

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο Μεσογειακό χώρο παρουσιάζονται σοβαρά προβλήματα που αφορούν στην εφαρμογή και στην απόδοση των καλλιεργειών. Η μη ορθή διαχείριση των μέσων παραγωγής, σε συνδυασμό με τους κλιματικούς, εδαφικούς και τοπογραφικούς παράγοντες των Μεσογειακών οικοσυστημάτων, οδηγεί στην υποβάθμιση των ανανεώσιμων φυσικών πόρων.

Η διατήρηση των φυσικών πόρων προτρέπει στην εύρεση τόσο οικονομικών όσο και αιφόρων λύσεων και ενισχύει το αίτημα για την εφαρμογή εναλλακτικών συστημάτων γεωργικής εκμετάλλευσης. Έτσι, σύμφωνα με τον Howieson (2000) για τη διατήρηση και προαγωγή της παραγωγικότητας και της αιφορίας των καλλιεργούμενων συστημάτων ενδιαφέρον παρουσιάζουν φυτά όπως τα ψυχανθή. Η ικανότητα τους να δεσμεύουν ατμοσφαιρικό N_2 , μειώνοντας τη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, δεν απαιτούν εξεζητημένες καλλιεργητικές τεχνικές και έχουν υψηλή απόδοση και παραγωγή πρωτεϊνών.

Η σημασία των ψυχανθών ως καλλιέργεια αμειψισποράς και χαμηλών εισροών πρέπει να ενταθεί, ώστε να προωθηθεί η επάρκεια και η σταθερότητα στη γεωργία.

Στην παρούσα έρευνα το ψυχανθές που μελετήθηκε στο πείραμα αμειψισποράς είναι το μπιζέλι (*Pisum Sativum* L.), ένα φυτό που ευδοκίμει σε ψυχρές περιοχές των ευκράτων ζωνών. Το υπό μελέτη φυτό *Pisum sativum* L. έχει χαμηλή συμμετοχή στη σύγχρονη γεωργία της χώρας μας. Συμπεριλαμβανομένου στην Οικογένεια των ψυχανθών (Leguminosae) συγκεντρώνει όλα τα θετικά χαρακτηριστικά τους και επί πλέον θεωρείται ότι είναι καλλιέργεια εφικτή σε μεγάλη ποικιλία εδαφών και με αζωτοδεσμευτική ικανότητα 0,4 – 10,7 kg N/στρ.

Αντικείμενο της παρούσας έρευνας είναι η μελέτη της αύξησης και ανάπτυξης καθώς και του δυναμικού παραγωγής του μπιζελιού (*Pisum sativum* L.) στο Ν. Λάρισας.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η διερεύνηση της αύξησης και ανάπτυξης του φυτού μπιζελιού (*Pisum Sativum* L. *subsp sativum*) (καρποδοτική ποικιλία) σε μοντέλο προσομοίωσης αύξησης και δυναμικού παραγωγής. Με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα (μέση θερμοκρασία αέρα, υγρασία εδάφους,

ακτινοβολία, βροχόπτωση, ταχύτητα ανέμου), τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών – κοπών (growth analysis – ύψος φυτών, κατανομή ξηράς ουσίας στα βλαστικά και αναπαραγωγικά όργανα, παραγωγή σε σπόρο, LAI, SLA), ορισμένες σταθερές (οι οποίες ελήφθησαν από τη βιβλιογραφία, καθώς επίσης και του υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής (E_{T_0} , με τη μέθοδο PENMAN) δημιουργήθηκε μοντέλο πρόβλεψης παραγωγής. Τα αποτελέσματα λειτουργίας του μοντέλου, για πρώτη χρονιά, κρίνονται ικανοποιητικά.

Αξίζει να σημειωθεί ότι για να ολοκληρωθεί η έρευνα για το συγκεκριμένο μοντέλο προσομοίωση θα πρέπει να γίνει περαιτέρω πειραματισμός ώστε να συγκεντρωθούν περισσότερα δεδομένα που θα εξασφαλίσουν μεγαλύτερη ακρίβεια του μοντέλου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της παρούσας 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 μου διατριβής.

Ευχαριστώ επίσης θερμά για την συμμετοχή τους, στη τριμελή επιτροπή την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Ανθούλα Δημήρκου και τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Ιμπραχίμ Αβραάμ Χα για την ουσιαστική συμβολή τους στην ολοκλήρωση της διατριβής μου. Επιπλέον ευχαριστώ την κ. Έλπη Σκουφογιάννη για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση της ως προς τον τρόπο διεξαγωγής της έρευνας καθώς επίσης και για την σημαντική βοήθεια της κατά την επεξεργασία και συγγραφή της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Τέλος ευχαριστώ θερμά την οικογένεια μου για τη θερμή συμπαράστασή της κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης του πειράματος και της συγγραφής της μεταπτυχιακής διατριβής και ιδιαίτερα τον πατέρα μου Αλέξανδρο για τη πολύτιμη βοήθεια του κατά τη διάρκεια των πειραματικών εργασιών.

Την μεταπτυχιακή μου αυτή διατριβή
την αφιερώνω στον πατέρα μου.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 ΨΥΧΑΝΘΗ.....	9
Γενικά.....	9
Ταξινόμηση.....	12
1.2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΕΣΜΕΥΣΗ ΑΖΩΤΟΥ.....	12
Εκτίμηση και αποτελεσματικότητα της αζωτοδέσμευσης.....	16
Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στα ψυχανθή.....	18
1.3. ΨΥΧΑΝΘΗ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΑΜΕΙΨΙΣΠΟΡΑΣ.....	19
Η σημασία της αμειψισποράς.....	21
1.4. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΠΙΖΕΛΙΟΥ.....	22
Προέλευση και διάδοση.....	22
Γεωγραφική εξάπλωση.....	24
Γεωγραφική εξάπλωση στην Ελλάδα.....	25
Ταξινόμηση.....	26
Βοτανικά γνωρίσματα.....	27
Ριζικό σύστημα.....	27
Βλαστός.....	28
Φύλλα.....	28
Ταξιανθία.....	29
Σπόροι.....	30
Πολλαπλασιασμός.....	31
Μορφολογία.....	31

1.5. ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ.....	31
1.6. ΠΡΩΙΜΟΤΗΤΑ.....	32
1.7. ΕΚΑΤΟΣΤΙΑΙΑ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΑΡΑΚΑ.....	33
1.8. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	34
1.9. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ.....	36
Αμειψισπορά.....	36
Έδαφος.....	36
Απολύμανση Σπόρου.....	37
Ποσότητα Σπόρου.....	37
Εποχή σποράς	37
Σπορά.....	38
Βάθος σποράς.....	39
Φύτρωμα.....	40
Αντιμετώπιση ζιζανίων.....	41
1.10 ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗ.....	42
Άρδευση.....	42
Λίπανση.....	42
Φωσφόρος (P).....	43
Κάλιο (K).....	43
Μαγνήσιο (Mg).....	44
Θείο (S).....	44
Ιχνοστοιχεία.....	44
1.11 ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.....	45
Εκκοκκιστικές μηχανές και η λειτουργία τους.....	47
Εκκοκκιστικές μηχανές στο χωράφι.....	48
1.12 ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	50
Διάφορα ζώφια, δρίπες και αφίδες	50
Ασθένειες.....	51
1.13 ΣΚΟΠΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	52

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	54
2.1 ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΓΡΟΥ.....	54
Πειραματικό σχέδιο.....	54
Καλλιεργητικές εργασίες.....	54
Παρατηρήσεις μετρήσεις.....	56
Μετεωρολογικά δεδομένα	57
2.2 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	58
Απαιτούμενα δεδομένα.....	62
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	66
3.1 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	66
3.2 ΑΥΞΗΣΗ – ΑΝΑΠΤΥΞΗ.....	68
Ύψος.....	68
Ειδική φυλλική επιφάνεια – δείκτης φυλλικής επιφάνειας.....	69
Ξηρό βάρος-χλωρό/ξηρό βάρος.....	71
3.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	73
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	75
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	77
6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	85

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ψυχανθή

Γενικά

Είναι φυτά της οικογένειας των δικοτυλήδωνων, της τάξης των χεδρωπών. Ονομάστηκαν "ψυχανθή", γιατί το άνθος τους μοιάζει με πεταλούδα ("ψυχή"). Αποτελούνται από πάρα πολλά είδη, που φυτρώνουν σ' όλα σχεδόν τα μέρη του κόσμου. Μπορούν να έχουν τη μορφή μικρών ποωδών θάμνων κι ακόμα και δέντρων. Η ζωή τους κρατά από ένα ως τρία χρόνια (Αγγίδης, 1999).

Τα ψυχανθή καλλιεργούνται για την παραγωγή καρπών, οι οποίοι προορίζονται για τη διατροφή του ανθρώπου ή των ζώων (καρποδοτικά ψυχανθή) και για παραγωγή χονδροειδών ζωοτροφών (χορτοδοτικά ψυχανθή) (Acikgoz, et al. 1985). Ορισμένα από αυτά έχουν διπλή χρήση. Επίσης τα χειμερινά ψυχανθή χρησιμοποιούνται και ως φυτά χλωρής λίπανσης. Τα ψυχανθή συντελούν στη συντήρηση ή και τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους με την ικανότητα που έχουν να δεσμεύουν το άζωτο της ατμόσφαιρας, μέσω των αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων που συμβιούν στις ρίζες, καθώς επίσης οδηγούν και στην εξοικονόμηση αζωτούχων λιπασμάτων και στην προστασία του περιβάλλοντος (Caldwell and Vest 1970). Σε πειράματα που έχουν γίνει έχει βρέθηκε ότι οι καλλιέργειες ψυχανθών αύξησαν την περιεκτικότητα του Ν στο έδαφος, η οποία κατά τη συγκομιδή ήταν υψηλότερη απ' ό,τι στη φύτευση (Upendra et al. 2007).

Τα κυριότερα καρποδοτικά χειμερινά ψυχανθή είναι ο βίκος, τα κουκιά, το μπιζέλι, το ρόβι, το λαθούρι, η φακή και τα ρεβίθια (Πίνακας 1). Τη μεγαλύτερη οικονομική σημασία για την Ελλάδα έχουν ο βίκος και τα κουκιά ενώ τα υπόλοιπα καλλιεργούνται σε πολύ μικρή έκταση. Η σειρά των αποδόσεων είναι βίκος>κουκιά>μπιζέλι (Σφήκας, 1995).

Τα χειμερινά ψυχανθή είναι φυτά συνεχούς άνθησης. Καλλιεργούνται σε διάφορες χώρες και σε βορειότερα κλίματα με φθινοπωρινή σπορά. Οι απαιτήσεις των χειμερινών ψυχανθών σε ποιότητα εδάφους είναι

περιορισμένες. Προσαρμόζονται σε όλους τους τύπους εδαφών από τα ελαφρά αμμώδη μέχρι τα αργιλώδη, από τα φτωχά ως τα γόνιμα, αρκεί τα τελευταία να στραγγίζουν ικανοποιητικά (Ολυμπίου, 1996).

Οι καρποί των ψυχανθών είναι πλούσιοι σε υδατάνθρακες και πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας. Κατά μέσο όρο η περιεκτικότητα των σπόρων των σιτηρών σε πρωτεΐνες κυμαίνεται γύρω στο 10%, ενώ των ψυχανθών υπερβαίνει το 20%. Η υπεροχή τους σε πρωτεΐνες επεκτείνεται και στους βλαστούς και τα φύλλα. Τα ψυχανθή αποτελούν την κύρια πηγή πρωτεΐνης στη διατροφή των πληθυσμών των αναπτυσσόμενων περιοχών, όπου οι πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης είναι ανεπαρκείς και έχουν υψηλό κόστος. 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. Ορισμένα δε είδη όπως π.χ. η σόγια και η αραχίδα, εκτός από τις άλλες χρήσεις, αποτελούν σπουδαία ελαιοδοτικά φυτά σε ολόκληρο τον κόσμο (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και λάδι των σπόρων των κυριότερων καρποδοτικών ψυχανθών που ενδιαφέρουν τη χώρα μας (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

Είδος	Πρωτεΐνη %	Λάδι %
Κουκιά	22-35	0,5-1,8
Φακή	20-28	1,0-2,0
Ρεβίθι	17-28	4,0-7,0
Μπιζέλι	16-32	1,0-1,5
Βίκος	25-34	0,5-1,6
Λαθούρι	23-32	0,6-2,1
Λούπινα	33-46	6,0-13,0
Φασόλια	20-31	1,4-1,8
Σόγια	35-50	15-25

Έτσι λοιπόν τα ψυχανθή είναι από τα πιο χρήσιμα στον άνθρωπο φυτά. Η χρησιμότητά τους είναι πολλαπλή. Πάνω από όλα είναι από τις πιο θρεπτικές τροφές και για τον ίδιο και για τα ζώα. Έχουν περισσότερο λεύκωμα από όσο τα σιτηρά και πιο πολλές θερμίδες (1 κιλό όσπρια περίπου 2.660 θερμίδες). Επίσης περιέχουν συγκριτικά και δευτερεύουσας σημασίας για το φυτό πρωτεΐνες όπως είναι αναστολής της τρυψίνης και της α-αμυλάσης, λεκτίνες, ουρεάση κ.α., οι οποίες συνδέονται με τη θρεπτική αξία των σπόρων (Duranti and Gius, 1997). Τέλος στους πόρους υπάρχουν και οι καταλυτικές πρωτεΐνες (ένζυμα) οι οποίες ανήκουν στις αλβουμίνες (υδατοδιαλυτές) και καταλύουν σχεδόν το σύνολο των αντιδράσεων του φυτού. Παράλληλα είναι και από τα πιο φτηνά, από οικονομική άποψη, προϊόντα γιατί η καλλιέργειά τους είναι εύκολη. Ως ζωοτροφή, είναι εξίσου θρεπτικά. Τα ζώα που τρέφονται με ψυχανθή, κάνουν καλύτερο γάλα και έξοχο κρέας και λίπος. Η διατήρησή τους δεν έχει δυσκολία επειδή διατηρούνται ξηρά στις αποθήκες.

Η μεγάλη σπουδαιότητα των ψυχανθών έναντι των άλλων καλλιεργειών έγκειται στην ικανότητα τους να δεσμεύουν το άζωτο της ατμόσφαιρας και έτσι όχι μόνο να καλύπτουν σχεδόν εξ ολοκλήρου ή εν μέρει τις ανάγκες τους σε άζωτο, αλλά και να εμπλουτίζουν το έδαφος, το οποίο χρησιμοποιεί η επόμενη καλλιέργεια. Η ενσωμάτωση των ψυχανθών έχει πολλά θετικά αποτελέσματα. Βοηθά στη σταθεροποίηση του κύκλου του αζώτου στο έδαφος, προσφέρει ένα εναλλακτικό τρόπο λίπανσης με N σε φτωχά εδάφη και συμβάλλει στην παραγωγή σοδειών υψηλής πρωτεϊνικής αξίας (Τρικαλιώτη, 2005).

Η σημασία της χρησιμοποίησης των ψυχανθών στα διάφορα συστήματα αμειψισποράς ήταν γνωστή από πολύ παλιά. Αναφέρεται η εισαγωγή τους στα συστήματα αμειψισποράς των Αρχαίων Ελλήνων, Αιγυπτίων και Κινέζων. Με την αξιοποίηση της ιδιότητας της αζωτοδέσμευσης εκ μέρους των ψυχανθών γίνεται οικονομία σε αζωτούχα λιπάσματα και προστατεύεται το περιβάλλον από την έκπλυση των νιτρικών στα υπόγεια νερά.

Όμως από την άλλη πλευρά τα ψυχανθή παρουσιάζουν και αρκετά μειονεκτήματα σε σχέση με τα χειμερινά σιτηρά και έτσι δεν προτιμώνται από τους παραγωγούς. Τα σπουδαιότερα μειονεκτήματα είναι η μικρότερη αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις σε υγρασία και η δυσκολία της μηχανικής συγκομιδής στα περισσότερα από αυτά λόγω

πλαγιάσματος. Επιπλέον δίνουν μικρότερες αποδόσεις από τα χειμερινά σιτηρά και παρά την υψηλότερη τιμή των προϊόντων τους, το εισόδημα των παραγωγών είναι μικρότερο. Επίσης ενδείκνυνται για μηχανική συγκομιδή, ή αν εφαρμόζεται δεν λαμβάνουμε υψηλές αποδόσεις και γενικά έχουμε μεγάλες απώλειες στην απόδοση, ενώ τέλος προσβάλλονται έντονα από μυκητολογικές ασθένειες.

Ταξινόμηση

Τα ψυχανθή ανήκουν στην οικογένεια Fabaceae (συνώνυμα Leguminosae ή Papilionaceae). Η οικογένεια αυτή περιλαμβάνει πάρα πολλά γένη και είδη, τα οποία είναι ετήσια ή πολυετή, ποώδη, θαμνώδη ή δενδρώδη, έρποντα ή αναρριχώμενα. Τα ψυχανθή που καλλιεργούνται στη χώρα μας είναι φυτά ποώδη, ετήσια ή πολυετή.

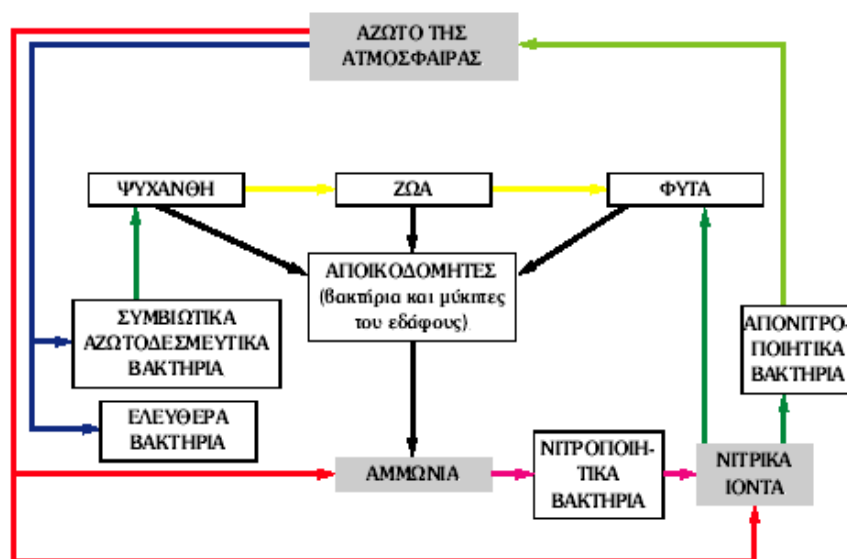
Η ταξινόμηση των καλλιεργούμενων ψυχανθών μπορεί να γίνει με βάση διάφορα κριτήρια, όπως είναι η χρήση τους, η εποχή σποράς, η αντοχή τους στην ξηρασία κ.ά. Καμία κατάταξη όμως δεν είναι απόλυτη, γιατί ένα ψυχανθές μπορεί να ανήκει σε περισσότερες από μία κατηγορίες.

1.2 Βιολογική Δέσμευση Αζώτου

Πολλά συστατικά των ζωντανών κυττάρων περιέχουν άζωτο, όπως πρωτεΐνες, αμινοξέα, νουκλεϊκά οξέα, πουρίνες, πυριμιδίνες, πορφυρίνες, αλκαλοειδή και βιταμίνες. Τα άτομα του αζώτου, αυτών των ενώσεων προκύπτουν από τον κύκλο του αζώτου, ο οποίος έχει ως βάση τα αποθέματα της ατμόσφαιρας. Το άζωτο αφαιρείται από την ατμόσφαιρα με τη διεργασία της αζωτοδέσμευσης και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με την απονιτροποίηση.

Η βιολογική δέσμευση του αζώτου έχει μελετηθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια και βρέθηκε ότι το ενζυμικό σύμπλοκο της νιτρογενάσης είναι άφθονο στη φύση. Το άζωτο είναι θεμελιώδες συστατικό των πρωτεϊνών και είναι για τα φυτά, όσο και για τον άνθρωπο ο πιο κοινός περιοριστικός παράγοντας της αύξησης. Το άζωτο αν και αποτελεί το 79% του ατμοσφαιρικού αέρα είναι

θρεπτικό στοιχείο που συνήθως βρίσκεται σε ανεπαρκείς ποσότητες για τις καλλιέργειες (Amarger 2001).



ΕΙΚΟΝΑ 1. Ο κύκλος του αζώτου

(<http://lsg.ucy.ac.cy/courses/epa175/epa175ecology.doc>)

Στη φύση η αζωτοδέσμευση γίνεται από μερικά γένη βακτηρίων. Τα ανώτερα φυτά δεν έχουν την ικανότητα για αζωτοδέσμευση, αν και μερικά συμμετέχουν έμμεσα, με συμβίωση με τα βακτήρια. Η πιο γνωστή περίπτωση είναι αυτή των ψυχανθών με τα βακτήρια του γένους *Rhizobium* (Εικ. 1).

Παράγοντες που επηρεάζουν τη δραστηριοποίηση τους είναι η θερμοκρασία και η υγρασία, η οξύτητα του εδάφους, αλλά και ο λόγος C/N του φυτικού υλικού (Jayasundara 1998). Η άριστη αναλογία C/N για γρήγορη αποικοδόμηση των υπολειμμάτων, κυμαίνεται από 15:1 έως 25:1. Αναλογίες υψηλότερες προκαλούν δέσμευση του αζώτου από τους μικροοργανισμούς του εδάφους, ενώ όσο μικρότερες είναι αυτές τόσο περισσότερο άζωτο απελευθερώνεται για άμεση χρήση από την επόμενη καλλιέργεια (Sullivan, 2003).

Η βιολογική δέσμευση του αζώτου λαμβάνει χώρα σε 25°C και 1 Atm πίεση. Η βιολογική δέσμευση του αζώτου πραγματοποιείται είτε με μη συμβιωτικούς οργανισμούς που ζουν ελεύθερα ή με ορισμένα βακτήρια, που συμβιούν με τα ανώτερα φυτά. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει αερόβιους μικροοργανισμούς του εδάφους (π.χ. *Azotobacter*), αναερόβιους (π.χ.

Clostridium sp), φωτοσυνθετικά βακτήρια (π.χ. *Phodospirillum rubrum*) και φύκη (π.χ. *Mycophyceae*) (Μήτσιος, 2004).

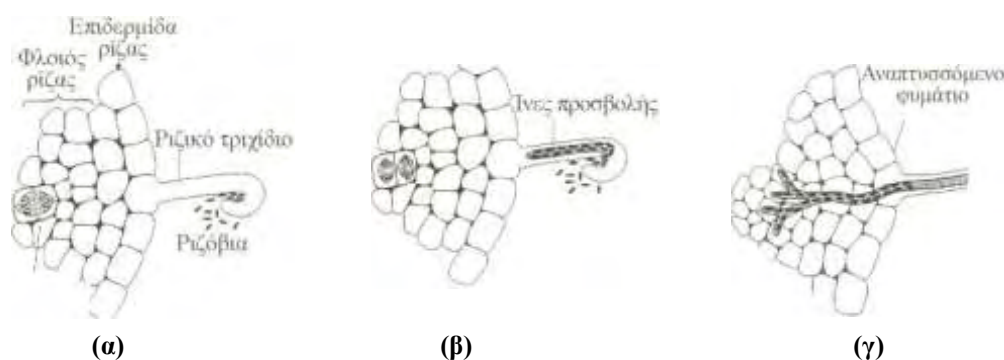
Ο ρόλος των ψυχανθών στη διατήρηση και βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους ήταν γνωστός πολύ πριν την χρησιμοποίηση των λιπασμάτων. Τα ψυχανθή μέσω της συμβίωσης τους με αζωτοδεσμευτικά βακτήρια (ριζόβια) δεσμεύουν το άζωτο της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα αφ' ενός να μπορούν να αναπτύσσονται ικανοποιητικά σε εδάφη με χαμηλή διαθεσιμότητα αζώτου και αφ' ετέρου να εμπλουτίζουν το έδαφος με άζωτο, το οποίο επωφελούνται οι επόμενες καλλιέργειες.

Η εγκατάσταση και λειτουργία μιας αποτελεσματικής συμβίωσης μεταξύ του φυτού και των αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων είναι 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). Αποτέλεσμα της συμβίωσης είναι η ανάπτυξη ενός διαφοροποιημένου ιστού στις ρίζες του φυτού, όπου δεσμεύεται το άζωτο της ατμόσφαιρας. Ο ιστός αυτός ονομάζεται φυμάτιο. Επιπλέον, η ανάπτυξη φυματίων σε ένα τμήμα ρίζας συνδέεται με το ποσοστό αύξησης αυτού του τμήματος (Tricot et al., 1997).

Η συμβίωση ψυχανθών-ριζοβίων είναι εξειδικευμένη, δηλαδή ένα είδος ριζοβίου δεν αναπτύσσει συμβιωτικές σχέσεις με όλα τα ψυχανθή. Τα ριζόβια παρουσιάζουν διαφορετικό βαθμό εξειδίκευσης. Ορισμένα έχουν μεγάλη εξειδίκευση και σχηματίζουν φυμάτια με τα είδη ενός και μόνο γένους ή με ορισμένα μόνον είδη ενός γένους, ενώ αλλά συμβιώνουν με τα είδη πολλών γενών (Εικ. 2). Διευκρινίζεται ότι η εξειδίκευση δεν αναφέρεται μόνο στο σχηματισμό φυματίων αλλά και στην ικανότητα αυτών να είναι ενεργά (να αζωτοδεσμεύουν). 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 (Kyei-Boahen, 2002).

Πολλές έρευνες έχουν δείξει ότι η αύξηση της συμβιωτικής δέσμευσης του αζώτου μπορεί να επιτευχθεί με τη βελτίωση τόσο των φυτών-ξενιστών όσο και των ριζοβίων ως προς επιθυμητά χαρακτηριστικά που προάγουν την αζωτοδέσμευση. Κατά τη βελτίωση μπορούν να ακολουθηθούν δυο κατευθύνσεις: 1) επιλογή εξειδικευμένου συνδυασμού στελέχους ριζοβίου-

ποικιλίας ψυχανθούς και 2) επιλογή ριζοβίων που να είναι αποτελεσματικά σε ευρύ αριθμό ποικιλιών του φυτού-ξενιστή.



ΕΙΚΟΝΑ 2. Σχηματική παράσταση της πορείας σχηματισμού φυματίων στα ριζικά τριχίδια των ριζών των ψυχανθών: (α) αποικισμός ριζοβίων, (β) είσοδος των ριζοβίων στο ριζικό τριχίδιο και ανάπτυξη των ινών προσβολής, (γ) διακλάδωση των ινών προσβολής και ανάπτυξη του φυματίου (Hopkins 1995).

Κατά την αποσύνθεση των υπολειμμάτων, επίσης μπορεί να αυξηθεί η δραστηριότητα ορισμένων ανεπιθύμητων μικροοργανισμών (ICAC Recorder, 2003), ενώ ο ανταγωνισμός για το άζωτο που αναπτύσσεται μεταξύ του καλλιεργούμενου φυτού και των μικροοργανισμών που προκαλούν την αποικοδόμηση (McConnell et al., 1995), μπορεί να επιδράσει αρνητικά την επόμενη καλλιέργεια, στα πρώτα της στάδια.

