

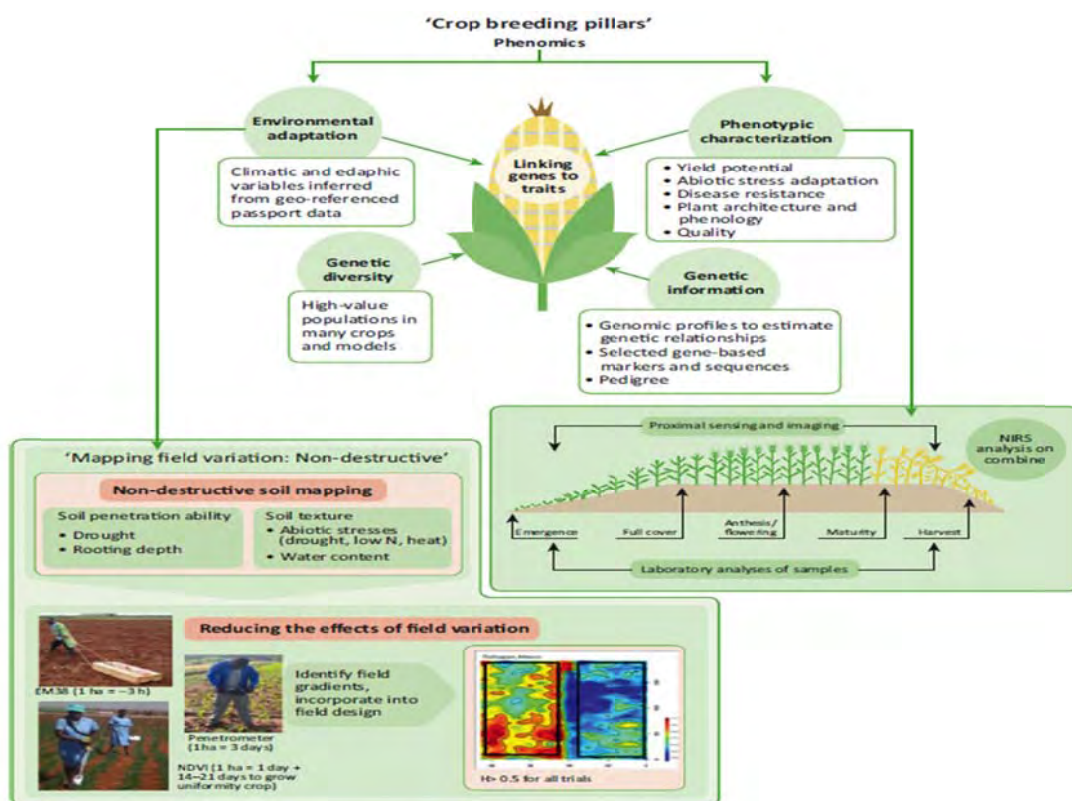
# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ

## ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΜΑ: «Μελέτη Φαινοτυπικής Παραλλακτικότητας με τη Χρήση  
Μεθόδων Τηλεπισκόπησης στη Φαινοτυπική Αποτύπωση»



Ευάγγελος Κ. Αναστασίου  
Γεωπόνος

Επιβλέπων  
Γέμτος Θεοφάνης  
Καθηγητής

ΒΟΛΟΣ 2014

# Μεταπτυχιακή Διατριβή

## Μελέτη Φαινοτυπικής Παραλλακτικότητας με τη Χρήση Μεθόδων Τηλεπισκόπησης στη Φαινοτυπική Αποτύπωση

*Υποβλήθηκε στη σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, στο πλαίσιο του διατμηματικού προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών.*

### ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

**Επιβλέπων:** *Γέμτος Θεοφάνης*, Καθηγητής Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Σχολής Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

**Μέλη:** *Φουντάς Σπυρίδων*, Επίκουρος καθηγητής Τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών

*Μαυρομάτης Αθανάσιος*, Επίκουρος καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

*Θα ήθελα να ευχαριστήσω , τον καθηγητή του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δρ. Γέμτο Θεοφάνη, επιβλέποντα της μεταπτυχιακής διατριβής μου, για την διδασκαλία της υπέροχης επιστήμης της γεωργικής μηχανικής. Η επιστημονική του κατάρτιση και η αμεσότητά του με βοήθησαν να διαμορφώσω ένα σωστό και επιστημονικό τρόπο σκέψης αλλά και η συνεχής καθοδήγησή του ήταν ιδιαίτερα πολύτιμη για εμένα.*

*Ακόμη, τον επίκουρο καθηγητή του τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών δρ. Σπυρίδων Φουντά, για την υπόδειξη του θέματος, την εμπιστοσύνη που έδειξε προς στο πρόσωπό μου, για την συνεχή καθοδήγησή του καθώς και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με τη γεωργική μηχανική και πιο συγκεκριμένα με την γεωργία ακριβείας.*

*Ευχαριστώ ακόμη τον επίκουρο καθηγητή του τμήματος Γεωπονίας, της σχολής Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης δρ. Αθανάσιο Μαυρομάτη για την υπόδειξη του θέματος και την καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια της εργασίας μου, τις εύστοχες υποδείξεις του και συμβουλές που με βοήθησαν σημαντικά να καταφέρω να ολοκληρώσω τη μεταπτυχιακή μου διατριβή.*

*Επίσης, ευχαριστώ πάρα πολύ τον δρ. Βλαχοστέργιο Δημήτριο, ερευνητή του Ινστιτούτου Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών Λάρισας, του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικών Ερευνών για την παροχή του γενετικού υλικού και του χώρου διεξαγωγής του πειράματος. Ακόμη τον ευχαριστώ για την συνεχή προθυμία του καθώς και την απρόσκοπτη καθοδήγηση του σε όλα τα στάδια της εργασίας μου, τις εύστοχες υποδείξεις του και συμβουλές που με βοήθησαν σημαντικά να καταφέρω να ολοκληρώσω τη μεταπτυχιακή μου διατριβή.*

*Θα ήθελα επιπλέον, να ευχαριστήσω όλο το προσωπικό του εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας και ιδιαίτερα τους δρ. Χρήστο Καβαλάρη και κ. Χρήστο Καραμούτη για την άψογη συνεργασία που είχα μαζί τους όπως επίσης και τους συμφοιτητές μου για την συμπαράσταση και την αλληλοϋποστήριξη καθόλη την διάρκεια των σπουδών μας .*

*Καθώς και όλους τους αγαπημένους μου φίλους για την συμπαράστασή τους και την φιλία τους όλα τα χρόνια. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πατέρα μου Κωνσταντίνο, την μητέρα μου Φωτεινή και την αδερφή μου Σταυρούλα για την ακλόνητη αγάπη τους, την συνεχή υποστήριξή τους και την υπομονή τους σε όλα τα έτη των σπουδών μου.*

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	8
<b>Abstract</b> .....	10
<b>1. Φαινοτυπική Αποτύπωση</b> .....	12
1.1. Ορισμός Βελτίωσης Φυτών .....	12
1.2. Ιστορία .....	12
1.3. Προκλήσεις .....	13
1.4. Φαινομική .....	14
1.5. Αυτοματοποιημένες πλατφόρμες μελέτης φαινοτυπικών χαρακτηριστικών....	21
1.6. Μελέτη Φαινοτυπικών Χαρακτηριστικών στον Αγρό.....	22
1.6.1. Ανυψωτική Πλατφόρμα .....	23
1.6.2. BreedVision .....	24
1.6.3. BoniRob .....	24
1.6.4. Πλατφόρμα Ράμπας .....	25
1.6.5. Phenomobile .....	25
1.6.6. Μη Επανδρωμένο Αερόπλοιο.....	25
1.6.7. Μη Επανδρωμένα Εναέρια Συστήματα .....	26
1.7. Αισθητήρες Μελέτης Φαινοτυπικής Παραλλακτικότητας .....	29
1.7.1. RGB Κάμερες .....	29
1.7.2. Αισθητήρες τύπου LIDAR.....	30
1.7.3. Κάμερες ToF.....	30
1.7.4. Κουρτίνες Φωτός (Light Curtains) .....	31
1.7.5. Πολυφασματικές/Υπερφασματικές Κάμερες .....	31
1.7.6. Θερμικές Κάμερες .....	34
1.7.7. Φασματικοί Αισθητήρες .....	34
1.7.8. Αισθητήρες Φθορισμού .....	35
1.7.9. Υπόλοιποι Αισθητήρες .....	37
1.8. Μελέτη Φαινοτυπικής Παραλλακτικότητας Ρίζας .....	37
<b>2. Βίκος (<i>Vicia sativa</i>)</b> .....	39
2.1 Γενικά.....	39
2.2 Βοτανική Περιγραφή .....	39
2.3. Αύξηση και Ανάπτυξη .....	40
2.4. Οικολογικές Απαιτήσεις .....	41

2.5.	Καλλιεργητική Τεχνική .....	42
2.5.1.	Αμειψισπορά .....	42
2.5.2.	Προετοιμασία Εδάφους .....	44
3.5.3.	Λίπανση .....	45
2.5.4.	Σπορά .....	46
2.5.5.	Περιποιήσεις μετά την σπορά.....	48
2.5.6.	Διαχείριση - Συγκομιδή .....	48
2.6.	Εχθροί και Ασθένειες.....	50
2.6.1.	Εχθροί .....	50
2.6.2.	Ασθένειες .....	52
2.7.	Προϊόντα και Ποιότητα .....	54
<b>3.</b>	<b>Φακή (<i>Lens culinaris</i>)</b> .....	<b>57</b>
3.1.	Γενικά.....	57
3.2.	Βοτανική Περιγραφή .....	57
3.3.	Αύξηση και Ανάπτυξη.....	58
3.4.	Οικολογικές Απαιτήσεις .....	58
3.5.	Καλλιεργητική Τεχνική .....	62
3.5.1.	Αμειψισπορά.....	62
3.5.2.	Προετοιμασία Εδάφους .....	63
3.5.3.	Λίπανση .....	64
3.5.4.	Άρδευση.....	65
3.5.5.	Σπορά .....	66
3.5.6.	Περιποιήσεις μετά την σπορά.....	68
3.5.7.	Συγκομιδή .....	71
3.6.	Εχθροί και Ασθένειες.....	73
3.6.1.	Εχθροί .....	73
3.6.2.	Ασθένειες .....	77
3.7.	Προϊόντα και Ποιότητα .....	80
<b>4.</b>	<b>Σκοπός του Πειράματος</b> .....	<b>85</b>
<b>5.</b>	<b>Υλικά και Μέθοδοι</b> .....	<b>86</b>
5.1.	Υλικά .....	86
5.1.1.	Τοποθεσία πειράματος.....	86
5.1.2.	Γενετικό Υλικό .....	86

5.1.3.	Τύπος Πειράματος .....	86
5.1.4.	Όργανα Μέτρησης.....	87
5.1.5.	Λογισμικό .....	89
5.2.	Μέθοδοι .....	89
5.2.1.	Προετοιμασία Πειραματικού Αγρού .....	89
5.2.2.	Ημερολόγιο Αγρού .....	89
5.2.3.	Συγκομιδή .....	91
5.2.4.	Στατιστική Ανάλυση.....	92
<b>6.</b>	<b>Αποτελέσματα και Συζήτηση.....</b>	<b>93</b>
6.1.	Αποτελέσματα.....	93
6.1.1.	Βίκος .....	93
6.1.2.	Φακή .....	98
6.1.3.	Βίκος - Φακή.....	103
6.2.	Συζήτηση.....	105
6.2.1.	Βίκος .....	105
6.2.2.	Φακή .....	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
6.2.3.	Βίκος – Φακή .....	115
6.3.	Συμπεράσματα .....	116
<b>7.</b>	<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>119</b>
7.1.	Ελληνική Βιβλιογραφία.....	119
7.2.	Ξένη Βιβλιογραφία .....	120
<b>8.</b>	<b>Παράρτημα .....</b>	<b>132</b>
8.1.	Βίκος .....	132
8.2.	Φακή .....	140
8.3.	Βίκος – Φακή.....	148

## Περίληψη

**Λέξεις – Κλειδιά:** Φαινοτυπική Αποτύπωση, Βίκος, Φακή, NDVI, Διάκριση ποικιλιών και φυτικών ειδών

Η βελτίωση των φυτών είναι μια από τις δραστηριότητες του ανθρώπου που χαρακτηρίζεται ως τέχνη και επιστήμη και συνδέεται με την εξέλιξη των ανθρώπινων κοινωνιών. Η συμβολή της βελτίωσης των φυτών στην ιστορία του ανθρώπου είναι ιδιαίτερα έντονη στο δεύτερο μισό του εικοστού αιώνα όπου ως επιστήμη συνέβαλλε σημαντικά στη σταδιακή αυτάρκεια του αυξανόμενου πληθυσμού της γής σε τρόφιμα. Η αυτάρκεια σε σιτηρά επετεύχθηκε μέσω της αξιοποίησης των βελτιωμένων νάνων ποικιλιών που προέκυψαν από το ερευνητικό πρόγραμμα της ομάδας Borlaug, και χαρακτηρίστηκε ως «πράσινη επανάσταση».

Με βάση τα νεότερα δεδομένα, αναμένεται ο πληθυσμός του πλανήτη να φτάσει τα 10 δισεκατομμύρια ανθρώπους, μέχρι το 2050. Κατά συνέπεια, για να καλυφθούν οι διατροφικές ανάγκες αυτού του πληθυσμού, θα πρέπει να μεγαλώσει η καλλιεργούμενη έκταση ή να αυξηθούν οι αποδόσεις των φυτικών ειδών ανά μονάδα επιφάνειας καλλιεργούμενου εδάφους. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι μια νέα πράσινη επανάσταση χρειάζεται να συντελεστεί για τον σκοπό αυτό. Συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι οι αποδόσεις των καλλιεργειών θα πρέπει να αυξάνονται ετησίως κατά 2.4 % για να επιτευχθεί ο στόχος. Αλλά αυτή δεν είναι η μοναδική πρόκληση που αντιμετωπίζουν οι βελτιωτές των φυτών. Θα πρέπει οι αποδόσεις να αυξηθούν σε ένα περιβάλλον έντονης κλιματικής αλλαγής, η οποία θα προκαλεί αβιοτικές καταπονήσεις στις καλλιέργειες των φυτών αλλά και να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα που δημιούργησε η πρώτη πράσινη επανάσταση, τα οποία είναι η μείωση της βιοποικιλότητας, η πτώση του υδροφόρου ορίζοντα του εδάφους, η αύξηση της αλατότητας του εδάφους και η ρύπανση του περιβάλλοντος από αγροχημικά. Στην λύση των προαναφερόμενων προβλημάτων θα μπορούσε να συμβάλει η προσέγγιση της φαινομικής (Phenomics) που μελετά το βιολογικό κύκλο των φυτών και τη συμπεριφορά τους σε σχέση με το περιβάλλον ανάπτυξης τους. Με τη χρήση νέων μεθόδων και τεχνολογιών στην φαινοτυπική αποτύπωση, ο βελτιωτής καλείται να επιλέξει και να αναπτύξει γρήγορα νέες ποικιλίες και υβρίδια φυτών με υψηλές αποδόσεις και αγρονομικά χαρακτηριστικά που ωθούν σε περιβαλλοντική προσαρμοστικότητα.



