,46	5,56	
Επίπεδο P * Ψυχανθές	0	Κουκί	2,5	4,0	15,6	25,0	9,7
		Φακή	2,2	4,1	13,7	25,6	9,3
		Βίκος	2,1	4,3	13,1	26,9	11,0
		Λούπινο	1,4	3,2	8,7	20,0	0,5
		Μπιζέλι	2,0	3,9	12,5	24,4	22,0
		Λαθούρι	2,6	4,4	16,2	27,5	5,7
	6	Κουκί	2,5	4,1	15,6	25,6	11,2
		Φακή	2,6	4,2	16,2	26,2	6,1
		Βίκος	2,2	4,6	13,7	28,8	11,5
		Λούπινο	1,3	3,5	8,1	21,9	0,8
		Μπιζέλι	2,7	4,6	16,9	28,8	22,3
		Λαθούρι	2,9	3,8	18,1	23,8	10,5
	12	Κουκί	2,8	4,4	17,5	27,5	11,5
		Φακή	2,4	4,0	15,0	25,0	12,3
		Βίκος	2,6	3,5	16,2	21,9	17,3
		Λούπινο	1,2	3,6	7,5	22,5	1,0
		Μπιζέλι	2,8	4,2	17,5	26,2	20,2
		Λαθούρι	2,6	4,0	16,2	25,0	4,9
ΕΣΔ .05		ns	ns	ns	ns	ns	
CV (%)		13,5	10,2	13,5	10,2	55,4	

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε ότι αφορά την αλληλεπίδραση του φωσφόρου με το ψυχανθές, παρατηρήθηκε ότι η προσθήκη φωσφόρου ευνόησε την παραγωγή περισσότερης βιομάζας στα ψυχανθή χωρίς όμως να δώσει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το μπιζέλι έδωσε σταθερά την υψηλότερη βιομάζα σε όλες τις δειγματοληψίες ενώ τα υπόλοιπα ψυχανθή δεν δείχνουν να ευνοούνται ιδιαίτερα στην προσθήκη φωσφόρου ενδεχομένως λόγω υψηλού ανταγωνισμού από τα ζιζάνια. Ιεραρχικά μετά το μπιζέλι ακολουθούν τα κουκιά, ο βίκος, η φακή και το λαθούρι, ενώ το λούπινο παρήγαγε ελάχιστη βιομάζα λόγω υπερίσχυσης των ζιζανίων και ενδεχομένως λόγω των ξηροθερμικών συνθηκών που επικράτησαν την άνοιξη με αποτέλεσμα η καλλιέργεια του λούπινου να αποτύχει.

Σύμφωνα με την μέτρηση της βλαστικότητας των σπόρων στις θερμοκρασίες των 4, 6, 8 και 10 °C προκύπτει ότι οι σπόροι του μπιζελιού βλαστάνουν γρηγορότερα και τα νεαρά φυτά αναπτύσσονται ταχύτερα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες συγκριτικά με τα άλλα χειμερινά ψυχανθή που καλλιεργήθηκαν. Ιεραρχικά ακολουθεί το κουκί, η φακή και το λαθούρι ενώ τη μικρότερη βλαστικότητα παρουσίασαν οι σπόροι του βίκου και ιδιαίτερα του λούπινου. Οστόσο παρατηρήθηκε ότι αυξάνοντας τη θερμοκρασία κάθε φορά κατά 2 °C αυξανόταν αισθητά και ο αριθμός των βλαστημένων σπόρων.

Σχετικά με την απόδοση σε καρπό και πάλι υπερέχει το μπιζέλι έναντι όλων των άλλων ψυχανθών και με μικρή διαφορά ακολουθεί το κτηνοτροφικό κουκί. Στο λαθούρι δεν επετεύχθη ο επιθυμητός πληθυσμός που ενδεχομένως οφείλεται στην ποιότητα του σπόρου, με αποτέλεσμα το φυτό να μην είναι ανταγωνιστικό έναντι των ζιζανίων τα οποία υπερίσχυσαν. Μεγαλύτερη υστέρηση παρουσίασε το λούπινο λόγω μεγάλου προβλήματος που αντιμετώπισε με τα ζιζάνια και της εντομολογικής προσβολής που παρατηρήθηκε, με αποτέλεσμα την αμελητέα παραγωγή καρπού. Επίσης η φακή ως το πιο μικρόσωμο από τα ψυχανθή που μελετήθηκαν δεν είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστικό ως προς τα ζιζάνια, γεγονός που φάνηκε και στη συγκεκριμένη έρευνα.

Σε ότι αφορά το ολικό άζωτο της βιομάζας και των καρπών (%) το λούπινο παρουσίασε τη μικρότερη περιεκτικότητα σε N και στη βιομάζα αλλά και στους καρπούς έναντι όλων των άλλων. Το λαθούρι έδωσε την υψηλότερη περιεκτικότητα σε N στη βιομάζα ακολουθούμενο από το κουκί και το μπιζέλι, ενώ στους καρπούς, πέραν της υστέρησης του λούπινου όλα τα άλλα έδωσαν το ίδιο ποσοστό N.

Όσον αφορά την περιεχόμενη πρωτεΐνη την υψηλότερη περιεκτικότητα παρουσίασε το λαθούρι στη βιομάζα και το μπιζέλι στους καρπούς ενώ το λούπινο έδειξε σημαντικότερη υστέρηση, όπως ήταν αναμενόμενο.

Τέλος, παρατηρήθηκε ότι αν η βιομάζα του μπιζελιού ενσωματωνόταν στο έδαφος θα επιτυγχάνονταν μεγαλύτερος εμπλουτισμός συγκριτικά με τα υπόλοιπα χειμερινά ψυχανθή που καλλιεργήθηκαν.