Προκειμένου να επιτευχθεί η αποικοδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων και να αποφευχθούν, η δέσμευση του αζώτου από τους μικροοργανισμούς και ο ανταγωνισμός τους με το καλλιεργούμενο φυτό, ίσως είναι αναπόφευκτη σε ορισμένες περιπτώσεις η προσθήκη αζώτου, κυρίως στα μη ψυχανθή φυτά χλωράς λίπανσης (Sullivan, 2003). Η προσθήκη επιπλέον αζώτου στη χλωρή λίπανση, δεν θα εφοδιάσει την ακολουθούμενη καλλιέργεια βαμβακιού με άζωτο, θα αυξήσει όμως την παραγόμενη βιομάζα των φυτών χλωράς λίπανσης, με αποτέλεσμα την αύξηση της οργανικής ουσίας στο έδαφος και άλλα οφέλη που αυτό συνεπάγεται (Κουρέντας, 2005).

Η προσθήκη αζώτου στο έδαφος με τα ψυχανθή, καθιστά απαραίτητο τον προσδιορισμό των θρεπτικών αναγκών του καλλιεργούμενου φυτού (π.χ. βαμβάκι). Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό να εκτιμάται η κατάσταση του

εδάφους όσον αφορά την περιεκτικότητα του σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο μετά την «καταστροφή» του ψυχανθούς και να γίνεται ανάλογη λίπανση. Τα δυσκίνητα στοιχεία κάλιο και φώσφορος, σε αντίθεση με το άζωτο, δεν πρέπει να προστίθενται κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου στη μειωμένη κατεργασία, καθώς είναι αδύνατη η ενσωμάτωση τους στο έδαφος (ICAC Recorder, 2003).

Σύμφωνα με τους (Schomburg et al., 2003) ο βίκος και το μπιζέλι προσθέτουν στο έδαφος περισσότερο άζωτο (περισσότερα από 6,7 kg N/ στρέμμα) από κάθε άλλο φυτό χλωράς λίπανσης.

Εκτίμηση και αποτελεσματικότητα της αζωτοδέσμευσης

Τα ψυχανθή μπορούν να εφοδιάσουν το έδαφος με άζωτο εξαιτίας της αζωτοδέσμευσης, με τη βοήθεια του γένους *Rhizobium* που σχηματίζει φυμάτια στις ρίζες. Τα ψυχανθή καλλιεργούνται σε αμειψισπορά με μη ψυχανθή. Με τον τρόπο αυτό αζωτούχες ενώσεις από το προηγούμενο έτος βοηθούν στην λίπανση της καλλιέργειας του επόμενου έτους (Μήτσιος, 2004).

Η αζωτοδέσμευση στα ψυχανθή είναι πολύ δύσκολο να φθάσει στο μέγιστο. Οι παράγοντες που εμπλέκονται στην πορεία της αζωτοδέσμευσης, είναι πολλοί οπότε είναι δύσκολο ως αδύνατο όλοι αυτοί οι παράγοντες να βρεθούν συγχρόνως στο επιθυμητό επίπεδο. Για το λόγο αυτό οι δεσμευθείσες ποσότητες αζώτου που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία για το είδος του ψυχανθούς διαφέρουν παρά πολύ μεταξύ τους (Πίνακας 2).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Ποσότητες αζώτου που δεσμεύτηκαν από διάφορα ψυχανθή κατά τη διάρκεια μιας καλλιεργητικής περιόδου (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

Είδος	N₂ αζωτοδέσμευσης Kg N/στρ
Ρεβίθι	2,4-8,4
Φασόλια	1,2-12,1
Κουκιά	5,5-25,1
Κτηνοτροφικό μπιζέλι	1,9-19,6

Φακή	4,3-18,9
Λούπινο	2,6-40,0
Σόγια	1,3-31,0
Αραχίδα	3,7-22,2
Μηδική	4,5-47,0
Διάφορα τριφύλλια	2,1-18,3

Μεγάλο εύρος τιμών αναφέρεται και στο ποσοστό του ολικού αζώτου των φυτών που προέρχεται από την αζωτοδέσμευση. Η αζωτούχος λίπανση που δέχτηκε η καλλιέργεια επηρεάζει πάρα πολύ αυτό το ποσοστό. Ενώ η αύξηση της συγκέντρωσης του αζώτου στα φυτά που προέρχεται από την αζωτούχο λίπανση είναι μικρή, η μείωση του ποσοστού του ολικού αζώτου που προέρχεται από την αζωτοδέσμευση είναι πολύ μεγάλη. Σε μία πρόσφατη ευρεία μελέτη που έγινε στις ΗΠΑ, στη λεκάνη του Μισισσιπή, υπολογίστηκε ότι λιγότερο από το 20% του αζώτου της χορτομάζας που συγκομίζεται προέρχεται από την αζωτοδέσμευση όταν χορηγείται μεγάλη ποσότητα αζωτούχου λίπανσης. Αντίθετα όταν η απόδοση είναι μεγάλη και η διαθέσιμη ποσότητα ανόργανου αζώτου μικρή, η αζωτοδέσμευση μπορεί να υπερβεί τα 40 kg N/στρ.

Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι όταν η περιεκτικότητα του εδάφους σε N είναι μεγάλη η συμμετοχή των ψυχανθών στο σύστημα αμειψισποράς δεν έχει νόημα όσον αφορά στη μείωση της λίπανσης. Αζωτούχος λίπανση στα ψυχανθή δικαιολογείται μόνον όταν η αύξηση της απόδοσης λόγω της προσθήκης αζώτου είναι μεγαλύτερη από τη μείωση του ποσοστού της αζωτοδέσμευσης (Russelle, and Birr 2004).

Το δεσμευμένο άζωτο κατανέμεται ανομοιόμορφα στα διάφορα μέρη του φυτού του μπιζελιού κατά την ανάπτυξη του (Justes et al. 1994). Η μεγαλύτερη ποσότητα αζώτου δεσμεύεται κατά τα στάδια της βλαστικής ανάπτυξης των φυτών (Malhi et al., 2007) και μειώνεται καθώς το φυτό πλησιάζει τη φυσιολογική ωρίμανση (Voisin et al. 2003). Αναφέρονται όμως και περιπτώσεις όπου η αναλογία δέσμευσης αζώτου παρέμεινε αρκετά υψηλή μέχρι το στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης των σπόρων. 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 (Jeuffroy and Warembourg, 1991). Γενικά έλλειψη αζώτου επηρεάζει την ανάπτυξη της καλλιέργειας του

μπιζελιού μειώνοντας τον αριθμό των καρπών και την ανάπτυξη του φυτού (Dore, et al. 1997).

Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στα ψυχανθή

Από το ολικό άζωτο που συγκεντρώνουν τα καρποδοτικά ψυχανθή ένα μέρος προέρχεται από το άζωτο του εδάφους και το υπόλοιπο από τη συμβιωτική αζωτοδέσμευση. Με τη συγκομιδή των καρπών απομακρύνεται από τον αγρό η ποσότητα αζώτου, που συγκεντρώθηκε στον καρπό. Συνεπώς το άζωτο που προστίθεται στο έδαφος (ισοζύγιο N) λόγω της αζωτοδέσμευσης υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$N = N_f - N_s$$

όπου

N_f = άζωτο αζωτοδέσμευσης

N_s = ολικό άζωτο καρπού (από το έδαφος και την αζωτοδέσμευση)

Κατά τον υπολογισμό της συνεισφοράς των ψυχανθών στο άζωτο του εδάφους, μετά τη συγκομιδή των καρπών, θα πρέπει να συμπεριληφθεί το άζωτο των φύλλων που πέφτουν και το άζωτο που συγκεντρώνεται στις ρίζες, γιατί αλλιώς η συνεισφορά υποτιμάται. Υπολογίστηκε ότι στις ρίζες που έχουν φυμάτια συγκεντρώνονται κατά μέσο όρο περίπου 4 kg N/στρ. Η συνεισφορά της αζωτοδέσμευσης στο άζωτο του εδάφους όταν υπολογίζεται στα καρποδοτικά ψυχανθή είναι μικρή και πολλές φορές αρνητική. Στις ελληνικές συνθήκες βρέθηκε ότι η σόγια παρουσίασε αρνητικό ισοζύγιο, αφαιρώντας από το έδαφος 9-12,2 kg N/στρ. Το εάν το ισοζύγιο θα είναι αρνητικό ή θετικό εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την απόδοση σε καρπό. Με μεγάλη απόδοση καρπού και δεδομένου ότι η εκατοστιαία περιεκτικότητα των καρπών των ψυχανθών σε άζωτο είναι υψηλή, το ισοζύγιο αναμένεται να είναι αρνητικό.

Για να αποφευχθεί αρνητικό ισοζύγιο αζώτου στα καρποδοτικά ψυχανθή όπως π.χ. στη σόγια, θα πρέπει η αναλογία αζώτου αζωτοδέσμευσης προς ολικό άζωτο φυτού (P) να είναι μεγαλύτερη από 80%. Φυσικά η πιθανότητα θετικού ισοζυγίου μειώνεται όταν τα φυτικά υπολείμματα χρησιμοποιούνται για τη διατροφή των ζώων.

1.3 Ψυχανθή σε πρακτικές αμειψισποράς

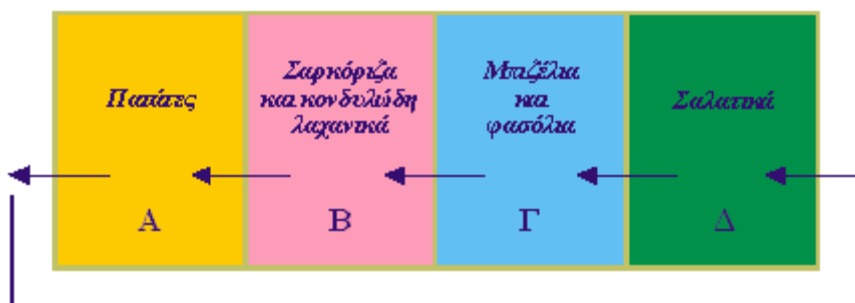
Κάθε ψυχανθές αποτελεί μια σημαντική επιλογή είτε σε ένα σύστημα αμειψισποράς, είτε σε μια χλωρή λίπανση. Στα λαχανικά περιλαμβάνονται και ψυχανθή φυτά, που καλλιεργούνται τόσο το χειμώνα (κουκί, αρακάς), όσο και το καλοκαίρι (φασολάκι). Συνεπώς ένας παραγωγός μπορεί να εκμεταλλευτεί κατά τον καλύτερο τρόπο όλο το χρόνο τη σημαντική προσφορά των ψυχανθών στη βελτίωση της εδαφικής γονιμότητας (Gonzales et al. 2005) (Εικ. 3).

Η εισαγωγή των ψυχανθών στα συστήματα αμειψισποράς, εκτός των άλλων ευεργετημάτων, αποβλέπει κυρίως στην αποθήκευση εντός του εδάφους, του δεσμευόμενου στις ρίζες τους ατμοσφαιρικού αζώτου, το οποίο παρέχεται σε σημαντικές ποσότητες. Βεβαίως, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η παρουσία των κατάλληλων φυλών αζωτοβακτηρίων στο έδαφος, ώστε να καταστεί δυνατή και αποτελεσματική η δημιουργία των φυματίων (αποικιών από συμβιούντα με τις ρίζες των ψυχανθών αζωτοβακτήρια) και επομένως και η αζωτοδέσμευση. Γι' αυτό, όταν οι κατάλληλες φυλές αζωτοβακτηρίων δεν υπάρχουν στο έδαφος (πράγμα που είναι φανερό από το μικρό ή ανεπαρκή ποσοτικά και ποιοτικά αριθμό των αναπτυσσόμενων φυματίων), τότε φροντίζουμε να εμβολιάσουμε το έδαφος με τις κατάλληλες φυλές. Οικονομικότερη και αποτελεσματικότερη λύση στην περίπτωση αυτή, αποτελεί η μεταφορά χύματος στον αγρό μας (60-70 kg/στρ.) από αγρούς όπου αποδεδειγμένα υπάρχουν οι κατάλληλες φυλές αζωτοβακτηρίων (Caldwell and Vest 1970).

Μεταβλητή είναι η συνεισφορά σε άζωτο των καρποδοτικών ψυχανθών όταν περιλαμβάνονται σε ένα σύστημα αμειψισποράς. Όμως τα δεδομένα πολλών ερευνών δείχνουν ότι η απόδοση των σιτηρών μετά από καρποδοτικά ψυχανθή είναι τις περισσότερες φορές αυξημένη. Αυτή η αύξηση υποδηλώνει ότι το ευνοϊκό αποτέλεσμα της αμειψισποράς ψυχανθούς-σιτηρού δεν οφείλεται μόνο στη συνεισφορά αζώτου εκ μέρους του ψυχανθούς αλλά και σε άλλους παράγοντες όπως βελτίωση της δομής του εδάφους και της ικανότητας συγκράτησης υγρασίας, αύξηση της διαθεσιμότητας θρεπτικών στοιχείων όπως P, K και S με την ενσωμάτωση των υπολειμμάτων, μείωση των εχθρών και ασθενειών, αύξηση της δραστηριότητας των

μικροοργανισμών και πιθανή αύξηση του μη-συμβιωτικά δεσμευόμενου αζώτου, χρησιμοποίηση του νιτρικού αζώτου το οποίο δεν προτιμούν να προσλαμβάνουν τα ψυχανθή, έκκριση ρυθμιστών ανάπτυξης από τις ρίζες των ψυχανθών. Τα δημοσιευμένα δεδομένα που να αναφέρονται στην επίδραση των ψυχανθών στο σύστημα αμειψισποράς στη χώρα μας είναι περιορισμένα. Σε δύο πρόσφατες δημοσιεύσεις η μία που αφορά καλλιέργεια βαμβακιού και καλαμποκιού μετά από τριφύλλι και η άλλη σιτάρι μετά από σόγια δεν διαπιστώθηκε ευνοϊκή επίδραση του ψυχανθούς στην απόδοση της επόμενης καλλιέργειας.

Η συνεισφορά των ψυχανθών στο άζωτο του εδάφους είναι μεγαλύτερη όταν καλλιεργούνται χορτοδοτικά φυτά και μάλιστα πολυετή. Αναφέρεται από τον Kelner και τους συνεργάτες του (1997) ότι σε φυτεία μηδικής το ισοζύγιο του αζώτου έδειξε προσθήκη στο έδαφος κατά μέσο όρο 8,4 14,8 και 13,7kg N/στρ. τον 1^ο, 2^ο και 3^ο χρόνο, αντίστοιχα. Τα φυτά χλωρής λίπανσης παρουσιάζουν πάντα θετικό ισοζύγιο. Καλλιέργεια σιταριού σε ξηροθερμικές συνθήκες που ακολούθησε διάφορα φυτά χλωρής λίπανσης, κάλυψε με την αζωτοδέσμευση το 30-100% του αζώτου που απομακρύνθηκε με τον καρπό (Biederbeck et al., 1996). Το άζωτο αυτό προέρχεται τόσο από το έδαφος όσο και από την αζωτοδέσμευση. Οι συνήθεις ποσότητες βιολογικά δεσμευόμενου αζώτου που προστίθενται στο έδαφος με την ενσωμάτωση των ψυχανθών φυτών χλωρής λίπανσης είναι 6-10kg N/στρ. Στη βιβλιογραφία όμως οι τιμές που αναφέρονται κυμαίνονται ευρύτατα από 1,5-20kg N/στρ. (Reeves 1994). Η συνεισφορά της χλωρής λίπανσης στο άζωτο του εδάφους είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα της ξηράς ουσίας που ενσωματώνεται.



EIKONA 3. Διάγραμμα αμειψισποράς των καλλιεργειών.

(http://www.q-d.gr/services_AGRO.2.2.html)

Η σημασία της αμειψισποράς

Η αμειψισπορά, δηλαδή η συστηματική και προγραμματισμένη κυκλική εναλλαγή στο ίδιο χωράφι, αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για τη διατήρηση της γονιμότητας των χωραφιών. Ήταν απαραίτητη και αναντικατάστατη διαδικασία, πριν την εισαγωγή των γεωργικών μηχανημάτων και των χημικών λιπασμάτων. Η εισαγωγή των νέων τεχνικών καλλιέργειας, έκανε εφικτό να μπορεί να καλλιεργείται το ίδιο χωράφι συνεχώς με την ίδια καλλιέργεια. Η πρακτική αυτή όμως «εξαντλεί» τα χωράφια τα οποία χάνουν την γονιμότητα τους, πολλαπλασιάζονται τα προβλήματα με τα ζιζάνια και τις ασθένειες και αυξάνει το κόστος παραγωγής, γιατί υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη για λιπάσματα και φυτοφάρμακα, ενώ οι αποδόσεις μειώνονται χρόνο με το χρόνο (Εικ. 4) (Σφήκας, 1995).



ΕΙΚΟΝΑ 4. Καλλιέργεια μπιζελίου.

(<http://images.google.gr/imgres?imgurl=http://www.enipeasvalley.com>)

Το κυριότερο όμως είναι ότι την ίδια στιγμή που τα χωράφια χάνουν τη γονιμότητα τους, η αυξημένη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων έχει αρνητικές επιπτώσεις για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία (Ambrosano et al., 2005).

Τα οφέλη που αναμένονται από ένα σύστημα αμειψισποράς είναι τα εξής:

- Έλεγχος των ασθενειών και εντόμων
- Καλύτερη αξιοποίηση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του εδάφους
- Καλύτερη χρησιμοποίηση των διαθέσιμων μέσων παραγωγής

Κάποιες ασθένειες μπορούν να ελεγχθούν από ένα σύστημα αμειψισποράς στο οποίο τα καλλιεργούμενα φυτά φυτεύονται στο ίδιο σημείο μόνο μια φορά σε μια περίοδο 3-4 ετών. Η αμειψισπορά είναι πιο αποτελεσματική στον έλεγχο ασθενειών όταν οι οργανισμοί που προκαλούν τις ασθένειες διαβιούν στο έδαφος 1-2 χρόνια.

Η αμειψισπορά βοηθάει και στον έλεγχο των εντόμων, ειδικά εκείνων που τρέφονται σε ένα μόνο είδος φυτού, και εκείνων που δε μπορούν να μεταναστεύσουν μακριά. Μια μικρής διάρκειας αμειψισπορά είναι τόσο καλή όσο και μια μεγάλης διάρκειας για τον έλεγχο των περισσότερων εντόμων, εφόσον αυτά πεθαίνουν γρήγορα μετά την εμφάνιση τους, αν δεν υπάρχουν φυτά ξενιστές.

Η αμειψισπορά έχει σημασία και στη διαχείριση του εδάφους, εφόσον οι καλλιέργειες διαφέρουν στις απαιτήσεις τους για θρεπτικά συστατικά, διαφέρουν στην έκταση και την κατανομή των ριζικών τους συστημάτων, στην επίδραση τους στην οξύτητα του εδάφους και σε άλλους παράγοντες. Η οξύτητα του εδάφους επηρεάζεται ανάλογα από τις διάφορες καλλιέργειες και αυτό θεωρείται υπολογίσιμη μεταβολή στην απόδοση διαδοχικών καλλιεργειών ευαίσθητων στην οξύτητα, ή σε συνθήκες που συνδέονται με αυτή.

1.4 Η καλλιέργεια του μπιζελιού

Προέλευση και διάδοση

Ο αρακάς ή μπιζέλι ή πίσον το εδώδιμο (*P. Sativum*) ανήκει στη οικογένεια των Λεγκουμιδών ή Χεδρωπών (*Leguminaceae*) της υποοικογένειας των ψυχανθών ή Παπιλιονιδών (*Papilionaceae*) είναι δικοτυλίδοιο με 5-6 είδη, που απαντούν στις παραμεσόγειες περιοχές της Δ. Ασίας.

Στην ίδια οικογένεια ανήκουν και τα κτηνοτροφικά είδη πίσου, όπως είναι το πίσον Αρουραίο (*P. Arvense*), το πίσον το υψηλόν (*P. elatius stev*, *P. granulatum*). Οι Γάλλοι τα ονομάζουν *Pois de champs*, οι Άγγλοι *Field Pea* και οι Γερμανοί *Grane erbse*. Χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για κτηνοτροφή (χλωρό, ξηρό χόρτο ή αλευροποιημένα τα ξηρά σπέρματά) (Σφήκας, 1995).

Η καλλιέργεια του μπιζελιού είναι προϊστορική. Η προϊστορία φέρει τον αρακά σαν φυτό που προέρχεται από το Αφγανιστάν, Ινδία, Κίνα. Διάφορα είδη βρέθηκαν σε Αιθιοπικές πεδιάδες. Σπέρματα βρέθηκαν στις λιμναίες κατοικίες της Ελβετίας και Σαβοΐας στην εποχή του χαλκού. Κατά τον Hees Witwark βρέθηκαν απανθρακωμένα σπέρματα πίσου στη θέση Χιλσβαρίκ, που κατά τους Αρχαιολόγους ανήκει στην Τροία των Ομηρικών χρόνων. Δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι καλλιεργούσαν το μπιζέλι οι αρχαίοι Αιγύπτιοι και οι Ιουδαίοι.

Στην εποχή του Θεοφράστου αναφέρεται «Πισός που καλλιεργείται ως τα χεδροπά, οίον κύαμοι, ερέβενθοι, πισός και όλως τα όσπρια προσαγορευόμενα». Τον 16^ο αιώνα Ευρωπαίοι βοτανικοί περιέγραφαν πολλούς τύπους μπιζελιού, φυτά μεγάλα, μέτρια, νάνοι, που δίνουν αρακά λευκό, κίτρινο, πράσινο, σπόρους λείους, ρυτιδωμένους, πιτσιλωτούς, όμοιους με τούς αρακάδες που χρησιμοποιούνται σήμερα ως εδώδιμοι (Εικ. 5) (Λέτσας, 1957).

Μέχρι πρόσφατα τα φυτά του γένους *Pisum* ταξινομούσαν σε 5-7 είδη. Σύμφωνα όμως με νεότερες έρευνες η διασταύρωση του καλλιεργούμενου είδους *Pisum sativum* με τα είδη *Pisum elatius*, *Pisum fulvum* και *Pisum humile* επιβεβαίωσε και παλιότερες αναφορές ότι δεν υπάρχει καμιά κυτταρογενετική βάση για να θεωρηθεί το δεύτερο και το τρίτο είδος διαφορετικό από το πρώτο. Υποστηρίζεται ότι το γένος *Pisum* έχει μόνο δύο είδη, το *Pisum sativum* και *Pisum fulvum*. Τα δύο είδη αυτά είναι αυτογονιμοποιούμενα, διπλοειδή ($2n=14$) και διασταυρώνονται εύκολα μεταξύ τους, αν και η διασταύρωση είναι ευκολότερη όταν το *Pisum sativum* αποτελεί το θηλυκό γονέα (Σφήκας, 1995).

Το *Pisum elatius* και μερικοί πληθυσμοί του *Pisum humile* διαφέρουν από το *Pisum sativum* κατά μια χρωματοσωμική μετατόπιση. Με βάση μορφολογικές και κυτταρολογικές ενδείξεις υποστηρίχτηκε ότι οι πληθυσμοί του *Pisum humile* που δεν παρουσιάζουν χρωματοσωμικές διαφορές με το *Pisum sativum* πρέπει να θεωρούνται ως πρόγονοι των καλλιεργούμενων μπιζελιών (Wiersema and Leon, 1999)

Το *Pisum sativum* έχει μεταβλητά μορφολογικά χαρακτηριστικά. Είναι αυτογονιμοποιούμενο είδος, γεγονός που συνέβαλε στην επιτυχία των γενετικών πειραμάτων. Το μπιζέλι ήταν από τα πρώτα φυτά που

χρησιμοποιήθηκε για γενετικά πειράματα, από τον Thomas Andrew Knight (1759-1838) και τον Gregor Mendel για τη βελτίωση των ποικιλιών. Η σύγχρονη γενετική προσπαθεί να βελτιώσει τις ποικιλίες και να τις κάνει ανθεκτικές στον παγετό, προσαρμοσμένες στη μηχανική συγκομιδή (θα πρέπει να υπάρχει ταυτόχρονη ωρίμανση) και ανθεκτικές στις ασθένειες. Στα παλαιότερα χρόνια οι λοβοί συγκομίζονταν όταν είχαν ωριμάσει πλήρως και στη συνέχεια τα σπέρματα καταναλώνονταν αποξηραμένα. Εντούτοις, τα τελευταία χρόνια συγκομίζονται πριν ωριμάσουν πλήρως και καταναλώνονται φρέσκα (Χα, 2007).



ΕΙΚΟΝΑ 5. Καλλιέργεια μπιζελιού στον πειραματικό αγρό (Σιάνου, 2009).

Γεωγραφική εξάπλωση

Το μπιζέλι βρίσκεται ανάμεσα στα τέσσερα πιο σημαντικά καλλιεργούμενα ψυχανθή μετά τη σόγια, την αραχίδα και τα φασόλια. Η ολική παγκόσμια παραγωγή αυξήθηκε από 8127εκ. τόνους την περίοδο 1979-81 σε 14529εκ. τόνους το 1994, ενώ η έκταση ποικίλει από 7488 σε 8060εκ. εκτάρια για τις ίδιες χρονολογίες (FAO, 2004).

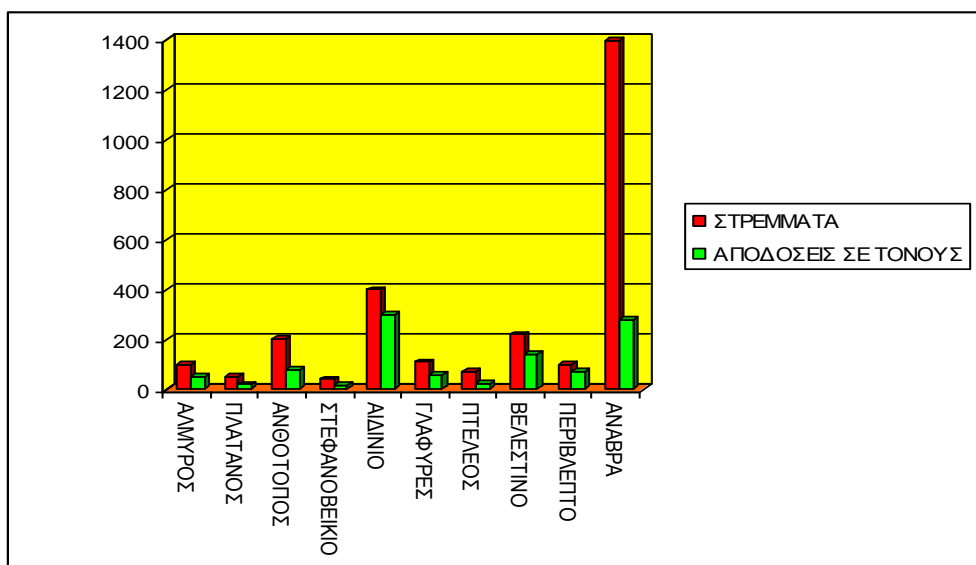
Η υψηλότερη παραγωγή για το μπιζέλι σημειώθηκε στη Γαλλία με 5088 kg ανά εκτάριο το 1994, περίπου οκτώ φορές περισσότερο από ότι η μέση παραγωγή στην Αφρική. Το 1994 η ολική καλλιεργούμενη έκταση στην Αμερική ήταν 54000 εκτάρια με μέσο όρο παραγωγής 2587 kg ανά εκτάριο. Σημαντικές περιοχές παραγωγής του μπιζελιού αποτελούν η Γαλλία, η Ρωσία, η Ουκρανία, η Δανία και το Ηνωμένο Βασίλειο στην Ευρώπη, η Κίνα και η

Ινδία στην Ασία. ο Καναδάς και οι Ηνωμένες Πολιτείες στην βόρεια Αμερική, η Χιλή στη νότια Αμερική, η Αιθιοπία στην Αφρική και η Αυστραλία (Χα, 2007).