Στην παρούσα εργασία μελετώνται τα αγρονομικά χαρακτηριστικά και η προσαρμοστικότητα 8 ποικιλιών βίκου και 9 ποικιλιών φακής με τη χρήση μη καταστροφικών μεθόδων όπως του δείκτη βλάστησης NDVI. Ο βίκος αποτελεί ένα πολύ σημαντικό κτηνοτροφικό φυτό με πολλές χρήσεις όπως χρήση στη διατροφή των ζώων για σανό, για ενσίρωμα, για καρπό και για βόσκηση. Εκτός των κτηνοτροφικών του χρήσεων, ο βίκος χρησιμοποιείται και ως φυτό χλωράς λίπανσης για την αξιοποίηση της αζωτοδεσμευτικής του ικανότητας σε άλλες καλλιέργειες. Η φακή αποτελεί μια από τις πιο δημοφιλείς τροφές του ανθρώπου με υψηλή θρεπτική αξία και είναι ένα πολύ σημαντικό φυτό σε κύκλο αμειψισποράς εξαιτίας της αζωτοδεσμευτικής του ικανότητας. Σκοπός του πειράματος ήταν η αναγνώριση και ο διαχωρισμός των διαφορετικών ποικιλιών βίκου και φακής αλλά και των δύο ειδών μεταξύ τους με την χρήση μη καταστροφικών μεθόδων. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε καλύτερη συσχέτιση του ύψους βλάστησης με τον δείκτη NDVI στην φακή ( $r^2 =$  έως 0.70) σε σχέση με τον βίκο ( $r^2 =$  έως 0.64). Ακόμη, διαπιστώθηκε υψηλή συσχέτιση των αγρονομικών χαρακτηριστικών (απόδοση σε σπόρο και πρωιμότητα άνθησης) της φακής με τον δείκτη βλάστησης NDVI ( $r = -0.636$  και  $0.774$  αντίστοιχα) ενώ με τον βίκο διαπιστώθηκε πολύ καλή συσχέτιση με την απόδοση σε σανό ( $r = 0.621$ ) και με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ( $r = 0.536$ ). Ο δείκτης NDVI παρουσίασε περιορισμένη δυνατότητα στον διαχωρισμό των ποικιλιών και των ειδών που μελετήθηκαν. Προτείνεται οι μετρήσεις της φαινοτυπικής αποτύπωσης να γίνονται στο κατάλληλο στάδιο του βιολογικού κύκλου για κάθε φυτικό είδος, το οποίο θα πρέπει να μελετηθεί για κάθε αγρονομικό γνώρισμα σε σχέση με το γενότυπο (ποικιλία) και την αλληλεπίδραση με τις περιβαλλοντικές συνθήκες ώστε να προκύψουν χρήσιμα και πρακτικά αξιοποιήσιμα αποτελέσματα.

## Abstract

**Tags:** Phenotyping, common Vetch, Lentil, NDVI, Discrimination of plant varieties and species

Plant breeding is one of the human activities identified as art and science associated with the development of human societies. The contribution of plant breeding in the history of man is particularly strong in the second half of the twentieth century as a science which contributed significantly to the gradual self-sufficiency of the growing world population food. Self-sufficiency in cereals was achieved through the use of improved dwarf varieties resulting from the research team Borlaug, and characterized as "green revolution."

Based on the new data, the expected world population will reach 10 billion people by 2050. Therefore, cultivated land and yields of plant species must be increased to meet the nutritional needs of this population. It is now clear that a new green revolution needs to be done for this purpose. It is stated that crop yields need to be increased annually by 2.4% to achieve this goal. But this is not the only challenge faced by plant breeders. Yields should be increased in an environment of intense climate change, which will cause abiotic stresses on crop plants and to address the problems created by the first green revolution, which is the reduction of biodiversity, the decline of ground aquifer, increasing soil salinity and pollution from agrochemicals. The solution of the above problems could be helped by the approach Phenomics which is the study of the life cycle of plants and their behavior in relation to the development environment. By using new methods and technologies in phenotyping, the breeder must select and develop quickly new plant varieties and hybrids with high yields and agronomic characteristics that lead to environmental adaptability.

In the present work, the agronomic characteristics and adaptability of 8 vetch varieties and 9 varieties of lentils are studied by the use of non-destructive methods such as vegetation index NDVI. Common vetch is an important fodder plant with many uses including use in animal feeding on hay, silage, grain and for grazing. Besides the use as a fodder plant, vetch is also used as green manure in other cultures because of its nitrogen fixation. Lentil is one of the most popular foods in the human diet with high nutritional value and is a very important plant in crop rotation cycle

because of its nitrogen fixation. The purpose of this experiment was the recognition and discrimination of different varieties of lentils and vetches and of both plant species using non-destructive methods. Plant height was better correlated with the vegetation index NDVI in lentil ( $r^2 =$  up to 0.70) compared to common vetch ( $r^2 =$  up to 0.64). Furthermore, a strong correlation was found between traits (seed yield and anthesis) and NDVI in lentils ( $r = -0.636$  and  $0.774$  respectively) while in vetch there was strong correlation among NDVI and traits (protein content and hay yield) with  $r=0.536$  and  $r=0.621$  (respectively). NDVI showed limited ability to discriminate the different varieties and species that were studied. It is suggested that phenotyping measurements should be made at the appropriate stage of the biological cycle for each plant species, which should be studied for each trait compared with the interaction of genotype (variety) and environmental conditions so useful and practical results will be obtained.

# 1. Φαινοτυπική Αποτύπωση

## 1.1.Ορισμός Βελτίωσης Φυτών

Η βελτίωση φυτών μπορεί να οριστεί ως η εφαρμογή τεχνικών για εκμετάλλευση του γενετικού δυναμικού των φυτών (Stoskopf et al., 1993), η τέχνη και επιστήμη της βελτίωσης της ανθρωπότητας (Poehlman and Sleper, 1995), η τέχνη, η επιστήμη και η εργασία της βελτίωσης των φυτών προς ανθρώπινο όφελος (Bernardo, 2002) και η τέχνη και η επιστήμη της βελτίωσης του γενετικού κώδικα των φυτών σε σχέση με τις οικονομικές τους χρήσεις (Hallauer, 2011).

## 1.2.Ιστορία

Η βελτίωση των φυτών είναι μια από τις δραστηριότητες του ανθρώπου που έχουν συνεχή παρουσία στην εξελικτική του πορεία. Μια διαδικασία που ανάγεται ότι ξεκίνησε να την ασκεί ο άνθρωπος πριν από 10000 χρόνια περίπου (Hallauer, 2011). Στην αρχή ο άνθρωπος έπρεπε να επιλέξει από μια πληθώρα φυτικών ειδών για την διατροφή του. Αυτή η επιλογή σε είδη άγριων σιτηρών πραγματοποιήθηκε από τους πρώτους βελτιωτές με βάση κάποια χαρακτηριστικά όπως μεγάλοι παραγόμενοι κόκκοι, τοπική αφθονία του φυτού, να είναι το φυτό ετήσιο, να έχει μικρή περίοδο λήθαργου των καλλιεργούμενων σπόρων, ευκολία στην συγκομιδή και στον καθαρισμό των κόκκων. Αλλά και μετά την επιλογή των ειδών για την καλλιέργειά τους ο άνθρωπος άρχισε να επιλέγει ανάμεσα σε φυτά του ίδιου είδους ακόμα και ασυνείδητα με την χρήση του αρότρου στην γεωργία. Με την αναστροφή του εδάφους από το άροτρο οι σπόροι των φυτών που φύτευαν παρουσίασαν ορισμένα χαρακτηριστικά. Έτσι, ο άνθρωπος επέλεξε πληθυσμούς οι οποίοι να μην έχουν λήθαργο, να αναπαράγονται σε ορισμένο χρόνο και να έχουν αυξημένη φυτρωτική ικανότητα μέσω της χρήσης του αρότρου στην γεωργία. Όμως, έγινε και επιλογή πληθυσμών του ίδιου είδους με βάση τα χαρακτηριστικά συγκομιδής όπως με την χρήση δρεπανιού ή με την εκρίζωση των φυτών. Με αυτές τις μεθόδους συγκομιδής έγινε επιλογή σπόρων οι οποίοι δεν πέφτουν εύκολα από το σιτηρό μετά από την ανακίνηση που προκαλείται από την συγκομιδή (Cox, 2009).

Η συμβολή της βελτίωσης των φυτών στην ιστορία του ανθρώπου είναι ιδιαίτερα έντονη στο δεύτερο μισό του εικοστού αιώνα. Η χρήση βελτιωμένων ποικιλιών σιτηρών σε συνδυασμό με την χρήση αγροχημικών και άλλων εισροών όπως το αρδευτικό νερό οδήγησαν στην Πράσινη Επανάσταση. Σε αυτήν την περίοδο οι αποδόσεις των σιτηρών τριπλασιάστηκαν αν και αυξήθηκαν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις μόνο κατά 30%. Χαρακτηριστικά οι αποδόσεις στις αναπτυσσόμενες χώρες αυξήθηκαν κατά 208% στο σιτάρι, 109% στο ρύζι, 157% στο καλαμπόκι και 78% στην καλλιέργεια της πατάτας. Εκτός από την αύξηση στις αποδόσεις, μειώθηκε ο βιολογικός κύκλος των καλλιεργειών με αποτέλεσμα την γρηγορότερη συγκομιδή των προϊόντων. Όλα αυτά συνετέλεσαν στο να μειωθεί η πείνα παγκοσμίως, όπως μείωση παρατηρήθηκε και στις τιμές των προϊόντων (Pingali, 2012). Αλλά η πράσινη επανάσταση δημιούργησε και προβλήματα όπως μείωση της βιοποικιλότητας, ταπείνωση του υδροφόρου ορίζοντα του εδάφους, αύξηση της αλατότητας των εδαφών και ρύπανση του περιβάλλοντος από αγροχημικά (π.χ. εντομοκτόνα) (Biggs, 2009).

### 1.3. Προκλήσεις

Τα παραπάνω προβλήματα που προέκυψαν από την εντατικοποίηση της γεωργίας τον εικοστό αιώνα προστίθενται στις νέες προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει ο κλάδος της βελτίωσης των φυτών τον εικοστό πρώτο αιώνα. Έτσι, θα πρέπει να παραχθούν νέες ποικιλίες φυτών οι οποίες θα καλύψουν τις διατροφικές απαιτήσεις του πληθυσμού της Γης που θα φτάσει γύρω στα 10 δισεκατομμύρια κατοίκους έως το 2050 ενώ οι εκτάσεις θα παραμείνουν οι ίδιες ή θα μειωθούν εξαιτίας της χρήσης για καλλιέργειες βιοκαυσίμων. Όλα αυτά θα πρέπει να πραγματοποιηθούν σε ένα περιβάλλον έντονης κλιματικής αλλαγής η οποία θα προκαλεί αβιοτικές καταπονήσεις (στρές) στις καλλιέργειες των φυτών (π.χ. μεγάλοι περίοδοι ξηρασίας) (Araus and Cairns, 2014; Thenkabail, 2010; Furbank and Tester, 2010; White et al., 2012). Οι Araus and Cairns (2014) αναφέρουν ότι οι ετήσιες αποδόσεις των καλλιεργειών θα πρέπει να αυξάνονται κατά 2.4% έως το 2050 για να επιτευχθεί ο στόχος κάλυψης των διατροφικών αναγκών του παγκόσμιου πληθυσμού ενώ ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης των αποδόσεων μέχρι σήμερα είναι 1.3%. Ο Thenkabail (2010) αναφέρει ότι θα πρέπει να αυξηθεί η αποδοτικότητα των

καλλιεργειών με βάση την ποσότητα νερού που εισέρχεται στην καλλιέργεια στα πλαίσια μιας Μπλε Επανάστασης για την διαφύλαξη των παγκόσμιων αποθεμάτων υδάτων για άρδευση των καλλιεργειών.

#### 1.4.Φαινομική

Όλα αυτά τα προβλήματα καλούνται να αντιμετωπίσουν οι βελτιωτές των φυτών. Αλλά οι λύσεις που καλούνται να βρουν προέρχονται από την αποκωδικοποίηση του γονιδιώματος των φυτών που συντελείται στις μέρες μας. Έτσι, θα προκύψει ένα πλήθος δεδομένων για το γονιδίωμα του κάθε φυτού. Όμως, για την παραγωγή κατάλληλων ποικιλιών καλλιεργειών απαιτείται η σύνδεση του γονιδιώματος με τον φαινότυπο. Αλλά, η τωρινή μελέτη του φαινοτύπου είναι μια διαδικασία με μεγάλη απαίτηση σε χρόνο και χρήμα και δίνει ως μοναδικό αποτέλεσμα την μέτρηση της παραγωγής σε περιβάλλοντα με μεγάλη παραλλακτικότητα για πολλές καλλιεργητικές περιόδους (Furbank and Tester, 2011).

Η φαινομική είναι η συνολική εκτίμηση πολύπλοκων χαρακτηριστικών του φαινοτύπου του φυτού. Ο φαινότυπος του φυτού είναι η έκφραση του γενοτύπου του φυτού δηλαδή του συνόλου των γονιδίων του σε ένα περιβάλλον. Στην φαινομική μελετούνται χαρακτηριστικά των φυτών όπως η αύξηση και η ανάπτυξη των φυτών, η ανοχή και η αντοχή στις καταπονήσεις των φυτών, η αρχιτεκτονική, η φυσιολογία, η οικολογία, η απόδοση και η μέτρηση των επιμέρους ποσοτικών παραμέτρων όπως αριθμός ανθέων που αποτελούν τη βάση για την μελέτη πιο πολύπλοκων χαρακτηριστικών των φυτών.

Η βελτίωση των φυτών βασίζεται σε τρεις πυλώνες. Αυτοί είναι:

- Η ανάπτυξη παραλλακτικότητας.
- Η επιλογή των επιθυμητών χαρακτηριστικών στις νέες ποικιλίες
- Η διάδοση και ο πολλαπλασιασμός των ποικιλιών που φέρουν αυτά τα χαρακτηριστικά.

Ο βελτιωτής αναπτύσσει μια νέα ποικιλία με στόχο την ανάπτυξη ενός ή περισσότερων χαρακτηριστικών. Για αυτό θα πρέπει να ψάξει σε μητρικά φυτά (άλλα

συγγενικά φυτικά είδη ή ποικιλίες) ή σε άγρια συγγενικά είδη για τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Για την παραγωγή φυτών με τον επιθυμητό συνδυασμό των χαρακτηριστικών ο βελτιωτής πραγματοποιεί διασταυρώσεις των μητρικών φυτών. Το αποτέλεσμα των διασταυρώσεων είναι σπόροι με διαφορετικό γενετικό υλικό μεταξύ τους (πληθυσμοί). Στην επόμενη γενεά των φυτών ο βελτιωτής θα πρέπει να διαλέξει ατομικά φυτά από τον πληθυσμό που θα φέρουν τους καλύτερους δυνατούς συνδυασμούς. Για να διευκολυνθεί η επιλογή του έχει ένα πλήθος διαφορετικών μεθόδων οι οποίες χωρίζονται σε τρία διαφορετικά επίπεδα ανάλογα το επίπεδο μελέτης. Έτσι, υπάρχουν μέθοδοι επιλογής για το επίπεδο του φυτού/πληθυσμού, για το επίπεδο του κυττάρου/ φυτικού ιστού και για το επίπεδο του DNA. Η επιλογή της πιο κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από την καλλιέργεια και από τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Σε αποδεικτικές δοκιμές στον αγρό θα δοκιμαστούν οι νέες ποικιλίες σε σύγκριση με τις υπάρχουσες ποικιλίες του εμπορίου. Εάν οι νέες ποικιλίες αποδειχτούν καλύτερες από τις υπόλοιπες ποικιλίες με σταθερά και διακριτά χαρακτηριστικά τότε ο βελτιωτής θα την διατηρήσει και θα την αναπαράγει για την είσοδό της στην αγορά (Wyss et al., 2001).