Συνεπώς, σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, το μπιζέλι συνιστάται στη Θεσσαλία για παραγωγή τόσο βιομάζας (για σανό ή χλωρή λίπανση), όσο και για παραγωγή καρπού, έναντι των υπόλοιπων ψυχανθών που μελετήθηκαν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

Γρηγοράκης, Χ., Ποδηματάς Κ. 1986. Κτηνοτροφικά φυτά βοσκές. Οργανισμός εκδόσεως διδακτικών βιβλίων.

Δαναλάτος, Ν. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Μαθήματος Ειδική Γεωργία Ι. 2007.

Ηλιάδης, Κ. 1984. Επίδραση εποχών σποράς και κλιματικών παραγόντων στη διάρκεια ζωής, στην άνθηση, στο τελικό μήκος των βλαστών και στο χρόνο ωρίμανσης ποικιλιών φακής. Γεωργική Έρευνα 8: 153-167.

Ηλιάδης, Κ. 1995. Λίπανση φακής και ρεβιθιών. Γεωργία- Κτηνοτροφία, τεύχος 9: 156-157.

Θερίος, Ν. Ι. 2005. Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γαρταγάνη, pp 24-25.

Μήτσιος, Ι. Κ. 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή Βελεστίου. Αθήνα: Εκδόσεις Zymel, pp 32, 37,44.

Παλάτος, Γ., Κυρκενίδης, Ι. 2006. Εργαστηριακές σημειώσεις Χειμερινά σιτηρά & Ψυχανθή. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΑΤΕΙΘ. Διαθέσιμο στη:<<http://users.auth.gr/ibkirkenidis/plant/morfo/morfo.htm>>.

Παπακώστα-Τασοπούλου, Δ. 2005. Ψυχανθή (καρποδοτικά-χορτοδοτικά). Ειδική γεωργία Ι, τεύχος Β'. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, σελ.

Ποδηματάς, Κ.Ι. 1984. Ο βίκος. Υπουργείο Γεωργίας, Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών, Λάρισα. Έντυπο, pp 11.

Σκουφογιάννη, Ε. 2013. Αμειψισπορά μπιζελιού με ηλίανθο και αραβόσιτο ως ενεργειακές καλλιέργειες: επίδραση της βελτίωσης των εδαφολογικών παραμέτρων στην αύξηση της παραγωγικότητας και αειφορίας στην Ανατολική και Δυτική Θεσσαλική πεδιάδα. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Σπαής, Α. Β., Φλώρου, Π., Χρηστάκη, Ε. 2002. Ζωοτροφές και σιτηρέσια. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις σύγχρονη παιδεία, pp 150-155.

Στεφανής, Δ.Φ. 1984. Λαθούρι. Υπουργείο Γεωργίας, Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών, Λάρισα. Έντυπο, pp 10.

Σφήκας, Α. Γ. 1987. Σιτηρά, ψυχανθή και χορτοδοτικά φυτά. Ειδική γεωργία Ι. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Υπηρεσία Δημοσιευμάτων .

Φασουλά, Α.Κ και Φωτιάδη, Ν.Α. 1984. Αρχές της επιστήμης των καλλιεργούμενων φυτών. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης δαπάνη της πολιτείας, pp 132-142.

Ξένη βιβλιογραφία

- Abelson, P.H. 1999. A potential phosphate crisis. *Science* 283: 2015
- Adu-Gyamfi, J.J., K. Fujika and S. Ogata. 1989. Phosphorus absorption and utilization efficiency of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in relation to dry matter production, and dinitrogen fixation. *Plant Soil* 119:315–324.
- Amarowicz, Ryszard and Ronald B. Pegg. 2008. Legumes as a source of natural antioxidants: review article. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 110, 865–878.
- Amjad, I., I.A Khalil & H. Shah. 2003. Nutritional yield and amino acid profile of rice protein as influenced by nitrogen fertilizer. *Sarhad Journal of Agriculture*, 19, 127–134.
- Anderson, J. W., A. W. Major. 2002. Pulse and lipaemia, short and long-term effect: Potential in the prevention of cardiovascular diseases. *Br J Nutr.* 88, S263–S271.
- Andrew, C.S. and M. E. Robins. 1969. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. II. Nitrogen, calcium, magnesium, potassium and sodium contents. *Aust. J. Agric. Res.* 20: 275-285.
- Anne-Sophie, V, S. Christophe, G. Nathalie, Munier-Jolain and B. Ney. 2002. Effect of mineral nitrogen on nitrogen nutrition and biomass partitioning between the shoot and roots of pea (*Pisum sativum* L.). *Plant and Soil.* 242: 251–262.
- Baigorri, H., M.C. Antolin, M. Sanchez-Diaz. 1999. Reproductive response of two morphologically different pea cultivars to drought. *European Journal of Agronomy* 10:119-128.
- Batterham, E.S., A.R. Egan. 1986. Utilization of food legumes as feed. In: *ACIAR Proceedings on Food Legume. Improvement of Asian Farming Systems, Series 16.* pp. 135–148.
- Beck, D.P. and D.N Munns. 1985. Effect of calcium on the phosphorus nutrition of *Rhizobium meliloti*. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49,334-337.
- Bieleski, RL. 1973. Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. *Annu Rev Plant Physiol* 24: 225–252
- Bremer, E., C. Van Kessel and R. Karamanos. 1989. Inoculant, phosphorus and nitrogen responses of lentil. *Can. J. Plant Sci.* 69: 691-701.