Γεωγραφική εξάπλωση στην Ελλάδα

Το μπιζέλι *Pisum sativum* με $2n = 14$ χρωματοσώματα, ανήκει στην οικογένεια των Leguminosae και καλλιεργείται για τα νωπά, κατεψυγμένα κονσερβοποιημένα σπέρματά του. Η παραγωγή του μπιζελιού στην Ελλάδα σε νωπούς κόκκους, τα τελευταία χρόνια φτάνει τους 8.000 τόνους. Σημειώνεται ότι η απόδοση των νωπών λοβών σε κόκκους είναι κατά μέσο όρο 45%. Το μπιζέλι καλλιεργείται κυρίως στη Θεσσαλονίκη, Χαλκιδική, Πέλλα, Ημαθία, Θεσσαλία, Μεσσηνία, Ηλεία, Κρήτη και σποραδικά στις υπόλοιπες περιοχές της χώρας μας. Η κατανάλωση του μπιζελιού σε νωπούς κόκκους στη χώρα υπολογίζεται σε 15.000 τόνους. Έτσι, το κενό που παρουσιάζεται μεταξύ κατανάλωσης και παραγωγής καλύπτεται από εισαγωγή κατεψυγμένου μπιζελιού από ευρωπαϊκές και ανατολικές χώρες (Χα, 2007). Στη Θεσσαλία το 2006 η συνολική έκταση της καλλιέργειας μπιζελιού ήταν 198 στρ και η παραγωγή της 71 τόνους (ΕΣΥ 2006). Το 2008 στη Μαγνησία η καλλιεργούμενη έκταση έφτασε τα 2.689 στρ με στρεμματική απόδοση περίπου 500 kg/στρ (Σχήμα. 1) (ΕΣΥ 2008).

ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΜΠΙΖΕΛΙΟΥ ΣΤΗ ΜΑΓΝΗΣΙΑ 2008



ΣΧΗΜΑ 1. Καλλιεργούμενες εκτάσεις στη Μαγνησία (ΕΣΥ 2008).

Το μπιζέλι είναι φυτό αναντικατάστατο για τις βόρειες περιοχές και τις ορεινές περιοχές της υπόλοιπης Ελλάδας, όπου οι χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη άλλων ετήσιων ψυχανθών (Εικ. 6) (<http://www.kespy.gr>).



ΕΙΚΟΝΑ 6. Καλλιέργεια *Pisum sativum* (Σιάνου, 2009).

Ταξινόμηση

Με το όνομα μπιζέλι είναι γνωστά διάφορα είδη φυτών του γένους *Pisum* της οικογένειας των ψυχανθών (Εικ. 7). Από αυτά καλλιεργούνται το κτηνοτροφικό (*Pisum arvense*) και το βρώσιμο μπιζέλι (*Pisum sativum*). Οι συγγραφείς όμως βασιζόμενοι σε νεότερες έρευνες θεωρούν ότι όλα τα καλλιεργούμενα μπιζέλια υπάγονται στο είδος *Pisum sativum* και ότι το *Pisum arvense* αποτελεί υποείδος του *Pisum sativum* (Αγγίδης, 1999).



ΕΙΚΟΝΑ 7. *Pisum sativum* (Σιάνου, 2009).

Βοτανικά γνωρίσματα

Το μπιζέλι είναι ετήσιο ποώδες φυτό που νωπό θεωρείται ως λαχανικό και ξηρό ως όσπριο. Ευδοκιμεί σε ψυχρές περιοχές των ευκράτων ζωνών μέχρι το 670 βορείου πλάτους και σε υψόμετρο μέχρι 2.000m (Σφήκας, 1995).

Ριζικό σύστημα

Αποτελείται από μια ισχυρή πασσαλώδη ρίζα και από πλούσιο δίκτυο πλάγιων ριζών. Η πασσαλώδης ρίζα μπορεί να φτάσει σε βάθος 1m ή και περισσότερο. Γενικά όμως θεωρείται ως φυτό του οποίου ο κύριος όγκος του ριζικού συστήματος δεν εισχωρεί σε μεγάλο βάθος (Εικ. 8).



ΕΙΚΟΝΑ 8. Ρίζα *Pisum sativum* (Σιάνου, 2009).

Βλαστός

Είναι λεπτός, τρυφερός, έχει διατομή γωνιώδη ή στρογγυλή και είναι κοίλος εσωτερικά. Το μήκος των βλαστών κυμαίνεται από 45 έως 120 cm, αλλά τα φυτά συνήθως δεν παρουσιάζουν αυτό το ύψος γιατί πλαγιάζουν. Σε ορισμένες αναρριχώμενες λαχανοκομικές ποικιλίες το ύψος φτάνει τα 2 m ή και περισσότερο. Αυτές οι ποικιλίες έχουν ανάγκη στηριγμάτων για να ορθωθούν με τη βοήθεια των ελίκων που φέρουν τα φύλλα. Με την έννοια των φυτών μεγάλης καλλιέργειας καταλληλότερες θεωρούνται οι κοντόσωμες ποικιλίες μπιζελιού γιατί καλλιεργούνται χωρίς υποστήριξη και δεν πλαγιάζουν σε σημαντικό βαθμό (Εικ. 9). Από οφθαλμούς που βρίσκονται στα πρώτα γόνατα του κύριου βλαστού εκφύονται πλάγιοι βλαστοί, ο αριθμός των οποίων εξαρτάται κυρίως από το γενότυπο και δευτερευόντως από τις συνθήκες ανάπτυξης (Χα, 2007).



ΕΙΚΟΝΑ 9. Βλαστός *Pisum sativum* (Σιάνου, 2009).

Φύλλα

Το πρώτο φύλλο του μπιζελιού είναι απλό και αιχμηρό. Το δεύτερο αποτελείται από τρία δυσδιάκριτα τμήματα, ενώ το τρίτο έχει πολύ μεγάλα παράφυλλα, ένα ζεύγος φυλλαρίων και υποτυπώδη έλικα. Τα υπόλοιπα φύλλα εκφύονται κατ' εναλλαγή από το στέλεχος, είναι σύνθετα και αποτελούνται από δύο ή τρία ζεύγη φυλλαρίων και ένα ή περισσότερα ζεύγη

ελίκων που στην πραγματικότητα πρόκειται για τροποποιημένα φυλλάρια. Τα φυλλάρια είναι ευρέα και ωσειδή. Τα νεύρα είναι αρκετά ευδιάκριτα και το μεσαίο προεξέχει χαρακτηριστικά. Τα περιθώρια των φυλλαρίων μπορεί να είναι αρκετά ή ελαφρώς οδοντωτά (Εικ. 10).

Στη βάση κάθε φύλλου βρίσκονται δύο παράφυλλα που χαρακτηρίζονται από το μεγάλο τους μέγεθος. Τα παράφυλλα στο κατώτερο μέρος τους είναι οδοντωτά και στο κτηνοτροφικό μπιζέλι παρατηρείται ένας πορφυρός χρωματισμός στο σημείο που ακουμπούν το στέλεχος (Cousin, 1997).



ΕΙΚΟΝΑ 10. Φύλλα *Pisum sativum* (Σιάνου, 2009).

Ταξιανθία

Η ταξιανθία του μπιζελιού είναι βότρυς με ισχυρό κεντρικό άξονα και εκφύεται από τον οφθαλμό στη μασχάλη των φύλλων. Σε κάθε ταξιανθία αναπτύσσονται συνήθως 1-3 και σπανιότερα 4 μεγάλη άνθη, από τα οποία σχηματίζονται ισάριθμοι λοβοί. Μεγαλύτερος αριθμός λοβών ανά θέση σχηματίζεται στο λαχανοκομικό μπιζέλι. Το χρώμα των ανθέων διαφέρει με την ποικιλία και είναι λευκό, ροζ διάφορων τόνων, πορφυρό, ερυθρό-πορφυρό. Συνήθως το χρώμα στο κτηνοτροφικό μπιζέλι είναι ερυθρό-πορφυρό και στο λαχανοκομικό λευκό. Το ύψος επί του κεντρικού βλαστού,

όπου αναπτύσσονται τα πρώτα άνθη είναι χαρακτηριστικό της ποικιλίας (Εικ. 11).



ΕΙΚΟΝΑ 11. Άνθη του *Pisum sativum*

(<http://www.ruhr-uni-bochum.de/boga/html/Pisum.sativum.ho3.jpg>)

Σπόροι

Οι σπόροι του κτηνοτροφικού μπιζελιού είναι συνήθως σφαιρικοί και μερικές φορές ελαφρώς πεπλατυσμένοι, λείοι και σπανιότερα συρρικνωμένοι. Το χρώμα τους ποικίλλει από γκρι-καφέ μέχρι καστανό, μπορεί δε να είναι ποικιλόχρωμοι με διάφορες τεφροκάστανες αποχρώσεις (Εικ. 12). Στο λαχανοκομικό μπιζέλι οι σπόροι είναι σφαιρικοί, λείοι ή συρρικνωμένοι, με χρώμα κιτρινόλευκο ή κυανοπράσινο (Χα, 2007). Η απόδοση σε σπόρο του μπιζελιού εξαρτάτε πρώτιστα από το συνολικό αριθμό των λοβών και δευτερευόντως από τους σπόρους ανά λοβό (Gan et al., 2005).



ΕΙΚΟΝΑ 12. Καρποί του *Pisum sativum*

(http://www.seedsofchange.com/images/product_shots/PPS15987B.jpg).

Πολλαπλασιασμός

Το μπιζέλι είναι φυτό ιδιαίτερα αυτογονιμοποιούμενο. Η διασταύρωση των φυτών είναι σπάνια. Επιτυγχάνεται μόνο με τη μεσολάβηση διαφόρων εντόμων που επισκέπτονται τα κλειστά άνθη, αλλά με ώριμους γυρεόκοκκους και πραγματοποιούν τυχαία διασταυρώσεις και υβρίδια.

Οι διάφορες ποικιλίες που κυκλοφορούν στην αγορά είναι προϊόν τεχνητών διασταυρώσεων και πολλαπλασιασμών (Χα, 2007).

Μορφολογία

Ο αρακάς είναι φυτό μονοετές, αναρριχώμενο και με έλικες και χωρίς έλικες. Τα φύλλα είναι πτερωτά και καταλήγουν σε διακλαδισμένους έλικες 2-3 ζεύγη φυλλαρίων και με οδοντωτά παράφυλλα μεγαλύτερα από αυτά. Τα άνθη είναι λευκά, κοκκινωπά, μεγάλα 1-3 στους μασχαλιαίους ποδίσκους. Έχει κάλυκες κωνοειδείς με φυλλοειδή άνισα δόντια, τα επάνω δύο μικρότερα και τα κάτω πλατύτερα. Στεφάνη πλατιά, νεφροειδή με δύο ύβους στη βάση. Στήμονες διδελφούς συμφυείς σχηματίζουν σωλήνα εγκάρσιο ακρότομο σε ορθή γωνία. Στύλος γονατιστός στη βάση, διπλωτός κατά μήκος, πλατύς τοξοειδής, κυρτός με κορυφή πεπιεσμένη από τα πλάγια. Λοβός προμήκης, λοξά ακρότομος, που καταλήγει σε ράμφος με πολλά σπέρματα. Η διάπλαση του βλαστού παρουσιάζει διάφορες παραλλαγές (Δαλιάνης, 1993).

1.5 Ποικιλίες

1. Αναρριχώμενες με μακρούς βλαστούς και λεπτούς που φτάνουν μέχρι 2,5m και έχουν ανάγκη στηριγμάτων για να ανορθωθούν με τη βοήθεια των ελικοφόρων φύλλων (Εικ. 13).

2. Όρθιες ή νάνες με βλαστό όρθιο 45-50εκ. μήκους και φύλλα χωρίς ή με έλικες ατροφικούς και τις ημινάνες με βλαστό μέχρι 1μ. ύψος και φύλλα με έλικες αναπτυγμένους.

Οι διάφορες παραλλαγές του αρακά μπορούν να χωριστούν σε 4 ομάδες:

1. Με περικάρπιο περγαμηνώδες και καρπούς εδωδιμους ή με

- περικάρπιο σαρκώδες και εδώδιμο(ζαχαρομπίζελο).
2. Με βλαστό νανώδη, ή ημινανώδη ή αναρριχώμενο.
 3. Με σπέρματα λεία ή ρυτιδωμένα.
 4. Με σπέρματα λευκά ή πράσινα, ανάλογα με το λευκό ή πράσινο χρώμα των κοτύλων.

Τους εδώδιμους αρακάδες με λείο ή ρυτιδωμένο σπέρμα με λοβούς περγαμηνώδες που δεν τρώγονται παρά μόνο τα σπέρματα νωπά σαν λαχανικό και ξηρά σαν όσπρια. Οι Γάλλοι τους ονομάζουν (Pois a parchemins) και οι Άγγλοι (Chelling Peas). Τους εδώδιμους αρακάδες ή μπιζέλια με περικάρπιο σαρκώδες και τρυφερό που τρώγεται (ζαχαρομπίζελο) οι Γάλλοι το ονομάζουν (Mange tout ή Pois sans parchemin) και οι Άγγλοι (Sweet Peas) (Αγγίδης, 1999).



ΕΙΚΟΝΑ 13. Αναρριχώμενη ποικιλία μπιζελιού.

(http://www.seedsofchange.com/images/product_shots/PPS15987B.jpg).

1.6 Πρωιμότητα

Η πρωιμότητα είναι χαρακτηριστικό της ποικιλίας και επηρεάζεται από την εποχή σποράς, τις κλιματολογικές συνθήκες και την υγρασία.

Η πρωιμότητα σε κάθε ποικιλία διακρίνεται από τη θέση των ανθέων στη μασχάλη των φύλλων. Όσο λιγότερα είναι τα στείρα γόνατα των βλαστών κάτω από τα πρώτα άνθη, τόσο πρωιμότερη είναι η ποικιλία. Πρωιμότερες είναι οι ποικιλίες που η άνθησή τους αρχίζει από το 50-80 γόνατο από τη βάση. Μεσοπρώιμες είναι οι ποικιλίες που η άνθησή τους αρχίζει από το 9^ο - 11^ο γόνατο του βλαστού και όψιμες αυτές που η άνθησή τους αρχίζει από το 12^ο γόνατο και πάνω.

Η πρωιμότητα μιας ποικιλίας του αρακά παίζει σημαντικό ρόλο στο οικονομικό αποτέλεσμα της καλλιέργειας, προκειμένου η παραγωγή να διατεθεί νωπή στην αγορά. Η πρωιμότερη παραγωγή που εμφανίζεται στην αγορά επιτυγχάνει τις ανώτερες τιμές. Όλες οι βαθμίδες ωρίμανσης παίζουν σημαντικό ρόλο στη βιομηχανική καλλιέργεια, διότι παρέχουν τη δυνατότητα α.-κλιμάκωση της σποράς β.-προσαρμογή της ωρίμανσης και συγκομιδής ανάλογα με τη δυνατότητα απορρόφησης του μηχανολογικού εξοπλισμού της βιομηχανίας και γ.-αποφυγή δυσμενών επιδράσεων από τις κλιματολογικές συνθήκες, ιδιαίτερα στη χώρα μας (Ολυμπίου, 1996).

1.7 Εκατοστιαία περιεκτικότητα του αρακά

Ο αρακάς νωπός, κονσερβοποιημένος, κατεψυγμένος, αφυδατωμένος, ή ξηρός(όσπριο), έχει μεγάλη κατανάλωση στην αγορά και ιδιαίτερα ο νωπός κατεψυγμένος που βρίσκεται όλο το χρόνο στη διάθεση της αγοράς.

Μια μικρή διαφοροποίηση ως προς την εκατοστιαία περιεκτικότητα των συστατικών υπάρχει στις διάφορες ποικιλίες και ιδιαίτερα μεταξύ των ποικιλιών που έχουν σπόρους λείους ή ρυτιδωμένους (Πίνακας 3) (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Εκατοστιαία σύνθεση του αρακά σε νωπή ή ξηρή κατάσταση (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

	Χλωρός%	Ξηρός%
Νερό	79	6-20
Πρωτίδια	7,5	22-27
Υδατάνθρακες	13	53-58
Λίπη	0,5	5-9

1.8. Οικολογικές Συνθήκες

Το μπιζέλι είναι φυτό των δροσερών και υγρών περιοχών. Οι περισσότερες ποικιλίες είναι ευαίσθητες στο κρύο και ειδικότερα εκείνες που έχουν μακριά μεσογονάτια διαστήματα, μεγάλη φυλλική επιφάνεια και συρρικνωμένους σπόρους. Λίγες μόνο χορτοδοτικές ποικιλίες είναι ανθεκτικές στο κρύο. Οι σπόροι βλαστάνουν γρηγορότερα και τα νεαρά φυτά αναπτύσσονται ταχύτερα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, συγκρινόμενα με τα περισσότερα χειμερινά ψυχανθή. Αναφέρεται ότι ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως ο έγχρωμος οφθαλμός, το έγχρωμο ενδοσπέρμιο, οι κίτρινες κοτυληδόνες κ.α., που ελέγχονται από ειδικά γονίδια, συνδέονται με την αντοχή του μπιζελιού στις χαμηλές θερμοκρασίες. Η αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες αυξάνεται με τη σκληραγώγηση (Χα, 2007). Το μπιζέλι μπορεί να αντέξει μέχρι και -16°C . Είναι όμως φυτό ευαίσθητο στις υψηλές θερμοκρασίες της άνοιξης, κατά την περίοδο της άνθησης, οπότε δε γονιμοποιούνται τα άνθη με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης σε καρπό.

Οι υψηλές θερμοκρασίες επιδρούν δυσμενώς κυρίως στις καρποδοτικές καλλιέργειες, γιατί εμποδίζουν την ανάπτυξη των λοβών και μειώνουν πολύ την απόδοση σε σπόρο. Η δυσμενής επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών είναι μεγαλύτερη από εκείνη που προκαλεί ελαφρός παγετός. Συνδυασμός υψηλής θερμοκρασίας με μικρή φωτοπερίοδο έχει ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της άνθησης (Berry et al., 1996). Σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να καλλιεργηθεί το μπιζέλι για σανό και χλωρά λίπανση, γιατί η βλαστική ανάπτυξη επηρεάζεται λιγότερο από τις υψηλές θερμοκρασίες σε σχέση με την ανάπτυξη των λοβών.

Η φωτοσυνθετική ικανότητα του μπιζελιού σχετίζεται με την περιεκτικότητα N επειδή οι πρωτεΐνες στον κύκλο του Calvin και στα θυλακοειδή αντιπροσωπεύουν την πυκνότητα του N στο φύλλο. Κάποια είδη όταν αναπτυχθούν κάτω από συνθήκες χαμηλής ακτινοβολίας αυξάνουν την αναλογία του αζώτου στα φύλλα και μειώνουν την ικανότητα μεταφοράς ηλεκτρονίων με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η διαδικασία της φωτοσύνθεσης (John, 1989). Υψηλές ακτινοβολίες αυξάνουν την ανάπτυξη του φυτού, τη βιομάζα βλαστών και τη διάρκεια γεμίσματος του λοβού (Armstrong et al., 1994).

Γενικά η καλλιέργειες μπιζελιού είναι ευαίσθητες στους περιβαλλοντικούς ρύπους (NO_2 , SO_2 και O_3) επηρεάζοντας κυρίως τη φωτοσύνθεση (Akram et al., 2008). Μεγάλα ποσοστά O_3 μειώνουν τη φωτοσυνθετική ικανότητα, την στοματική αγωγιμότητα, την αύξηση και τη παραγωγή καρπών (Hakan, et al., 1996).

Το μπιζέλι είναι απαιτητικό σε υγρασία εδάφους λόγω της ταχείας και μεγάλης ανάπτυξης και του σχετικά επιπόλαιου ριζικού συστήματος. Παρ' όλο ότι υπάρχει κάποια διαφορά στις αναφορές που αφορούν το βάθος εισχώρησης του ριζικού συστήματος στο έδαφος, θεωρείται ότι το μπιζέλι μπορεί να απορροφήσει νερό μέχρι τα 70cm του εδάφους. Η ανάπτυξη του όμως περιορίζεται δυσμενώς σε υγρά και ψυχρά εδάφη.

Η ξηρασία περιορίζει την ανάπτυξη και σταματά την αζωτοδέσμευση. Η ανάπτυξη της φυλλικής επιφάνειας στο μπιζέλι εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος ενός εκάστου φύλλου, επειδή ο αριθμός των φύλλων ελάχιστα επηρεάζεται από την ξηρασία. Η μείωση της επιφάνειας των φύλλων μπορεί να είναι αποτέλεσμα του μικρότερου αριθμού κυττάρων, της μικρότερης μεγέθυνσης των κυττάρων ή και των δύο. Η απόδοση σε σπόρο σε ένα ξηρό περιβάλλον μπορεί να αυξηθεί με την αύξηση της παραγωγής λοβών, ενώ το βάρος ανά σπόρο μπορεί να βελτιωθεί με επιμήκυνση της αναπαραγωγικής αύξησης όπου συντελεί στην αύξηση του μεγέθους των κυττάρων των κοτυληδόνων (Gan et al., 2005).

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. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ποικιλιών του μπιζελιού που πρόκειται να καλλιεργηθούν σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα, πρέπει να είναι η πρώιμη βλαστική ανάπτυξη, άνθηση και ανάπτυξη των λοβών, πριν την εμφάνιση της ξηροθερμικής περιόδου.

Η έναρξη της άνθησης καθορίζεται από την αντίδραση κάθε γενότυπου στη φωτοπερίοδο και στη θερμοκρασία. Το μπιζέλι είναι φυτό μακράς φωτοπεριόδου και απαιτεί κατ' ελάχιστον 13 ώρες ημέρας για να ανθίσει (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005). Ο σχηματισμός των βλαστών στο μπιζέλι ενισχύεται κάτω από τις σύντομες φωτόπεριόδους. Η απόφυση οφθαλμών στους ανώτερους κόμβους στο μπιζέλι εμφανίζεται συχνά στην αρχή της

άνθισης και μπορεί επίσης να είναι, άμεσα ή έμμεσα, υπό τον έλεγχο φωτόπεριόδου (Grbi and Bleecker, 2000, Stirnberg et al., 2002).

1.9 Καλλιεργητικές φροντίδες.

Αμειψισπορά

Στις αμειψισπορές το μπιζέλι αποτελεί καλό προηγούμενο για τα σιτηρά διότι εάν σπαρθεί για την παραγωγή σανού αφήνει το έδαφος ελεύθερο ζιζανίων. Η καλλιέργεια που χρησιμοποιείται για σανό ή ενσίρωση αφήνει το έδαφος πλούσιο σε άζωτο σε σύγκριση με εκείνη που προορίζεται για καρπό. Σε πειράματα αμειψισποράς που έγιναν από το Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών βρέθηκε ότι η συνεχής αμειψισπορά σιτάρι-μπιζέλι για καρπό έδωσε χαμηλότερες αποδόσεις σιταριού όταν το μπιζέλι δεν δεχόταν λίπανση (Μετζάκης 1984). Οι αναφερόμενες στη βιβλιογραφία ποσότητες αζώτου που προέρχονται από την αζωτοδέσμευση κυμαίνονται ευρύτατα. Σε μεσογειακό κλίμα δεσμεύτηκαν από το μπιζέλι 0,4-10,7 kg. N/στρ., ανάλογα με τις βροχοπτώσεις (Carranca 1999).

Παρόλο ότι το μπιζέλι είναι απαιτητικό σε υγρασία εδάφους, δεν εξαντλεί υπερβολικά την υγρασία ώστε να δημιουργηθούν προβλήματα στην επόμενη καλλιέργεια (π.χ. σιτάρι), όταν αυτή δεν αρδεύεται (Nielsen, 2001).

Έδαφος

Το μπιζέλι αναπτύσσεται σε όλους τους τύπους εδαφών, από τα ελαφρά αμμοπηλώδη έως τα βαριά αργιλώδη αρκεί να είναι πλούσια σε οργανική ουσία και καλά οργωμένα. Δεν ευδοκίμει σε αλατούχα χωράφια, πολύ ασβεστούχα και πολύ υγρά.

Για μια πολύ πρώιμη παραγωγή προτιμούνται τα αμμοπηλώδη. Για μεγάλες αποδόσεις, όπου η πρωιμότητα δεν είναι τόσο σημαντική, προτιμούνται τα καλοστραγγισμένα αργιλοπηλώδη ή ιλυοπηλώδη εδάφη. Η καλή αποστράγγιση του χωραφιού αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιτυχία της καλλιέργειας των μπιζελιών τα οποία δεν ευδοκίμουν σε βαριά κακοστραγγισμένα χωράφια. Το επιθυμητό pH κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 6,7.

Δεν ευδοκιμεί στα πολύ όξινα εδάφη και σε μικρότερο pH από 5,5 καλό είναι να γίνεται προσθήκη ασβεστίου (Αγγίδης, 1999).

Τα ποτιστικά εξασφαλίζουν μεγαλύτερη στρεμματική απόδοση και παρέχουν τη δυνατότητα να γίνει και δεύτερη καλλιέργεια στο ίδιο χωράφι αμέσως μετά τη συγκομιδή του αρακά.

Σε περίπτωση που η παραγωγή του αρακά προορίζεται για βιομηχανική μεταποίηση και μηχανική συγκομιδή στο χωράφι, το χωράφι πρέπει να είναι ισοπεδωμένο και να έχει δρόμο πλάτους 3,5 m. ελεύθερο για την κυκλοφορία των μηχανών συγκομιδής και μεταφοράς της παραγωγής (Δαλιάνης, 1993).

Απολύμανση σπόρου

Για να αποφεύγονται μυκητολογικές προσβολές εδάφους στα νεαρά φυτά, πρέπει να απολυμαίνεται ο σπόρος. Η απολύμανση γίνεται με διάφορα μυκητοκτόνα όπως π.χ. με thiram σε αναλογία 125 gr για 100 kg σπόρου, με Καπτάν Κ.ά.

Μέσα σε ένα δοχείο με καπάκι ή λόθρα ρίχνουμε σπόρο με το ανάλογο μυκητοκτόνο και ανακατεύονται μέχρις ότου καλυφθούν επιφανειακά οι σπόροι καλά από το φάρμακο (Χα, 2007).