Μέχρι σήμερα η επιλογή των φυτών για βελτίωση πραγματοποιούνταν σε επίπεδο φυτού και πληθυσμού. Έτσι, ο βελτιωτής μέσω της μαζικής επιλογής απομόνωνε φυτά βασιζόμενος σε διάφορα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά που δεν επηρεάζονται από το περιβάλλον. Ενώ με την χρήση της γενεαλογικής επιλογής η επιλογή των φυτών γινόταν σε περιβάλλον που παρουσίαζε παραλλακτικότητα και σε αυτό μπορούσε να εκφραστεί η γενετική παραλλακτικότητα των φυτών. Ακόμη, η βελτίωση των φυτών μπορούσε να πραγματοποιηθεί με σκοπό την προσαρμογή των φυτών στο περιβάλλον μιας περιοχής ή ο σκοπός της επιλογής των φυτών να είναι η προσαρμοστικότητα των φυτών σε διαφορετικά εδάφη ή σε διαφορετικές κλιματικές συνθήκες προσφέροντας σταθερά ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά (Wyss et al., 2001).

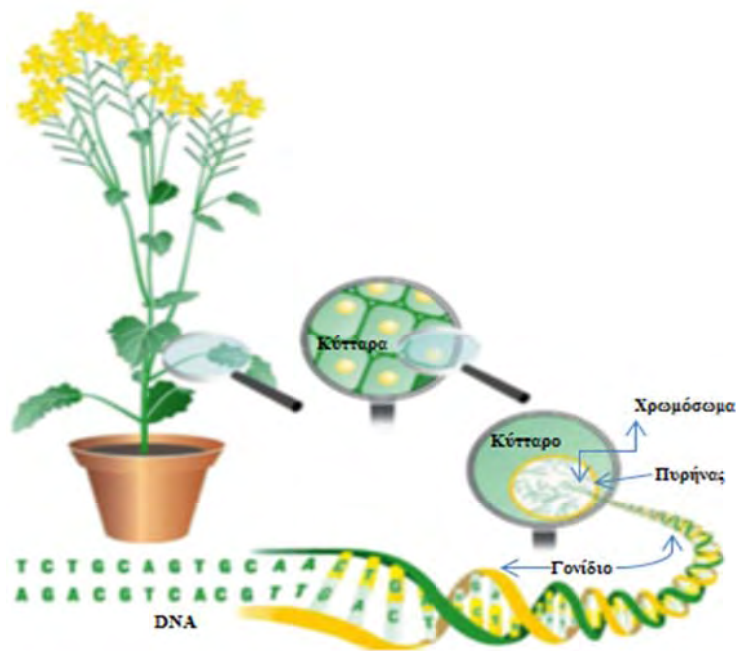
Αλλά η επιλογή ποικιλιών με βάση των φαινότυπο είναι μια πολύ χρονοβόρα και κοστοβόρα διαδικασία. Για αυτόν τον λόγο αναπτύχθηκε η επιλογή φυτών με βάση τον γενότυπο τους. Η πιο διαδεδομένη επιλογή με βάση τον γενότυπο είναι η χρήση των μοριακών δεικτών. Οι μοριακοί δείκτες χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό γονιδίου ή αλληλουχίας γονιδίων στον γενότυπο των φυτών. Τα γονίδια που εντοπίζονται από τους μοριακούς δείκτες αποτελούν γονίδια τα οποία

συσχετίζονται με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να φέρουν οι βελτιωμένες ποικιλίες. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου στην επιλογή των φυτών είναι η γρήγορη και αποτελεσματική επιλογή των φυτών ενώ επιτρέπει την ομαδοποίηση γονιδίων που συνδέονται με ορισμένα χαρακτηριστικά όπως η ανθεκτικότητα στην ξηρασία. Το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η μελέτη του φυτού σε επίπεδο αλληλουχίας γονιδίων και όχι σε επίπεδο φυτού (Wyss et al., 2001).

Όμως, για μια επιτυχή επιλογή φυτών με βάση τον γενότυπό τους απαραίτητη είναι η σύνδεση των γονιδίων με τα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά. Η διαδικασία της σύνδεσης γονιδίων με μετρήσιμα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά ονομάζεται χαρτογράφηση μετρήσιμων φαινοτυπικών χαρακτηριστικών QTL (Quantitative Trait Loci). Σε αυτήν την διαδικασία γίνεται σύνδεση των μοριακών δεικτών με γονίδια για την εκτίμηση της συσχέτισής τους με φαινοτυπικά χαρακτηριστικά. Η σύνδεση των γονιδίων με τον φαινότυπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μαθηματικά μοντέλα ανάπτυξης των φυτών. Η σημασία της εύρεσης όλων των γονιδίων που συνδέονται με ένα χαρακτηριστικό είναι πολύ σημαντική. Οι Cabrera-Bosquet et al. (2012) αναφέρουν ότι με την χρήση μοντέλου με 40 σημαντικούς μοριακούς δείκτες ερμηνεύτηκε μόλις το 5% της κληρονομικότητας του ύψους ενώ με την χρήση μοντέλου 300000 μοριακών δεικτών ερμηνεύτηκε το 45%.

Για αυτόν τον λόγο είναι απαραίτητη η χρήση μεθόδων μελέτης του φαινοτύπου που θα μπορέσουν να συνδέσουν πλήρως τα γονίδια με τα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά των φυτών. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με την χρήση τεχνολογίας έτσι ώστε να επιτευχθεί υψηλής απόδοσης μελέτη της φαινοτυπικής αποτύπωσης. Με την χρήση μη καταστροφικών μεθόδων καταγράφονται τα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά των φυτών τα οποία στην συνέχεια εισέρχονται σε μία βάση δεδομένων για την συσχέτισή τους με αλληλουχίες γονιδίων. Απαραίτητα χαρακτηριστικά του συστήματος είναι η γνώση του γονιδιώματος του φυτού που μελετήθηκε και οι συνθήκες στις οποίες αναπτύχθηκε. Αυτά τα στοιχεία μαζί με τους μοριακούς δείκτες χρησιμοποιούνται για την δημιουργία του μοντέλου ανάπτυξης του φυτού το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση της ανάπτυξης του φυτού σε διάφορα περιβάλλοντα (Cabrera-Bosquet et al., 2012).



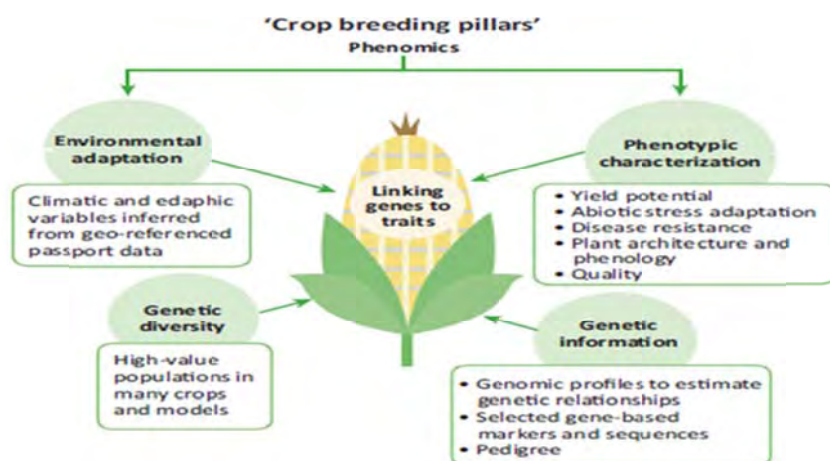


Σχήμα 1.1. Φαινομική των φυτών είναι η μελέτη της ανάπτυξης, της απόδοσης και της σύνθεσης των φυτών (Furbank and Tester, 2011).

Η φαινομική μπορεί να είναι δύο κατευθύνσεων, κανονική ή αντίστροφη. Στην κανονική φαινομική χρησιμοποιούνται εργαλεία συλλογής φαινοτυπικής αποτύπωσης που σκοπό έχουν να φιλτράρουν το γενετικό υλικό για χρήσιμα δεδομένα για την βελτίωση των φυτών. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την φαινοτυπική αποτύπωση μπορεί να είναι υψηλής απόδοσης και ανάλυσης με πλήρως αυτοματοποιημένες μετρήσεις και χαμηλής ανάλυσης στην αρχή όπου ακολουθείται από υψηλότερη ανάλυση και χαμηλής απόδοσης μετρήσεις. Οι μελέτες φαινοτυπικής αποτύπωσης μπορεί να αφορούν βιοτικό ή αβιοτικό στρές των φυτών και πρέπει να μπορούν να ξαναπραγματοποιηθούν και να έχουν σχέση με την φυσιολογία των φυτών. Η αντίστροφη φαινομική είναι η λεπτομερής ανατομία χαρακτηριστικών που φαίνεται να έχουν αξία στην κατανόηση του μηχανισμού ανάπτυξης του φυτού και επιτρέπουν την εκμετάλλευση αυτού του μηχανισμού μέσω νέων μεθόδων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην μελέτη της φυσιολογίας του φυτού σε επίπεδο βιοχημικών ή βιοφυσικών διεργασιών και τελικά σε επίπεδο γονιδίου ή γονιδίων (Furbank and Tester, 2011).

Η βελτίωση των φυτών βασίζεται σε τέσσερις πυλώνες στην επιστήμη της φαινομικής. Αυτοί είναι η προσαρμογή στο περιβάλλον, ο φαινοτυπικός χαρακτηρισμός, η γενετική ποικιλότητα και η γενετική πληροφορία. Αυτοί οι

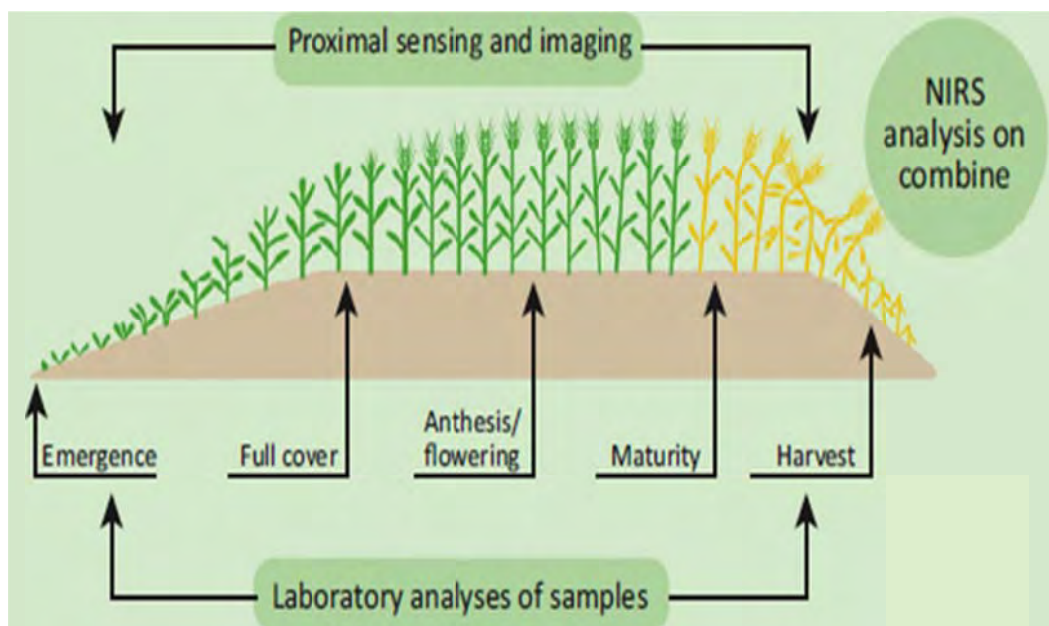
πυλώνες απαιτούνται για το πώς επηρεάζεται η έκφραση των γονιδίων στον φαινότυπο εξαιτίας των συνθηκών του περιβάλλοντος. Η προσαρμογή των φυτών στο περιβάλλον απαιτεί την μελέτη των κλιματικών και εδαφικών συνθηκών ενώ ο χαρακτηρισμός του φαινοτύπου χρησιμοποιείται για την μελέτη του δυναμικού της απόδοσης, την προσαρμογή στο αβιοτικό στρες, την ανθεκτικότητα σε ασθένειες, την αρχιτεκτονική των φυτών και την φαινολογία και τέλος την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. Η γενετική ποικιλότητα απαιτείται για την εξεύρεση πληθυσμών φυτών υψηλής αξίας και την μοντελοποίηση τους ενώ με την γενετική πληροφορία υπολογίζονται οι γενετικές σχέσεις του γονιδιώματος, επιλέγονται γενετικοί δείκτες και αλληλουχίες και μελετάται η γενεαλογία των φυτών (Araus and Cairns, 2014).



Σχήμα 1.2. Οι τέσσερις πυλώνες της βελτίωσης των φυτών που απαιτούνται για την σύνδεση των γονιδίων με τα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά (Araus and Cairns, 2014).

Η μελέτη των χαρακτηριστικών του φαινοτύπου μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες: (α) στην τηλεπισκόπηση και στην φωτογράφιση των χαρακτηριστικών στον αγρό, (β) στις εργαστηριακές αναλύσεις και (γ) στην φασματοσκοπία ανάκλασης εγγύς υπέρυθρου (NIRS) των συγκομιζόμενων προϊόντων των φυτών. Οι μετρήσεις όμως αυτές θα πρέπει να γίνονται την σωστή χρονική στιγμή για το κάθε χαρακτηριστικό που μελετάται γιατί μπορεί να είναι μη πρακτικό ή ακόμη και να επηρεάσει αρνητικά την μελέτη του (Araus and Cairns, 2014). Μέσω της τηλεπισκόπησης και τη φωτογράφισης των χαρακτηριστικών κατά την διάρκεια της ανάπτυξης της καλλιέργειας μετρώνται διάφορα χαρακτηριστικά των φύλλων όπως ο αριθμός τους, η μάζα και η επιφάνειά τους, το περιεχόμενό τους σε νερό,

χλωροφύλλη και φλαβονοειδή, η βιομάζα τους, ο ρυθμός διαπνοής και δείκτες καταπόνησης από ζέστη και από έλλειψη νερού. Την ίδια περίοδο μελετώνται μέσω εργαστηριακών αναλύσεων η συγκέντρωση σε άζωτο, άλατα και μεταβολίτες, τα σταθερά ισότοπα άνθρακα και οξυγόνου, το μέγεθος των στοματίων των φύλλων και η πυκνότητά τους και η σύνθεση των κηρώδων ουσιών της επιδερμίδας των φυτών. Στο στάδιο της συγκομιδής της καλλιέργειας μετράται η οικονομική απόδοση, ο αριθμός και η πυκνότητα των καρπών καθώς και η κατανομή των κλαδιών της καλλιέργειας μέσω της τηλεπισκόπησης ενώ οι εργαστηριακές αναλύσεις μετρούν την πρωτεΐνη των σπόρων, τα λιπίδια, την συγκέντρωση σε άλατα και βιταμίνες, την σύνθεση των λιπιδίων των σπόρων, την μορφολογία και το βάρος των σπόρων. Η φασματοσκοπία ανάκλασης εγγύς υπέρυθρου (NIRS) κατά την διάρκεια της συγκομιδής υπολογίζει την συγκέντρωση των σπόρων σε έλαιο και πρωτεΐνη (White et al., 2012). Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται σε ποια στάδια της καλλιέργειας πραγματοποιούνται οι διάφορες κατηγορίες των μετρήσεων.



Σχήμα 1.3. Στάδια καλλιέργειας όπου πραγματοποιούνται οι τρεις κατηγορίες μελέτης των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών (White et al., 2012; Araus and Cairns, 2014).

Πίνακας 1.1. Μέθοδοι μέτρησης χαρακτηριστικών φαινοτύπου σιτηρών και ο τρόπος επίδρασής τους στην παραγωγή (Deery et al., 2014).