Bruce, R.R., P.F. Hendrix and G.W. Langdale. 1991. Role of cover crops in recovery and maintenance of soil productivity. p. 109-115 In: W. L. Hargrove (ed.) *Cover Crops for Clean Water*. Proc. of an International Conference, April 9-11 1991, Jackson, TN. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA.

Bumb, BL., CA. Baanante. 1996. The Role of Fertilizer in Sustaining Food Security and Protecting the Environment. Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper 17. International Food Policy Research Institute, Washington, DC

Caballero, R., M. Arauzo and P.J. Hernaiz. 1996 α . Accumulation and redistribution of mineral elements in common vetch during pod filling. *Agronomy Journal* 88:801-805.

Caballero, R., C. Barro, A. Rebole, M. Arauzo and P.J. Hernaiz. 1996 β . Yield components and forage quality of common vetch during pod filling. *Agronomy Journal* 88:797-800.

Caetano-Anolles, G. 1997. Molecular dissection and improvement of the nodule symbiosis in legumes. *Field Crops Research* 53:47-68.

Caldwell, B. E. and G. Vest. 1970. Effects of Rhizobium strains on soybean yields. *Crop Science* 10:19-21.

Carranca, C., A. Varennes, D. Rolston. 1999. Biological nitrogen fixation by fababean, pea and chickpea, under field conditions, estimated by the N isotope dilution technique. *European Journal of Agronomy* 10:49-56.

Cerning-Beroard, J., A. Filiatre. 1977. Characterization and distribution of soluble and insoluble carbohydrates in legume seeds: horse beans, peas, lupines. In: *Protein Quality from Leguminous Crops*. Commission of the European Communities, Belgium, pp. 65-79.

Chandna, M., N.K. Matta. 1994. Studies on changing protein levels in developing and germinating seeds of *Lathyrus sativus* L. *J. Plant Biochem. Biotechnol.* 3, 59-61.

Chung, K., T. Y. Wong, C. Wei, Y. W. Huang, Y. Lin. 1998. Tannins and human health: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 38, 421-464.

Cousin, R. 1997. Peas (*Pisum sativum* L.). *Field Crops Research* 53:111-130.

Deshpande, S. S. 1992. Food legumes in human nutrition: a personal perspective. *Reviews in Food Science and Nutrition*, 32, 333-363.

Dexter, A.R. 1991. Amelioration of soil by natural processes. *Soil Tillage Res.* 20: 87- 100.

- Duc, G., 1997. Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research* 53:99-109.
- Duke, J.A., 1981. *Handbook of Legumes of World Economic Importance*. Plenum Press, New York.
- Egan, A.R., 1986. Principles of supplementation of poor quality roughages with nitrogen. In: Dixon, R.M. (Ed.), *Ruminant Feeding Systems Utilizing Fibrous Agricultural Residues*. IDP, Canberra, pp. 45–58.
- Elkins, C. B., R. L. Haaland, and C. S. Hoveland. 1977. Grass roots as a tool for penetrating soil hardpans and increasing crop yields. p. 21-26. In: *Proc. 34th Southern Pasture and Forage Crop Improvement Con\$, April 12-14, 1977, Auburn University, Auburn, AL.*
- Embalomatis, A., D.K. Papakosta. and P. Katinakis. 1994. Evaluation of *Rhizobium meliloti* strains isolated from indigenous populations in Northern Greece. *Journal Agronomy and Crop Science* 172:73-80.
- Ensminger, M.E., C.G. Olentine. 1978. *Feed and Nutrition—Complete*. 1st Edition. Clovis, CA, pp. 361.
- Entz, M.H., R. Guilford, R. Gulden. 2001. Crop yield and soil nutrient status on 14 organic farms in the eastern portion of the northern great plains. *Can J Plant Sci* 81:351–354
- Fageria, N.K., V.C. Baligar, C.A. Jones. 1997. *Growth and mineral nutrition of field crops*. Marcel Dekker, Inc. New York. 476 pp.
- Franco Jubete, F. 1991. *Los Titarros: El cultivo de Lathyrus en Castilla y León*. Junta de Castilla y León. Valladolid.
- Gatel, F. 1994. Protein quality of legume seeds for non-ruminant animals: a literature review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 45, 317-348.
- Gates, C.T. and J.R. Wilson. 1974. The interaction of nitrogen and phosphorus on the growth, nutrient status and nodulation of *Stylosanthes humilis* HBK (Townsville Sflo). *Plant Soil* 41: 325-333.
- George, T. and P.W. Singleton. 1992. Nitrogen assimilation traits and dinitrogen fixation in soybean and common bean. *Agronomy Journal* 84:1020-1028.
- Gilbert, GA, CP. Vance, DL. Allan. 1998. Regulation of white lupin metabolism by phosphorus availability. In JP Lynch, J Deikman, eds, *Phosphorus in Plant Biology: Regulatory Roles in Molecular, Cellular, Organismic and Ecosystem Processes*. American Society Plant Physiology, Rockville, MD, pp 157–167

Gilroy, S., DL. Jones. 2000. Through form to function Broot hair development and nutrient uptake. *Trends Plant Sci* 3: 56–60

Glinski, J. and J.L. Lipiec. 1990. Soil physical conditions and plant roots. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL.

Goelema, J.O. 1999. Processing of legume seeds: effect on digestive behaviour in dairy cows. Ph.D. thesis. Wageningen Agricultural University, The Netherlands.

Gosling, P., M. Shepherd. 2005. Long-term changes in soil fertility in organic arable farming systems in England, with particular reference to phosphorus and potassium. *Agric Ecosys Environ* 105:425–432

Graham, P.H. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic fixation in *Phaseolus vulgaris* L.: A review. *Field Crops Res.* 4, 93-112.