Ποσότητα σπόρου

Η ποσότητα του σπόρου που θα απαιτηθεί από στρέμμα εξαρτάται από το μέγεθος του σπόρου 12-20 kg.

Για μικρόκαρπες ποικιλίες 12-15 kg και για μεγαλόκαρπες 20 kg. Όταν η συγκομιδή γίνεται μηχανικά πρέπει να υπάρχουν περισσότερα φυτά στο στρέμμα σε σχέση με τη χειροσυλλογή. Για τον λόγο αυτό πρέπει ανάλογα με το μέγεθος των σπόρων να χρησιμοποιούνται ανά στρέμμα οι μεγαλύτερες ποσότητες (Χα, 2007).

Εποχή σποράς

Οι σπόροι του μπιζελιού διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. Ποικιλίες με σπόρο λείο επιφανειακά (φλοιό) 2. Ποικιλίες με σπόρο με φλοιό ρυτιδωμένο.

Οι ποικιλίες με σπόρο λείο επιφανειακά, αντέχουν στη παγωνιά και υπάρχει δυνατότητα πρώιμης σποράς, ενώ οι ποικιλίες με σπόρο ρυτιδωμένο επιφανειακά δεν αντέχουν στη παγωνιά και πρέπει να σπέρνονται όψιμα. Η σπορά αρχίζει πρώιμα τον Νοέμβριο και συνεχίζεται όψιμα μέχρι τον Μάρτιο. Οι ποικιλίες με σπόρο λείο μπορούν να σπέρνονται από τον Νοέμβριο έως Μάρτιο, ενώ ποικιλίες με σπόρο ρυτιδωμένο από τέλος Ιανουαρίου έως Μάρτιο (Χα, 2007).

Η ημερομηνία σποράς είναι ένας άλλος σοβαρός παράγοντας που έχει επιπτώσεις στην παραγωγή σπόρου μπιζελιών. Στα ξηρά και ημιάγονα περιβάλλοντα, η πρόωρη φύτευση αύξησε τις αποδόσεις σε σπόρο στα φυτά μπιζελιού (Ludlow and Muchow 1990, Gan et al., 2002)

Πολλές φορές οι καιρικές συνθήκες δεν ευνοούν την έγκαιρη σπορά. Στη περίπτωση αυτή η σπορά μπορεί να γίνεται και μέχρι 10 Απριλίου. Η υψηλή θερμοκρασία και η έλλληψη νερού μπορεί να μείωση τον ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας μπιζελιού, (Guilioni et al., 2003) γι' αυτό δεν πρέπει να υπάρχουν παρατεταμένες θερμοκρασίες πάνω από 28 °C και τα ποτίσματα πρέπει να είναι τακτικά.

Σπορά

Η σπορά πρέπει να γίνεται γραμμική οι γραμμές φύτευσης απέχουν 0,60m. - 0,90m. Η απόσταση επί της γραμμής είναι μεταξύ 35-45 cm. σε αποστάσεις γραμμών Μεγαλύτερες αποστάσεις αφήνουν κενά στο χωράφι και μειώνεται η στρεμματική απόδοση (Εικ. 14). έχει αναφέρει ότι η ποσότητα σπόρου επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, με ποσότητες 50-75 σπόρων/m² μεγιστοποιούν τις παραγωγές μπιζελιών στο δυτικό Καναδά (Johnston et al., 2002). Ένας συνδυασμός πρώιμης σποράς (στις 14 Ιανουαρίου), με ένα ποσοστό σπόρων (90 σπόροι m²) με άρδευση και με προσθήκη λιπάσματος P (P 52.5 kg/εκτάριο) μεγιστοποιεί τις παραγωγές καλλιεργούμενων μπιζελιών στα ημιάγονα μεσογειακά περιβάλλοντα (Tawahe et al., 2003).

Ο σπόρος πέφτει στη σειρά πάνω σε κάθε γραμμή με σπαρτική μηχανή ρυθμισμένη να ρίχνει 12-20 kg σπόρο ανά στρέμμα, ανάλογα με το μέγεθος

του σπόρου. Ο έλεγχος της μηχανής πρέπει να γίνεται προσεκτικά, γιατί λιγότερος σπόρος ανά στρέμμα δίδει αντίστοιχα μικρότερη παραγωγή.



ΕΙΚΟΝΑ 14. Καλλιέργεια μπιζελιού
(www.gettyimages.com/detail/AR3576-001/Stone).

Μετά τη σπορά πρέπει να κυλινδρίζεται το έδαφος του χωραφιού εάν είναι δυνατόν, για την ισοπέδωση του χωραφιού όταν πρόκειται να γίνει μηχανική συγκομιδή, αλλά και να βοηθήσει στο φύτευμα του σπόρου, με την ταχύτερη άνοδο της υγρασίας του εδάφους. Στις βόρειες και ψυχρές περιοχές που η σπορά γίνεται την άνοιξη η φθινοπωρινή άροση αποτελεί πλεονέκτημα διότι επιτρέπει την πρόωμη σπορά την άνοιξη. Με τον τρόπο αυτό μπορεί κανείς να σπείρει μια εβδομάδα νωρίτερα.

Στις ζεστές περιοχές που η σπορά γίνεται το φθινόπωρο και αν τα μπιζέλια ακολουθούν σκαλιστικά φυτά που αφήνουν το έδαφος σε καλή κατάσταση η σχολαστική προετοιμασία του εδάφους δεν είναι και τόσο απαραίτητη. Καλή προετοιμασία του εδάφους είναι απαραίτητη για τα μπιζέλια όπου η σπορά γίνεται στα πεταχτά ή με σπαρτική μηχανή σιτηρών δεδομένου ότι κάτω από αυτές τις συνθήκες δεν γίνονται σκαλίσματα και τα ζιζάνια μπορεί να δημιουργήσουν σοβαρό πρόβλημα (Αγγίδης, 1999).

Βάθος σποράς

Το βάθος σποράς παίζει σημαντικό ρόλο στο καλό φύτευμα και στην καλή αρχική ανάπτυξη των φυτών. Οι Johnston και Stevenson (2001) ανέφεραν ότι το βέλτιστο βάθος σποράς στα καναδικά λιβάδια ποικίλει ανάλογα με τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες, αλλά σπέρνοντας σε βάθη > 76 mm

μπορούν να μειώσουν την πυκνότητα των αποστάσεων και τις αποδόσεις σε σπόρο.

Σε λίγο βαρύ έδαφος το βάθος σποράς δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 2-3 εκ., ενώ σε ελαφρά εδάφη 3-4 εκ. Ως προς το βάθος σποράς αναφέρεται ότι παρόλο που το μπιζέλι μπορεί να φυτρώσει σε μεγάλο βάθος, σπορά βαθύτερα από 7-8 cm δεν προσφέρει κανένα πλεονέκτημα (Johnston and Stevenson, 2001). Σκαλίσματα και βοτανίσματα είναι απαραίτητα αν δεν καλυφτεί γρήγορα το έδαφος από την καλλιέργεια.

Για την στήριξη των φυτών χρησιμοποιούνται καλάμια, πάσσαλοι, σύρματα και δίχτυα. Σε επαγγελματικές καλλιέργειες για κατάψυξη ή κονσερβοποίηση η συγκομιδή γίνεται με θεριζοαλωνιστικές μηχανές. Τα πράσινα μπιζέλια για λωπά συγκομίζονται με το χέρι όταν ακόμα οι λοβοί είναι σε πλήρη ανάπτυξη και πριν αρχίσουν να σκληραίνουν, σε 2 - 3 χέρια (Μετζάκης, 1984).

Φύτρωμα

Το φύτρωμα γίνεται γρήγορα ή αργά, ανάλογα με τη θερμοκρασία και υγρασία που διαθέτει το έδαφος του χωραφιού. Λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας του χειμώνα πολλές φορές καθυστερεί το φύτρωμα 15-20 ημέρες (Εικ. 15).



ΕΙΚΟΝΑ 15. Φύτρωμα του σπόρου *Pisum sativum*

(<http://images.google.gr/imgres?imgurl=http://farm3.static.flickr.com>)

Τα φυτά αρχίζουν αραιά να αναπτύσσουν δραστηριότητα, όταν η μέση θερμοκρασία του εδάφους είναι πάνω από 4,4°C (Εικ 16).



ΕΙΚΟΝΑ 16. Η καλλιέργεια μπιζελιού στον πειραματικό αγρό (Σιάνου, 2009).

Αντιμετώπιση ζιζανίων

Αφού ολοκληρωθεί το φύτεμα και τα φυτά φθάσουν σε ύψος 4-5 εκ. Πρέπει να γίνεται ένα σκάλισμα. Το σκάλισμα βοηθά την ανάπτυξη των φυτών, γιατί βελτιώνει τον αερισμό, συγκρατεί την εδαφική υγρασία και καταστρέφει τα ζιζάνια, που αφαιρούν υγρασία και θρεπτικά συστατικά του εδάφους του χωραφιού και ως ξενιστές εντόμων μεταδίδουν στα φυτά ασθένειες (Rsmussen, 1992).

Το σκάλισμα αποφεύγεται με τη χρήση ζιζανιοκτόνων που καταστρέφουν τα ζιζάνια. τρόπο εφαρμογής.

Η καταπολέμηση των ζιζανίων γίνεται είτε με σκάλισμα είτε με χημικά μέσα. Η εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων στο χωράφι πρέπει να γίνεται, σύμφωνα με τις οδηγίες που δίδονται και αναγράφονται στην ετικέτα της συσκευασίας του ζιζανιοκτόνου. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται, όταν η εφαρμογή γίνεται σε ελαφρά αμμώδη εδάφη που μπορεί να γίνουν μικρές ή μεγάλες ζημιές (Harker et al. 2001).

Σήμερα προσφέρονται πολλά ζιζανιοκτόνα στο εμπόριο, που διακρίνονται σε προφυτρωτικά και μεταφυτρωτικά. Προφυτρωτικά χρησιμοποιούνται το Treflan 48%, το Aresin 47.5%, το Karmex 80%, το Tok E-25, το Lasso 48%. το Bladex 50 κ.ά. Μεταφυτρωτικά εφαρμόζεται το Arctit 50% με ράντισμα, όταν τα πλατύφυλλα αγριόχορτα έχουν 3-4 φύλλα και η βλάστηση του αρακά περίπου 15cm.

Στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης, το φυτό του μπιζελιού δεν μπορεί να ανταγωνιστεί τα ζιζάνια, ιδιαίτερα εάν η σπορά έχει γίνει σε περιοχές που το

κλίμα τους την άνοιξη είναι ψυχρό, με αποτέλεσμα η ανάπτυξη του φυτού να είναι περιορισμένη. Αντιθέτως όσο αναπτύσσεται το φυτό τόσο περισσότερο ανταγωνίζεται τα ζιζάνια. Προκειμένου όμως να απαλλαγεί η φυτεία από τα ζιζάνια συνίσταται ψεκασμός με επιλεκτικά ζιζανιοκτόνα. Η ανθεκτικότητα του φυτού στα ζιζανιοκτόνα εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε κερύ στα φύλλα. Η περιεκτικότητα σε κερύ καθορίζει την ανθεκτικότητα και διαφέρει ποσοτικά στις καλλιεργούμενες ποικιλίες (Χα, 2007).

1.10 Άρδευση και λίπανση

Άρδευση

Για υψηλές αποδόσεις το μπιζέλι χρειάζεται επάρκεια υγρασίας ιδίως κατά το στάδιο της άνθησης (Benjamin et al. 2006).

Λόγω του μεγάλου σε βάθος ριζικού συστήματος και παρόλο την πλούσια φυλλική επιφάνεια το φυτό αντέχει και σε περιοχές με λίγες βροχοπτώσεις αρκεί να υπάρχει δροσερό περιβάλλον ώστε να μετριαστεί η διαπνοή. Η κριτική περίοδος για το φυτό ξεκινάει από την περίοδο της άνθησης μέχρι την πτώση των πετάλων. Εάν το φυτό δεν τροφοδοτηθεί με την απαιτούμενη ποσότητα νερού εκείνη την χρονική περίοδο τότε η απόδοση θα ελαττωθεί. Η τεχνική που εφαρμόζεται στην Ελλάδα για την αποφυγή της ξηρασίας στο κρίσιμο στάδιο είναι η εφαρμογή συχνών αρδεύσεων πριν την ανθοφορία (Χα, 2007).

Λίπανση

Δε συνίσταται χρήση λιπασμάτων στις περισσότερες περιπτώσεις στο κτηνοτροφικό μπιζέλι. Σε όσες περιπτώσεις χρειάζεται λίπασμα, τότε αυτό προστίθεται πριν την άροση και σε ποσότητες που εξαρτώνται από το έδαφος και τις προηγούμενες καλλιέργειες του αγρού. Εάν ο αγρός το προηγούμενο καλοκαίρι είχε καλλιεργηθεί με σκαλιστικά και είχε δεχθεί μεγάλες δόσεις λιπασμάτων, τα μπιζέλια θα θέλουν λίγη ή καθόλου πρόσθετη λίπανση. Εάν η προηγούμενη καλλιέργεια λιπάνθηκε ελάχιστα και το έδαφος είναι φτωχό συνιστάται η χρησιμοποίηση 20 έως 25 κιλών υπερφωσφορικού του τύπου 0-

20-0 και 5 έως 6 κιλών θειικής αμμωνίας ή το ισοδύναμο κάποιου άλλου αζωτούχου λιπάσματος. Κοπριά 1-2 τόνοι στο στρέμμα βελτιώνει τη φυσική σύσταση του εδάφους και προσθέτει λιπαντικά στοιχεία ανάλογα με την προέλευση και την ποιότητα της κοπριάς (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

Την κοπριά αντικαθιστούν σήμερα τα βιολογικά οργανικά λιπάσματα, που χρησιμοποιούνται με άριστα αποτελέσματα σε όλες τις καλλιέργειες.

Ο εμβολιασμός των μπιζελιών με κατάλληλες καλλιέργειες αζωτοβακτηρίων συνιστάται ιδιαίτερα σε όσες περιπτώσεις τα μπιζέλια καλλιεργούνται για πρώτη φορά στο χωράφι. Μερικοί παραγωγοί μεταφέρουν χώμα από τους αγρούς που είχαν καλλιεργηθεί με μπιζέλια που είχαν σχηματίσει φυμάτια στις ρίζες τους και το διασκορπίζουν στα χωράφια τους. Δεν είναι βέβαιο ότι η τεχνική αυτή θα είναι αποτελεσματική γιατί δεν είναι γνωστό εάν στα φυμάτια περιέχονται κατάλληλοι βιότυποι του αζωτοβακτηρίου. Μερικοί παραγωγοί προτιμούν να χορηγούν αζωτούχα λιπάσματα για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των φυτών παρά να κάνουν εμβολιασμούς (Δαλιάνης, 1993).

Φώσφορος

Τη μεγαλύτερη ανάγκη φωσφόρου έχουν τα φυτά στο πρώτο στάδιο της ανάπτυξής τους για την πλήρη ανάπτυξη των σπόρων (Spencer and Chan 1991). Αυτό φαίνεται και από τη θετική επίδραση του φωσφόρου στην ανάπτυξη πλουσίου ριζικού συστήματος. Το στοιχείο αυτό δρα σαν φορέας του φωσφορικού μέσα στο φυτό.

Οι μεγάλες απαιτήσεις στη λίπανση φωσφόρου έχουν αναφερθεί σε συγκομιδές στα αλκαλικά και ασβεστούχα εδάφη, τα οποία χαρακτηρίζονται συχνά από τα χαμηλά επίπεδα φωσφόρου που περιορίζουν την αύξηση της καλλιέργειας (Turk 1997, Turk and Tawaha 2001). Ένας βέλτιστος ανεφοδιασμός με P στο πρώτο στάδιο της αύξησης της καλλιέργειας Γενικά οι καλλιέργειες απαιτούν φωσφορικό σε πολύ μικρότερες ποσότητες από το άζωτο και το κάλιο. (Σφήκας Α., 1995).

Κάλιο

Το κάλιο βρίσκεται στο πρωτόπλασμα, το χυμοτόπιο και σε μικρές ποσότητες στον πυρήνα. Το στοιχείο αυτό έχει βασική σημασία για την διατήρηση της περατότητας των βιολογικών μεμβρανών. Συμμετέχει στη λειτουργία της αναπνοής, στη φωτοσύνθεση των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και του κιτρικού οξέος. Ο ρόλος του καλίου είναι σημαντικός για την ποιότητα των προϊόντων. Γενικά η ποσότητα του καλίου που προσλαμβάνουν τα φυτά από το έδαφος κυμαίνεται από 3-15 γραμμ. στο στρέμμα.

Μαγνήσιο

Το μαγνήσιο είναι απαραίτητο στοιχείο για πολλές ενδημικές αντιδράσεις και αποτελεί συστατικό της χλωροφύλλης. Εφ' όσον η εκατοστιαία περιεκτικότητα μαγνησίου σε ώριμα φύλλα είναι πάνω από 0,20-0,25% στη ξηρά ουσία, το φύλλο δεν παρουσιάζει συμπτώματα έλλειψης μαγνησίου.

Θείο

Το θείο είναι απαραίτητο συστατικό ορισμένων αμινοξέων και επομένως ορισμένων ενζύμων. Το φυτό προσλαμβάνει θείο ως θειικό, που ανάγει σε σουλφαμιδικό, χρήσιμο για τη σύνθεση ορισμένων αμινοξέων. Το θείο χρησιμοποιείται για τη βελτίωση αλκαλικών εδαφών.

Ιχνοστοιχεία

Τα ιχνοστοιχεία χρησιμοποιούνται από το φυτό σε εξαιρετικά μικρή ποσότητα, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι είναι μικρή και η σημασία τους. Τα περισσότερα από τα ιχνοστοιχεία, όπως ο σίδηρος, το μαγνήσιο, ο ψευδάργυρος, ο χαλκός είναι συστατικά διαφόρων ενζύμων ή και συνενζύμων. Το μαγγάνιο συσχετίζεται με την οξειδοαναγωγική κατάσταση του φυτού και με τον μεταβολισμό του σιδήρου και αζώτου ενώ το μολυβδαίνιο στον μεταβολισμό του αζώτου. Ο ρόλος του βορίου είναι άγνωστος, όπως και του χλωρίου. Πολλές φορές έχει διαπιστωθεί ότι η ολική

ποσότητα ενός ιχνοστοιχείου δεν έχει τόση σημασία για τη θρέψη των φυτών, όσο η σχέση μεταξύ των στοιχείων (Πίνακας 4) (Δαλιάνης, 1993).

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Κρίσιμες ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων για την ανάπτυξη των φυτών που απαιτούνται στο διάλυμα για την αύξηση και ανάπτυξη του φυτού.

Στοιχεία	Χιλιοστά του γραμμαρίου ανά γραμμάριο ξηράς ουσίας
Μολυβδαίνιο	0,1
Χαλκός	6
Βόριο	20
Ψευδάργυρος	20
Μαγγάνιο	50
Σίδηρος	100
Χλώριο	100
Θείο	1.000
Φώσφορος	2.000
Μαγνήσιο	2.000
Ασβέστιο	5.000
Κάλιο	10.000
Άζωτο	15.000

1.11 Ωρίμανση και συγκομιδή

Το κτηνοτροφικό μπιζέλι καλλιεργείται για σανό, ενσίρωση, χλωρή νομή, λίπανση και καρπό. Όταν προορίζεται για την παραγωγή σανού το κτηνοτροφικό μπιζέλι συνήθως καλλιεργείται με βρώμη, βρίζα ή κριθάρι. Το κατάλληλο στάδιο συγκομιδής του κτηνοτροφικού μπιζελιού για σανό είναι όταν έχουν σχηματιστεί καλά οι περισσότεροι λοβοί του. Οι στρεμματικές αποδόσεις σε σανό είτε μόνο του είτε σε συγκαλλιέργεια με σιτηρά κυμαίνονται από 250-750 Kg ανάλογα με τις συνθήκες. Το κτηνοτροφικό μπιζέλι σε συγκαλλιέργεια με σιτηρά δίνει καλής ποιότητας και υψηλής θρεπτικής αξίας ενσιρωμένη τροφή. Η κοπή για ενσίρωση θα πρέπει να γίνεται όταν ο καρπός του σιτηρού είναι σχεδόν ώριμος. Δεδομένου ότι το κτηνοτροφικό μπιζέλι δεν πρέπει να πατιέται, για βοσκή επιτυγχάνει μόνο

όταν συγκαλλιεργείται με ένα μικρό σιτηρά ή όταν αφήνεται να ωριμάσει, έτσι ώστε ολόκληρο το φυτό να χρησιμοποιείται για βοσκή.

Για την παραγωγή καρπού το μπιζέλι πρέπει να συγκομίζεται όταν οι λοβοί του έχουν ωριμάσει. Η συγκομιδή του αρακά γίνεται όταν τα σπέρματα του έχουν αποκτήσει το μέγιστο του όγκου τους και είναι ακόμα τρυφερά και πλούσια σε ζάχαρα. Οι λοβοί πρέπει να είναι καλογεμισμένοι με τρυφερούς σπόρους και το χρώμα τους αλλάζει από το σκούρο προς το ανοικτό πράσινο. Η σκληρότητα του περιβλήματος καθώς και εκείνη του εμβρύου αποτελούν μέτρο ωρίμανσης που μπορεί να προσδιορισθεί με μηχανικά μέσα, όπως είναι ο τρυφερομετρητής (Εικ. 17) (Αγγίδης, 1999).

Τα γλυκομπίζελα συγκομίζονται όταν οι λοβοί τους αποκτήσουν εμπορεύσιμο μέγεθος και πριν χάσουν τη γλυκύτητα τους. Το κλίμα της χώρας μας είναι πιο θερμό και πιο ξερό από ότι χρειάζεται το φυτό. Σαν κτηνοτροφικό φυτό για την παραγωγή σανού το κτηνοτροφικό μπιζέλι έχει κάποια σημασία για την ορεινή Ελλάδα ειδικότερα αν βρεθούν ποικιλίες ανθεκτικές στο κρύο και τις ασθένειες. Αντίθετα για τις πεδινές περιοχές θεωρείται σαν ακατάλληλη καλλιέργεια (<http://alex.eled.duth.gr>).

Ανάλογα με τους τρυφερομετρικούς βαθμούς γίνεται ταξινόμηση του αρακά ως εξής: 90° - 105° ο αρακάς είναι πρώτης διαλογής, κατάλληλος για κατάψυξη και κονσερβοποίηση, 106° - 120°. Ο αρακάς είναι ποιότητας STANDARD κατάλληλος για κατάψυξη και κονσερβοποίηση, από 120° και πάνω είναι ακατάλληλος για κατάψυξη και κονσερβοποίηση. Στην Αμερική χρησιμοποιείται το σύστημα (GROWING-DEGREES-DAYS).

Αυτό είναι σημαντικό για τον προγραμματισμό καλλιεργειών αρακά από τις μεταποιητικές βιομηχανικές μονάδες, για την προσαρμογή σποράς ποικιλιών, πρωίμων, μεσοπρώϊμων και όψιμων, ανάλογα με τις απαιτήσεις του προγράμματος παραγωγής και της δυναμικότητας του μηχανολογικού εξοπλισμού. Συγκεκριμένα για τις Ελληνικές συνθήκες, ο επαρκής μηχανολογικός εξοπλισμός συγκομιδής αρακά, αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ομαλή λειτουργία της βιομηχανίας και την εξασφάλιση ποιοτικής παραγωγής προϊόντων αρακά (Αγγίδης, 1999).



ΕΙΚΟΝΑ 17. Τρυφωμετρητής (Αγγίδης, 1999).

Η συγκομιδή του μπιζελιού γίνεται με το χέρι, προκειμένου να διατεθεί στη λιανική πώληση νωπών λοβών στην αγορά και μηχανικά, συγκομιδή και εκκόκκιση νωπών λοβών για βιομηχανική μεταποίηση.

Για να επιτευχθεί ποιότητα και χαμηλό κόστος στη βιομηχανική μεταποίηση του αρακά, πρέπει να υπάρχει υποδομή μηχανικής συγκομιδής και εκκόκκισης και μηχανολογικός εξοπλισμός μεταποίησης συνεχούς λειτουργίας, που να ανταποκρίνεται στον προγραμματισμό παραγωγής της βιομηχανίας.

1. Συγκομιδή με το χέρι: Η συγκομιδή με το χέρι νωπών λοβών για λιανική ή και βιομηχανική διάθεση αρχίζει όταν οι σπόροι του αρακά αναπτυχθούν κανονικά μέσα στο λοβό παραμένουν τρυφεροί και πριν προχωρήσουν στην ολοκληρωτική ωρίμανση (ξηραθούν).

2. Μηχανική συγκομιδή για βιομηχανική μεταποίηση.

Η μηχανική συγκομιδή απαιτεί προγραμματισμό σποράς και χρήση βιομηχανικών ποικιλιών, πρώιμου, μεσοπρώιμων και όψιμων.

A. Για να υπάρχει κλιμακωτή ωρίμανση και συγκομιδή και B. Να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή παράταση της λειτουργίας της βιομηχανικής μεταποίησης (Αγγίδης 1999).

Εκκοκκιστικές μηχανές και η λειτουργία τους

Η πρώτη εκκοκκιστική μηχανή αρακά κατασκευάστηκε από τη Γαλλίδα μηχανικό FAYRE το 1883.

Οι εκκοκκιστικές μηχανές διακρίνονται: 1. Σε σταθερές που τοποθετούνται στο βιομηχανικό χώρο και 2. Σε ελκόμενες και αυτοκινούμενες που μεταφέρονται και λειτουργούν στο χωράφι.

A. Σταθερές υπάρχουν δύο ειδών:

1. Στις εκκοκκιστικές νωπών λοβών που συγκομίζονται με το χέρι και μεταφέρονται για εκκόκκιση στο εργοστάσιο και

2. Στις εκκοκκιστικές λοβών με το υπέργειο τμήμα των φυτών. Τα φυτά θερίζονται και μεταφέρονται για εκκόκκιση στη σταθερή εκκοκκιστική μηχανή που τοποθετείται στο εργοστάσιο ή σε χώρο κοντά στο χωράφι.

Στις σταθερές εκκοκκιστικές μηχανές οι εκκοκκισμένοι σπόροι πέφτουν με τη βαρύτητά τους σε αντίθετα κινούμενο κεκλιμένο πλαίσιο (πλαστικής ή ελαστικής επιφάνειας), που με την ανοδική του κίνηση απομακρύνει διαφυγόντα με τους κόκκους του αρακά φύλλα ή τμήματα λοβών, ενώ οι κόκκοι του αρακά συγκεντρώνονται σε κανάλι που βρίσκεται κάτω και κατά μήκος του κεκλιμένου πλαισίου και με μεταφορική ταινία μεταφέρονται στη γραμμή μεταποίησης εάν η σταθερή εκκοκκιστική είναι τοποθετημένη το εργοστάσιο, ή σε πλατφόρμα για τη μεταφορά του αρακά στο σιλό του εργοστασίου.