Χαρακτηριστικό	Τρόπος Επίδρασης στην Παραγωγή	Τεχνολογία Αισθητήρα
<b>Βιολογικός Κύκλος</b>		
Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI)	RI	LiDAR, 2D & 3D RGB φωτομετρία, ToF κάμερα, φασματικοί δείκτες βλάστησης
Βιομάζα	WUE/RUE	LiDAR, 2D & 3D RGB φωτομετρία, ToF κάμερα
Αδέλφωμα	HI	
Ύψος Βλάστησης	WUE/HI	
Παρουσία Άγανου	WUE/HI	
Έλασμα Φύλλου	WUE/RI	LiDAR, 3D RGB φωτομετρία & ToF κάμερα
Γωνία Φύλλου	RI	
Ευρωστία	WUE/WU	LiDAR, 2D RGB φωτομετρία, φασματικοί δείκτες βλάστησης
Καταστροφή Ιστού	WU/RI	RGB κάμερα, πολύ/υπερ-φασματική κάμερα
Κηρώδεις Ουσίες Φύλλων	WUE/HI	Πολύ/υπερ-φασματική κάμερα
Ήβη Φυτών	WUE/HI	
Γονιμότητα Κόκκων (Αριθμός)	HI	Υπερυψηλής ανάλυσης RGB εικόνες
<b>Λειτουργία</b>		
Απώλεια Υγρασίας/Έλεγχος Στοματίων	WUE/WU	Θερμική κάμερα, αισθητήρας υπέρυθρης θερμοκρασίας
Φωτοσύνθεση	RUE	Φθορισμός χλωροφύλλης, LIFT, PRI, υπολογισμός από συγκέντρωση βιομάζας
<b>Φαινολογία</b>		
Διατήρηση Πράσινου/ Γήρανση	HI/RI	LiDAR, πολύ/υπερφασματική κάμερα, θερμική κάμερα
Ημερομηνία Άνθισης	HI	LiDAR, υψηλής ανάλυσης RGB εικόνες
<b>Βιοχημεία</b>		
Υδατάνθρακες Στελέχους	HI	Υπερφασματική κάμερα
Περιεκτικότητα Θρεπτικών (π.χ. N)	NUE	Πολύ/υπερφασματική κάμερα
Καροτενοειδή, Ξανθοφύλλες, Ανθοκυανίνες, Δείκτες Νερού	WU/RI	

HI=Δείκτης Συγκομιδής (Harvest Index), LIFT=Λείζερ Επαγόμενης Μεταβολής Φθορισμού (Laser-Induced Fluorescence Transients), NUE=Αποδοτικότητα Χρήσης Αζώτου (Nitrogen-Use Efficiency), PRI=Δείκτης Φωτοχημικής Αντανάκλασης (Photochemical Reflectance Index), RGB=Κόκκινο, Πράσινο, Μπλέ (Red, Green Blue), RI= Ανάσχεση Ακτινοβολίας (Radiation Interception), RUE=Αποδοτικότητα Χρήσης Ακτινοβολίας (Radiation-Use Efficiency), ToF=Χρόνος Πτήσης (Time of Flight), WU=Χρήση Νερού (Water-Use), WUE=Αποδοτικότητα Χρήσης Νερού (Water-Use Efficiency), LiDAR=Έντοπισμός Φωτός και Απόστασης (Light Detection And Ranging)

## 1.5. Αυτοματοποιημένες πλατφόρμες μελέτης φαινοτυπικών χαρακτηριστικών

Η φαινομική απαιτεί την μακροσκοπική μελέτη χαρακτηριστικών όπως μορφολογία ρίζας, μέγεθος φύλλων, ύψος φυτών, σχήμα λουλουδιών και βάρος σπόρων. Η μελέτη αυτών των χαρακτηριστικών μέχρι σήμερα απαιτούσε πολύ χρόνο, αλλά με την εξέλιξη της τεχνολογίας αναπτύχθηκαν πλήρως αυτοματοποιημένες πλατφόρμες μελέτης αυτών των χαρακτηριστικών. Αυτές οι πλατφόρμες βρίσκονται σε ελεγχόμενο περιβάλλον και μελετούν φυτά που αναπτύσσονται σε γλάστρες. Οι πιο γνωστές πλατφόρμες για την μελέτη του φαινοτύπου είναι η πλατφόρμα PHENOPSIS όπου χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη φυτών *Arabidopsis thaliana*, η πλατφόρμα PHENODYN όπου χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη φυτών καλαμποκιού και ρυζιού, η πλατφόρμα GROWSCREEN που χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη φυτών καπνού και *Arabidopsis thaliana*, η πλατφόρμα TraitMill της εταιρείας BASF όπου χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη φυτών καλαμποκιού και ρυζιού και η πλατφόρμα Scanalyzer της εταιρείας Lemnatec για την μελέτη *Arabidopsis thaliana*, duckweed και καλαμποκιού (Kolukisaoglu and Thurow, 2010).

Η χρήση αυτοματοποιημένων εγκαταστάσεων για την μελέτη του φαινοτύπου των φυτών είναι αρκετά κοστοβόρα για αυτό μια πιθανή λύση είναι η χρήση κεντρικών εγκαταστάσεων για την μείωση του κόστους όπως λειτουργεί για παράδειγμα το High Resolution Plant Phenomics Centre στην Αυστραλία (<http://www.plantphenomics.org>) (Kolukisaoglu and Thurow, 2010).

Αλλά η χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων μελέτης του φαινοτύπου σε ελεγχόμενο περιβάλλον δεν προσφέρουν πάντα αντιπροσωπευτικά συμπεράσματα για την ανάπτυξη ενός φυτού. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας μιας σειράς από παράγοντες που δεν μπορούν να προσομοιάσουν οι ελεγχόμενες συνθήκες. Για παράδειγμα, υπο κανονικές συνθήκες ο όγκος εδάφους που είναι διαθέσιμος για το φυτό είναι μεγαλύτερος από αυτόν της γλάστρας, η υγρασία του εδάφους επηρεάζεται από την αντίσταση του εδάφους και δεν μπορεί να προσομοιαστεί στην γλάστρα και το φυτό δεν μεγαλώνει μόνο του στο περιβάλλον αλλά σχηματίζουν φυλλική επιφάνεια όλα μαζί. Για αυτόν τον λόγο είναι απαραίτητη η μελέτη του φαινοτύπου σε πραγματικές συνθήκες (Araus and Cairns, 2014).



Σχήμα 1.4. Συσχέτιση ελέγχου κλιματικών συνθηκών με πραγματικό περιβάλλον σε διάφορα πειράματα φαινοτυπικής αποτύπωσης (Araus and Cairns, 2014).

### 1.6.Μελέτη Φαινοτυπικών Χαρακτηριστικών στον Αγρό

Για τον σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν πλατφόρμες όπου φέρουν πλήθος αισθητήρων για την μέτρηση των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών. Έτσι, υπάρχουν συστήματα επανδρωμένα ή μη, αέρος ή εδάφους. Χαρακτηριστικά αναφέρεται το BoniRob (Amazonen GmbH, Hasbergen, Germany) το οποίο πρόκειται για ένα ρομπότ εδάφους που έχει την δυνατότητα να φέρει αισθητήρες για την μέτρηση των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών των φυτών (Ruckelshausen et al., 2009). Μια ακόμα πλατφόρμα εδάφους για την μέτρηση των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών είναι το BreedVision. Πρόκειται για μια πλατφόρμα αισθητήρων όπου έλκεται από γεωργικό ελκυστήρα (Busemeyer et al., 2013). Οι Deery et al. (2014) αναφέρουν μια αυτοκινούμενη πλατφόρμα μέτρησης των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών το Phenomobile. Άλλα συστήματα εδάφους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μέτρηση των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών των φυτών είναι ανυψωτικές

πλατφόρμες, αισθητήρες χειρός, αισθητήρες που μετακινούνται από τον άνθρωπο, γεωργικός ελκυστήρας με αισθητήρες πάνω σε ιστό. Αλλά σημαντικό ρόλο στην φαινοτυπική αποτύπωση των φυτών έχει η χρήση εναέριων μέσων. Έτσι, έχουν γίνει μελέτες φαινοτύπου με την χρήση μη επανδρωμένων εναέριων συστημάτων διαφόρων τύπων όπως τύπου ελικοπτέρου, αεροπλάνου και αερόπλοιου αλλά και με την χρήση επανδρωμένων αεροσκαφών και ελικοπτέρων (Deery et al., 2014). Τα προαναφερόμενα συστήματα και οι αισθητήρες που φέρουν αναλύονται παρακάτω.



Εικόνα 1.1. Πλατφόρμες αισθητήρων για μελέτη φαινοτύπου (A) BoniRob, (B) Μη επανδρωμένο αερόπλοιο, (C) Phenomobile, (D) Ανυψωτική πλατφόρμα, (E) BreedVision, (F) Μη επανδρωμένο ελικόπτερο (Deery et al., 2014).

### 1.6.1. Πλατφόρμα που υψώνεται πάνω από τη φυτεία

Είναι μια πλατφόρμα εργασίας που χρησιμοποιείται για εναέριες εργασίες. Αποτελείται από μια πλατφόρμα ή κάδο στο τέλος ενός υδραυλικού συστήματος ανύψωσης. Αυτό έχει την δυνατότητα να ανυψώνεται σε διαφορετικά ύψη. Είναι καλό για την ταυτόχρονη φωτογράφιση της περιοχής και μπορεί να μετακινούνται σε διαφορετικές περιοχές, αλλά είναι δύσκολη η μετακίνηση και καλύπτει περιορισμένη περιοχή. Συνήθως στην μελέτη της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας

χρησιμοποιείται για εικονοληψία από πολυ / υπερφασματικές και θερμικές κάμερες (Deery et al., 2014).

### **1.6.2. BreedVision**

Το BreedVision είναι μια πλατφόρμα μελέτης της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας στον αγρό. Είναι τοποθετημένο στο πίσω μέρος του οχήματος φορέα και δημιουργεί σκιά με ένα μαύρο καμβά για να αποφευχθεί η έκθεση στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Η πλατφόρμα περνάει πάνω από την καλλιεργούμενη έκταση για τις μετρήσεις των χαρακτηριστικών των φυτών. Έχει την ικανότητα να καθορίζει ταυτόχρονα διαφορετικά χαρακτηριστικά των φυτών, όπως το ύψος των φυτών, την περιεκτικότητα σε υγρασία των φυτών, την πυκνότητα των φυτών και την ξηρής βιομάζα με μη καταστρεπτικές μεθόδους. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιεί αισθητήρες απόστασης λέιζερ, 3D Time-of-Flight (TOF) κάμερες, κουρτίνα φωτός και υπερφασματικές κάμερες. Χρησιμοποιεί επίσης ένα δέκτη GPS για τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης της πλατφόρμας στον αγρό (Busemeyer et al., 2013).

### **1.6.3. BoniRob**

Το BoniRob είναι ένα αυτόνομο ρομπότ που χρησιμοποιείται για την μελέτη της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας στον αγρό. Περνάει πάνω από την καλλιεργούμενη έκταση για την διεξαγωγή των μετρήσεων ενώ έχει την ικανότητα να μεταβάλλει την απόσταση των τροχών του για να διεξάγει μελέτες σε καλλιέργειες με διαφορετικές αποστάσεις σειρών φύτευσης. Μπορεί να μετρήσει παραμέτρους των φυτών όπως την πυκνότητα των καλλιεργειών, την απόσταση των φυτών στη σειρά, το ύψος των φυτών, το πάχος του βλαστού, την φασματική αντανάκλαση, την κάλυψη του εδάφους, την φυλλοταξία, την βιομάζα και την ανάπτυξη των φυτών. Χρησιμοποιεί ένα φασματικό σύστημα απεικόνισης, μια 3D ToF κάμερα, ένα σύστημα κουρτίνας φωτός και έναν αισθητήρα απόστασης λέιζερ για τη μέτρηση παραμέτρων των φυτών. Το BoniRob χρησιμοποιεί επίσης ένα 2D-Laserscanner, ένα 3D-Laserscanner, έναν αισθητήρα επιτάχυνσης, ένα γυροσκόπιο και ένα RTK-GPS για τον εντοπισμό της θέσης του στον αγρό (Ruckelshausen et al., 2009).



#### **1.6.4. Πλατφόρμα Ράμπας**

Οι Andrade-Sanchez et al. (2014) ανέπτυξαν μια πλατφόρμα για την μελέτη της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας στο βαμβάκι. Η πλατφόρμα αυτή βασίζεται σε ένα αυτοκινούμενο ψεκαστικό μηχάνημα που απέχει μεγάλη απόσταση από το έδαφος. Διαθέτει έναν αισθητήρα σόναρ για τη μέτρηση του ύψους των καλλιεργειών (Pulsar dB3, Pulsar Process Measurement Ltd., Malvern, UK), υπέρυθρα ραδιόμετρα για τη μέτρηση της θερμοκρασίας της βλάστησης (Apogee SI-121, Apogee Instruments, Logan, USA) και πολυφασματικό αισθητήρα βλάστησης για την εκτίμηση του NDVI (Crop Circle ACS-470, Ολλανδία Scientific, Lincoln, USA). Η πλατφόρμα όπως το ψεκαστικό εισέρχεται στους διαδρόμους ανάμεσα από τις σειρές της καλλιέργειας για να διεξάγει τις μετρήσεις με τους αισθητήρες πάνω από τις σειρές των φυτών. Η πλατφόρμα έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί 4 σειρές του βαμβακιού και να γεωαναφέρει τις μετρήσεις με τη χρήση ενός δέκτη RTK GPS.

#### **1.6.5. Phenomobile**

Το Phenomobile είναι μια κινητή πλατφόρμα μελέτης της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας. Απέχει μεγάλη απόσταση από το έδαφος για να μην προκαλεί ζημιά στα φυτά τα οποία μελετά. Οδηγείται από άνθρωπο και φέρει αισθητήρες για την μελέτη των χαρακτηριστικών των φυτών. Έχει τρεις αισθητήρες LIDAR, τέσσερις στερεοσκοπικές κάμερες RGB, φασματόμετρο ή υπερφασματική κάμερα και υπέρυθρα θερμομέτρα ή υπέρυθρη θερμική κάμερα. Χρησιμοποιεί, επίσης, RTK GPS δέκτη για τον προσδιορισμό της θέσης του, ενώ έχει τη δυνατότητα να ρυθμίσει το ύψος του βραχίονα και να χρησιμοποιεί τεχνητό φως κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Είναι πολύ ευέλικτο και προσαρμόσιμο για την μελέτη των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών και έχει πολύ καλή χωρική ανάλυση. Αλλά παίρνει πολύ χρόνο για να καλύψει ένα πεδίο και είναι μια ακριβή πλατφόρμα για τις μετρήσεις (Deery et al., 2014).

#### **1.6.6. Μη Επανδρωμένο Αερόπλοιο**

Ένα μικρό αερόστατο, ή μη άκαμπτο αερόπλοιο, είναι ένα αερόπλοιο χωρίς εσωτερική δομική πλαίσιο ή την καρίνα. Βασίζεται στην πίεση του αερίου ανύψωσης (συνήθως ήλιο) στο εσωτερικό του περιβλήματος και στην αντοχή του ίδιου του

περιβλήματος για να διατηρεί το σχήμα του. Μπορεί να μεταφέρει ωφέλιμο φορτίο για μετρήσεις των χαρακτηριστικών των φυτών, όπως κάμερες. Συνήθως τα αεροπλοία που χρησιμοποιούνται σε τέτοιου είδους μελέτες δεν είναι επανδρωμένα. Χρησιμοποιούνται κυρίως για να ίπτανται σταθερά πάνω από μία περιοχή για την διεξαγωγή συνεχών μετρήσεων κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου των φυτών. Είναι λιγότερο ακριβά από τα άλλα εναέρια οχήματα και μπορούν να είναι στον αέρα για πολλές ώρες, αλλά δεν μπορούν να κινηθούν με ακρίβεια και μπορούν να μεταφέρουν περιορισμένο ωφέλιμο φορτίο (Deery et al., 2014).