Graham, PH., CP. Vance. 2000. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. *Field Crop Res* 65: 93–106.

Gremaud, M.F. and J.E. Harper. 1989. Selection and initial characterization of partially nitrate tolerant nodulation mutants of soybean. *Plant Physiol.* 89,169-173.

Gulden, R.H. and J.K. Vessey. 1997. The stimulating effect of ammonium on nodulation in *Pisum sativum* L. is not long lived once ammonium supply is discontinued. *Plant Soil* 195:195-205.

Gupta, V., T. Satyanarayana, S. Garg. 2000. General aspects of mycorrhiza. In: Mukerji K, Mukerji G, Chamola BP, Singh J (eds) *Mycorrhizal biology*. Plenum, New York.

Hanbury, C. D., C.L. White, B.P. Mullan, K.H.M. Siddique. 2000. A review of the potential of *Lathyrus sativus* L. and *L. cicera* L. grain for use as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* 87: 1-27.

Hargrove, W.L. 1986. Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. *Agron. J.* 78:70-74.

Harley, JL., SE. Smith. 1983. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic, London

Harrison, MJ. 1997. The arbuscular mycorrhizal symbiosis: an underground association. *Trends Plant Sci* 2: 54–60

Hart, A. L. 1989. Nodule phosphorus and nodule activity in white clover. *N. Z. J. Agric. Res.*, 32, 145- 149.

Heath M. C. and P. D. Hebblethwaite. 1987. Seasonal radiation interception, dry matter production and yield determination for a semi-leafless pea (*Pisum sativum*) breeding selection under contrasting field conditions. *Annals of Applied Biology* 110:413-420.

Henderson, C.W.L. 1989. Lupin as a biological plough: evidence for, and effects on wheat growth and yield. *Aust. J. Ekper. Agri.* 29:99-102.

Hopkins, W.G. 1995. Introduction to plant physiology. John Wiley and Sons, Inc, Canada. 464 pp.

Howieson, J.G., I.R.P. Fillery, A.B. Legocki, M.M. Sinorski, T. Stepkowski, F.R. Minchin and M.J. Dilworth. 1998. Nodulation, nitrogen fixation and nitrogen balance. In Gladstones J.S., Atkins C.A. and Hamblin J. (eds.) *Lupins as crop plants: Biology, production and utilization* pp. 149-180. CAB International, U.K.

Husain, M.M., G.D. Hill, J.N. Gallagher. 1988. The response of field beans (*Vicia faba* L.) to irrigation and sowing date. 1. Yield and yield components. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 111:221-232.

Huyghe, C. 1997. White lupin (*Lupinus albus* L.). *Field Crops Research* 53:147-160.

Iqbal, Amjad, A. Khalil Iqtidar, Ateeq Nadia, Khan Muhammad Sayyar. 2006. Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry* 97, 331–335.

Israel, DW. 1987. Investigation of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation. *Plant Physiol* 84: 835–840.

Jakobsen, I. 1985. The role of phosphorus in nitrogen fixation by young pea plants (*Pisum sativum*). *Physiol. Plant.* 64, 190–196.

Jayasundara, H.P.S., B.D. Thomson and C. Tang. 1998. Responses of cool season grain legumes to soil abiotic stresses. *Advances in Agronomy* 63:77-151.

Jeuffroy, M-H., B. Ney. 1997. Crop physiology and productivity. *Field Crops Research* 53:3-16.

Jeuffroy, M-H. and M. Sebillotte. 1997. The end of flowering in pea: influence of plant nitrogen nutrition. *European Journal of Agronomy* 6:15-24.

Johnson, JF., CP. Vance, DL. Allan. 1996. Phosphorus deficiency in *Lupinus albus*-altered lateral root development and enhanced expression of phosphoenolpyruvate carboxylase. *Plant Physiol* 112: 31–4184: 835–840.

Kahiluoto, H., E. Ketoja, M. Vestberg. 2009. Contribution of mycorrhiza to soil quality in contrasting cropping systems. *Agric Ecosyst Environ* 134:36–45

Karamanos, A. J. 1978. Water stress and leaf growth of field beans (*Vicia faba* L.) in the field: leaf number and total leaf area. *Annals of Botany* 42:1393-1402.

Karamanos, A. J. and C. Gimenez. 1991. Physiological factors limiting growth and yield of faba beans. *Options Mediterraneennes-Serie Seminaires* 10:79-90.

Keisling, T.C., H.D. Scott, B.A. Waddle, W. Williams, and R.E. Frans. 1990. Effects of winter cover crops on cotton yield and selected soil properties. p. 492-496. In: Proc. Beltwide Cotton Production Research Conference. Jan. 9-14, 1990, Las Vegas, NV. National Cotton Council, Memphis, TN.

Kemper, B. and R. Derpsch. 1981. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Parani, Brazil. *Soil Tillage Res.* 1 :253-267.

Khalil, I. A., and Manan, F. 1990. Chemistry-one (Bio-analytical chemistry (2nd ed.) Peshawar: Taj kutab Khana.

Kurlovich, B.S., S.I. Repyev. 1995. The gene bank and breeding of grain legumes. *NI Van Instit Plant* 1nd 111:438.

Leterme, P. 2002. Recommendations by health organizations for pulse consumption. *Br J Nutr.* 88, S239–S242.

Leung, K. and P.J. Bottomley. 1987. Influence of phosphate on the growth and nodulation characteristics of *Rhizobium trifolii*. *Appl. Environ. Microbiol*, 53, 2098-2105.