Οι αποδόσεις των σταθερών εκκοκκιστικών μηχανών κυμαίνονται από 500-3000 κιλά την ώρα, ανάλογα με το μέγεθος και τη δυνατότητα της μηχανής.

Εκκοκκιστικές μηχανές στο χωράφι

Οι εκκοκκιστικές μηχανές που συλλέγουν και εκκοκκίζουν τους λοβούς του αρακά στο χωράφι, είναι ελκόμενες ή αυτοκινούμενες (εικ. 18-20). Έχουν επικρατήσει οι αυτοκινούμενες. Συλλέγουν από τα όρθια φυτά του χωραφιού μόνο τους λοβούς και στη συνέχεια τους εκκοκκίζουν (εικ.15) (Τσατσαρέλης 2006).

Υπάρχουν ελκόμενες και αυτοκινούμενες μηχανές που συγκεντρώνουν και εκκοκκίζουν τους λοβούς θερισμένων φυτών στο χωράφι (εικ. 21,22,23).

Οι αυτοκινούμενες μηχανές διαθέτουν σιλό χωρητικότητας συνήθως 600 - 700 κιλών εκκοκκισμένου αρακά. Τα σιλό είναι ανατρεπόμενα (εικ. 28), για να εκκενώνουν το περιεχόμενό τους στις πλατφόρμες των μεταφορικών οχημάτων της.

Το σύστημα εκκόκκισης όλων των εκκοκκιστικών μηχανών στηρίζεται στην αρχή της κρούσης και στη βοήθεια αέρα. Φέρουν σύστημα τροφοδότησης με μεταφορική ταινία, αναβατόριο για τη μεταφορά των λοβών στο τμήμα εκκόκκισης. Το τμήμα εκκόκκισης αποτελείται από τύμπανα με πλήκτρα που κινούνται μέσα σε δικτυωτά πλαστικά ή μεταλλικά κόσκινα, σύστημα αέρος, για την απομάκρυνση των φλοιών των λοβών και υπέργειων των τμημάτων των φυτών.

Η εκκόκκιση γίνεται στα πλήκτρα που κινούνται με μεγάλη ταχύτητα στροφών, κτυπούν, ανοίγουν τους λοβούς και ελευθερώνουν τους κόκκους του αρακά. Οι κόκκοι περνούν από τις τρύπες των δικτυωτών και οδηγούνται στο σιλό. Οι φλοιοί των λοβών μετά την εκκόκκιση προωθούνται με ατέρμονα κοχλία ή πνευματικό σύστημα έξω από τη μηχανή.

Οι εκκοκκισμένοι κόκκοι μεταφέρονται στα σιλό των εργοστασίων για μεταποίηση (Τσατσαρέλης 2006).



ΕΙΚΟΝΑ 18. Χωράφι αρακά για μηχανική συγκομιδή στο Παρθένιο Θεσ/νίκης



ΕΙΚΟΝΑ 19. Παραγωγός με ρίζες αρακά έτοιμοι για συγκομιδή



ΕΙΚΟΝΑ 20. Εκκένωση του αρακά από το σιλό της εκκοκκιστικής



ΕΙΚΟΝΑ 21. Πρώτο τμήμα συλλογής και προώθησης φυτών αρακά για εκκοκκισμό μηχανής



ΕΙΚΟΝΑ 23. Συλλεκτικές και εκκοκκιστικές μηχανές εκκοκκίζουν αρακά θερισμένο



ΕΙΚΟΝΑ 22. Θερισμένη φυτεία αρακά έτοιμη για εκκοκκισμό

1.12 Εχθροί και ασθένειες

Οι κυριότεροι εχθροί είναι οι εξής

Κάμπια μπιζελιού (*Laspeyresia nigricana*), Θρίπας μπιζελιών (*Kakothrips robustus*), Βρούχος μπιζελιών (*Bruhus pisorum*), Κηκκιδόμυγα μπιζελιών (*Contarina pisi*), Φυτομάζα *Phytomyza atricornis*), Σιτόνα μπιζελιού (*Sitona lineatus*), Αφίδα μπιζελιού (*Aphis craccivora*) (Δαλιάνης, 1993).

Διάφορα ζώφια, δρίπες και αφίδες

Είναι επικίνδυνα γιατί δημιουργούν σοβαρές ζημιές στις καλλιέργειες. Έμμεσα σαν φορείς ιών που προκαλούν διάφορες ιώσεις στα φυτά, άμεσα γιατί τρυπούν, κόβουν ή ξύνουν τους ιστούς των φυτών και τρέφονται με τον κυτταρικό χυμό.

Αντιμετωπίζονται με απομάκρυνση μέσα και γύρω από τις καλλιέργειες των ζιζανίων που είναι ξενιστές και φιλοξενούν τα ζώφια, με τη χρήση εντομοκτόνων που προσφέρονται πολυάριθμα στο εμπόριο φυτοφαρμάκων, όπως είναι για τους θρίπες το Diazinon, Malathion, θειάφι θειασβέστιο Κ.α. Για τις αφίδες το redion, Pizimor, Nimrod, Daconil 500 Κ.α.

Στη χρήση των φαρμάκων να προτιμούνται αυτά που θα έχουν μικρότερη αρνητική επίδραση στους φυσικούς εχθρούς των ζυωφίων (Δαλιάνης, 1993).

Ασθένειες

Fusarium solani

Προκαλεί καστανή σήψη του λαιμού και κιτρίνισμα των φύλλων.

Colletotrichum pisi

Στα νεαρά φυτά (από μολυσμένο σπόρο) εμφανίζονται μελανές πληγές στις κοτυληδόνες και στο βλαστό. Στα μεγαλύτερα φυτά οι πληγές σχηματίζουν βαθιές κηλίδες 8-10cm στο βλαστό και στα φύλλα και μικρότερες (μέχρι 1cm) στους λοβούς (Τζαβέλα και Κατής, 2003).

Macrophosina pisi

Τα φυτώρια από μολυσμένο σπόρο παρουσιάζουν μαύρη, ακανόνιστη πληγή κάτω από τα πρώτα δύο φύλλα, που γρήγορα προχωρεί προς τα πάνω (μαύρισμα κορυφής) και ξεραίνει το φυτό. Στα ώριμα φυτά, ο βλαστός ξεραίνεται και πάνω του εμφανίζονται μικρά μαύρα σκληρώτια (μέσο μετάδοσης της αρρώστιας στα άλλα φυτά) (Τζαβέλα και Κατής, 2003).

Περονόσπορος (*Phytophthora phaseoli*)

Δημιουργεί καστανές κηλίδες στα φύλλα που στην αντίστοιχη κάτω επιφάνεια έχουν λευκό χνούδι. Στον αρακά σχηματίζει κηλίδες και στους λοβούς.

Rhizoktonia solani

Προσβάλλει τα φυτά στο λαιμό προκαλώντας βαθιά πληγή, αρχικά ερυθρού χρώματος και μετά μαύρου. Τα νεαρά φυτά καταστρέφονται και τα μεγαλύτερα μένουν καχεκτικά (Τζαβέλα και Κατής, 2003).

Σκληρωτινίαση (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Εκδηλώνεται με υγρή σήψη στο λαιμό του φυτού και ξήρανση. Εκτείνεται στους βλαστούς, φύλλα και λοβούς. Πάνω στα προσβεβλημένα μέρη αναπτύσσεται λευκό μυκήλιο και μέσα σχηματίζονται μικρά, ακανόνιστα, μαύρα σκληρώτια (Τζαβέλα και Κατής, 2003).

Σκωρίαση (*Uromyces pisi*)

Προσβάλλονται κυρίως τα φύλλα (κάτω επιφάνεια) και σπανιότερα οι λοβοί. Αρχικά σχηματίζονται μικρές φλύκταινες λευκοπράσινες, που αργότερα ανοίγουν και βγαίνουν σε σωρούς τα ουρεδοσπόρια σε χρώμα σκουριάς. Τέλος, οι κηλίδες γίνονται σχεδόν μαύρες από τα τελειοσπόρια, τα φύλλα ξεραίνονται και πέφτουν πρόωρα (Αγγίδης, 1999).

Ωίδιο (*Erysiphae pisi*)

Προκαλεί στα υπέργεια μέρη του φυτού (κυρίως στα φύλλα) ακανόνιστες καστανοκόκκινες κηλίδες, που καλύπτονται από λευκό μυκήλιο. Σε μεγάλη προσβολή, τα φύλλα παραμορφώνονται και πέφτουν. Στον αρακά σπάνια προκαλεί σοβαρές ζημιές, συνήθως προς το τέλος της περιόδου (Χα, 2007).

1.13 Σκοπός πειράματος

Τα συστήματα χρήσης γης για γεωργικές δραστηριότητες υπόκεινται σε διαρκείς μεταβολές, παρακολουθώντας τόσο τις σύγχρονες τάσεις στη γεωργία, όσο και τις συνεχείς μεταβαλλόμενες κοινωνικό-οικονομικές ανάγκες. Οι παράγοντες αυτοί αλλά και η ανησυχία για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις έχουν διαμορφώσει τα τελευταία χρόνια ένα διαρκώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για σχεδιασμό προγραμμάτων χρήσης γης και με αμειψισπορές και αξιοποίηση ήδη καλά προσαρμοσμένων καλλιεργειών στη χώρα μας.

Η εισαγωγή ψυχανθών σε γεωργικά συστήματα χαμηλών εισροών είναι αυτονόητη (Ακαννου et al, 2001) καθώς μέρος του αζώτου που παράγεται στη ρίζα του ψυχανθούς από τη δράση των αζωτοβακτηρίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το φυτό στην επόμενη καλλιέργεια (Martensson et al, 1998). Το ψυχανθές δεσμεύει περισσότερο το ατμοσφαιρικό N₂ από το ορυκτό (Pol et al, 2001) το οποίο εκμεταλλεύεται η επόμενη σοδειά (Vallis,

1967) και συγκεκριμένα το μπιζέλι που αποτελεί και την επιλογή προς μελέτη, δεσμεύει 1,9 έως 19,6 kg N/στρ.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η διερεύνηση της αύξησης και ανάπτυξης του φυτού μπιζελιού (*Pisum Sativum* L. *subsp sativum*) (καρποδοτική ποικιλία) και μια πρώτη προσπάθεια ανάπτυξης μοντέλου δυναμικής προσομοίωσης της αύξησης και του δυναμικού παραγωγής του μπιζελιού υπό Θεσσαλικές συνθήκες.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πείραμα αγρού

Πειραματικό σχέδιο

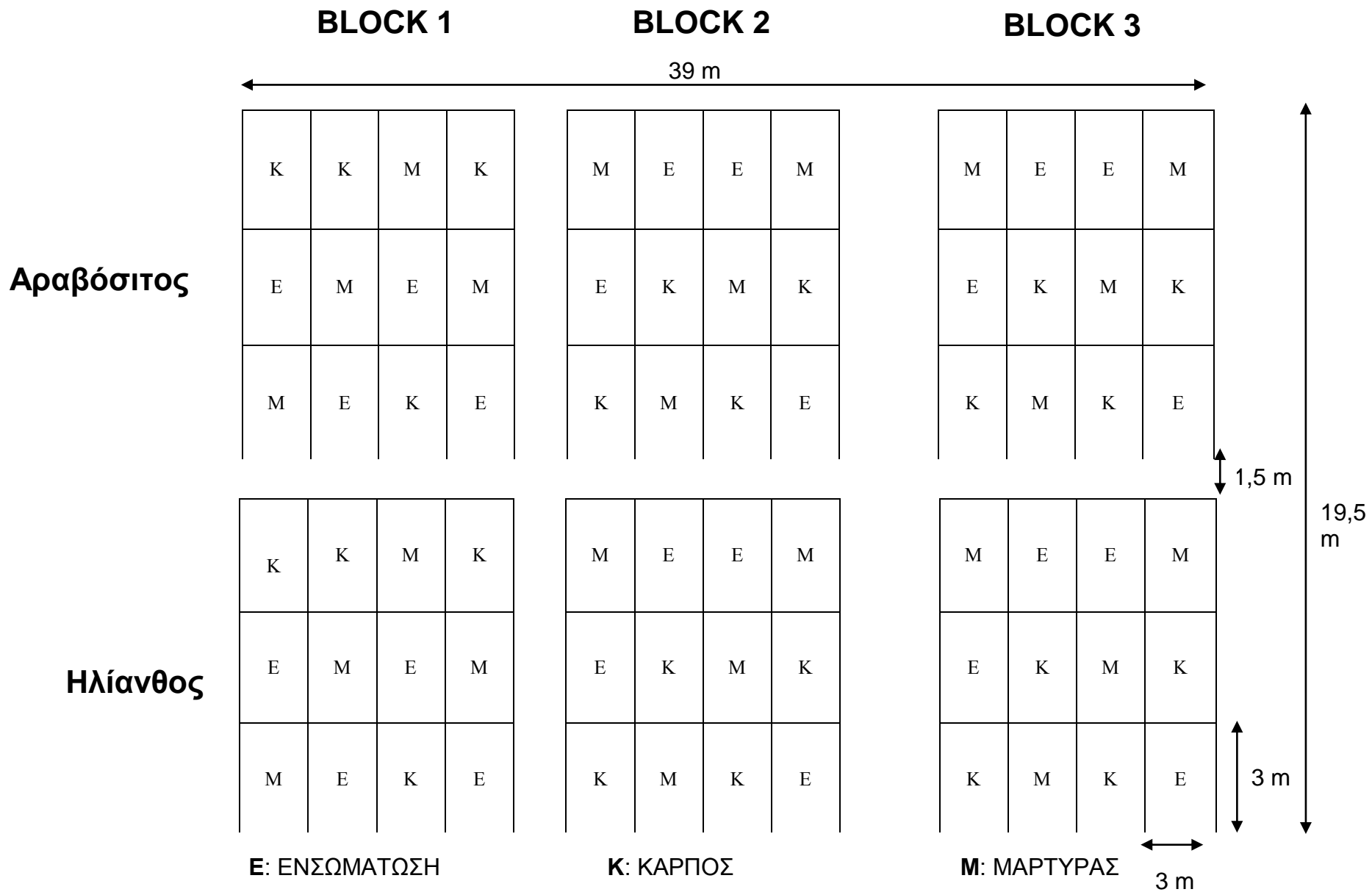
Για τη μελέτη της επίδρασης της προηγούμενης καλλιέργειας του μπιζελιού (*Pisum sativum* L) στην καλλιέργεια του αραβόσιπου σ' ένα σύστημα αμειψισποράς, εγκαταστάθηκε πείραμα αγρού στο Ν. Λάρισας κατά την καλλιεργητική περίοδο 2008-2009.

Το πειραματικό σχέδιο ήταν τυχαιοποιημένες ομάδες διαιρεμένων τεμαχίων (split plot) σε 3 επαναλήψεις (blocks). Κάθε επανάληψη περιελάμβανε 12 πειραματικά τεμάχια (Σχήμα 1). Συνολικά, τα τεμάχια ήταν 36 ($3 \times 4 \times 3 = 36$). Με πλήρη τυχαιοποίηση στο καθένα από τα υποτεμάχια καθορίστηκε η μεταχείριση με το ψυχανθές *Pisum sativum*, όπου Μ είναι τα υποτεμάχια του μάρτυρα (χωρίς καλλιέργεια ψυχανθών), Ε τα υποτεμάχια στα οποία θα γίνει ενσωμάτωση του ψυχανθούς στο έδαφος μόλις φτάσει στο κατάλληλο στάδιο του βλαστικού κύκλου (χλωρή λίπανση) και Κ τα υποτεμάχια στα οποία το ψυχανθές θα ολοκληρώσει το βιολογικό του κύκλο και θα συγκομιστεί ως ξεχωριστή καλλιέργεια για παραγωγή καρπού.

Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε μήκος 3 m και πλάτος 3 m και αποτελούνταν από 17 γραμμές. Η ποικιλία μπιζελιού η οποία χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα ήταν η *Pea carouby*.

Καλλιεργητικές εργασίες

Πραγματοποιήθηκαν όλες οι ενδεδειγμένες καλλιεργητικές εργασίες για την προετοιμασία του πειραματικού αγρού. Το φθινόπωρο του 2008 έγινε όργωμα του πειραματικού αγρού και στις 9/12/08 έγινε η σπορά του μπιζελιού.



Σχήμα 1. Πειραματικός αγρός μπιζελιού

Η σπορά έγινε με σπαρτική μηχανή σιτηρών σε σειρές με αποστάσεις 17-19 cm μεταξύ των σειρών και 10-12 cm επί της σειράς. Ταυτόχρονα πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο έλεγχος βλαστικής ικανότητας.

Το κάθε τεμάχιο είχε διαστάσεις $3 \times 3 = 9 \text{ m}^2$ και περιελάμβανε 17 γραμμές, ενώ η κάθε επανάληψη είχε διαστάσεις $12 \times 9 = 108 \text{ m}^2$ και περιελάμβανε 12 τεμάχια. Μεταξύ των επαναλήψεων υπήρχε διάδρομος επαναλήψεων πλάτους 1,5 m και η όλη έκταση του αγρού καταλάμβανε $39 \times 19,5 = 760,5 \text{ m}^2$ (Σχήμα 1).

Το φύτευμα έγινε στις 10/2/09. Αμέσως μετά το φύτευμα του 80% των σπόρων έγινε καθαρισμός των τεμαχίων που αποτελούσαν τον μάρτυρα.

Η ανθοφορία έλαβε χώρα στις 20/4 /09 (50% του συνόλου). Στα τεμάχια Ε που προορίζονταν για ενσωμάτωση έγινε επέμβαση με περιστροφικό καλλιεργητή, με σκοπό την πλήρη ενσωμάτωση της βιομάζας του μπιζελιού (σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο).

Στις 3 Ιουνίου του 2009 έγινε η συγκομιδή της υπέργειας βιομάζας των φυτών (φύλλα, στελέχη και λοβοί) .

Δεν έγιναν εφαρμογές φυτοπροστατευτικών προϊόντων, κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ούτε και λιπασμάτων, ενώ τα ζιζάνια καταστράφηκαν με τα χέρια.

Παρατηρήσεις - μετρήσεις

Σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και συγκεκριμένα στις ημερομηνίες 23/2 (J.D 54), 25/3 (J.D 84), 10/4 (J.D 100), 30/4 (J.D 120), 18/5 (J.D 138) και 3/6/2009 (J.D 154), πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες – κοπές σε κάθε πειραματικό τεμάχιο.

Σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο, έγιναν παρατηρήσεις και μετρήσεις σε όλα τα κρίσιμα στάδια αύξησης και ανάπτυξης των φυτών του μπιζελιού.

Πραγματοποιήθηκαν έξι δειγματοληψίες φυτών μπιζελιού, για ανάλυση της αύξησης και ανάπτυξης της καλλιέργειας.

Κάθε δειγματοληψία περιλάμβανε την κοπή ενός τετραγωνικού μέτρου των φυτών μπιζελιού από τις γραμμές δειγματοληψίας του κάθε τεμαχίου. Συνολικά λαμβάνονταν 3 δείγματα από το κάθε πειραματικό σχέδιο.

Ακολουθούσε μεταφορά των δειγμάτων στο Εργαστήριο Γεωργίας όπου ζυγίζονταν κάθε δείγμα χωριστά για καταγραφή του χλωρού τους βάρους. Στη συνέχεια επιλέγονταν τα φυτά κάθε δείγματος για την καταγραφή των μορφολογικών και λοιπών χαρακτηριστικών τους, δηλαδή του αριθμού φυτών/m², του ύψους των φυτών, τον αριθμό των φύλλων, τον αριθμό ανθέων, λοβών και σπερμάτων / λοβό καθώς και μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI m²/m²) και της ειδικής φυλλικής επιφάνειας (SLA m²/Kg).

Ακολούθως τα παραπάνω φυτά χωρίζονταν σε στελέχη, φύλλα και καρποφόρα όργανα (λοβούς, σπέρματα, άνθη) ζυγίζονταν και τοποθετούνταν σε χαρτοσακούλες.

Η ξήρανση των δειγμάτων γινόταν σε ξηραντήριο σε θερμοκρασία 40 °C για τα στελέχη και τα φύλλα και 60 °C για τους καρπούς. Η ξήρανση θεωρείτο περατωμένη όταν δεν μεταβαλλόταν το βάρος των δειγμάτων από την προηγούμενη μέτρηση μετά την παρέλευση μιας ημέρας.

Μετά την απώλεια τις υγρασίας τα δείγματα ζυγίζονταν ξανά ως προς το ξηρό βάρος για τα φύλλα, άνθη, τους βλαστούς, λοβούς, σπέρματα. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε και στις έξι δειγματοληψίες. Αφού έγινε και η τελευταία κοπή, στη συνέχεια έμενε να υπολογισθεί η απόδοση.

Μετεωρολογικά δεδομένα

Στο πείραμα είχε εγκατασταθεί από το εργαστήριο Γεωργίας πλήρως αυτοματοποιημένος μετεωρολογικός σταθμός. Περιελάβανε καταγραφέα τύπου DATAHOG 2 SERIES ο οποίος απαρτίζεται από τους εξής αισθητήρες μέτρησης:

- Θερμοκρασίας (°C)
- Ηλιακής ακτινοβολίας (W m⁻²)
- Βροχόπτωσης (mm)
- Ταχύτητας ανέμου (m s⁻¹)
- Σχετικής υγρασίας αέρα, και (%)
- Εξάτμισης λεκάνης (mm)

Και καταγράφει αυτόματα το σύνολο των παραπάνω μετεωρολογικών δεδομένων ανά ώρα.

2.2 Μοντέλο προσομοίωσης

Στην παρούσα προσέγγιση το περιβάλλον παραγωγής αναλύεται σε μια ιεραρχική διάταξη όπου πρώτη βρίσκεται η διαθεσιμότητα του φωτός (κατάσταση παραγωγής 1 – Production Situation 1, PS-1). Εφόσον η θερμοκρασία και το φως δεν μπορούν να ελεγχθούν, αυτοί οι παράγοντες σε συνδυασμό με τη φυσιολογική δυναμική της καλλιέργειας καθορίζουν το δυναμικό παραγωγής, η τιμή του οποίου αποτελεί αναφορά για τους υπολογισμούς σε χαμηλότερα επίπεδα.

Στη συνέχεια, όσο χαμηλότερο το ιεραρχικό επίπεδο στο οποίο αναλύεται το σύστημα χρήσης γης, τόσο βελτιώνεται η προσέγγιση στις καλλιεργητικές συνθήκες αλλά και τόσο αυξάνουν οι απαιτούμενες εισροές (δεδομένα) στο μοντέλο. Έτσι, στη δεύτερη παραγωγική κατάσταση (PS-2) συνυπολογίζεται και η επιρροή της διαθέσιμης υγρασίας στην εξάτμιση και στην παραγωγή της καλλιέργειας. Με άλλα λόγια η απόδοση του συστήματος στο PS-2 καθορίζεται από τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, τη θερμοκρασία και την διαθεσιμότητα του νερού.

Για την τρίτη ιεραρχική κατάσταση παραγωγής (PS-3) εκτός από το νερό και την ακτινοβολία συνυπολογίζεται και η διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων ΚΟΚ.

Για τις δύο πρώτες καταστάσεις παραγωγής η δυναμική εξομοίωση της συμπεριφοράς των συστημάτων χρήσης του εδάφους εφαρμόζεται με την προσέγγιση της μεταβλητής κατάστασης. Οι εξαρτημένες μεταβλητές τιμές είναι σταθερές κατά τη διάρκεια του κάθε διαστήματος και αντανακλούν την κατάσταση του συστήματος. Όλες οι τιμές καθορίζονται μετά την ολοκλήρωση των υπολογισμών ενός διαστήματος. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συνδυασμών ποιότητας-απαιτήσεων που ανήκουν σε διαφορετικά ιεραρχικά επίπεδα λαμβάνονται υπόψη αυτόματα. Το αποτέλεσμα των υπολογισμών είναι η σχέση παραγωγή-στρεμματική απόδοση. Για τις δύο πρώτες καταστάσεις η στρεμματική απόδοση υπολογίζεται δυναμικά ως εξαρτημένη μεταβλητή. Από την τρίτη κατάσταση και έπειτα η παραγωγή και η στρεμματική απόδοση θεωρούνται ως ανεξάρτητες ποσότητες, συνήθως τιμές της PS-2. Αυτές εξυπηρετούν ως

επιθυμητές τιμές-στόχοι με σκοπό να υπολογιστούν οι απαιτούμενοι πόροι για να τις προσεγγίσουμε.

Στην πρώτη κατάσταση παραγωγής, η βάση για τον υπολογισμό της παραγωγής ξηρής ουσίας είναι ο υπολογισμός της αφομοίωσης CO₂ της βλάστησης. Ο μεικτός ρυθμός αφομοίωσης υπολογίζεται από τις ακριβείς μετρήσεις της ακτινοβολίας και διορθώνεται σύμφωνα με τις θερμοκρασίες και τη βλάστηση της καλλιέργειας. Το τελευταίο ορίζεται ως συνάρτηση του συντελεστή εξάλειψης του φωτός και της κατάστασης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας.

Μέρος της αφομοίωσης (σακχάρων) χρησιμοποιείται από την καλλιέργεια για την διεξαγωγή της αναπνευστικής διαδικασίας και την παροχή ενέργειας για την διατήρησή της. Το υπόλοιπο διατίθεται για την αύξηση της ξηρής ουσίας των διαφόρων φυτικών οργάνων: Πρώτα η συμμετοχή των σακχάρων στα διάφορα φυτικά όργανα π.χ. αιχμές φύλλων, μίσχος, ρίζες και όργανα αποθήκευσης, καθορίζεται ως συνάρτηση του σταδίου ανάπτυξης της καλλιέργειας, στη συνέχεια τα σάκχαρα μετατρέπονται σε δομική συστατικά του φυτού χρησιμοποιώντας διάφορους αποδοτικούς μηχανισμούς για τη μετατροπή που αναφέρονται στη βιβλιογραφία.

Το στάδιο ανάπτυξης υπολογίζεται σύμφωνα με τη μέθοδο της συγκέντρωσης θερμομονάδων πάνω από μια οριακή τιμή θερμοκρασίας για δύο περιόδους. Π.χ. κρίσιμο στάδιο άνθησης και ωρίμανση άνθησης.

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας υπολογίζεται με βάση τα δεδομένα που προκύπτουν, από τη τελευταία μέτρηση του ξηρό βάρους των φύλλων στο τέλος της κάθε διαδικασίας υπολογισμών.

Στο δεύτερο ιεραρχικό επίπεδο (PS-2) θεωρείται ότι η τροφοδοσία με άζωτο και στοιχεία είναι ακόμη άριστη, αλλά η επιρροή της διαθέσιμης υγρασίας στη διαπνοή και την παραγωγή εκτιμάται ακόμα.