### 1.6.7. Μη Επανδρωμένα Εναέρια Συστήματα

Τα μη επανδρωμένα εναέρια συστήματα (UAS) ή drones μπορεί να είναι τηλεκατευθυνόμενα ή να πετούν αυτόνομα με βάση προγραμματισμένα σχέδια πτήσης ή πιο πολύπλοκων δυναμικά αυτοματοποιημένα συστήματα. Τα πλεονεκτήματα τους είναι η ευέλικτη χρήση, το μειωμένο κόστος πτήσης και η έλλειψη κινδύνου για τους ανθρώπους. Μπορούν να διεξάγουν μετρήσεις σε μια πολύ μεγάλη περιοχή σε σύντομο χρονικό διάστημα. Τα UAS έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν ωφέλιμο φορτίο, όπως πολυφασματικές φωτογραφικές κάμερες και άλλου είδους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την μελέτη των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών. Τα UAS μπορεί να είναι πολλών τύπων, όπως τύπου αεροσκαφών και τύπου ελικοπτέρου. Επίσης, τα UAS έχουν κατηγοριοποιηθεί ανάλογα με τις δυνατότητές τους, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Zecha et al., 2013).

Πίνακας 1.2. Κατηγοριοποίηση μη επανδρωμένων εναέριων συστημάτων (Zecha et al., 2013).

Κατηγορία UAS	Ακρονύμιο	Υψόμετρο (m)	Αντοχή (h)	Μέγιστο Φορτίο Απογείωσης (kg)
Nano Aerial Vehicle	NAV	100	<1	<0.025
Micro Aerial Vehicle	MAV	250	1	<5
Mini Aerial Vehicle	MAV	150-300	<2	<30(150)
Close Range	CR	3000	2-4	150
Short Range	SR	3000	3-6	200
Medium Range	MR	5000	6-10	1250
Medium Range Endurance	MRE	8000	10-18	1250
Low Altitude Deep Penetration	LADP	50-9000	0.5-1	350
Low Altitude Long Endurance	LALE	3000	>24	<30
Medium Altitude Long Endurance	MALE	14000	24-48	1500
High Altitude Long Endurance	HALE	20000	24-48	12000

Πίνακας 1.3. Παραδείγματα μεθόδων μέτρησης για μελέτη φαινοτύπων σε αγρό ( White et al., 2012).

Τύπος Χαρακτηριστικού Φαινοτύπου	Στόχος Χαρακτηριστικού Φαινοτύπου	Δείκτης Βλάστησης ή Μέθοδος	Εφαρμογές ή Χαρακτηριστικά Φαινοτύπου	Τύπος Μέτρησης	Μήκη Κύματος Μέτρησης
Συστατικά Χρωστικών Ουσιών	Χλωροφύλλη	NDVI		Σ	Κόκκινο, Εγγύς Υπέρυθρο
		CCCI		Σ	720 και 790 nm
	Καροτενοειδή	GARI	Συγκέντρωση Χλωροφύλλης, Ρυθμός Φωτοσύνθεσης	Σ/Φ	550 και 860 nm
Συστατικά Μη-Χρωστικών Ουσιών	Κυτταρίνη	CAI	Δυναμικό Βιοενέργειας	Σ	2100 nm
	Άζωτο	NDVI και CCI	Συγκέντρωσης αζώτου στο φυτό ειδικά κάτω από συνθήκες έλλειψης	Σ	670, 720, 790, 670 και 770, 590 και 880 nm
	Λιγνίνη	Μπάντες απορρόφησης κυτταρίνης	Αντιδράσεις στην έλλειψη, Δυναμικό Βιοενέργειας	Σ	
Φωτοσύνθεση	Φωτοσύστημα II	PRI		Σ	
		Φθορισμός Χλωροφύλλης	Αποδοτικότητα Ημερήσιας Χρήσης Ακτινοβολίας	Σ/Φ	531 και 570 nm
Υδατικές Σχέσεις	Διαπνοή ή Αγωγιμότητα Βλάστησης	CT	Στιγμιαία Διαπνοή και Υδατική Κατάσταση Καλλιέργειας	Σ/Φ	Θερμικό Υπέρυθρο
		CWSI			
		NWI	Υδατική Κατάσταση Καλλιέργειας	Σ	850, 900 και 970 nm
	Υδατικό Περιεχόμενο Βλάστησης	NDWI	Υδατική Κατάσταση Καλλιέργειας	Σ	860 και 1240 nm
	Υδατικό Περιεχόμενο	LWT		Σ	1300 και 1450 nm, 1500-1700 nm
Ανάπτυξη Φυτού	LAI	NDVI	Γενική Ανάπτυξη Φυτών	Σ	Κόκκινο, Εγγύς Υπέρυθρο
	Βιομάζα Φυτού	NDVI		Σ	590 και 880 nm, 670 και 770 nm
		NWI		Σ	850, 880, 920 και 970 nm

<b>Αρχιτεκτονική Φυτών</b>	Ύψος Βλάστησης	Φωτομετρία Εγγύς Απόστασης	Σκέδαση του Φωτός, Γενική Ανάπτυξη Φυτών, Αντοχή στο Λύγισμα	Φ	Ορατό ή Εγγύς Υπέρυθρο
		Υπέρηχοι	Ύψος και Πάχος Βλάστησης	Σ	Υπέρηχοι
		Depth Κάμερα	Ύψος και Πάχος Βλάστησης, Προσανατολισμός και Μέγεθος Φύλλου	Φ	Υπέρυθρο
<b>Φαινολογία</b>	Ωρίμανση	Χρονική Μεταβολή Δεικτών Βλάστησης	Πορεία Ωρίμανσης Φύλλου	Φ	Πράσινο, Ερυθρό
		Χρονική Μεταβολή Φθορισμού	Επίπεδα Ανθοκυανών	Σ	
	Αριθμός Λουλουδιών	Ανάλυση Εικόνας	Ανάπτυξη Φυτού	Φ	Ορατό
	Πολλαπλά Στάδια	Αάλυση Χρονικής Μεταβολής Δεικτών Βλάστησης	Φύτρωμα Φυταρίου, Έναρξης Γεμίσματος Κόκκων, Ωρίμανση	Σ+Φ	400-900 nm

NDVI=Δείκτης Κανονιοποιημένης Διαφοράς Βλάστησης (Normalized Difference Vegetation Index)

CCCI= Δείκτης Συγκέντρωσης σε Χλωροφύλλη Βλάστησης (Canopy Chlorophyll Content Index)

GARI=Δείκτης Ατμοσφαιρικής Αντίστασης Πράσινου Βλάστησης (Green Atmospherically Resistant vegetation Index)

CAI=Δείκτης Απορρόφησης Κυτταρίνης (Cellulose Absorption Index)

CT= Θερμοκρασία Βλάστησης (Canopy Temperature)

CWSI=Δείκτης Υδατικού Στρες Καλλιέργειας (Crop Water Stress Index)

NWI=Κανονιοποιημένος Δείκτης Ύδατος (Normalized Water Index)

NDWI=Δείκτης Κανονιοποιημένης Διαφοράς Ύδατος (Normalized Difference Water Index)

LWT=Πάχος Νερού Φύλλου (Leaf Water Thickness)

Σ=Σημειακή Μέτρηση

Φ=Μέτρηση από Φωτογραφία

## 1.7. Αισθητήρες Μελέτης Φαινοτυπικής Παραλλακτικότητας

Η υψηλής απόδοσης μελέτη φαινοτυπικών χαρακτηριστικών απαιτεί την χρήση γρήγορων και μη καταστροφικών μεθόδων αξιολόγησης των ποικιλιών. Έτσι, οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την μελέτη των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών είναι πολλοί και διαφορετικών τύπων. Οι αισθητήρες μπορούν να χωριστούν σε έξι κατηγορίες. Υπάρχουν οι RGB κάμερες, οι αισθητήρες LIDAR, οι αισθητήρες χρόνου πτήσης του φωτός και οι κουρτίνες φωτός, οι φασματικοί αισθητήρες, οι αισθητήρες φθορισμού των φυτών, οι θερμικοί αισθητήρες και οι υπόλοιποι αισθητήρες (Deery et al., 2014).

### 1.7.1. RGB Κάμερες

Οι RGB κάμερες συνδυάζουν τα χρώματα κόκκινο, πράσινο και μπλε για να αποτυπώσουν το εύρος χρωμάτων το οποίο υπάρχει στο περιβάλλον. Αποτελούν ευρέως διαδεδομένες χαμηλού κόστους κάμερες οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί και για την μελέτη διάφορων φαινοτυπικών χαρακτηριστικών. Επιπλέον έχουν την ικανότητα να πραγματοποιήσουν τρισδιάστατη απεικόνιση μέσω λογισμικού που πραγματοποιεί ανάλυση εικόνας. Οι Vollmann et al. (2011) χρησιμοποίησαν την ψηφιακή μηχανή Sony DSC F707 (Sony Corp., Tokyo, Japan) για να μελετήσουν τον φαινότυπο ποικιλιών σόγιας. Μέσω της ψηφιακής ανάλυσης εικόνας βρήκαν σημαντική συσχέτιση του κόκκινου, του πράσινου και του μπλε της ψηφιακής φωτογραφίας με το περιεχόμενο της πρωτεΐνης των φυτών σόγιας. Οι Thorp and Dierig (2011) χρησιμοποίησαν την κάμερα EOS Digital Rebel XT (Canon Inc, New York, USA) για την καταμέτρηση των ανθέων αλλά και όλης της πορείας άνθισης του φυτού *Lesquerella fendleri*. Οι Rocher et al. (2014) χρησιμοποίησαν την EOS 60 D (Canon Inc., New York, USA) για να μετρήσουν τον αριθμό και το μέγεθος των ρωγών από σταφύλια σε τέσσερις διαφορετικές ποικιλίες αμπελιού και σε τρία διαφορετικά στάδια του αμπελιού. Οι Wang and Li (2014) χρησιμοποίησαν την RGB κάμερα του αισθητήρα Kinect (Microsoft Inc., Seattle, USA) για να μετρήσουν την διάμετρο από δύο ποικιλίες κρεμμυδιών και βρήκαν συσχέτιση  $r^2=0.94$ .

### **1.7.2. Αισθητήρες τύπου LIDAR**

Οι αισθητήρες τύπου LIDAR (Light Detection and Ranging) είναι όργανα τα οποία μετρούν την απόσταση από τον στόχο μέσω ακτινών λέιζερ. Εκπέμπουν μια δέσμη ακτινών λέιζερ και μετρούν το χρόνο επιστροφής μετά την ανάκλαση του σήματος για να εκτιμήσουν την απόσταση. Η τεχνολογία αυτή έχει χρησιμοποιηθεί για την μελέτη φαινοτυπικής παραλλακτικότητας μέσω της δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων φυτών. Οι Paulus et al. (2014) χρησιμοποίησαν τον αισθητήρα ScanWorks v5 Perceptron (Hexagon Metrology Inc., Plymouth, USA) για να απεικονίσουν τρισδιάστατα φυτά και όργανα από κριθάρι. Με αυτόν τον τρόπο μέτρησαν την φυλλική επιφάνεια, το ύψος του στελέχους, το ύψος και το πάχος του φυτού. Οι Hosoi and Omasa (2009) χρησιμοποίησαν τον αισθητήρα TDS-130L (Pulstec Industrial Co., Ltd., Japan) για να υπολογίσουν την πυκνότητα φυτών μαλακού σιταριού σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης με πολύ καλά αποτελέσματα ( $r^2=0.95$ ). Από το ίδιο πείραμα υπολόγισαν την βιομάζα των οργάνων του φυτού με  $r^2=0.94-0.96$ . Οι ίδιοι (Hosoi and Omasa, 2012) πραγματοποίησαν το ίδιο πείραμα αυτήν την φορά σε φυτά ρυζιού. Η βιομάζα των οργάνων του ρυζιού που υπολογίστηκε με τον αισθητήρα LIDAR παρουσίασε ισχυρή συσχέτιση με την απευθείας μέτρηση ( $r^2=0.94-0.99$ ). Οι Rosell et al. (2009) χρησιμοποίησαν τον αισθητήρα LIDAR SICK LMS 200 (SICK AG, Waldkirch, Germany) όπου κατάφεραν να αναπαράγουν τρισδιάστατα μοντέλα οπωροφόρων δένδρων όπως αχλαδιάς, μηλιάς, πορτοκαλιάς, μανταρινιάς σε πραγματικούς οπωρώνες. Η συσχέτιση που παρουσίασαν τα τρισδιάστατα μοντέλα με τα πραγματικά ήταν έως  $r^2=0.976$ . Οι ίδιοι αναφέρουν ότι από τα τρισδιάστατα μοντέλα μπορούν να υπολογιστούν το ύψος, ο όγκος, το πάχος, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας του δέντρου και άλλα χαρακτηριστικά.

### **1.7.3. Κάμερες ToF**

Οι κάμερες ToF (Time of Flight) είναι κάμερες οι οποίες έχουν την ικανότητα να παράγουν διαμορφωμένο υπέρυθρο φως στον χώρο. Το υπέρυθρο διαμορφωμένο φως ανακλάται στις επιφάνειες που συναντά. Έτσι, έξυπνοι αισθητήρες που

βρίσκονται στα pixel της κάμερας συγκεντρώνουν το ανακλώμενο φως από το οποίο υπολογίζουν τον χρόνο που έκανε για να επιστρέψει. Με αυτόν τον τρόπο παράγεται ένα τρισδιάστατο μοντέλο (Verdu et al., 2013). Οι Nakarmi and Tang (2012) χρησιμοποίησαν την κάμερα τύπου ToF SwissRanger SR4000 (Mesa Imaging AG, Zurich, Switzerland) για να μετρήσουν την απόσταση μεταξύ των φυτών καλαμποκιού στην σειρά. Η μέθοδός τους παρουσίασε ισχυρή συσχέτιση ( $r^2=0.95$ ) με την πραγματική απόσταση των φυτών καλαμποκιού πάνω στην σειρά. Οι Wang and Li (2014) υπολόγισαν την διάμετρο και τον όγκο των κρεμμυδιών χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα Kinect (Microsoft Inc., Seattle, USA) με ακρίβεια στις μετρήσεις που κυμαίνονται γύρω στο 96%. Οι Chene et al. (2012) χρησιμοποίησαν τον ίδιο αισθητήρα για να υπολογίσουν την καμπυλότητα, την μορφολογία και τον προσανατολισμό των φύλλων τριανταφυλλιάς.