Lewis, R.D. and J.H. Hunter. 1940. The nitrogen, organic carbon, and pH of some Southeastern Coastal Plain soils as influenced by green-manure crops. *J. Amer. Soc. Agron.* 32:586-601

Logan, T.J. 1990. Sustainable agriculture and water quality. p. 582-613. Ln: C.A. Edwards, R. Lal, P. Madden, R.H. Miller, and G. House (eds.) Sustainable Agriculture Systems. Soil and Water Conser. Soc., Ankeny, IA.

Lynch, JP., KM. Brown. 1998. Regulation of root architecture by phosphorus availability. In JP Lynch, J Deikman, eds, Phosphorus in Plant Biology:

Regulatory Roles in Molecular, Cellular, Organismic and Ecosystem Processes. American Society Plant Physiology, Rockville, MD, pp 148–157

Mahler, R.L., R.E. McDole. 1987. Effects of soil pH on crop yield in northern Idaho. *Agronomy Journal* 79:751-755.

Malhi, S.S., S.A. Brandt, D. Ulrich, R. Lemke, K.S. Gill. 2002. Accumulation and distribution of nitrate-nitrogen and extractable phosphorus in the soil profile under various alternative cropping systems. *J Plant Nutr* 25:2499–2520

Marschner, H., B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil* 159: 89–102

McDonald, P., R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh. 1988. *Animal Nutrition*. 4th Edition. pp. 469–470.

Mclachlan, K.D. and B.W. Norman. 1961. Phosphorus and magnesium effects on symbiotic nitrogen fixation in the alfalfa (*M. sativa*)- *Rhizobium meliloti* system. *Physiol. Plant.* 58: 464-470.

McVay, K.A., D.E. Radcliffe and W.L. Hargrove. 1989. Winter legume effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 1856-1862.

Meek, B.D., W.R. Detar, D. Rolph, E.R. Rechel and L.M. Carter. 1990. Infiltration rate as affected by an alfalfa and no-till cotton cropping system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:505-508.

Miller, S.S., J.Q. Liu, D.L. Allan, C.J. Menzhuber, M. Fedorova, C.P. Vance. 2001. Molecular control of acid phosphatase secretion into the rhizosphere of proteoid roots from phosphorus-stressed white lupin. *Plant Physiol* 127: 594–606.

Murray, G.A., D. Eser, L.V. Gusta, G. Eteve. 1988. Winter-hardiness in pea, lentil, faba bean and chickpea. In Summerfield R.J. (ed.) *World crops: cool season food legumes* pp. 831-843. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Muehlbauer, F.J., W.J. Kaiser, S.L. Clement and R. J. Summerfield. 1995. Production and breeding of lentil. *Advances in Agronomy* 54:283-332.

Mwanamwenge, J., S.P. Loss, K.H.M. Siddique, P.S. Cocks. 1999. Effect of water stress during floral initiation, flowering and podding on the growth and yield of faba bean (*Vicia Faba L.*) *European Journal of Agronomy* 11:1-11.

Neumann, G., A. Massonneau, E. Martinola, V. Romheld . 1999. Physiological adaptation to phosphorus deficiency during proteoid root development in white lupin. *Planta* 208: 373–382

Nielsen, KL., CR. Miller, D. Beck, JP. Lynch. 1998. Fractal geometry of root systems: field observations of contrasting genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under different phosphorus regimes. *Plant Soil* 206: 181–190.

Nielsen, D.C. 2001. Production function for chickpea, field pea and lentil in the Central Great Plains. *Agronomy Journal* 93:563-569.

Oberson, A., S. Nanzer, C. Bosshard, D. Dubois, P. Mäder, E. Frossard. 2007. Symbiotic N₂ fixation by soybean in organic and conventional cropping systems estimated by ¹⁵N dilution and ¹⁵N natural abundance. *Plant Soil* 290:69–83

Oehl, F., A. Oberson, HU. Tagmann, JM. Besson, D. Dubois, P. Mäder, H-R. Roth, E. Frossard. 2002. Phosphorus budget and phosphorus availability in soils under organic and conventional farming. *Nutr Cycl Agroecosyst* 62:25–35

Oplinger, E.S., D.H. Putnam, J.D. Doll and S.M. Combs. 1989. Fababean alternative field crops manual. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/fababean.html>.

Ozanne, PG. 1980. Phosphate nutrition of plants-a general treatise. In: Khasawme FE (ed) The role of phosphorus in agriculture. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, Madison

Papakosta, D.K. 1989. Effects of combined nitrogen and cultivars on nodulation and nitrogen fixation by three *Bradyrhizobium japonicum* inoculants in soybeans. *Agricoltura Mediterranea* 119:129-137.

Parker, E.C. 1915. Fieldmarragement and crop rotation. Webb Publishing Co., St. Paul, MN.

Parker, M.B. and H.B. Harris. 1977. Yield and leaf nitrogen in nodulating soybeans as affected by nitrogen and molybdenum. *Agronomy Journal* 69:551-554.

Peoples, M.B. and E.T. Craswell. 1992. Biological nitrogen fixation: Investments, expectations and actual contribution to agriculture. In Ladha,

J.K., George T. and Bohlool B.B. (eds.) Biological nitrogen fixation for sustainable agriculture pp. 13-39. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.

Peoples, MB., DF. Herridge, JK. Ladha. 1995. Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production. *Plant Soil* 174: 3–28

Pereira, P.A.A. and F. A. Bliss. 1989. Selection of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) for N₂ fixation at different levels of available phosphorus under field and environmentally-controlled conditions. *Plant Soil*, 115,75- 82.