Η κύρια ιδέα που καθιστά εφικτή μια τέτοια εκτίμηση είναι ότι κάτω από μια προσωρινή έλλειψη νερού στο έδαφος οδηγεί σε μερικό κλείσιμο των στομάτων των φύλλων, η αφομοίωση και η διαπνοή επηρεάζονται κατά προσέγγιση στον ίδιο βαθμό. Η αιτία της έλλειψης νερού κατά την αφομοίωση του CO₂ καθορίζεται από την μείωση της κατανάλωσης νερού από την καλλιέργεια, ή με άλλα λόγια από το λόγο της πραγματικής διαπνοής προς την δυναμική εξατμισιοδιαπνοή. Έτσι η ανάλυση μοιάζει με την κατάσταση 1 (PS-

1) και επιπλέον το μοντέλο κρατάει στοιχεία και για τις δύο αυτές παραμέτρους για κάθε χρονικό διάστημα.

Η δυναμική εξατμισοδιαπνοή υπολογίστηκε με τη γνωστή εξίσωση του Penman. Τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στη εξίσωση προήλθαν από το μετεωρολογικό σταθμό που βρισκόταν εγκατεστημένος στον πειραματικό αγρό. Η εξίσωση του Penman είναι η εξής:

$$L^*E = [1 / (\Delta + \gamma)] * [\Delta * RN + hu (ed - ea)]$$

όπου:

LE: είναι η απώλεια ενέργειας για την εξάτμιση του νερού ($J m^{-2}d^{-1}$).

Δ : είναι η κλίση της καμπύλης της κορεσμένης πίεσης υδρατμών μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας αέρα και του σημείου δρόσου.

γ : είναι η ψυχομετρική σταθερά με τιμή ίση περίπου με 0,66.

RN: είναι η ολική ακτινοβολία ($J m^{-2}d^{-1}$)

hu: είναι ο συντελεστής διάχυσης της θερμότητας ($J m^{-2}d^{-1}C^{-1}$).

e_d : είναι η κορεσμένη πίεση υδρατμών στην δεδομένη θερμοκρασία αέρα.

e_a : είναι η επικρατούσα πίεση υδρατμών του αέρα (mbar).

albedo: Ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης ανακλάται πίσω στην ατμόσφαιρα κατά ένα ποσοστό. Ενδεικτικές τιμές του albedo : 0,05 για επιφάνεια νερού, 0,25 καλλιέργειας με πλήρη κάλυψη.

Πραγματική διαπνοή: η ποσότητα της υγρασίας του εδάφους που διατίθεται για την διαπνοή καθορίζεται από ένα υπομοντέλο εξισορρόπησης νερού. Μια γενική εξίσωση εξισορρόπησης νερού συγκρίνει για κάθε χρονικό διάστημα τις εισροές και εκροές νερού στην περιοχή της ρίζας (root zone) και η διαφορά τους είναι η αλλαγή του νερού που είναι αποθηκευμένο στην περιοχή του ριζοστρώματος.

Στην ανάλυσή μας, το ριζόστρωμα είναι ομογενές με δύο όρια ένα ανώτερο και ένα κατώτερο, όπου πραγματοποιείται εισροή ή εκροή νερού. Το ανώτερο όριο του ριζοστρώματος είναι η επιφάνεια του εδάφους. Το κατώτερο όριο είναι ίσο σε βάθος με το ριζικό βάθος που στην περίπτωση μας ελήφθη 60 cm. Εκτός από αυτά τα όρια, απώλεια νερού πραγματοποιείται και από το εσωτερικό μέρος της ρίζας, ως διαπνοή.

Ανώτερο όριο: η τροφοδοσία νερού στο πάνω όριο της περιοχής της ρίζας αποτελείται από το άθροισμα της βροχής μείον το νερό που χάνεται εξαιτίας της εξάτμισης.

Η εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται ως συνάρτηση της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής, της βλαστικής ανάπτυξης της καλλιέργειας και του επιπέδου της εδαφικής υγρασίας.

Κατώτερο όριο: Εδώ η τροφοδοσία νερού καθορίζεται ως η διαφορά της ανόδου μέσω των τριχοειδών αγγείων μείον της αποστράγγισης του ελεύθερου νερού. Στην περίπτωση μας ο υδροφόρος ορίζων είναι πολύ βαθιά και έτσι μόνο βαθιά διήθηση λαμβάνεται υπόψη.

Εσωτερικό ριζοστρώματος: εκτός από την κίνηση του νερού διάμεσου των ορίων, απώλειες νερού παρουσιάζονται και διάμεσου του ριζοστρώματος ως αναρρόφηση από τις ρίζες. Αυτό το ποσό ισοδυναμεί με την πραγματική διαπνοή. Η εξατμισοδιαπνοή είναι μέγιστη όσο η διαθεσιμότητα νερού στις ρίζες είναι ιδανική.

στην αρχή αυτής της ενότητας επιχειρηματολογήσαμε ότι η μεικτή απορρόφηση CO₂ καθορίζεται από το λόγο της πραγματικής/μέγιστης εξατμισοδιαπνοής για συγκεκριμένη θερμοκρασία, ακτινοβολία και φυλλική επιφάνεια. Για τον υπολογισμό αυτού του λόγου τα ακόλουθα βήματα είναι απαραίτητα:

- Ποσοτικοποίηση του μέγιστου λόγου διαπνοής
- Καθορισμού του σημείου στο οποίο η καλλιέργεια αντιλαμβάνεται την έλλειψη του νερού και αρχίζει να ελαττώνει το ρυθμό διαπνοής και
- Καθορισμός του βαθμού της ελάττωσης της εδαφικής υγρασίας

Για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ακολουθείται προσέγγιση που δίνεται από τον FAO (Doorenbos and Kassam, 1979).

Στο τέλος των υπολογισμών ενός χρονικού διαστήματος, η υγρασία του εδάφους υπολογίζεται κάνοντας χρήση της εξίσωσης ισοζυγίου του νερού και η τιμή της παραμένει σταθερή για το επόμενο χρονικό διάστημα υπολογισμών, κοκ.

Απαιτούμενα δεδομένα

Το ποσοτικό μοντέλο παραγωγής περιέχει δυναμικές περιγραφές ενός πλήθους από εδαφικές ιδιότητες/περιορισμούς και των αλληλεπιδράσεών τους και ως εκ τούτου έχει υψηλές απαιτήσεις δεδομένων κυρίως στα χαμηλά ιεραρχικά επίπεδα τα οποία μπορεί να είναι σε έλλειψη σε πολλές περιοχές. Αυτό θα προκαλέσει μείωση της πιθανής αξίας του μοντέλου εκτός εάν τα δεδομένα της γη και της χρήσης γης απαιτηθούν ώστε να υπολογιστούν σε τοπικές συνθήκες και να εφαρμοστεί το μοντέλο σε συνθήκες χωραφιού.

Η απαιτούμενη εργασία στο χωράφι εξαρτάται από τη μελέτη της περιοχής/χώρας το επίπεδο της μελέτης και την ανάλυση της παραγωγής. Η ανάλυση στο PS1 (μέτρηση της δυναμικότητας παραγωγής) απαιτεί μετεωρολογικά δεδομένα τα οποία συνήθως είναι διαθέσιμα και δεδομένα για την παραγωγή τα οποία συνήθως υπάρχουν ή μπορούν να παραχθούν μετά από ένα αριθμό εργαστηριακών πειραμάτων. Έτσι λοιπόν όσο χαμηλότερο το ιεραρχικό επίπεδο ανάλυσης τόσο πιο κοντά βρισκόμαστε στην κατάσταση όπου οι παραγωγοί ενεργούν και τόσο μεγαλύτερες απαιτήσεις προκύπτουν σε δεδομένα. Η προτεινόμενη προσέγγιση απλουστεύεται τόσο ώστε η ποσοτική εκτίμηση δεν μπορεί να θεωρηθεί τελική απάντηση, αλλά ένα πλαίσιο για μεγαλύτερη ανάλυση πιθανοτήτων οι οποίες είναι βασισμένες στην πραγματική γνώση η οποία αποκτάται με γεωργικές δραστηριότητες.

Από το μετεωρολογικό σταθμό χρησιμοποιήθηκαν οι εξής παράμετροι:

Ta: η μέση θερμοκρασία αέρα (°C).

TOTAL: Ολική Ακτινοβολία σε W/m²

PAR: Φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία σε μmol/m²/s

RAIN: Βροχόπτωση σε mm

RH: Υγρασία εδάφους (%)

WIND: Ταχύτητα ανέμου σε m/s

n/N : Όπου n : είναι ο πραγματικός αριθμός ωρών ηλιοφάνειας στην περιοχή της μελέτης και N : είναι ο μέγιστος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας στην περιοχή της μελέτης.

Από πίνακες (Δαναλάτος 2005) και παραμέτρους του μετεωρολογικού σταθμού υπολογιστήκαν τα παρακάτω μεγέθη:

FCL: είναι ο ρυθμός ολικής αφομοίωσης CO_2 της φυλλοστοιβάδας σε πλήρως ανέφελη ημέρα ($\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$).

FOV: είναι ο ρυθμός ολικής αφομοίωσης CO_2 της φυλλοστοιβάδας σε πλήρως νεφοσκεπή ημέρα ($\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$).

FGC: είναι ο ρυθμός ολικής αφομοίωσης CO_2 της φυλλοστοιβάδας κατά τη συγκεκριμένη ημέρα ($\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$), είναι ο συντελεστής απορρόφησης ακτινοβολίας.

CFTR: είναι ο συντελεστής διόρθωσης για τις επικρατούσες θερμοκρασίες. θερμοκρασία αναφοράς για χειμερινές καλλιέργειες της χώρας μας, είναι: 20 0c.

CFL είναι το ποσοστό της θεωρητικά απορροφούμενης ακτινοβολίας (0-1).

CFT: είναι ο συντελεστής θερμοκρασίας (0-1) που προσδιορίστηκε με βάση τα πειραματικά δεδομένα.

CFW: είναι ο συντελεστής διαθεσιμότητας νερού (=1 στην περίπτωση υπολογισμού δυναμικού παραγωγής).

FGASS: είναι ο ρυθμός ολικής αφομοίωσης $(\text{CH}_2\text{O})_n$ σε $\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ (=FGC*30/44).

DWI: είναι ο δυναμικός ρυθμός αύξησης σε $\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ (=0.60*FGASS).

MRR: είναι ο σχετικός ρυθμός αναπνοής διατήρησης (σύνολο για όλα τα φυτικά όργανα) ($\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$).

TLDW: είναι το συνολικό ξηρό βάρος των (ζώντων) συστατικών της καλλιέργειας (kg ha^{-1}).

CFTR: είναι ο συντελεστής διόρθωσης για τις επικρατούσες θερμοκρασίες (0 - 1).

FO: είναι το ποσοστό της ημέρας που ο ουρανός είναι νεφοσκεπής (FO=0 για τελείως ανέφελες ημέρες, και FO=1 για τελείως νεφοσκεπείς ημέρες).

EC (org): συντελεστής μετατροπής των υδατανθράκων σε δομική ξηρή ουσία του φυτικού οργάνου.

Ke: είναι ο συντελεστής διεισδυτικότητας για ορατό φως η τιμή του οποίου είναι 0.5 σε συνάρτηση με τη γεωμετρία των φύλλων στο μπιζέλι (Πίνακας 5).

FRorg: είναι η αύξηση της ξηρής ουσίας που επενδύεται στα διάφορα όργανα του φυτού.

DVS: είναι το σχετικό στάδιο ανάπτυξης του φυτού.

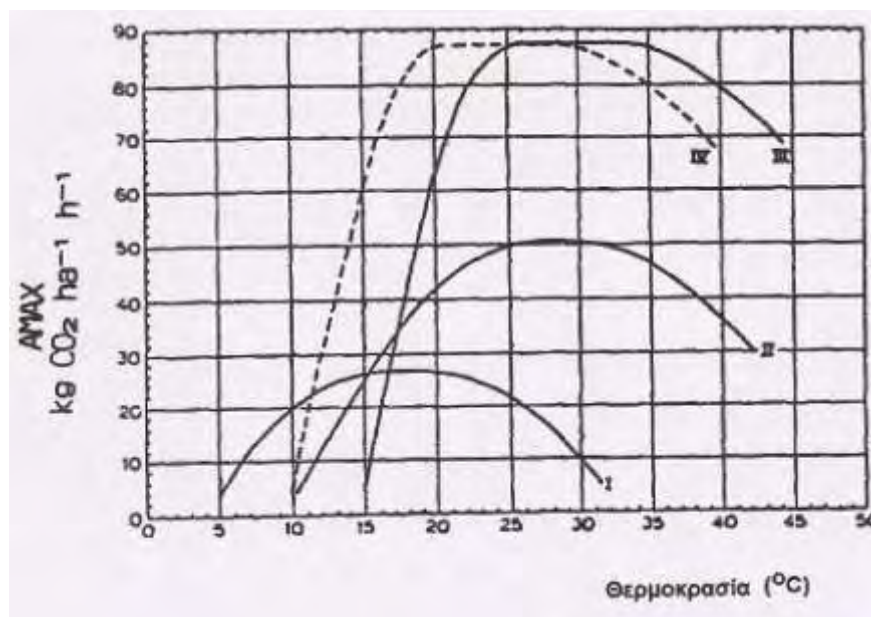
Πίνακας 5. Φωτοσυνθετικός μηχανισμός (C3), ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA, m^2 / kg) συντελεστής διεισδυτικότητας για ορατό φάσμα (KE), σχετικός ρυθμός αναπνοής διατήρησης (RM (org), $\text{kg kg}^{-1}\text{d}^{-1}$) και συντελεστής μετατροπής ξηρής ουσίας, EC ($\text{kg}^{-1} \text{kg}^{-1}$), για αριθμό καλλιεργειών.

Καλλιέργεια	C3	SLA (εύρος)	KE	RM (org)*				EC (org)*			
				RML	RMR	RMS	RMSO	ECL	ECR	ECS	ECSO
αραχίδα	C3	18	0.6	0.030	0.010	0.015	0.012	0.72	0.72	0.69	0.50

δόλιχος	C3	32-40	0.5	0.030	0.010	0.015	0.011	0.72	0.72	0.69	0.81
μπιζέλι	C3	20-28	0.5	0.030	0.010	0.015	0.010	0.72	0.72	0.69	0.78
ρεβίθι	C3	15-20	0.5	0.030	0.010	0.015	0.009	0.72	0.72	0.69	0.77
φακή	C3	32-37	0.5	0.015	0.010	0.015	0.013	0.72	0.72	0.69	0.71

L= (φύλλα), R= (ρίζα), S= (βλαστός), SO= (όργανα καρποφορίας).

AMAX: Ο μέγιστος ρυθμός καθαρής αφομοίωσης CO₂ σε μεγάλης έντασης φωτισμό (κορεσμού). Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιήθηκε η εικόνα 24 που αφορά C3 φυτά (Εικόνα 24).

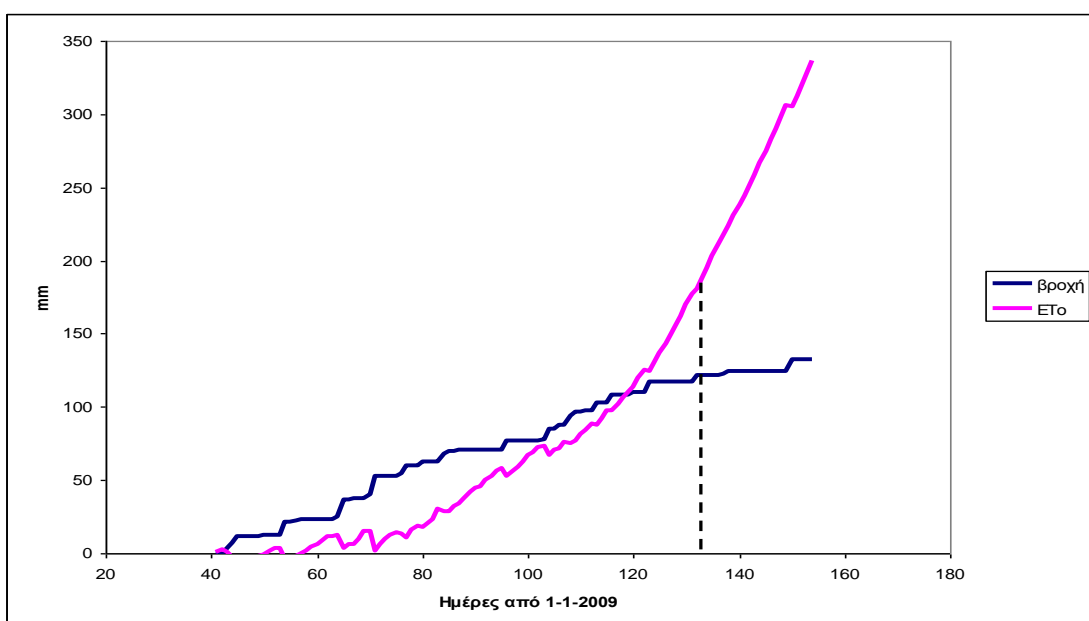
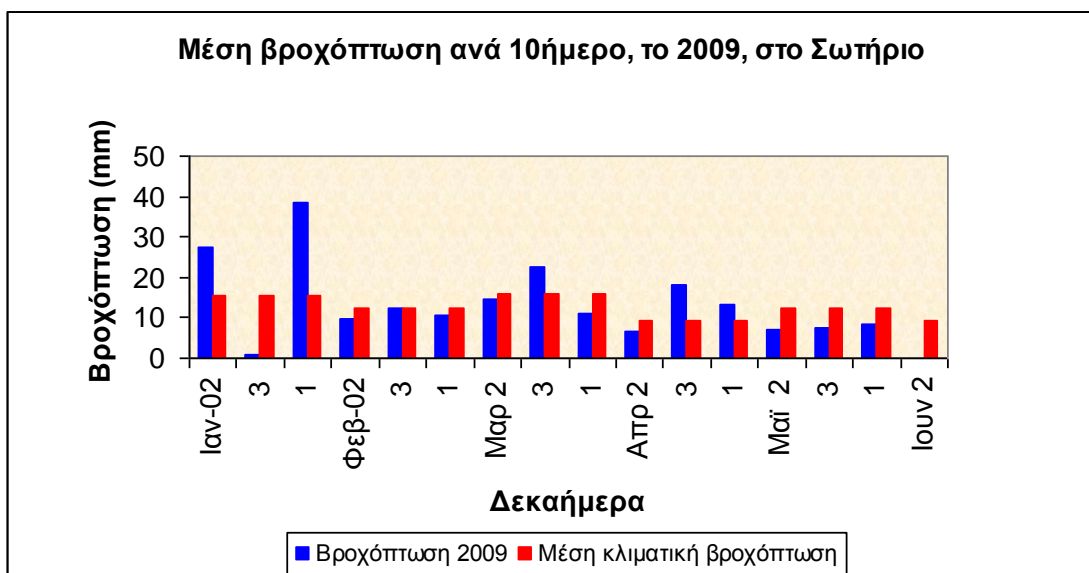


ΕΙΚΟΝΑ 24. Γενικές καμπύλες της αντίδρασης του AMAX στη θερμοκρασία για διαφορετικές ομάδες καλλιεργειών (Versteeg & van Keulen, 1986). I= φυτά C3 σε κρύα και εύκρατα κλίματα II= φυτά C3 σε θερμά κλίματα.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

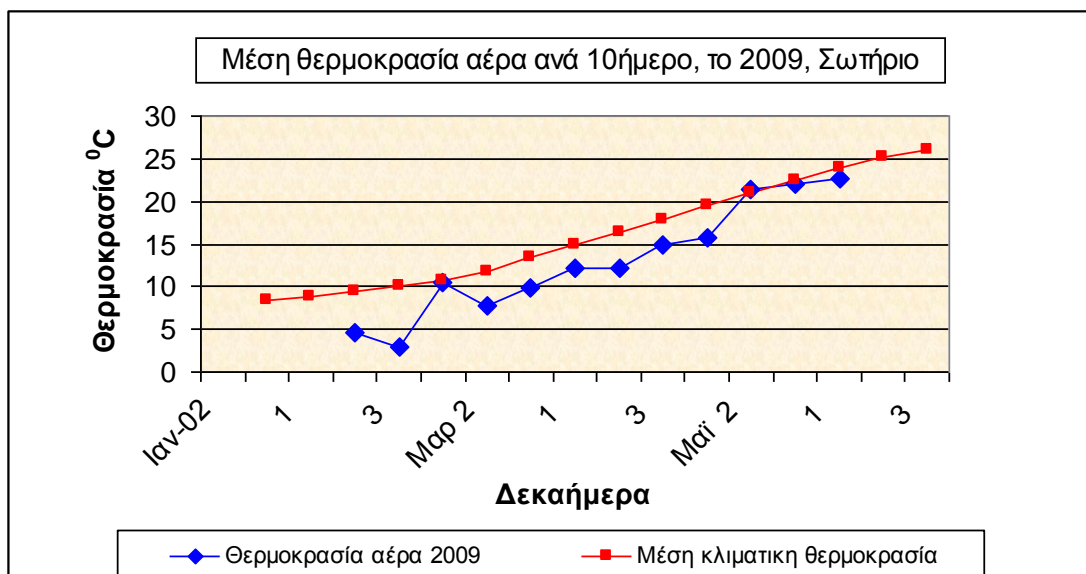
3.1 Μετεωρολογικά δεδομένα

Μεγάλη βροχόπτωση παρατηρήθηκε στα μέσα Ιανουαρίου και στις αρχές Φεβρουαρίου με συνολικό ύψος περί τα 70 mm. Την υπόλοιπη καλλιεργητική περίοδο η βροχή κυμάνθηκε γύρω από τη μέση τιμή της (με συνολικό ύψος περί τα 314 mm μέχρι τα τέλη Μαΐου) γεγονός που διευκόλυνε την παραγωγή ανθέων και τη μετέπειτα καρπώδεση αυτών (κριτική περίοδος νερού για το μπιζέλι) (Σχήμα1). Όμως με βάση υπολογισμένες τιμές της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής φαίνεται (Σχήμα 1β) ότι μετά τα τέλη Απριλίου αρχίζει σημαντικό έλλειμμα εξατμισοδιαπνοής (μείον βροχόπτωση). Η ολική διαθέσιμη εδαφική υγρασία μέχρι βάθους 60 cm υπολογίζεται στα 200 mm. Σύμφωνα με το σχ. 1β, το ποσό αυτό του νερού θα χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη της καλλιέργειας μέχρι τα τέλη Απριλίου αλλά στη συνέχεια αναμένεται κάμψη της παραγωγικότητας λόγω της έλλειψης νερού.



ΣΧΗΜΑ 1. Επάνω: Πραγματική και μέση βροχόπτωση (ανά 10 ήμερο) στο Σωτήριο (2009). Κάτω: Αθροιστική βροχόπτωση και δυναμική εξατμισοδιαπνοή. Διακρίνεται ότι μέχρι τα τέλη Απριλίου δεν υπάρχει έλλειμμα εξατμισοδιαπνοής. Επίσης περί τα 90 mm εδαφικής υγρασίας (μισό της ολικής διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας) εξαντλούνται περί τα μέσα Μαΐου

Αντίθετα, οι θερμοκρασίες που αντιστοιχούν στην ίδια περίοδο είναι ελαφρώς μικρότερες της μέσης κλιματικής τιμής για την περιοχή μελέτης. Ακριβώς για το λόγο των επικρατουσών χαμηλών θερμοκρασιών παρατηρήθηκε υστέρηση στην έναρξη του φυτρώματος κατά τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο (Σχήμα 2).

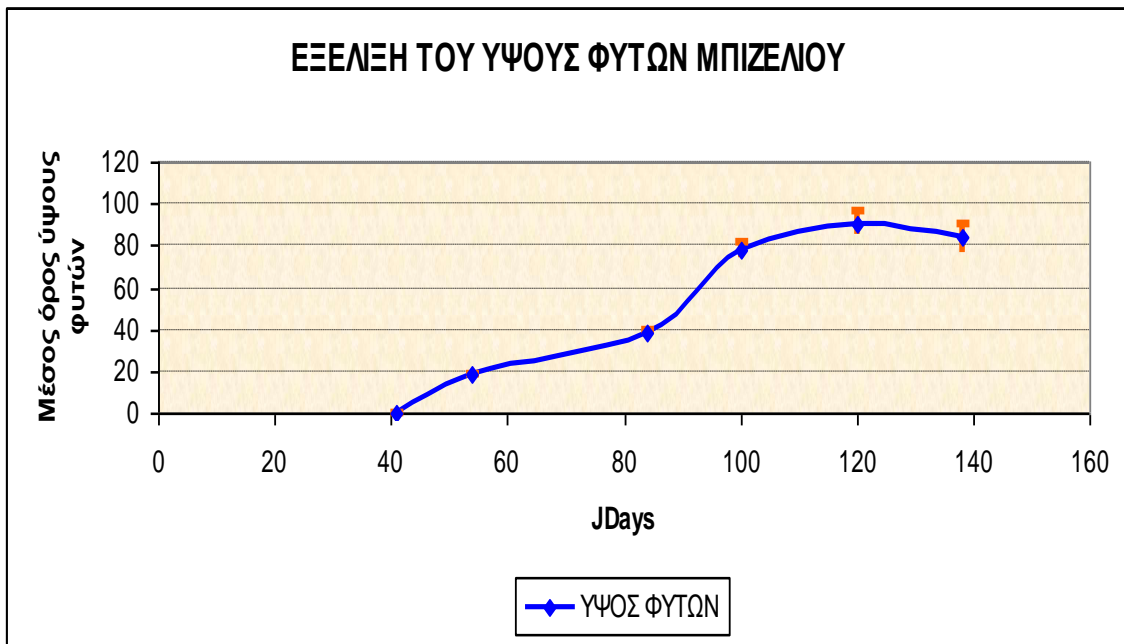


ΣΧΗΜΑ 2 . Μέση θερμοκρασία αέρα ανά 10 ήμερο στο Σωτήριο 2009.

3.2 Αύξηση – ανάπτυξη

Ύψος

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία το μήκος των βλαστών του μπιζελιού κυμαίνεται από 45 έως 120 cm (Σφήκας 1995). Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η μεταβολή του ύψους των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Το μπιζέλι ξεκίνησε το φύτεμα στις 10 Φεβρουαρίου και στις 25 Μαρτίου είχε ήδη αποκτήσει ύψος 38 cm με κορύφωση τις 30 Απριλίου που έφθασε τα 90 cm ύψος. Ο ρυθμός ανάπτυξης του μπιζελιού από αρχές Φεβρουαρίου έως τέλος Μαρτίου (23/2/2009 έως 25/3/2009) ήταν $d=1,5$ cm/day λόγω των ελαφρών μικρότερων θερμοκρασιών σε σχέση με τη μέση κλιματική θερμοκρασία της περιοχής. Από τέλος Μαρτίου έως αρχές Απριλίου (25/3/2009 έως 10/4/2009) το φυτό αρχίζει να αυξάνει με αρκετά μεγαλύτερους ρυθμούς $d= 2,5$ cm/day, γεγονός που οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας και της υψηλής βροχόπτωσης που επικρατούσε στην περιοχή την συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Τέλος στις δύο τελευταίες εβδομάδες του Απριλίου το φυτό φθάνει στο μέγιστο ύψος του (10/4/2009 έως 30/4/2009) με ρυθμό ανάπτυξης $d= 2,5$ cm/day.