#### **1.7.4. Κουρτίνες Φωτός (Light Curtains)**

Οι κουρτίνες φωτός είναι ένα καινούριο σύστημα που χρησιμοποιείται στην μελέτη των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών. Το σύστημα αποτελείται από ένα ζευγάρι από μπάρες που είναι τοποθετημένο παράλληλα μεταξύ τους και κατακόρυφα ως προς το έδαφος. Η μία μπάρα εκπέμπει δέσμες φωτός τις οποίες λαμβάνει η παράλληλη μπάρα. Με αυτόν τον τρόπο το σύστημα καταγράφει αν οι δέσμες φωτός εμποδίζονται από ένα αντικείμενο. Έτσι, οι μπάρες περνούν ανάμεσα από τις σειρές των φυτών όπου καταγράφουν χαρακτηριστικά των φυτών όπως το ύψος τους. Οι Fanourakis et al. (2014) χρησιμοποίησαν κουρτίνες φωτός (INFRASCAN 5000, Sitronic GmbH, Austria) για να μετρήσουν το ύψος και την φυλλική επιφάνεια από φυτά καλαμποκιού, τομάτας, κριθαριού και ελαιοκράμβης. Οι Montes et al. (2011) χρησιμοποίησαν τις κουρτίνες φωτός KONTURflex (Leuze electronic GmbH + Co.KG, Owen, Germany) για να μετρήσουν την βιομάζα σε 10 υβρίδια και σε 10 ποικιλίες καλαμποκιού. Βρήκαν ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της βιομάζας και των αποτελεσμάτων που έδιναν οι κουρτίνες φωτός ( $r^2=0.82-0.87$ ).

#### **1.7.5. Πολυφασματικές/Υπερφασματικές Κάμερες**

Οι πολυφασματικές κάμερες είναι κάμερες οι οποίες μπορούν να φωτογραφίσουν το περιβάλλον σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή με έναν

περιορισμένο αριθμό φασμάτων στις περιοχές του ορατού και του υπέρυθρου φάσματος. Έτσι, είναι δυνατόν να παραχθούν με αυτήν την μέθοδο δείκτες βλάστησης οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της βιομάζας, για τη διάκριση των φυτικών ειδών μεταξύ τους, τον προσδιορισμό του σταδίου ωρίμανσης των φυτών, ή της κατάστασης των θρεπτικών στοιχείων που περιέχουν ή απαιτούν, την αποτελεσματικότητα της φωτοσύνθεσης ή του υδατικού περιεχομένου αλλά και για τον εντοπισμό ασθενειών και προσβολών από έντομα. Οι υπερφασματικές κάμερες σε αντίθεση με τις πολυφασματικές μπορούν να παράγουν εικόνες σε εκατοντάδες θέσεις του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος με αποτέλεσμα να μπορούν να παράγουν μεγαλύτερο αριθμό δεικτών βλάστησης (Araus and Cairns, 2014). Οι Liu et al. (2014) χρησιμοποίησαν το VideometerLab (Videometer A/S, Horsholm, Denmark) για τον υπολογισμό ποιοτικών παραμέτρων όπως συνεκτικότητα, συγκέντρωση σακχάρων και ωρίμανση σε φράουλες. Βρήκαν συσχέτιση  $r=0.94$  με όλο το φάσμα (Ορατό- Υπέρυθρο) για την συνεκτικότητα της φράουλας και  $r=0.83$  για την συγκέντρωση των σακχάρων σε σχέση με τις πραγματικές τιμές. Οι Zarco-Tejada et al. (2013a) χρησιμοποίησαν την υπερφασματική κάμερα Micro-Hyperspec VNIR (Headwall Photonics, MA, USA) την οποία προσάρμοσαν πάνω σε UAV για τον υπολογισμό των καρποτενοειδών σε αμπελώνες με πολύ καλή συσχέτιση ( $r^2=0.84$ ). Οι Berni et al. (2009) χρησιμοποίησαν την πολυφασματική κάμερα MCA-6 (Tetracam Inc., CA, USA) σε UAV για να παράγουν δείκτες βλάστησης από φυτά καλαμποκιού και δένδρα ελιάς. Οι Calderon et al. (2013) χρησιμοποίησαν πολυφασματική (MCA-6, Tetracam Inc., California, USA) και υπερφασματική κάμερα (Micro-Hyperspec VNIR, Headwall Photonics, MA, USA) πάνω σε UAV για να εντοπίσουν ελιές προσβεβλημένες από το παθογόνο *Verticillium dahlia* μέσω διαφόρων δεικτών βλάστησης.



Πίνακας 1.4. Δείκτες βλάστησης που χρησιμοποιούνται για την μελέτη της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας (Calderon et al., 2013).

Vegetation indices	Equation
<b>Structural indices</b>	
Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = (R_{800} - R_{670}) / (R_{800} + R_{670})$
Renormalized Difference Vegetation Index	$RDVI = (R_{800} - R_{670}) / \sqrt{(R_{800} + R_{670})}$
Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index	$OSAVI = ((1 + 0.16) \cdot (R_{800} - R_{670}) / (R_{800} + R_{670} + 0.16))$
Triangular Vegetation Index	$TVI = 0.5 \cdot [120 \cdot (R_{750} - R_{550}) - 200 \cdot (R_{670} - R_{550})]$
Modified Triangular Vegetation Index	$MTVI = 1.2 \cdot [1.2 \cdot (R_{800} - R_{550}) - 2.5 \cdot (R_{670} - R_{550})]$
Simple Ratio	$SR = R_{800} / R_{670}$
Modified Simple Ratio	$MSR = \frac{R_{800} / R_{670} - 1}{(R_{800} / R_{670})^{0.5} + 1}$
<b>Xanthophyll indices</b>	
Photochemical Reflectance Index (570)	$PRI_{570} = (R_{570} - R_{531}) / (R_{570} + R_{531})$
Photochemical Reflectance Index (515)	$PRI_{515} = (R_{515} - R_{531}) / (R_{515} + R_{531})$
<b>Chlorophyll a+b indices</b>	
RedEdge	$ZM = R_{750} / R_{710}$
Vogelmann	$VOG1 = R_{740} / R_{720}$
Gitelson and Merzlyak indices	$GM1 = R_{750} / R_{550}$ $GM2 = R_{750} / R_{700}$
Pigment Specific Simple Ratio Chlorophyll a	$PSSRa = R_{800} / R_{675}$
Pigment Specific Simple Ratio Chlorophyll b	$PSSRb = R_{900} / R_{650}$
Modified Chlorophyll-Absorption-Integral	$mCAI = \frac{(R_{545} + R_{752})}{2} \cdot (752 - 545) - \sum_{R_{545}}^{R_{752}} (R \cdot 1.158)$
Transformed Chlorophyll Absorption in Reflectance Index	$TCARI = 3 \cdot [(R_{700} - R_{670}) - 0.2 \cdot (R_{700} - R_{550}) \cdot (R_{700} / R_{670})]$
Transformed Chlorophyll Absorption in Reflectance Index/Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index	$TCARI / OSAVI = \frac{3 \cdot [(R_{700} - R_{670}) - 0.2 \cdot (R_{700} - R_{550}) \cdot (R_{700} / R_{670})]}{((1 + 0.16) \cdot (R_{800} - R_{670}) / (R_{800} + R_{670} + 0.16))}$
<b>R/G/B indices</b>	
Redness index	$R = R_{700} / R_{670}$
Greenness index	$G = R_{570} / R_{670}$
Blue index	$B = R_{450} / R_{690}$
Blue/green indices	$BGI1 = R_{400} / R_{550}$ $BGI2 = R_{450} / R_{550}$
Blue/red indices	$BRI1 = R_{400} / R_{690}$ $BRI2 = R_{450} / R_{690}$ $LIC3 = R_{440} / R_{740}$
Lichtenhaler index	
<b>Carotenoid indices</b>	
Structure-Intensive Pigment Index	$SIPi = (R_{800} - R_{445}) / (R_{800} + R_{680})$
Pigment Specific Simple Ratio Carotenoids	$PSSRc = R_{800} / R_{500}$
$R_{520} / R_{500}$	$R_{520} / R_{500}$
$R_{515} / R_{570}$	$R_{515} / R_{570}$
$R_{515} / R_{670}$	$R_{515} / R_{670}$
<b>Fluorescence</b>	
FLD	$FLD3(747; 762; 780)$
<b>Plant disease index</b>	
Healthy-in-dex	$HI = \frac{R_{534} - R_{698}}{R_{534} + R_{698}} - \frac{1}{2} \cdot R_{704}$
<b>Crop water stress index</b>	
CWSI	$CWSI = \frac{\gamma \cdot (1 + r_c / r_a) - \gamma^*}{\Delta + \gamma \cdot (1 + r_c / r_a)}$

### 1.7.6. Θερμικές Κάμερες

Οι θερμικές κάμερες είναι κάμερες οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να παράγουν εικόνες σχετικές με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Αυτό συμβαίνει γιατί λειτουργούν σε μεγάλου μήκους κύματος υπέρυθη ακτινοβολία μέχρι 14000 nm με αποτέλεσμα να αντιλαμβάνονται την ακτινοβολία που εκπέμπει ο στόχος εξαιτίας της θερμότητάς του. Οι θερμικές κάμερες έχουν χρησιμοποιηθεί στην μελέτη της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας για την πρόβλεψη της υδατικής καταπόνησης των φυτών, για τον εντοπισμό ασθενειών και παθογόνων και για την πορεία ωρίμανσης των καρπών (Araus and Cairns, 2014). Οι Zia et al. (2013) χρησιμοποίησαν την θερμική κάμερα VarioCAM (Infra Tech GmbH, Dresden, Germany) σε υβρίδια καλαμποκιού για να μελετήσουν το υδατικό στρές. Οι ίδιοι αναφέρουν ότι η θερμοκρασία φυλλώματος και ο δείκτης υδατικού στρές της καλλιέργειας CWSI μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της ανθεκτικότητας των ποικιλιών στην έλλειψη νερού. Οι Zarco-Tejada et al. (2013b) χρησιμοποίησαν θερμική κάμερα (Miricle 307, Thermoteknix Systems Ltd., Cambridge, UK) για να μελετήσουν την υδατική καταπόνηση των αμπελιών μέσω του δείκτη CWSI και βρήκαν υψηλή συσχέτιση με το υδατικό δυναμικό των φύλλων ( $r=0.95$ ). Οι Benavente et al. (2013) χρησιμοποίησαν την θερμική κάμερα FLIR SC305 (Inframetrics, FLIR Systems Inc., OR, USA) για να εκτιμήσουν την ανθεκτικότητα διαφόρων γενοτύπων *Brachypodium distachyon* και *Brachypodium hybridum* στην ξηρασία. Βρήκαν ότι οι γενότυποι του είδους *Brachypodium hybridum* εμφάνισαν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην ξηρασία το οποίο συνέδεσαν με την καλύτερη λειτουργία των στοματίων του είδους αυτού στην υδατική καταπόνηση σε σχέση με το είδος *Brachypodium distachyon*.

### 1.7.7. Φασματικοί Αισθητήρες

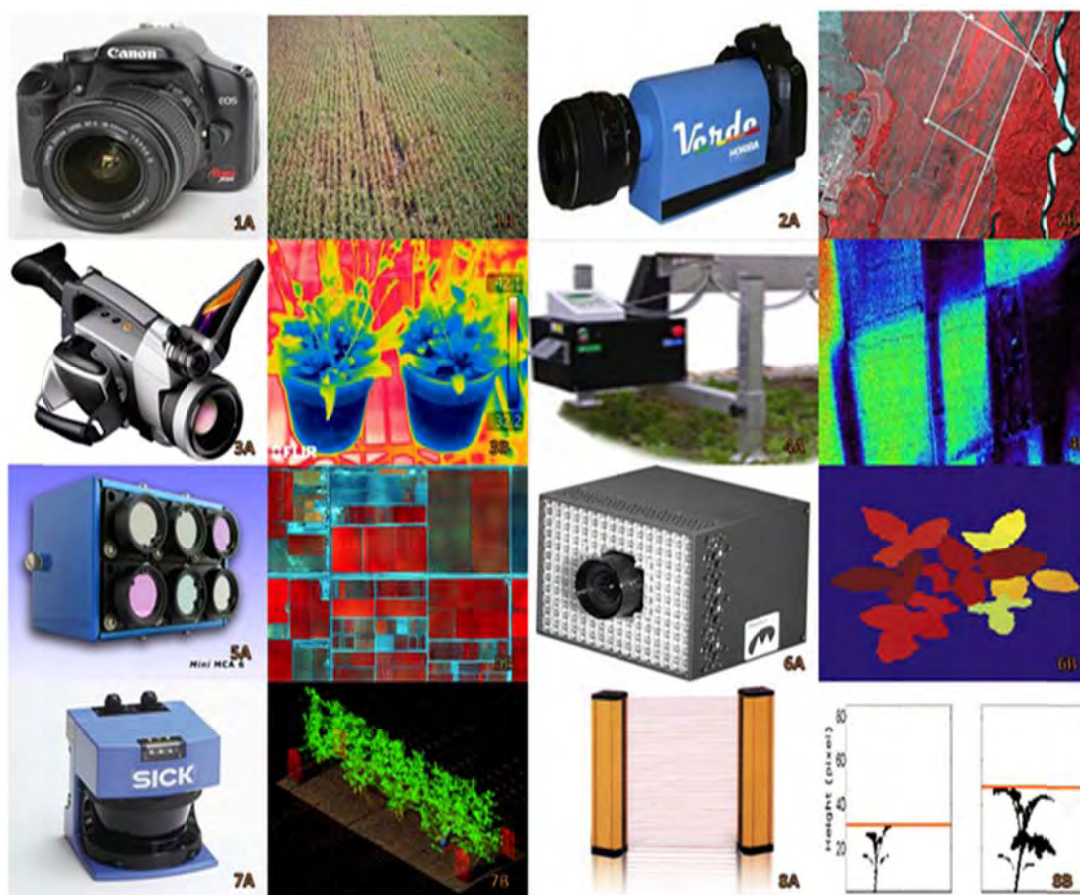
Οι φασματικοί αισθητήρες αποτελούν όργανα τα οποία μπορούν να αντιληφθούν την ποσότητα του φωτός που αντανακλούν τα αντικείμενα την οποία μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα. Μετρούν το φως στο ορατό (400-700 nm) και στο υπέρυθρο φάσμα (700-2500 nm) αλλά δεν απεικονίζουν το περιβάλλον όπως κάνουν οι πολυφασματικές και τις υπερφασματικές κάμερες. Χρησιμοποιούνται ευρέως στην

γεωργία γιατί έχει βρεθεί ότι οι μετρήσεις τους σχετίζονται με την φυσιολογία και την ανάπτυξη των φυτών. Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να είναι είτε παθητικοί είτε ενεργοί. Οι παθητικοί φασματικοί αισθητήρες χρησιμοποιούν το φως του ήλιου ενώ οι ενεργοί αισθητήρες φέρουν πηγές φωτός που παράγουν ακτινοβολία για την διεξαγωγή των μετρήσεων. Για αυτόν τον λόγο οι ενεργοί φασματικοί αισθητήρες εξαρτώνται λιγότερο από τις καιρικές συνθήκες. Στο εμπόριο υπάρχουν πολλοί τύποι φασματικών αισθητήρων των δύο κατηγοριών όπως σπεκτρόμετρα, σπεκτροραδιόμετρα και αισθητήρες βλάστησης (Erdle et al., 2011). Οι Feng et al. (2008) χρησιμοποίησαν το σπεκτρόμετρο ASD Field Spec Pro (Analytical Spectral Devices, CO, USA) για την μέτρηση της κατάστασης των φύλλων ποικιλιών μαλακού σιταριού σε άζωτο. Οι Andrade-Sanchez et al. (2014) χρησιμοποίησαν τον ενεργό αισθητήρα βλάστησης Crop Circle ACS-470 (Holland Scientific, NE, USA) για να αξιολογήσουν την ζωηρότητα 25 ποικιλιών βάμβακος. Οι Ramirez et al. (2014) χρησιμοποίησαν το φασματικό όργανο μέτρησης της χλωροφύλλης SPAD-502 (Konica Minolta, Osaka, Japan) για να εκτιμήσουν την ανθεκτικότητα μίας ποικιλίας πατάτας στη ξηρασία. Οι Μαυρομάτης κ.α. (2012) χρησιμοποίησαν τον ενεργό αισθητήρα βλάστησης Crop Circle ACS-210 (Holland Scientific, NE, USA), το φασματικό όργανο μέτρησης της χλωροφύλλης SPAD-502 (Konica Minolta, Osaka, Japan) και το υπερφασματικό ραδιόμετρο GER 1500 (Spectra Vista Corp., Roughkeepsie, USA) σε μελέτη φαινοτυπικής παραλλακτικότητας ποικιλιών βίκου και φακής.