Petterson, D.S., J.B. Mackintosh. 1994. The chemical composition and nutritive value of Australian grain legumes. Grain Research and Development Corporation, Canberra, pp. 13–16.

Petterson, D.S., S. Sipsas, J.B. Mackintosh. 1997. The chemical composition and nutritive value of Australian pulses. Grains Research and Development Corporation, Canberra.

Pieters, A.J. and R. McKee. 1938. The use of cover and green-manure crops. p. 431-444. In: *Soils and Men*. USDA Yearbook of Agriculture. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

Radeleff, R.D. 1970. *Veterinary Toxicology*. 2nd edition by Lea & Febiger, Philadelphia, U.S.A.

Ravindran, V., R. Blair. 1992. Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. II. Plant protein sources. *World Poultry Sci. J.* 48, 205-231.

Ribet, J., JJ. Drevon. 1996. The phosphorus requirement of N₂ fixing and urea-fed *Acacia mangium*. *New Phytol* 132: 383–390.

Rizkalla, S. W., F. Bellisle, G. Slama. 2002. Health benefits of low glycaemic index foods, such as pulse in diabetic patients and healthy individuals. *Br J Nutr.* 88, S255–S262.

Robson, A.D., G. W. O'Hara, and L. K. Abbott,. 1981. Involvement of phosphorus in nitrogen fixation by subterranean clover (*Tifolium subterraneum* L.). *Aust. J. Plant Physiol.* 8:427-436.

Robson, A.D. 1988. Nutrient requirements of pulses. In Summerfield, R.J. (ed.) *World Crops: Cool season food legume crops* pp. 869-881. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Robson, A.D. and P. J. Bottomley. 1991. Limitations in the use of legumes in agriculture and forestry. *In The Biology and Biochemistry of Nitrogen Fixation*. Eds. M J Dilworth and A R Glenn. pp 320–349. Elsevier, Amsterdam.

Robson, M.C., S.M. Flower, N.H. Lampkin, C. Leiferf, M. Leitch, D. Robinson, C.A. Watson and A.M. Litterick. 2002. The agronomic and economic potential of break crops for ley/arable rotations in temperate organic agriculture. *Advances in Agronomy* 77:370-438.

Ruschel, A P, S M. Saito and A. Tulmann Neto. 1979. Efficiency of Rhizobium inoculation on *Phaseolus vulgaris*. I. Effects of nitrogen sources and plant variety. *R. bras. Ci. Solo* 3, 13-17.

Russelle, M. P. and A. S. Birr. 2004. Large-scale assessment of symbiotic dinitrogen fixation by crops. *Agronomy Journal* 96:1754-1760.

Salter, P. J and D.H. Drew. 1965. Root growth as a factor in the response of *Pisum sativum* L. to irrigation. *Nature (London)* 206:1063-1064.

Saxena, M.C. 1981. Agronomy of lentils. In Webb C. and Hawtin G. (eds.) *Lentils* pp. 111-129. CAB International, U.K.

Saxena, A. K., and R. B. Rewari. 1991. The influence of phosphate and zinc on growth, nodulation and mineral composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under salt stress. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 7, 202-205.

Schachtman, DP., RJ. Reid, SM. Ayling. 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiol* 116: 447–453

Sendberg, A. S. 2002. Bioavailability of minerals in legumes. *Br J Nutr* 88, S281–S285.

Sharpley, A.N. and S.J. Smith. 1991. Effects of cover crops on surface water quality. p. 41-49 In: W.L. Hargrove (4.) *Cover Crops for Clean Water*. Proc. of an International Conference, April 9-11, 1991, Jackson, TN. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA.

Siddique, K.H.M., K.L. Regan, D. Tennant, B.D. Thomson. 2001. Water use and water use efficiency of cool season grain legumes in low rainfall Mediterranean-type environments. *European Journal of Agronomy* 15:267-280.

Singleton, P. W, H. M. Abdel-Magid and J. W. Thvares. 1985. Effect of phosphorus on the effectiveness of strains of *Rhizobium japonicum*. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49 613-616.

Skene, KR. 1998. Cluster roots: some ecological considerations. *J Ecol* 86: 1060–1064

Smil, V. 1997. Some unorthodox perspectives on agricultural biodiversity. The case of legume cultivation. *Agric Eco Environ* 62:135-144.

Smil, V . 1999. Nitrogen in crop production. *Glob Biogeol Cycl* 13: 647–662.

Smith, M.S., W.W. Frye and J.J. Varco 1987. Legume winter cover crops. p. 95-139. In: B.A. Stewart (ed.) *Advances in Soil Science*. Vol. 7. Springer-Verlag, New York, NY.

Socolow, RH. 1999. Nitrogen management and the future of food: lessons from the management of energy and carbon. *Proc Natl Acad Sci USA* 96: 6001–6008.

Sprent, J.I., J.H. Stephens and O.P. Rupela. 1988. Environmental effects on nitrogen fixation. In *World Crops: Cool Season Food Legumes*. Ed. R J Sumerfield. pp 801–810. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Streeter, J.G. 1982. Enzymes of sucrose, maltose, and α,α -trehalose catabolism in soybean root nodules. *Planta* 155:112–115.

Tamminga, S., W.M. Van Straalen, A.P.J. Subnel, R.G.M. Meijer, A. Steg, C.J.G. Wever, M.C. Block. 1994. The Dutch protein evaluation system: the DVE/OEB-system. *Livest. Prod. Sci.* 40, 139–155.

Tang, C., A. Robson and M.J. Dilworth. 1990. The role of iron in nodulation and nitrogen fixation in *Lupinus angustifolius* L. *New Phytologist* 114:173-182.