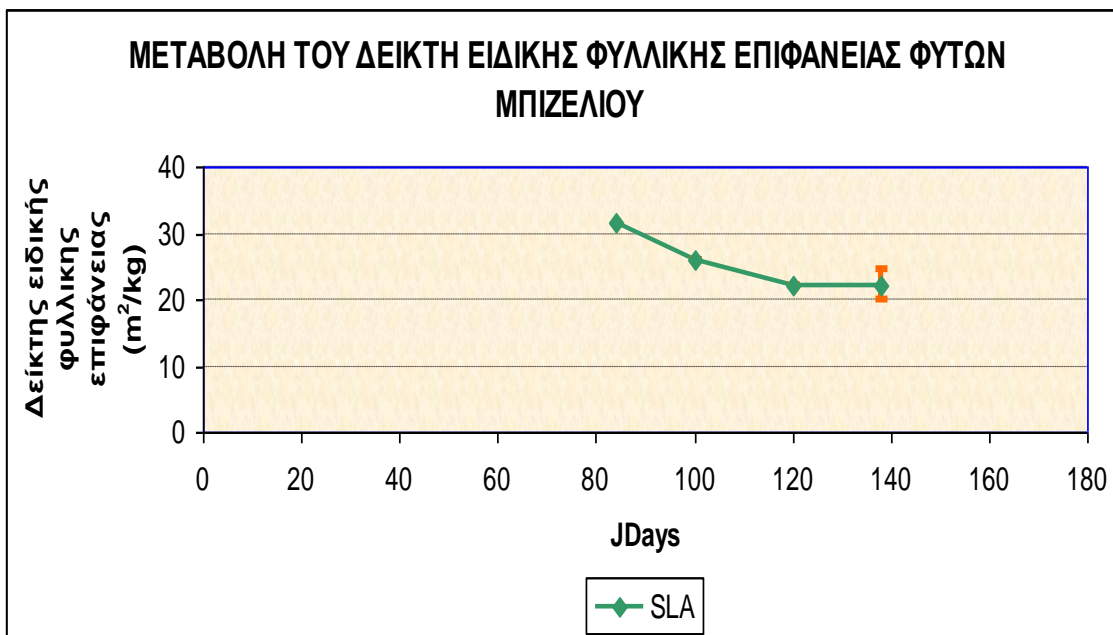


ΣΧΗΜΑ 3. Μεταβολή του ύψους φυτών με βάση τις έξι κοπές στο Σωτήριο (2009).

Ειδική Φυλλική επιφάνεια – Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας

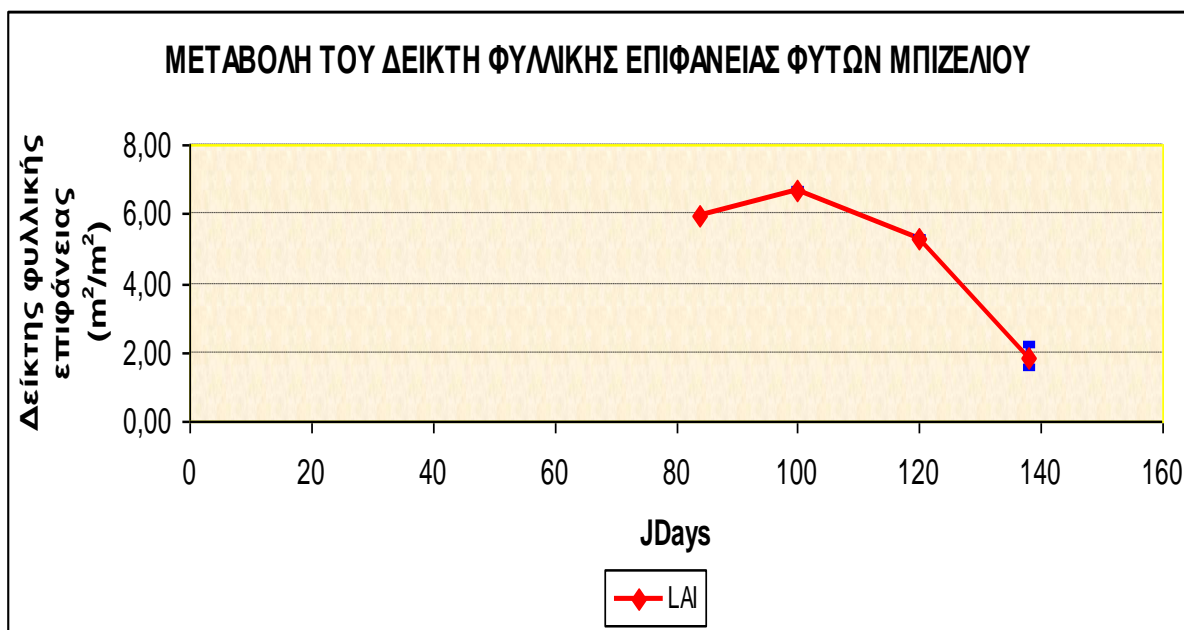
Όπως είναι γνωστό η ανάπτυξη της φυλλοστοιβάδας αποτελεί ύψιστη σημασία για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη φωτοσύνθεση. Εξαρτάται από το ποσό των φωτοσυνθετικών παραγώγων που επενδύονται για την ανάπτυξη των φύλλων και το λόγο της παραγόμενης φυλλικής επιφάνειας ανά μονάδα ξηρού βάρους των φύλλων. Η ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA, m^2/kg) ή το αντίθετό της το ειδικό φυλλικό βάρος ($=1/SLA$) είναι ένα μορφολογικό χαρακτηριστικό που μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την ηλικία του φυτού (Δαναλάτος 1993). Πολλοί συγγραφείς υπογράμμισαν την αντίστροφη συσχέτιση της SLA με την ένταση του φωτός και τη θετική της εξάρτηση από τη θερμοκρασία (Brower et al., 1973, Driessen & Konijn, 1992).

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4 η SLA έλαβε αρχικά μεγάλες τιμές (30 – 32 m^2/kg) για να μειωθεί με το χρόνο και να λάβει κατά την τελευταία δειγματοληψία τιμές γύρω στα 22 m^2/kg .



ΣΧΗΜΑ 4. Μεταβολή του δείκτη ειδικής φυλλικής επιφάνειας (SLA) φυτών με βάση τις έξι κοπές στο Σωτήριο, 2009.

Όσον αφορά στο LAI (Σχήμα 5) ξεκίνησε με χαμηλές τιμές στις 2 πρώτες δειγματοληψίες – κοπές αποκτώντας σταδιακά τη μέγιστη τιμή ($7 m^2/m^2$) στην τρίτη κοπή (100 J. Day) και σταδιακή μείωση μέχρι και την τελευταία κοπή. Η πτώση του LAI από τα μέσα Μαΐου και έπειτα οφείλεται αφενός στη γήρανση και πτώση των φύλλων αλλά και στη μείωση της ειδικής φυλλικής επιφάνειας (SLA). Όπως είναι γνωστό οι τιμές του $LAI < 5$ αντικατοπτρίζουν ανοιχτή φυλλοστοιβάδα και την απώλεια ηλιακής ενέργειας προς το έδαφος.

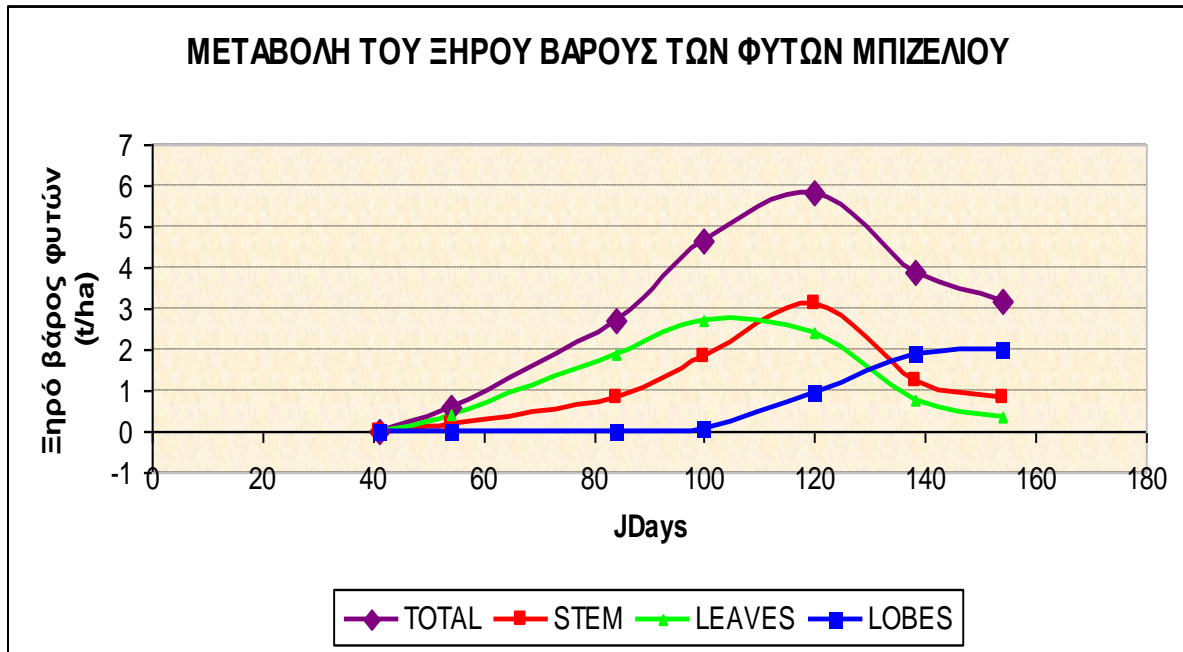


ΣΧΗΜΑ 5. Μεταβολή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας φυτών (LAI) με βάση τις έξι κοπές στο Σωτήριο, 2009.

Ξηρό βάρος-χλωρό/ξηρό βάρος

Η καλλιέργεια του μπιζελιού ακολούθησε σταθερή πορεία ανάπτυξης κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, γεγονός που οφειλόταν στις ευνοϊκές μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή του Ν. Λάρισας. Στο Σχήμα 6 παρατηρούμε το σύνολο των κοπών που πραγματοποιήθηκαν στον πειραματικό αγρό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

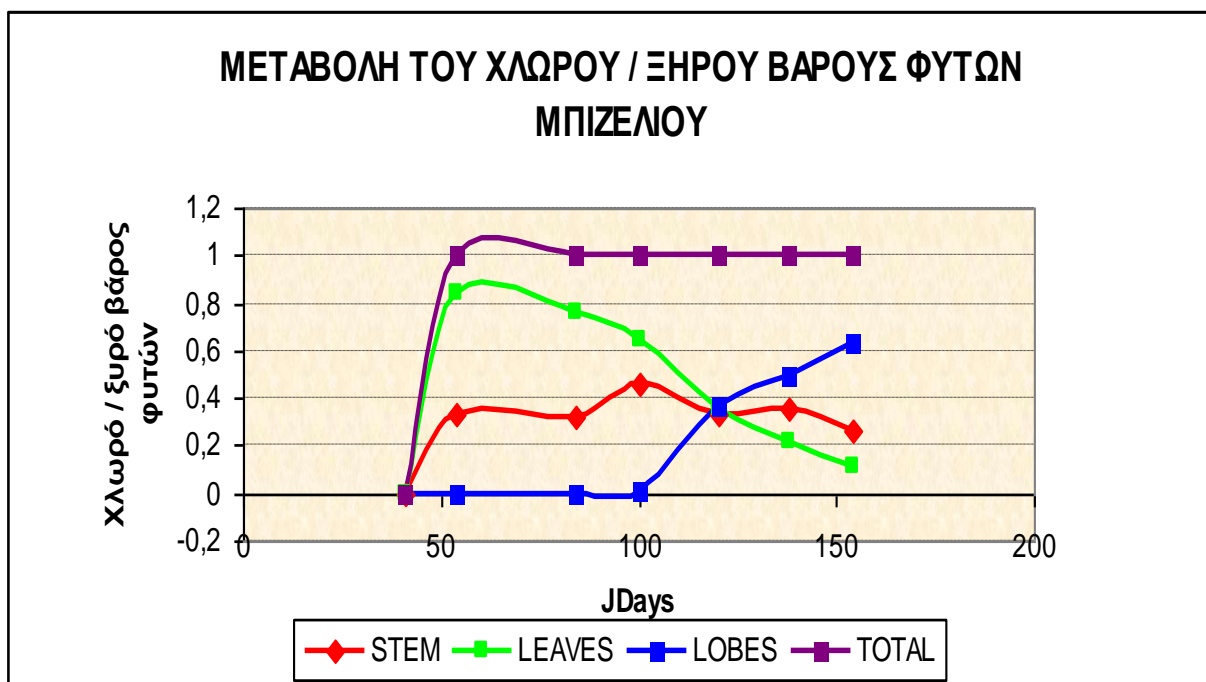
Στις πρώτες κοπές (23/2/2009-10/4/2009) έχουμε υπεροχή της ανάπτυξης των φύλλων έναντι του βλαστού ενώ από την τρίτη έως την τέταρτη κοπή και μετά (10/4/2009-30/4/2009) η αναλογία μετατρέπεται αντίστροφα με πτώση της αύξησης των φύλλων έναντι του βλαστού. Τέλος από την τέταρτη κοπή έως την τελευταία (30/4/2009-3/6/2009) έχουμε σαφή υπεροχή των καρποφόρων οργάνων.



ΣΧΗΜΑ 6. Μεταβολή του ξηρού βάρους φυτών με βάση τις έξι κοπές στο Σωτήριο, 2009.

Η κατανομή του ξηρού βάρους στα διάφορα φυτικά όργανα μεταβλήθηκε κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (Σχήμα 7). Ο λόγος του ξηρού βάρους των βλαστών προς το χλωρό βάρος ακολούθησε ανοδική πορεία από τέλος Φεβρουαρίου έως τέλος Απριλίου (23/2/2009-30/4/2009) και μειώθηκε σταδιακά μέχρι την τελευταία δειγματοληψία.

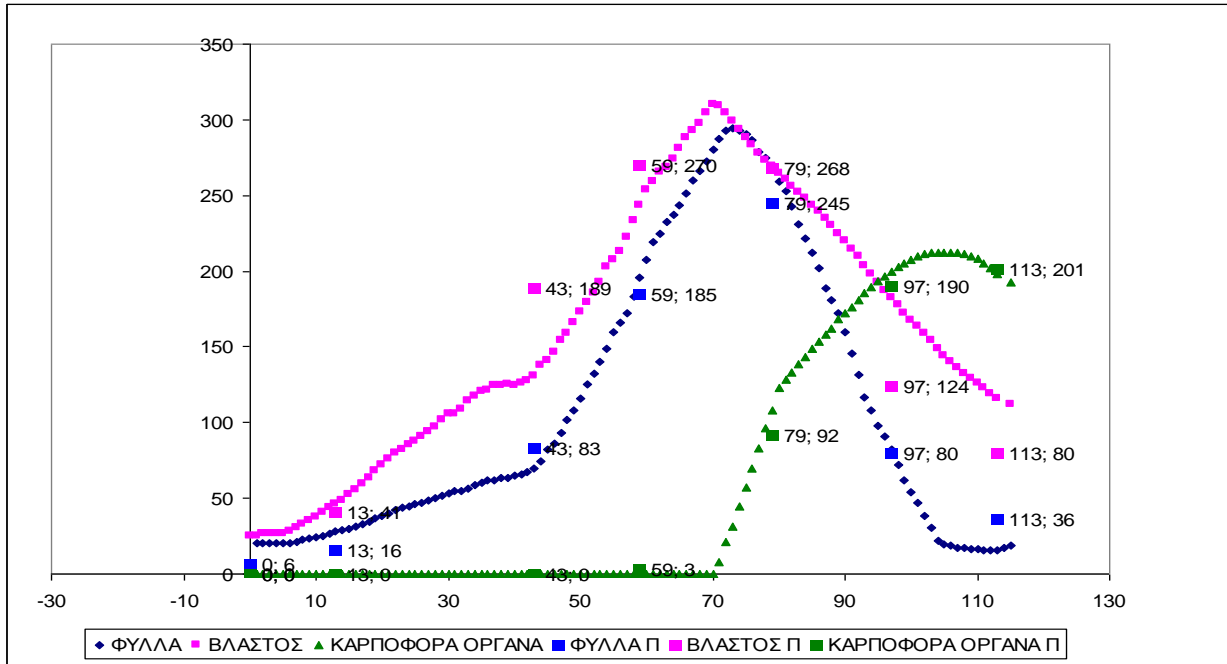
Ο ίδιος λόγος για τα φύλλα ακολούθησε πολύ μεγαλύτερη ανοδική πορεία σε σχέση με τον βλαστό και τα καρποφόρα όργανα της δύο τελευταίες εβδομάδες του Φεβρουαρίου ενώ από αρχές Μαρτίου έως την τελευταία κοπή (3/6/2009) παρατηρείται σταδιακή μείωση. Η μεγάλη υπεροχή των φύλλων στα αρχικά στάδια οφείλεται στην υψηλότερη συγκέντρωση νερού στους ιστούς σε σχέση με το βλαστό και τα καρποφόρα όργανα. Τέλος τα καρποφόρα όργανα παρουσιάζουν σταδιακή ανοδική πορεία από τέλος Απριλίου έως την τελευταία κοπή (30/4/2009-3/6/2009), με σαφή υπεροχή έναντι των βλαστών και φύλλων.



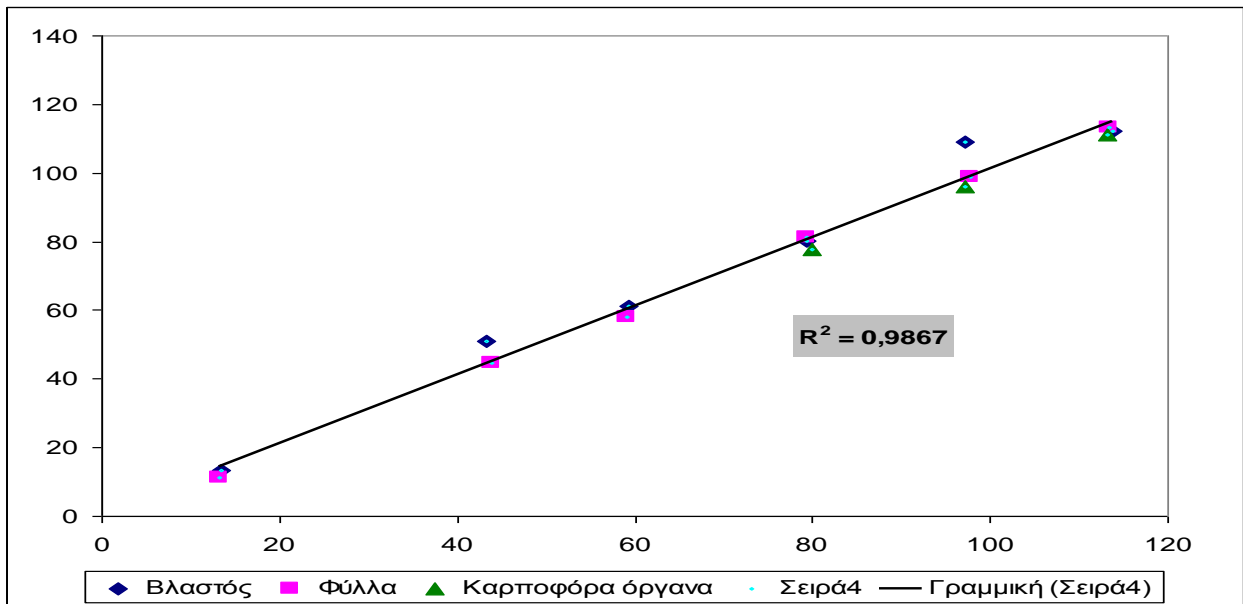
ΣΧΗΜΑ 7. Μεταβολή του χλωρού / ξηρού βάρους φυτών με βάση τις έξι κοπές στο Σωτήριο, 2009.

3.3 Μοντέλο προσομοίωσης

Στο σχήμα 8 βλέπουμε το μοντέλο προσομοίωσης αύξηση των διαφόρων φυτικών οργάνων του μπιζελιού με βάση τις έξι κοπές που πραγματοποιήθηκαν στο Σωτήριο το 2009. Αυτό που παρατηρείται στο σχήμα είναι ότι το μοντέλο σε σχέση με τα πραγματικά δεδομένα παρουσιάζει πολύ μικρές διαφορές, γεγονός που οφείλεται στη καλή λειτουργία του μοντέλου, στις παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και στο μικρό πειραματικό σφάλμα.



ΣΧΗΜΑ 8. Αύξηση του μπιζελιού στο Σωτήριο (2009). Διακρίνεται ξεχωριστά η αύξηση των διαφόρων φυτικών οργάνων σε σύγκριση με τις υπολογισμένες τιμές από το μοντέλο προσομοίωσης.



ΣΧΗΜΑ 8. Η αξιοπιστία του μοντέλου προσομοίωσης: Μετρημένες και υπολογισμένες τιμές ξηρού βάρους ανά φυτικό όργανο μπιζελιού στο Σωτήριο το 2009. Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού (0,987) είναι ιδιαίτερα υψηλή και αντικατοπτρίζει την μεγάλη ικανότητα προσομοίωσης του μοντέλου.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της έρευνας στον πειραματικό αγρό του Σωτηρίου του Ν. Λάρισας έδειξαν ότι η καλλιέργεια μπιζελιού ακολούθησε κανονική πορεία αύξησης κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και τελικά έδωσε ικανοποιητική παραγωγικότητα, λόγω των κανονικών μετεωρολογικών συνθηκών που επεκράτησαν στην περιοχή μελέτης το 2009.

Κατά τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο λόγω των επικρατουσών χαμηλών θερμοκρασιών παρατηρήθηκε καθυστέρηση στην έναρξη του φυτρώματος. Τους επόμενους μήνες η αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την κανονική βροχόπτωση ιδιαίτερα διευκόλυσε τη παραγωγή ανθέων και τη μετέπειτα καρπώδεση αυτών (κριτική περίοδος νερού στο μπιζέλι) με αποτέλεσμα μια ικανοποιητική αύξηση- ανάπτυξη.

Η κατανομή του ξηρού βάρους στα διάφορα φυτικά όργανα μεταβλήθηκε κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Το μήνα Φεβρουάριο παρατηρείται υπεροχή της ανάπτυξης των φύλλων έναντι του βλαστού ενώ από τον Απρίλιο και μετά η αναλογία αντιστρέφεται. Τέλος από το Μάιο έως τις αρχές Ιουνίου έχουμε σαφή υπεροχή των καρποφόρων οργάνων έναντι βλαστών και φύλλων.

Ο λόγος του χλωρού βάρους των βλαστών προς το ξηρό βάρος αυτών ακολούθησε ανοδική πορεία από τέλος Φεβρουαρίου έως το τέλος Απριλίου και μειώθηκε σταδιακά μέχρι την τελευταία δειγματοληψία.

Ιδιάζουσας σημασίας αποτέλεσμα της έρευνας αυτής ήταν ότι η στρεμματική απόδοση σε ξηρό σπόρο έφθασε τα 174 kg/στρέμμα, γεγονός που δείχνει παραγωγή σε πολύ ικανοποιητικά επίπεδα, σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία (FAO, 2005).

Τα πραγματικά δεδομένα του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό με συγκεκριμένες παραμέτρους στη δημιουργία ενός δυναμικού μοντέλου προσομοίωσης της αύξησης και της παραγωγικότητας του μπιζελιού με μεγάλες δυνατότητες.

Αναντίρρητα, απαιτείται περαιτέρω πειραματισμός ώστε να βελτιωθεί και πιστοποιηθεί το μοντέλο προσομοίωσης για περισσότερα εδάφη και χρονιές

ώστε να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο πρόβλεψης της αύξησης και παραγωγικότητας του μπιζελιού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αγγίδης Α. (1999). Αρακάς, Μπάμια, Φασολάκι, Φινόκιο Καλλιέργεια, Αξιοποίηση, Συντήρηση Τροφίμων. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., Αθήνα.
- Γαλανοπούλου-Σενδουκά Σ., (1999). Γενική Γεωργία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Ν. Ιωνία Μαγνησίας, Βόλος.
- Γαλανοπούλου-Σενδούκα Σ., (2003). Ειδική Γεωργία 1, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Ν. Ιωνία Μαγνησίας, Βόλος, Οκτώβριος, 2003.
- Δαλιάνης Δ.Κ., (1993). Ψυχανθή για καρπό και σανό. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., Αθήνα.
- Δαναλάτος Ν., (2005). Εισαγωγή στη προσομείωση. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Ν. Ιωνία Μαγνησίας, Βόλος, 2005.
- Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας (ΕΣΥΕ). (1998). Website.
- Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας (ΕΣΥΕ). (2002). Website.
- Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας (ΕΣΥΕ). (2006). Website.
- Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας (ΕΣΥΕ). (2008). Website.
- Λέτσας, Α.Ν. 1957. Ασκήσις της γεωργίας- Ανάπτυξις της γεωργίας εν Αιγύπτω, Βαβυλωνία, Χαλδαία , Παλαιστίνη, Αρχαία Ελλάδα και Αρχαία Ιταλία. Ανάτυπον εκ του ΙΙΙ τόμου της μυθολογίας της γεωργίας. Εκδοτικός Οίκος Μ. Τριανταφύλλου & Υιοί, Θεσσαλονίκη, σελ 217.

- Μετζάκης, Δ.Ε. 1984. Μπιζέλι. Υπουργείο Γεωργίας, Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών και Βοσκών, Λάρισα. Έντυπο σελ. 12.
- Μήτσιος Ι.Κ., (2004). Γονιμότητα Εδαφών. Εκδόσεις Lymel.
- Ολυμπίου Χ.Μ., (1996). Στοιχεία Γενικής και Ειδικής Λαχανοκομίας. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας Βόλος.
- Παπακώστα-Τασοπούλου Δ., (2005). Ψυχανθή (Καρποδοτικά-Χορτοδοτικά). Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.
- Σφήκας, Α., (1991). Ειδική Γεωργία Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά . Θεσσαλονίκη.
- Σφήκας Α., (1995). Ειδική Γεωργία Ι (Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά Φυτά), Θεσσαλονίκη.
- Τζαβέλλα-Κλωνάρη, Κ. και Ν. Κατής. 2003. Ασθένειες λαχανικών και καλλωπιστικών φυτών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη. Σελ. 236.
- Τσατσαρέλης Κ.Α., (2006). Διαχείριση Γεωργικών Μηχανημάτων. Εκδόσεις Γιαχούδη Θεσσαλονίκη.
- Χα Ι.Α., (2007). Στοιχεία Γενικής και Ειδικής καλλιέργειας κηπευτικών, Βόλος.