#### **1.7.8. Αισθητήρες Φθορισμού**

Ο φθορισμός που προκαλείται από την υπεριώδη ακτινοβολία έχει χρησιμοποιηθεί ως μία μη καταστροφική μέθοδος για την εκτίμηση της κατάστασης των φυτών. Η χλωροφύλλη των φύλλων απορροφά το φως το οποίο στην συνέχεια επανεκπέμπεται με την μορφή φωτός. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται φθορισμός της χλωροφύλλης. Συγκεκριμένα ο φθορισμός των φυτών που προκαλείται από την υπεριώδη ακτινοβολία έχει χρησιμοποιηθεί για την ταυτοποίηση του είδους των φυτών, στην μέτρηση της ανάπτυξης των φυτών, στην έλλειψη θρεπτικών στοιχείων στα φυτά, στην έλλειψη νερού, στην επίδραση της θερμοκρασίας στα φυτά και στην ανίχνευση προσβολών από παθογόνους οργανισμούς στα φυτά (Ceronic et al., 1999). Έτσι, έχουν αναπτυχθεί αισθητήρες διαφόρων τύπων που μελετούν τον φθορισμό των

φυτών. Οι Christen et al. (2007) χρησιμοποίησαν το φθορόμετρο Handy-PEA (Handy-Plant Efficiency Analyser, Hansatech Instruments, Norfolk, UK) για τον εντοπισμό της ασθένειας ίσκας σε αμπέλι και την σύγκριση των αποτελεσμάτων με την υδατική καταπόνηση. Οι Thoren et al. (2010) χρησιμοποίησαν τον αισθητήρα N-detector (Planto GmbH, Germany) για να μελετήσουν τον φθορισμό που προκαλείται από διαφορετική λίπανση φυτών μαλακού σιταριού. Οι Chozlen et al. (2010) χρησιμοποίησαν τον οπτικό αισθητήρα φθορισμού Multiplex (FORCE-A-, Orsay, France) για να μετρήσουν με μη καταστροφική μέθοδο την περιεκτικότητα σε ανθοκυάνες της ερυθρής ποικιλίας αμπέλου Champagne.



Σχήμα 1.5. Αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στην μελέτη της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας: (1A) rgb κάμερα, (1B) rgb εικόνα, (2A) υπερφασματική κάμερα, (2B) υπερφασματική εικόνα, (3A) θερμική κάμερα, (3B) θερμική εικόνα, (4A) κάμερα φθορισμού, (4B) εικόνα φθορισμού, (5A) πολυφασματική κάμερα, (5B) πολυφασματική εικόνα, (6A) ToF κάμερα, (6B) ToF εικόνα, (7A) αισθητήρας LIDAR, (7B) νέφος σημείων από αισθητήρα LIDAR, (8A) κουρτίνες φωτός, (8B) εκτίμηση ύψους φυτών από κουρτίνες φωτός.

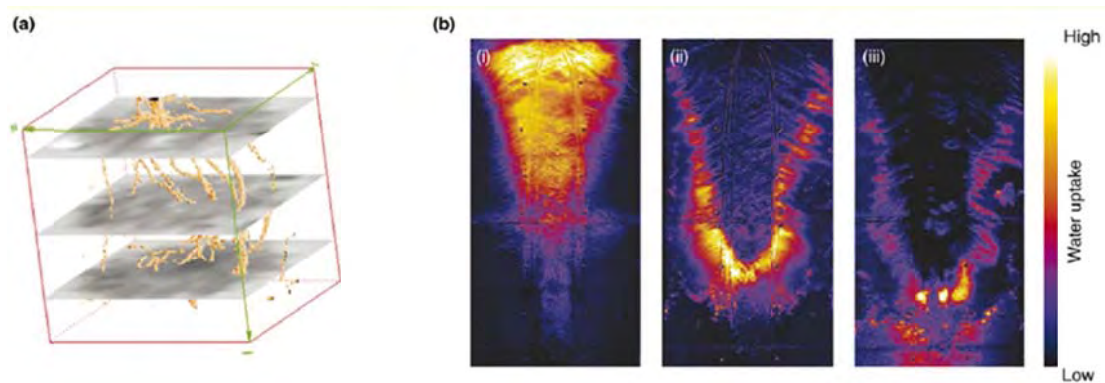
### **1.7.9. Διαφορετικού τύπου Αισθητήρες**

Στην μελέτη της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας όμως χρησιμοποιήθηκαν και διαφορετικών τύπων αισθητήρες. Οι Andre et al. (2012) χρησιμοποίησαν το ραντάρ εδάφους SIR 20 (Geophysical Survey Systems Inc., Massachusetts, USA) και το όργανο ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής Profiler (Geophysical Survey Systems Inc., Massachusetts, USA) για να εξακριβώσουν την επίδραση των υδρογεωφυσικών ιδιοτήτων του εδάφους στην ευρωστία ενός αμπελώνα. Οι Escola et al. (2011) χρησιμοποίησαν τον αισθητήρα υπερήχων Sonar Bero PXS400 M30 K3 (Siemens AG, Munich, Germany) για να μετρήσουν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά σε μηλιές. Οι Serbin and Or (2005) χρησιμοποίησαν το ραντάρ εδάφους IRIS-L (Penetradar Co, New York, USA) για να μελετήσουν την βλάστηση σε καλλιέργειες καλαμποκιού και σιταριού.

### **1.8.Φαινοτυπική μελέτη του ριζικού συστήματος των φυτών**

Η ρίζα αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά όργανα των φυτών. Η ρίζα βοηθάει στην απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, απορροφά το νερό, αποθηκεύει υδατάνθρακες, βιοσυνθέτει ορμόνες για την ανάπτυξη των φυτών και προσφέρει στήριξη στα φυτά. Για αυτούς τους λόγους η ρίζα είναι σημαντικό όργανο για την μελέτη των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών της. Το ριζικό σύστημα των φυτών έχει και αυτό επηρεαστεί από την βελτίωση των φυτών. Έτσι, είναι απαραίτητη η φαινοτυπική μελέτη της ρίζας. Η φαινοτυπική μελέτη της ρίζας περιλαμβάνει όλη την αρχιτεκτονική του ριζικού συστήματος (RSA: Root System Architecture). Η μελέτη του ριζικού συστήματος στο εργαστήριο γίνεται με την ανάπτυξη των φυτών σε πλαστικά δοχεία, σε νερό (υδροπονία), σε άγαρ ή σε τζέλ. Για τη μελέτη της αρχιτεκτονικής του ριζικού συστήματος χρησιμοποιούνται όργανα όπως ο μαγνητικός τομογράφος, ο τομογράφος ακτίνων X και η χρήση δισδιάστατης και τρισδιάστατης ανάλυσης εικόνας. Αλλά αυτή η μελέτη πραγματοποιείται σε νεαρά φυτά με αποτέλεσμα να μην γίνεται συσχέτιση με το ολοκληρωμένο ριζικό σύστημα του φυτού αλλά και να μην εξομοιώνονται πλήρως οι συνθήκες του αγρού. Παλιά, στην αρχιτεκτονική του ριζικού συστήματος στον αγρό γινόταν μελέτη μετά από εκσκαφή της από το έδαφος. Αλλά αυτή η τεχνική είναι αρκετά επίπονη και

προκαλεί ζημιά στο υπό μελέτη ριζικό σύστημα. Για αυτόν τον λόγο αναπτύχθηκαν μη καταστροφικές μέθοδοι μελέτης του ριζικού συστήματος. Μία από αυτές είναι η χρήση διαφανών κυλίνδρων που τοποθετούνται στο έδαφος σε διάφορες θέσεις (thizotrons, minirhizotrons). Στους διάφανους κυλίνδρους εισέρχονται κάμερες οι οποίες φωτογραφίζουν το ριζικό σύστημα και εκτιμούν χαρακτηριστικά όπως χρόνος ανάπτυξης, πυκνότητα, επιφάνεια και άλλα. Άλλες τεχνικές μελέτης του ριζικού συστήματος περιλαμβάνουν το ραντάρ εδάφους και την απεικόνιση της ηλεκτρικής αντίστασης. Σημαντικό ρόλο έχει και η μοντελοποίηση του ριζικού συστήματος που είναι σε θέση να αξιολογήσει την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος φυτών που φέρουν συγκεκριμένα γονίδια κάτω υπό συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορέσουν να παραχθούν γρηγορότερα νέες καλλιεργούμενες ποικιλίες με τα επιθυμητά γνωρίσματα όπως καλύτερη αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους (Zhu et al., 2011; De Dorlodot et al., 2007; Postma et al., 2014).



Σχήμα 1.5. Μη επεμβατική απεικόνιση των ριζών και του περιβάλλοντός τους. (α) Μαγνητική τομογραφία (CT-MRI) των ριζών του αραβοσίτου και του εδαφικού νερού. Οι ρίζες υποδεικνύεται από τα καφέ ισο-επιφάνειες. Τα τρία οριζόντια στρώματα αντιπροσωπεύουν μεταβολές της περιεκτικότητας σε νερό επί μία περίοδο δύο εβδομάδων. (β) 2D μη επεμβατική απεικόνιση ριζών και του νερού του εδάφους του φυτού *Lupinus albus*. Περίοδος τριών ημερών (i-iii) όπου απεικονίζεται από η πρόσληψη νερού πλάγια και καθέτως, εκτίμηση από την μετάδοση του φωτός σε ένα λεπτό rhizotron.

## 2. Βίκος (*Vicia sativa*)

### 2.1. Γενικά

Με το όνομα βίκος χαρακτηρίζονται περισσότερα από 150 είδη φυτών που ανήκουν στην οικογένεια *Vicia*. Το πιο διαδεδομένο είδος είναι το *Vicia sativa* subsp. *sativa*, δηλαδή βίκος ο κοινός. Ο βίκος είναι ένα φυτό το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως στην διατροφή των ζώων για καρπό και για σανό ενώ η χρήση του για ενσίρωση και για βόσκηση είναι περιορισμένη. Ο βίκος όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως φυτό χλωρής λίπανσης αλλά και σε συστήματα αμειψισποράς με καλλιέργειες σιτηρών (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2005).

Η καλλιέργεια του βίκου έχει τις αρχές της από την αρχαιότητα (Amarowicz, 2011). Ο Mikic (2012) αναφέρει ότι υπάρχουν ευρήματα στην Ελλάδα από ένα είδος βίκου που χρονολογούνται από το 11000 π.Χ. ενώ αναφέρει πως ο βίκος έχει καταγωγή από την κεντροανατολική Ευρώπη.

Πίνακας 2.1. Βοτανική ταξινόμηση κοινού βίκου.

Βασίλειο	Plantae
Υποβασίλειο	Tracheobionta
Συνομοταξία	Spermatophyta
Υποσυνομοταξία	Magnoliophyta
Ομοταξία	Magnoliopsida
Υφομοταξία	Rosidae
Τάξη	Fabales
Οικογένεια	Fabaceae
Γένος	<i>Vicia</i>
Είδος	<i>Vicia sativa</i>
Υποείδος	<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>sativa</i>

### 2.2. Βοτανική Περιγραφή

Ο κοινός βίκος είναι ένα ετήσιο ποώδες αυτογονιμοποιούμενο φυτό (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2005). Είναι ένα διπλοειδές φυτό ( $2n=12$  χρωμόσωμα) (Liu et al., 2014). Ο βίκος έχει ριζικό σύστημα το οποίο αποτελείται από μία πασσαλώδη ρίζα η οποία φέρει πολυάριθμες διακλαδώσεις. Ο βίκος έχει έρπουσα ή αναρριχώμενη ανάπτυξη ενώ οι βλαστοί εκφύονται από τη βάση των φυτών. Τα φύλλα είναι σύνθετα και αποτελούνται από 5 – 8 ζεύγη αντίθετων φυλλαρίων και

καταλήγουν σε διακλαδιζόμενη έλικα ενώ στο άκρο τους τα φυλλάρια φέρουν ένα αγκάθι. Τα άνθη εκφύονται από τις μασχάλες των φύλλων κυρίως κατά ζεύγη και μπορεί να έχουν ένα μικρό ποδίσκο ενώ το χρώμα τους είναι μπλε-πορφυρό ή ροζ. Οι λοβοί είναι επιμήκεις, πεπλατυσμένοι, με μήκος 3 - 7 cm και πάχος 5 – 10 mm και μπορεί να περιέχουν από 4 έως 12 σπόρους. Οι σπόροι έχουν σφαιρικό και πεπλατυσμένο σχήμα και το χρώμα τους είναι μαύρο ή γκρι με στενό οφθαλμό ανοικτότερο χρώματος (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2005).

### 2.3. Αύξηση και Ανάπτυξη

Ο βίκος παρουσιάζει υπόγειο φύτρωμα. Είναι φυτό που παρουσιάζει συνεχή αύξηση, δηλαδή παράλληλα με την έκπτυξη των ανθέων και με την ανάπτυξη των λοβών παρουσιάζει και βλαστική ανάπτυξη. Οι ποικιλίες του βίκου χαρακτηρίζονται από την διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου ως πρώιμες, μεσοπρώιμες και όψιμες και από την παραγωγική τους κατεύθυνση ως σποροπαραγωγικές, σανοδοτικές και σποροσανοδοτικές ποικιλίες. Η Παπακώστα-Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι ο βίκος έχει τρία στάδια κατά την διάρκεια γεμίσματος των σπόρων. Αυτά είναι το στάδιο υστέρησης μεταξύ άνθησης και γεμίσματος των σπόρων (ξηρά ουσία 20-25%), το στάδιο ταχείας ανάπτυξης κατά την οποία η μάζα των σπόρων φτάνει στο μέγιστο (ξηρά ουσία σπόρων 45-55%) και το στάδιο ωρίμανσης (με ξηρά ουσία σπόρων >80%). Η ίδια αναφέρει ότι συγκομιδή για σανό θα πρέπει να πραγματοποιείται όταν η περιεκτικότητα των σπόρων σε ξηρά ουσία είναι 45-55% γιατί τότε παρουσιάζεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση πρωτεΐνης και θρεπτικών στοιχείων. Ενώ οι Alzueta et al. (2001) βρήκαν ότι το ποσοστό πρωτεΐνης ήταν μεγαλύτερο στο στάδιο κατά το οποίο η ξηρά ουσία των σπόρων έφτανε στο 28% και το οποίο αντιστοιχούσε με την έναρξη της δεύτερου σταδίου του γεμίσματος των σπόρων έναντι του σταδίου της άνθησης και του σταδίου με ξηρή ουσία των σπόρων με ποσοστό 38%.



Πίνακας 2.2. Απόδοση ολικής πρωτεΐνης σανού βίκου σε τρία διαφορετικά στάδια συγκομιδής για 2 έτη σε kg πρωτεΐνης /ha (Alzueta et al., 2001).