Thomson, B.D. and K.H.M. Siddique, M.D. Barr and J. M . Wilson. 1997. Grain legume species in low rainfall Mediterranean- type environments. I. Phenology and seed yield. *Field Crops Research* 54:173-187.

Vance, CP., PH. Graham, DL. Allan. 2000. Biological nitrogen fixation: phosphorus Ba critical future need? *In* FO Pederosa, M Hungria, MG Yates, WE Newton, eds, *NitrogenFixation from Molecules to Crop Productivity*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp 509–518

Van Straalen, W.M., S. Tamminga. 1990. Protein degradation in ruminant diets. In: Wiseman, J., Cole, D.J.A. (Eds.), *Feed Evaluation*. Butterworth, London, pp. 55–72.

Vasilopoulou, E., K. Georga, J.M. Bjoerkov, A. Naska, A. Trichopoulou . 2005. The antioxidant properties of greek foods and the flavonoid content of the Mediterranean menu. *Curr Med Chem- Immun, Endoc & Metab Agents* 5:33-45.

Von Uexku" ll, HR., E. Mutert. 1995. Global extent, development and economic impact of acid soils. *Plant Soil* 171: 1–15

Uhland, R.E. 1949. Physical properties of soils as modified by crops and management. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 13:36 1-366.

Utomo, M., R.L. Blevins and W.W. Frye. 1987. Effect of legume cover crops and tillage on soil water, temperature, and organic matter. p. 5-6. In: J.F. Power (ed.) *The Rob of Legu~les in Conservation Tillage Systems*. Proc. of a National Conference, April 27-29, 1987, Athens, GA. Soil Conservation Society of America, Ankeny, IA,

Watt, M., J. Evans. 1999. Proteoid roots, physiology, and development. *Plant Physiol* 121: 317–323

Weisany, W., Y. Raei and K.H. Allahverdipoor. 2013. Role of Some of Mineral Nutrients in Biological Nitrogen Fixation. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, Vol 2 (4): 77-84.

Wilson, G. F., R. Lal, and B. N. Okigbo. 1982. Effects of cover crops on soil structure and on yield of subsequent arable crops grown under strip tillage on an eroded Alfisol. *Soil Tillage Res.* 2:233-250.

Xia, M. Z. 1994. Effects of soil drought during the generative development phase of faba bean (*Vicia faba*) on photosynthetic characters and biomass production. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 122:67-72.

Yu, P. 1995. Influence of pressure toasting on rumen degradation characteristics and in vitro digestibility of horsebean. M.Sc. thesis. Landbouw Universiteit Wageningen, The Netherlands.

Yu, P. 1999. Improvement and evaluation of nutrient utilization in legume seeds by dry roasting in ruminants. Ph.D. thesis. University of Melbourne, Australia.

Yu, P., J.O. Goelemab, B.J. Leury, S. Tamminga, A.R. Egan. 2002. An analysis of the nutritive value of heat processed legume seeds for animal production using the DVE/OEB model: a review. *Animal Feed Science and Technology.* 99, 141–176.

Zapata, J. R., S.K.A. Danso, G. Hardarson and M. Fried. 1987. Time course of nitrogen fixation in field-grown soybean-using nitrogen ⁻¹⁵ methodology. *Agronomy journal* 79:172-176.

Zhang, H., BG. Forde. 1998. An *Arabidopsis* MADS box gene that controls nutrient-induced changes in root architecture. *Science* 279: 407–409

Διαδίκτυο

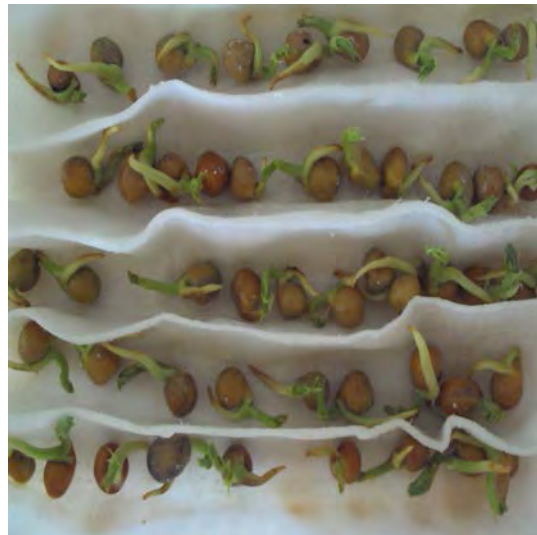
www.gaiaproject.vivartia.com/.../Kalliergeia-Psyxanthwn-Gia-Paragwgh-Xondroeidwn-Trofwn.pdf

http://nutrition.med.uoc.gr/greektables/ximikes_analyseis/ximikes_analyseis_03.htm

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Τοποθέτηση σπόρων στο βλασπιτήριο.



Βλαστημένοι σπόροι βίκου και μπιζελιού αντίστοιχα.



Βλαστημένοι σπόροι φακής και κουκιών αντίστοιχα.



Βλαστημένοι σπόροι λούπινου και λαθουριού αντίστοιχα.



Φυτά κουκιών στον αγρό λίγες ημέρες μετά το φύτευμα.



Φυτά κουκιών στον αγρό στο βλαστικό στάδιο.



Η καλλιέργεια των κουκιών σε σύγκριση με τον πληθυσμό των ζιζανίων.



Βλαστοί κουκιών όπου διακρίνονται οι λοβοί τους.