Άρθρα – Περιοδικά

- Acikgoz, E., A. V. Katkat, S. Omeroglu, and B. Okan, 1985. Mineral elements and amino acid concentrations in field pea and common vetch herbage and seeds. J. Agron.
- Akram Ali, Ahmed Alfarhan, Ibrahim Aldjain, Nagat Bokhari, Wafa'a Al-Taisan, Khaled Al-Rasheid and Saleh Al-Quraishi 2008. Photosynthetic responses of pea

plants (*Pisum sativum* L. cv. Little marvel) exposed to climate change in Riyadh city, KSA.

- Armstrong E. L. and J. S. Pate 1994. The field pea crop in S.W. Australia. I. Patterns of growth, biomass production and photosynthetic performance in genotypes of contrasting morphology.
- Amarger, F. 2001. Common bean response to tillage intensity and weed control strategies. *Agronomy Journal* 93:556-563.
- Benjamin J. G. and D. C. Nielsen. 2006. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. *Field Crops Research* Volume 97, Issues 2-3, 1 June 2006, Pages 248-253.
- Berry G. J. and Y. Aitken 1996. Effect of Photoperiod and Temperature on Flowering in Pea (*Pisum sativum* L.).
- Caetano-Anolles, G. 1997. Molecular dissection and improvement of the nodule symbiosios 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. de Varennew and D. Roloston. 1999. Biological nitrogen fixation by fababean, pea and chickpea, under field conditions, estimated by the N isotope dlution technique. *European Journal of Agronomy* 10:49-56.
- Cousin, R. 1997. Peas (*Pisum sativum* L.) *Field Crops Research* 53:111-130).
- Danalatos, N.G., 1993. Quantified analysis for selected land use systems in the Larissa region, Greece. Ph.D Thesis, Agricultural University of Wagenigen, The Netherlands. 370 p.

- Danalatos, N.G., Kosmas, C.S., Driessen, P.M., Yassoglou, N., 1994. The change in the SLA of maize growth under Mediterranean conditions. *Agronomy* 14: 433-443.
- Dore, T., J. M. Meynard, M. Sebillotte. 1997. The role of grain number, nitrogen nutrition and stem number in limiting pea crop (*Pisum sativum*) yields under agricultural conditions.
- Deunff Y. and Rachidian Z. 1983. Interruption of Water Delivery at Physiological Maturity is Essential for Seed Development, Germination and Seedling Growth in Pea (*Pisum sativum* L.)
- Duranti, M. and Cr. Gius. 1997. Legume seeds: protein content and nutritional value. *Field Crops Research* 53:31-45.
- Gan, Y. T., P. R. Miller, P. H. Liu, F. C. Stevenson, and C. L. McDonald, 2002: Seedling emergence, pod development, and seed yields of chickpea and dry pea in a semiarid environment.
- Gan, Yantai and Pu-hai Liu. 2005. Ontogenetic Characteristics of Field Pea in a Semiarid Environment.
- Gonzales M. D., Eric Archuleta, Andrew Farmer, Kamal Gajendran, David Grant, Randy Shoemaker, William D. Beavis and Mark E. Waugh. 2005. The Legume Information System (LIS): an integrated information resource for comparative legume biology. *Nucleic Acids Research*, 2005, Vol. 33, Database issue D660-D665.
- Grbi V, Bleecker AB (2000). Axillary meristem development in *Arabidopsis thaliana*.
- Hakan A, Ashmore M. R, Bell B. N. (1996). Exposure of a Grass-clover Mixture to Ozone in Open-top Chambers Effects on Yield, Quality and Botanical Composition. *Agric. Ecosys. Environ.*, 59: 55-62.
- Harker, K N. Robert, E. Blackshaw and Clayton, W. G. 2001. Timing weed removal in field pea (*Pisum sativum* L.).

- Howieson, I. G. O Hara G.W., CARR s.j., (2000). Changing vole for legumes in Mediterranean agriculture: developments from an Australian perspective. *Field Crop Research* 65:107-122.
- ICAC, 2003. The ICAC recorder. Technical information section.
- 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. and B. Ney. 1997. Crop physiology and productivity. *Field Crops Research* 53:3-16.
- Jeuffroy MII, Warembourg FR. 1991. Carbon transfer and partitioning between vegetative and reproductive organs in *Pisum sativum* L. *Plant Physiology* 97, 440-448.
- John R. Evans, 1989. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants.
- Johnston, A. M., and F. C. Stevenson, 2001. Field pea response to seeding depth and P fertilization. *Can. J.*
- Johnston, A. M., G. W. Clayton, G. P. Lafond, K. N. Harker, T. J. Hogg, E. N. Johnson, W. E. May, and J. T. McConnell, 2002. Field pea seeding management.
- Johnston A. M., G. W. Clayton, G. P. Lafond, K. N. Harker, T. J. Hogg, E. N. Johnson, W. E. May and J. T. McConnell. 2004. Field pea seeding management. *Can. J. Plant Sci.* 82: 639-644.
- Justes, E., Mary, B., Meynard, J. M., Machet, J. M., Thelier-Huche, L., 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for wheat crops. *Ann. Bot.* 74, 397-407.

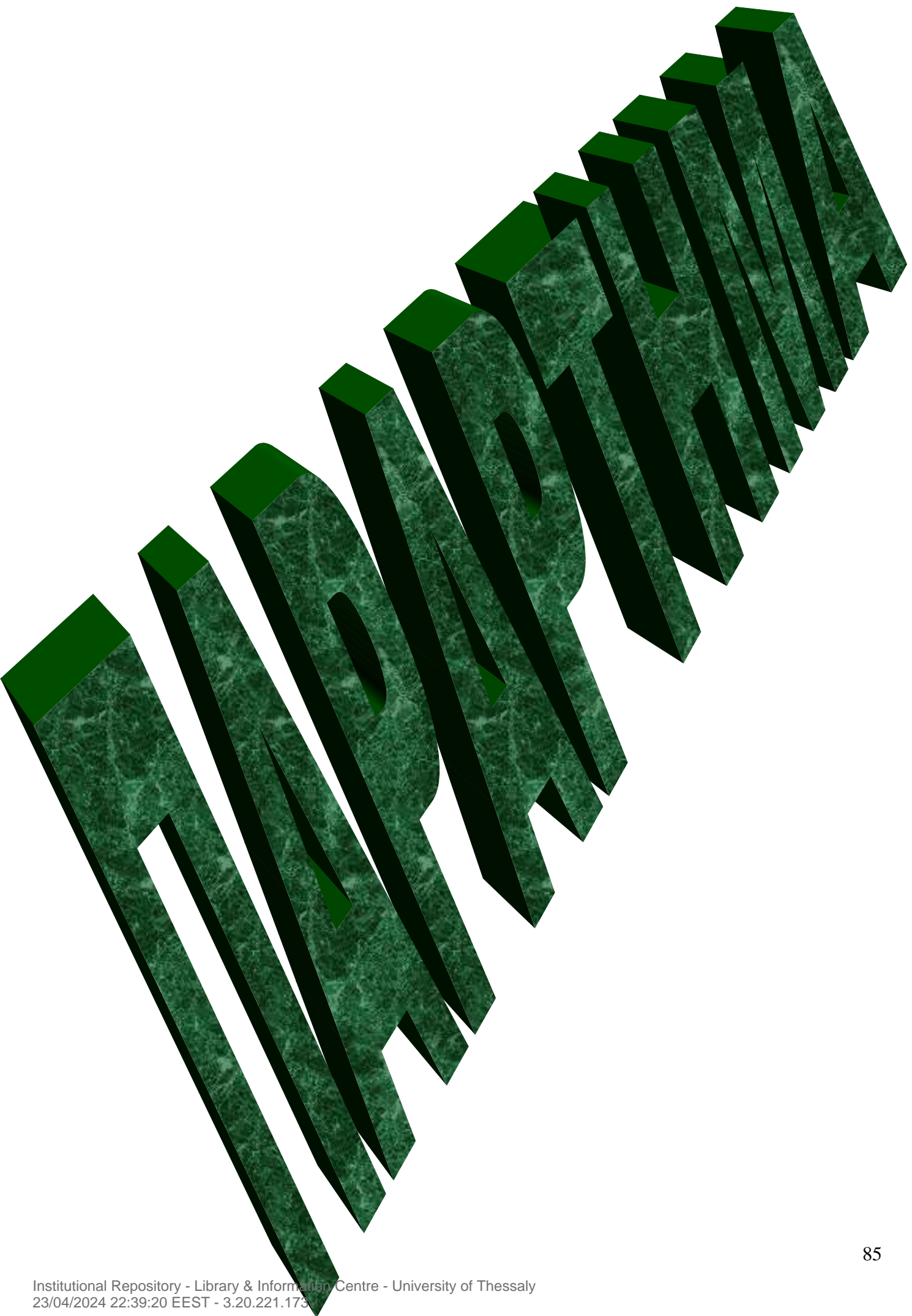
- Kyei-Boahen, S., A. E. Slinkard and F.L. Walley. 2002. Evaluation of rhizobial inoculation methodw for chickpea. *Agronomy Journal*94:851-859.
- Lydie Guillioni, Jacques Wery and Jeremie Lecoecur 2003. High temperature and water deficit may reduce seed number in field pea purely by decreasing plant growth rate.
- Malhi. S. S., A. M. Johnston, J. J. Schoenau, Z. H. Wang and C. L. Vera. 2007. Sea Ludlow, M. M., and R. C. Muchow, 1990: A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. *Adv. Agron.* 43, 107-153.
- Nielsen, D.C. 2001. Production function for chickpea, field pea and lentil in the Central Great Plains. *Agronomy Journal* 93:563-569
- Pal, U.R. and Shehu, Y., 2001. Direct residud contributions of symbiotic nitrogen fixation by legumes to the yield and nitrogen uptake of maize (*Zea mays* L.)in the Nigerian Savannah. *J. Agron. crop sci.* 187:53-58.
- Penman, H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soils and grass. *Proc. Royal Soc., A*, 193: 120-145.
- Penman, H.L., 1956. Evaporation: an introductory survey. *Neth. J. of Agric. Sci.*, 4: 9-29.
- Penman, H.L., 1963. Vegetation and hydrology. Commonwealth Bureau of Soils. Harpenden, Technical Communications no. 53, 124 p.
- sonal Biomass Accumulation and Nutrient Uptake of Pea and Lentil on a Black Chernozem Soil in Saskatchewan
- Rao, A.V. Aggarwal, R.K., 1995. Influence of cropping systems on soil biochemical properties in an arid rain-fed environment. *J. of arid environment* 31:237-244.

- Rasmussen, J. 1992. Yield response models for mechanical weed control by harrowing at early crop growth stages in peas (*Pisum sativum* L.)
- Russelle, M.P. and A.S. Birr. 2004. Largescale assessmend of symbiotic dinitrogen fixation by crops. *Agronomy Journal* 96:1754-1760.
- Sullivan P., 2003. Overview of cover crops and green manures. ATTRA-National Sustainable Agriculture Information Service.
- Tawaha A. M. And M. A. Turk 2003. Field Pea Seeding management for semi-arid Mediterranean conditions.
- Tricot F, Crozat Y, Pellerin S. 1997. Root growth and nodule establishment on pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Experimental Botany* 48, 1935-1941.
- Turk, M. A., 1997: Comparison between common vetch and barley response to phosphorus fertilizer application. *Legume Res.* 20, 141-147.
- Turk, M. A., and A. M. Tawaha, 2001: Common vetch productivity as influenced by rate and method of phosphate placement in Mediterranean environment. *Agric. Mediterr.* 131, 108-111.
- Upendra M. Sainjua, Bharat P. Singhb, Wayne F. Whiteheadb and Shirley Wangb. 2007. Accumulation and Crop Uptake of Soil Mineral Nitrogen as Influenced by Tillage, Cover Crops, and Nitrogen Fertilization.
- Vallis, I., 1967. Isotope studies on the urtake of nitrogen by pasture plants: the urtakes of small additions of INS Labeled fertilizer by Rhodes grass and Townville Lucern. *Agric Res.* 18:865-877.
- Voisin A.S., Salon C., Jeudy C. and F. R. Warembourg 2003. Symbiotic N₂ fixation activity in relation to C economy of *Pisum Sativum* L. as a function of plant phenology.

- Voisin AS, Salon C, Munier-Jolain NG, Ney B. 2002b. 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.
- Wiersema, J.H. and B. Leon. 1999. *World economic plants: A standard reference*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 749 pp.

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις (Διαδίκτυο)

- www.ruhr-uni-bochum.de/boga/html/Pisum.sativum.ho3.jpg
- <http://www.live-pedia.gr>
- www.minagric.gr/greek/EPAA/ODHGOS_POIK/Mορφ.%20χαρ.%20ψυχανθών.doc
- <http://lsg.ucy.ac.cy/courses/epa175/epa175ecology.doc>
- <http://www.aegeaskek.gr/eco-agro/pdf/enotita5.pdf>
- www.archipelago.gr/images/File/praktikesBiologikisKalliergias.doc
- <http://artemis.teikoz.gr/Dienst/UI/1.0/Download/artemis.teikoz.florina/PT2004-0027>
- <http://www.anthorama.gr/lachanokipos/arakas.htm>
- <http://www.kespy.gr/docs/mpizeli.pdf>
- <http://www.ppd.l.purdue.edu/PPDL/images/pisum-sativum.jpg>
- <http://alex.eled.duth.gr/eled/ekdoseis/rodevros/rodopi/plants/text/2.htm>



HΜΕΡΕΣ	TEMP MAX	TEMP MIN	RH MAX	RH MIN	WS MAX	WS MIN	TOTAL MAX	TOTAL MIN	PAR MAX	PAR MIN	RAIN MAX	RAIN MIN
10/2/09	13,8	1,3	110,9	48,5	523,6	0,1	1005,4	3,2	1430,1	-0,1	0,6	0
11/2/09	16,7	7,1	86,3	55,9	5,7	0,3	700,3	3,5	1303,8	-0,1	0,2	0
12/2/09	12,5	2,8	110,7	48,4	6,1	0,1	788,7	3,4	1362,2	-0,1	0,4	0
13/2/09	8,9	-0,3	110,8	62,2	3,7	0,1	687,9	4	1131	-0,1	0,6	0
14/2/09	4,8	-0,2	110,8	61,5	5,1	0,1	312	4	439,1	-0,2	0,4	0
15/2/09	5,3	-0,3	110,9	56,6	3,5	0	600,6	3,5	937	-0,1	0	0
16/2/09	6,4	-3	97,4	40,6	4,3	0,1	759,3	2,7	1333,3	-0,1	0	0
17/2/09	7,6	-3,8	97,9	50,3	2,8	0	756,8	3,3	1403,8	-0,1	0	0
18/2/09	12	-1,6	97	53,1	4,8	0,1	689,1	3,4	1290,3	-0,1	0	0
19/2/09	10,6	0,8	110,8	36,1	7,1	0	765,3	3,7	1396,7	-0,1	0,2	0
20/2/09	7,4	-0,4	110,9	43,4	332,9	0,3	788,7	3,5	1403,8	-0,1	3,6	0
21/2/09	7,4	-3,8	87,6	42,2	3,6	0,3	660,9	3,4	1230,6	-0,2	0	0
22/2/09	4	-3	110,9	61,5	4,9	0,2	363,6	3,5	675,8	-0,1	0,2	0
23/2/09	5,9	-2,3	110,9	55,3	523,6	0,2	1005,4	3	1325,6	-0,1	0,4	0
24/2/09	7,6	-4,9	110,8	51,3	2,4	0	635,6	3,6	1156	-0,1	0,2	0
25/2/09	8	0,7	110,8	48,7	16,8	0,2	693,1	2,9	1245,6	-0,1	0,2	0
26/2/09	8,1	-1,1	88,7	39,1	5,4	0,3	710,8	0,3	1297,4	0	0,2	0
27/2/09	10	-3,7	98,6	43,8	2,2	0	686,6	3,5	1276,6	-0,1	0	0
28/2/09	12,6	1,6	89,9	30,9	5,3	0	761,9	3,2	1398	-0,1	0	0
1/3/09	17,2	-1	91	34,5	3	0	746,6	3,8	1430,1	-0,1	0	0
2/3/09	17,8	5,7	80	35,5	3,7	0,2	824,9	3,8	1585,2	0	0	0

3/3/09	18,7	4,8	110,7	42,5	3,7	0	757,8	3,5	1362	0	0	0
4/3/09	18,5	8	110,8	70,8	76,4	0	418,6	0,1	830,8	0	0	0
5/3/09	18,5	10	110,7	45,1	11,5	0	779,3	3,7	1511,9	0	0,4	0
6/3/09	15,5	8,4	110,7	54,1	7,4	0,8	503,7	2,8	951	-0,2	3	0
7/3/09	14,9	5	99,1	51,2	3,8	0,4	664,8	3,7	1270,2	-0,1	0	0
8/3/09	15,1	3,1	110,8	52,2	5,4	0,1	806,5	3,4	1541,4	-0,1	0,2	0
9/3/09	17,6	1,4	110,7	5,8	14,2	0	1424,6	3,5	1430,6	0	0,2	0
10/3/09	13,6	-71,7	75,6	11,9	11,1	0,7	998,1	2,6	1534,7	0	0	0
11/3/09	24,3	2,5	96,6	41,1	3,1	0,1	842,5	3,6	1601,9	-0,1	0,4	0
12/3/09	7,5	5,6	110,8	82,7	3,5	0,5	174,6	4,4	299,3	-0,2	0,6	0
13/3/09	13,1	2,1	110,8	40,3	1007,9	-0,1	789	0	1463	0	0	0
14/3/09	359,9	1,6	96,8	16	19,3	0	907,6	0	1617	-0,1	0	0
15/3/09	14,8	-0,3	91,7	35	3	0,1	791,7	3,4	1478,3	-0,1	0	0
16/3/09	15,7	0,9	110,7	39,1	13,7	0	780	3,4	1475,3	-0,1	0	0
15/3/09	10,7	5,6	94,8	57,8	3,4	0,1	185	3,8	368	-0,1	0,2	0
16/3/09	13,3	2,4	110,8	43,6	15,7	0,2	849,1	0,1	1548,5	0	0,8	0
17/3/09	11	-0,5	93	-60,5	1008,2	0	883,4	2,7	1606,3	-0,2	0	0
18/3/09	13,4	-0,3	98,5	45,7	8	0,1	829,5	3,7	1558,2	-0,1	0	0
19/3/09	13,2	4,9	110,7	1,6	15,7	0,2	683,9	2,7	1223	-0,2	0,6	0
20/3/09	9,5	4,6	110,8	64,8	1000,8	0,5	915,2	4,7	1687	-0,1	0,2	0
21/3/09	12,3	2	93,7	43,2	5,5	0,1	926,3	3,1	1708,3	0	0	0
22/3/09	16,5	0	92,2	35,4	1107,8	0,2	832,4	0	1536,7	0	0	0

23/3/09	16,8	5,6	98,5	43,1	10,5	0,5	705	3,7	1310,9	-0,1	1,4	0
24/3/09	12,7	1	98,6	45,3	3,7	0,1	922,2	3,5	1729,9	0	1	0
25/3/09	14,3	0,9	110,8	1	15,4	0,3	863,2	3,4	1608,8	-0,1	0	0
26/3/09	17,5	0,8	110,8	36,3	55,5	0,1	864,6	0	1607,8	0	1,3	0
27/3/09	16,5	1,3	242,9	-29,4	1011	0,1	488	3,8	997,6	-0,1	0	0
28/3/09	20,2	3,2	286,2	51,1	1007,2	0	748	4,5	1456,3	-0,1	0	0
29/3/09	324,4	10,1	110,7	54,5	11,4	0,1	699,8	4,1	1402,5	-0,2	0	0
30/3/09	19,1	11,4	110,7	67,8	3,3	0	276,9	4,2	569	0	0	0
31/3/09	16,1	7,5	98,4	64,2	4,2	0,6	763,5	3,8	1466,4	0	0	0
1/4/09	18,2	5,5	98,5	64,2	4,2	0,6	763,5	3,8	1466,4	0	0	0
2/4/09	17,6	2,3	110,8	17,6	3,6	0	896,1	3,1	1697,3	0,1	0	0
3/4/09	15,7	8,5	90	37,4	2,7	0,2	747,4	3,6	1377,4	0,1	0	0
4/4/09	19	7,4	110,8	52,1	5,4	0	200,7	3,7	366,1	0	0,4	0
5/4/09	19,6	4,3	110,8	38,9	3,9	0	836	3,7	1609,7	0,1	0	0
6/4/09	22,2	3,7	110,7	44,2	3,2	0,1	860,1	3,2	1597,2	0	0	0
7/4/09	21,2	4,6	98,5	27,4	2,6	0,2	913,9	3,5	1624,6	0	0	0
8/4/09	14,56	11,18	98,2	31,1	4,5	0	880,7	3,6	1576	0	0	0
9/4/09	17,22	12,33	91,8	48	2,7	0,2	915,6	3,8	1745,5	0	0	0
10/4/09	14,89	12,06	98	50,4	5,9	0	787,3	3,7	1523,3	0	0	0
11/4/09	16,57	11,46	98,5	65,2	4,5	0,1	709,6	4,2	1322	-0,1	0,2	0
12/4/09	18,15	13,73	110,8	67,1	3,5	0	966,6	4,5	1923,6	0	2,6	0
13/4/09	17,26	14,13	110,8	50,1	4,5	50,1	941,1	3,5	1706,8	0	0,2	0

14/4/09	16,96	13,89	98,5	43,1	10,5	0,5	860,1	3,7	1310,9	-0,1	1,4	0
15/4/09	19,87	16,54	98,6	45,3	3,7	0,1	913,9	3,5	1729,9	0	1	0
16/4/09	20,42	17,11	110,8	1	15,4	0,3	880,7	3,4	1608,8	-0,1	0	0
17/4/09	21,08	16,55	110,8	36,3	55,5	0,1	915,6	0	1607,8	0	1,3	0
18/4/09	14,3	0,9	110,8	1	15,4	0,3	863,2	3,4	1608,8	-0,1	0	0
19/4/09	17,5	0,8	110,8	36,3	55,5	0,1	864,6	0	1607,8	0	1,3	0
20/4/09	16,5	1,3	242,9	-29,4	1011	0,1	488	3,8	997,6	-0,1	0	0
21/4/09	20,2	3,2	286,2	51,1	1007,2	0	748	4,5	1456,3	-0,1	0	0
22/4/09	324,4	10,1	110,7	54,5	11,4	0,1	699,8	4,1	1402,5	-0,2	0	0
23/4/09	14,56	11,18	110,7	67,8	3,3	0	276,9	4,2	569	0	0	0
24/4/09	17,22	12,33	98,4	64,2	4,2	0,6	763,5	3,8	1466,4	0	0	0
25/4/09	14,89	12,06	98,5	64,2	4,2	0,6	763,5	3,8	1466,4	0	0	0
26/4/09	16,57	11,46	110,8	17,6	3,6	0	896,1	3,1	1697,3	0,1	0	0
27/4/09	18,15	13,73	90	37,4	2,7	0,2	747,4	3,6	1377,4	0,1	0	0
28/4/09	17,26	14,13	110,8	52,1	5,4	0	200,7	3,7	366,1	0	0,4	0
29/4/009	16,96	13,89	110,8	38,9	3,9	0	836	3,7	1609,7	0,1	0	0
30/4/09	19,87	16,54	110,7	44,2	3,2	0,1	860,1	3,2	1597,2	0	0	0
1/5/09	14,56	11,18	110,7	67,8	3,3	0	276,9	4,2	569	0	0	0
2/5/09	17,22	12,33	98,4	64,2	4,2	0,6	763,5	3,8	1466,4	0	0	0
3/5/09	14,89	12,06	98,5	64,2	4,2	0,6	763,5	3,8	1466,4	0	0	0
4/5/09	16,57	11,46	110,8	17,6	3,6	0	896,1	3,1	1697,3	0,1	0	0
5/5/09	18,15	13,73	90	37,4	2,7	0,2	747,4	3,6	1377,4	0,1	0	0

6/5/09	17,26	14,13	110,8	52,1	5,4	0	200,7	3,7	366,1	0	0,4	0
7/5/09	16,96	13,89	110,8	38,9	3,9	0	836	3,7	1609,7	0,1	0	0
8/5/09	19,87	16,54	110,7	44,2	3,2	0,1	860,1	3,2	1597,2	0	0	0
9/5/09	20,42	17,11	98,5	27,4	2,6	0,2	913,9	3,5	1624,6	0	0	0
10/5/09	21,08	16,55	98,2	31,1	4,5	0	880,7	3,6	1576	0	0	0
11/5/09	21,86	17,23	242,9	-29,4	1011	0,1	787,3	3,8	997,6	-0,1	0	0
12/5/09	22,48	18,21	286,2	51,1	1007,2	0	709,6	4,5	1456,3	-0,1	0	0
13/5/09	23,77	19,74	110,7	54,5	11,4	0,1	966,6	4,1	1402,5	-0,2	0	0
14/5/09	24,26	19,88	110,7	67,8	3,3	0	941,1	4,2	569	0	0	0
15/5/09	23,41	19,12	98,4	64,2	4,2	0,6	860,1	3,8	1466,4	0	0	0
16/5/09	24,58	19,89	98,5	64,2	4,2	0,6	913,9	3,8	1466,4	0	0	0
17/5/09	23,79	18,66	110,8	17,6	3,6	0	880,7	3,1	1697,3	0,1	0	0
18/5/09	24,13	19,47	90	37,4	2,7	0,2	915,6	3,6	1377,4	0,1	0	0
19/5/09	25,31	20,05	110,8	52,1	5,4	0	787,3	3,7	366,1	0	0,4	0
20/5/09	25,21	18,11	110,8	38,9	3,9	0	709,6	3,7	1609,7	0,1	0	0
21/5/09	23,96	18,15	110,7	44,2	3,2	0,1	966,6	3,2	1597,2	0	0	0
22/5/09	25,46	19,14	98,5	27,4	2,6	0,2	941,1	3,5	1624,6	0	0	0
23/5/09	26,16	20,03	98,2	31,1	4,5	0	860,1	3,6	1576	0	0	0
24/5/09	27,24	21,68	91,8	48	2,7	0,2	913,9	3,8	1745,5	0	0	0
25/5/09	26,84	21,11	98	50,4	5,9	0	880,7	3,7	1523,3	0	0	0
26/5/09	25,88	19,32	98,5	65,2	4,5	0,1	915,6	4,2	1322	-0,1	0,2	0
27/5/09	25,26	19,52	110,8	67,1	3,5	0	787,3	4,5	1923,6	0	2,6	0

28/5/09	24,77	18,17	110,8	50,1	4,5	0	709,6	3,5	1706,8	0	0,2	0
29/5/09	23,27	17,41	110,8	17,6	3,6	0	966,6	4,2	1729,9	0	0	0
10/5/09	23,66	17,32	90	37,4	2,7	0,1	941,1	3,8	1608,8	0	0	0
31/5/09	23,42	18,25	110,8	52,1	5,4	0,2	860,1	3,8	1607,8	0	0	0
1/6/09	24,51	18,65	110,8	38,9	3,9	0	913,9	3,1	1697,3	0	0	0
2/6/09	26,74	20,85	110,7	44,2	3,2	0,2	880,7	3,6	1923,6	0	0	0
3/5/09	25,97	19,44	98,5	27,4	2,6	0	915,6	3,7	1706,8	0	0	0