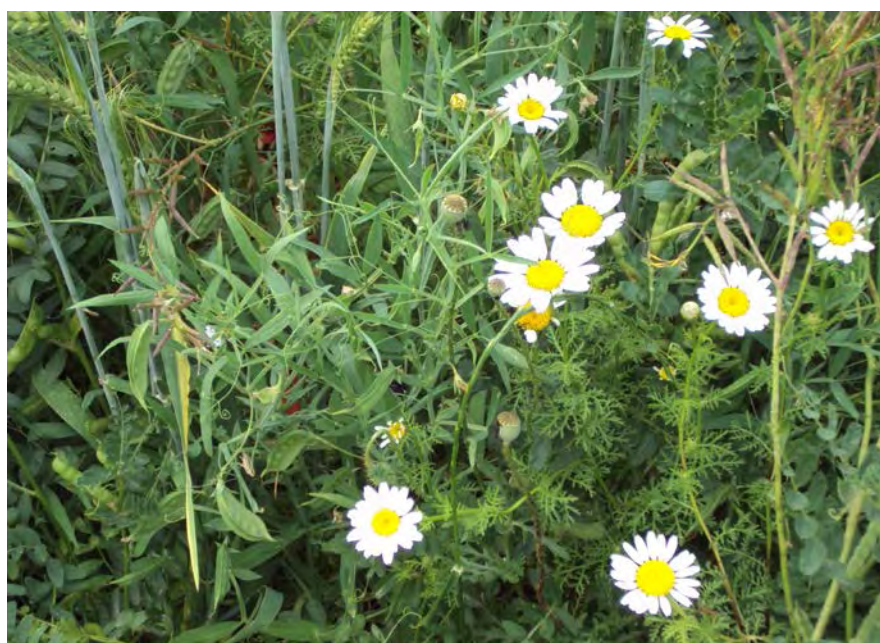
Λοβοί και σπόροι κτηνοτροφικών κουκιών.



Φυτά λαθουριού στον αγρό λίγες ημέρες μετά το φύτευμα.



Βλαστοί λαθουριού όπου διακρίνεται ο σχηματισμός των λοβών στις μασχάλες των φύλλων.



Αραιός πληθυσμός της καλλιέργειας του λαθουριού λόγω υπερίσχυσης των ζιζανίων.



Λοβοί και σπόροι λαθουριού.



Φυτά λούπινου στον αγρό λίγες ημέρες μετά το φύτευμα.



Καλλιέργεια λούπινου στο βλαστικό στάδιο όπου διακρίνονται τα χαρακτηριστικά παλαμοειδή φύλλα.



Η επικράτηση των ζιζανίων στην καλλιέργεια του λούπινου.



Λοβοί και σπόροι λευκού λούπινου.



Φυτά μπιζελιού στον αγρό λίγες ημέρες μετά το φύτεμα.



Καλλιέργεια κτηνοτροφικού μπιζελιού στο βλαστικό στάδιο.



Καλλιέργεια κτηνοτροφικού μπιζελιού όπου διακρίνονται τα άνθη και οι λοβοί.



Λοβοί και σπόροι μπιζελιού.



Φυτά βίκου στον αγρό στο βλαστικό στάδιο, όπου διακρίνεται η μορφολογία των σύνθετων φύλλων.



Λοβοί και σπόροι βίκου.



Φυτά φακής στον αγρό λίγες ημέρες μετά το φύτευμα.



Λοβοί και σπόροι φακής.

Χημικές και φυσικές ιδιότητες του εδάφους στην εδαφοτομή P₃ (Εικ. 4.1) του Αγροκτήματος Βελεσίνου (Μήτσιος, 2000).

Βάθος (cm)	Ορίζοντας	Χρώμα Υφυγρο	Κοκκομετρική Σύσταση %			Υφή	Δομή	Όριο Οριζόντων
			S	Si	C			
0-33	Ap	10YR 4/6	37	28	35	CL	Massive	A
33-60	BA	10YR 3/4	27	30	43	C	2f sbk	G
60-87	Bw	10YR 3/3	33	27	40	CL	2m sbk	G
87-114	BC	10YR 3/4	31	29	40	CL	2f sbk	C
114-141	C ₁	10YR 4/4	39	31	30	CL	1f sbk	C
141-160	C ₂	10YR 5/6	53	25	22	SCL	1f sbk	

Χημικές και φυσικές ιδιότητες του εδάφους στην εδαφοτομή P₃ (Εικ. 4.1) του Αγροκτήματος Βελεσίνου (Μήτσιος, 2000).

Βάθος (cm)	Οργανική ουσία (ΟΥ) gr/100gr εδάφους	CaCO ₃ %	Ph (H ₂ O 1:1)	P ppm (Olsen)	Ανταλλάξιμα κατιόντα						ΙΑΚ me/100 gr εδ
					K		Na	Ca	Mg		
					me/100 gr εδ.	mg/Kg εδ.	me/100 gr εδ.	me/100 gr εδ.	me/100 gr εδ.	mg/Kg εδ.	
0-33	1,44	2,8	7,9	17	0,76	297	0,17	17,07	6,20	753	24,20
33-60	1,10	5,3	8,1	15	0,37	145	0,17	25,06	7,50	911	33,10
60-87	0,73	7,3	8,1	6	0,26	102	0,31	25,74	7,29	885	33,60
87-114	0,73	11,4	8,0	10	0,24	94	0,53	21,09	6,49	788	28,35
114-141	0,63	15,4	8,0	9	0,18	70	0,56	17,38	6,58	800	24,70
141-160	0,40	13,2	8,1	14	0,20	78	0,45	18,65	6,45	784	25,75

Βάθος (cm)	Ιχνοστοιχεία (ppm)			
	Fe	Cu	Zn	Mn
0-33	5,40	2,28	0,92	9,40
33-60	7,20	2,72	0,32	7,50