Έτος	Στάδιο Συγκομιδής			Σταθμισμένο Τυπικό Σφάλμα	P-Value
	Άνθηση <sup>1</sup>	1ο Γεμίσματος <sup>2</sup>	2ο Στάδιο Γεμίσματος <sup>3</sup>		
1996-1997	1205	1213	1079	74.2	0.4152
1997-1998	1556	1622	1404	87.6	0.2717

<sup>1</sup>Άνθηση = τουλάχιστον το 50% φυτών βίκου με άνθη

<sup>2</sup>1ο στάδιο γεμίσματος = 28 g Ξ.Ο./100 g σπόρου

<sup>3</sup>2ο στάδιο γεμίσματος = 38 g Ξ.Ο./100 g σπόρου

## 2.4. Οικολογικές Απαιτήσεις

Η Παπακώστα - Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι οι σπόροι του βίκου απαιτούν θερμοκρασία 2-6 °C ενώ τα ανεπτυγμένα φυτά αντέχουν έως και -10 °C. Η αντοχή των φυτών του βίκου στις χαμηλές θερμοκρασίες εξαρτάται από τον γενότυπο, το στάδιο και την ταχύτητα ανάπτυξης καθώς και από κλιματικούς παράγοντες όπως η υγρασία του εδάφους. Στην επιρροή του γενότυπου στην αντοχή του βίκου στο ψύχος συμφωνούν και οι Firincioglu et al. (2009) που συμπέραναν ότι οι ποικιλίες που εμφάνισαν μεγαλύτερη βιωσιμότητα κατά την διάρκεια του χειμώνα είχαν τις μεγαλύτερες αποδόσεις σε παραγωγή. Οι ίδιοι αναφέρουν ότι η σπορά του βίκου το φθινόπωρο εμφάνισε μεγαλύτερη απόδοση κατά 15% σε σχέση με σπορά την άνοιξη.

Ο βίκος είναι ένα φυτό ιδιαίτερα απαιτητικό σε υγρασία. Η Παπακώστα-Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι πρέπει να καλλιεργείται σε περιοχές με ετήσιο ύψος βροχής 400 mm. Αλλά ο βίκος απαιτεί καλά στραγγισμένα εδάφη εξαιτίας της έρπουσας φύσης του. Οι Abdel and Al-Rawi (2011) σε πείραμα άρδευσης στο Ιρακ βρήκαν ότι επιπλέον άρδευση του βίκου στο 75% της υδατοϊκανότητας του εδάφους προκάλεσε μείωση σε όλα τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του βίκου και κυρίως στην παραγωγή βιομάζας (65.9%) και στην παραγωγή του σπόρου (43.6%) σε σχέση με άρδευση στο 25% της υδατοϊκανότητας του εδάφους. Οι ίδιοι αναφέρουν ότι ο βίκος εμφάνισε αντίδραση στα επίπεδα άρδευσης και αναφέρουν ότι άρδευση στο στάδιο ανάπτυξης των λοβών και γεμίσματος των σπόρων αύξησε την παραγωγή του βίκου και βελτίωσε την ποιότητα. Οι Tenopala et al. (2012) αναφέρουν ότι ο βίκος μπορεί να αντέξει στην ξηρασία για διάστημα 24 ημερών χωρίς να παρουσιάσει σημαντική μείωση της ποσότητας χλωροφύλλης.

Ο βίκος είναι φυτό το οποίο δεν έχει μεγάλες εδαφικές απαιτήσεις. Όμως, αποδίδει καλύτερα σε μέσης σύστασης και καλά στραγγιζόμενα εδάφη. Το pH του εδαφικού διαλύματος θα πρέπει να κυμαίνεται από 6 έως 7 ενώ παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή στην οξύτητα του εδάφους σε σχέση με άλλα ψυχανθή (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005).

## **2.5. Καλλιεργητική Τεχνική**

### **2.5.1. Αμειψισπορά**

Όπως προαναφέρθηκε η αμειψισπορά είναι μια πολύ σημαντική καλλιεργητική πρακτική γιατί βοηθάει στην διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους, βοηθάει την καλύτερη διαχείριση ζιζανίων, εντόμων και ασθενειών των φυτών και συντελεί στην οικονομικότητα της γεωργικής επιχείρησης. Ο βίκος αποτελεί ένα φυτό κατάλληλο για συστήματα αμειψισποράς. Αυτό συμβαίνει γιατί ο βίκος όπως και η φακή ως ψυχανθές έχει την ικανότητα να αζωτοδεσμεύει με αποτέλεσμα να βελτιώνει την γονιμότητα του εδάφους. Έτσι, ο βίκος μπορεί να συμμετάσχει τόσο σε συστήματα αμειψισποράς ξηρικών καλλιεργειών όσο και σε συστήματα αρδευόμενων καλλιεργειών. Οι Martin-Rueda et al. (2007) αναφέρουν ότι το σύστημα αμειψισποράς που περιελάμβανε βίκο-κριθάρι εμφάνισε μεγαλύτερη παραγωγή σε κριθάρι σε σχέση με καλλιέργεια κριθάρι-κριθάρι σε 3 διαφορετικά συστήματα κατεργασίας του εδάφους. Οι Yau et al. (2003) αναφέρουν ότι η αμειψισπορά βίκου κριθαριού προσέφερε υψηλότερες και πιο σταθερές αποδόσεις σε σχέση με συνεχόμενη καλλιέργεια κριθαριού. Οι Rochester and Peoples (2005) αναφέρουν ότι αμειψισπορά βίκου-βαμβακιού αύξησε την απόδοση του βαμβακιού έως 14 % περίπου σε σχέση με την συνεχόμενη καλλιέργεια βαμβακιού. Οι Gul et al. (2008) αναφέρουν ότι η παραγωγή καλαμποκιού για ενσίρωση ήταν μεγαλύτερη όταν η προηγούμενη καλλιέργεια ήταν βίκος και δεν εφαρμόστηκε καμία λίπανση ή πολύ μικρή λίπανση σε σχέση με σιτάρι, κριθάρι και φακή.

Ο βίκος μπορεί να συμμετάσχει και σε συστήματα συγκαλλιέργειας. Οι Dhima et al. (2007) αναφέρουν ότι συγκαλλιεργήσαν βίκο με σιτάρι μαλακό, τριτικάλε, κριθάρι και βρώμη. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έδειξαν ότι η συγκαλλιέργεια βίκου με βρώμη και η συγκαλλιέργεια βίκου με σιτάρι μαλακό αν και είχαν ως αποτέλεσμα μικρότερη παραγωγή βίκου σε σχέση με την μονοκαλλιέργεια βίκου εμφάνισαν καλύτερα οικονομικά αποτελέσματα.



Σχήμα 2.1. Γραφική αναπαράσταση βίκου.



Εικόνα 2.1. Καλλιέργεια βίκου στο στάδιο της άνθισης



Εικόνα 2.2. Λοβοί βίκου σε τρία διαφορετικά στάδια (A, B, C) και λοβός και σπόροι βίκου (D).

### 2.5.2. Προετοιμασία Εδάφους

Ο βίκος όπως και η φακή απαιτεί κατάλληλα προετοιμασμένο έδαφος για την σπορά. Η συμβατική κατεργασία του εδάφους για την σπορά του βίκου περιλαμβάνει το όργωμα, ψιλοχωμάτισμα με την χρήση δισκοσβάρνας ή καλλιεργητή. Αφού πραγματοποιηθεί η σπορά του βίκου τότε πραγματοποιείται κυλίνδρισμα για την ισοπέδωση του χωραφιού για την ευκολότερη συγκομιδή του βίκου. Όμως είναι δυνατόν η σπορά του βίκου να πραγματοποιηθεί με την χρήση μεθόδων μειωμένης κατεργασίας ή ακαλλιέργειας. Οι Ozpinar and Baytekin (2005) μελέτησαν την επίδραση τριών διαφορετικών μεθόδων κατεργασίας στην απόδοση του βίκου. Οι μέθοδοι κατεργασίας ήταν α) η συμβατική που περιελάμβανε όργωμα, δύο δισκοσβαρνίσματα και κυλίνδρισμα μετά την σπορά (CT), β) ένα πέρασμα με περιστροφικό καλλιεργητή, με ένα δισκοσβαρνίσμα και κυλίνδρισμα για ισοπέδωση μετά την σπορά (ST) και γ) δύο δισκοσβαρνίσματα και ένα κυλίνδρισμα μετά την σπορά (DD). Αυτοί βρήκαν ότι η μέθοδος κατεργασίας DD προσέφερε παρόμοια αποτελέσματα στην απόδοση σε βίκο σε σχέση με την μέθοδο CT ενώ η ST ήταν η χειρότερη. Οι Altikat et al. (2013) μελέτησαν την επίδραση τριών διαφορετικών σπαρτικών μηχανών ακαλλιέργειας και διαφορετικών χαρακτηριστικών καλαμιών στο φυτόωμα φυτών βίκου. Από το πείραμα τους προέκυψε ότι η μηχανή ακαλλιέργειας με υνιά παρουσίασε μεγαλύτερη ποσοστό φυτρώματος στον βίκο (77.13%) σε σχέση με την σπαρτική μηχανή με δίσκους (73.72%) και την σπαρτική μηχανή με υνιά τύπου A (67.34%). Στην ίδια έρευνα οι Altikat et al. (2013) αναφέρουν ότι στην καλαμιά που είχε μικρό ύψος το ποσοστό σπόρων βίκου που φύτεψαν ήταν μεγαλύτερο (76.15%) σε σχέση με την καλαμιά που είχε μεγάλο ύψος (69.31%).

Πίνακας 2.3 . Αποδόσεις σε σπόρο βίκου σε 3 διαφορετικά συστήματα κατεργασίας (Ozniyar and Baytekin, 2005)

Κατεργασία	Απόδοση σε σπόρο (kg ha <sup>-1</sup> )				
	2002	2003	2004	LSD	Μέσος Όρος
ST	2625 aA	3349 aA	1411 bB	940	2462
CT	2771 aA	4074 aA	3933 aA	1669	3593
DD	2338 aB	4020 aA	4933 aA	1041	3764
LSD	ns	ns	1478	-	-
Μέσος Όρος	2578	3814	3426	-	3273

Γράμματα στην ίδια σειρά ή στήλη που έχουν το ίδιο κεφαλαίο ή μικρό γράμμα αντίστοιχα δεν διαφέρουν σημαντικά για ποσόστο σημαντικότητας P<0.05.

### 2.5.3. Λίπανση

Ο βίκος ως ψυχανθές φυτό αζωτοδεσμεύει. Οι Mylona et al. (1995) αναφέρουν ότι ο βίκος αναπτύσσει συμβιωτική σχέση με το αζωτοδεσμευτικό βακτήριο *Rhizobium leguminosarum* bv *viciae*. Οι Rochester and Peoples (2005) αναφέρουν ότι παρατήρησαν φυτά βίκου να αζωτοδεσμεύουν από 86 έως 125 kg N ha<sup>-1</sup>. Οι Albayrak et al. (2006) σε πείραμα μελέτης της επίδρασης της επένδυσης των σπόρων σε οχτώ ποικιλίες βίκου με το αζωτοδεσμευτικό βακτήριο *Rhizobium leguminosarum*. Αναφέρουν ότι και οι οχτώ ποικιλίες που επενδύθηκαν με το βακτήριο αύξησαν την απόδοσή τους σε σπόρο και ζωοτροφή σε σχέση με την μη επένδυσή τους. Οι Balabanli and Akkeçili (2006) μελέτησαν την επίδραση της αζωτούχου και της φωσφορούχου λίπανσης στην απόδοση δύο ειδών βίκου (*Vicia villosa* και *Vicia ranonnica*). Τα επίπεδα λίπανσης αζώτου που εφαρμόστηκαν ήταν 0, 2, 4 και 6 kg N / στρ και φωσφόρου ήταν 0, 4, 8 και 12 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / στρ. Στα αποτελέσματά τους αναφέρουν ότι υπάρχει σημαντική διαφορά στα επίπεδα λίπανσης που απαιτούνται μεταξύ των διαφορετικών ειδών βίκου. Αναφέρουν ότι την μεγαλύτερη απόδοση σε ζωοτροφή την είχαν όταν εφάρμοσαν λίπανση 6 kg N / στρ και 12 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / στρ για το *Vicia villosa* και 6 kg N / στρ και 4 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / στρ για το *Vicia ranonnica*. Οι Gurmani et al. (2006) σε πείραμα μελέτης της δόσης λίπανσης σε κοινό βίκο αναφέρουν ότι η λίπανση με 15 kg N ha<sup>-1</sup> και 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> εμφάνισαν μεγαλύτερη απόδοση σε ζωοτροφή και σε σπόρο βίκου σε σχέση με τα άλλα τρία επίπεδα λίπανσης (15 kg N ha<sup>-1</sup> και 0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 15 kg N ha<sup>-1</sup> και 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> και 15 kg N ha<sup>-1</sup> και 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>). Η Παπακώστα – Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι ο βίκος δεν χρειάζεται απαραίτητα αζωτούχο λίπανση εξαιτίας της αζωτοδέσμευσης ενώ αναφέρει ότι η επάρκεια καλίου στα εδάφη της Ελλάδος δεν

συνιστά καλιούχο λίπανση. Η ίδια αναφέρει ότι θα πρέπει να γίνεται λίπανση με 6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / στρ.

#### 2.5.4. Σπορά

Η Παπακώστα – Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι κατάλληλη εποχή σποράς του βίκου είναι το διάστημα 15 Οκτωβρίου έως 15 Νοεμβρίου για το μεγαλύτερο μέρος της Ελλάδας. Η ίδια συστήνει ότι ανοιξιάτικη σπορά θα πρέπει να πραγματοποιείται σε ορεινές περιοχές με ισχυρούς χειμωνιάτικους παγετούς και αυτή να πραγματοποιείται μεταξύ μέσων Φεβρουαρίου και τέλη Μαρτίου. Οι Firincioglu et al. (2009) συμπέραναν ότι οι ποικιλίες που εμφάνισαν μεγαλύτερη βιωσιμότητα κατά την διάρκεια του χειμώνα είχαν τις μεγαλύτερες αποδόσεις σε παραγωγή. Οι ίδιοι αναφέρουν ότι η σπορά του βίκου το φθινόπωρο εμφάνισε μεγαλύτερη απόδοση κατά 15% σε σχέση με σπορά την άνοιξη. Ενώ οι Firincioglu et al. (2010) αναφέρουν ότι η ανοιξιάτικη σπορά παρήγαγε 22% περισσότερη βιομάζα και 19% περισσότερο σπόρο σε σχέση με την φθινοπωρινή σπορά. Κατά τους ίδιους αυτό οφείλεται στην ζημιά που υπέστη η φθινοπωρινή καλλιέργεια του βίκου εξαιτίας του χειμώνα.

Η απαιτούμενη ποσότητα σπόρου που απαιτείται για την καλλιέργεια του βίκου εξαρτάται από το αν ο βίκος θα παραχθεί για σανό ή για τον καρπό του αλλά και από το μέγεθος του σπόρου (βάρος 1000 σπόρων 45-75 g). Έτσι για σανοδοτική παραγωγή βίκου προτείνεται ποσότητα σπόρου 18 kg / στρ και για καρποδοτική 16 kg / στρ. (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005).

Οι Aydogdu and Acikgoz (1995) σύγκριναν έξι διαφορετικές πυκνότητες σποράς βίκου (50, 100, 150, 200, 250 και 300 σπόροι m<sup>-2</sup> σε φθινοπωρινή και σε ανοιξιάτικη σπορά. Αναφέρουν ότι την υψηλότερη παραγωγή σε σανό την πέτυχαν με την πυκνότητα 300 σπόρων m<sup>-2</sup> και στις δύο περιόδους σποράς. Για την απόδοση σε σπόρο αναφέρουν ότι είχαν την μεγαλύτερη απόδοση στην φθινοπωρινή σπορά για την πυκνότητα των 250 σπόρων m<sup>-2</sup> ενώ για την ανοιξιάτικη για την πυκνότητα των 150 σπόρων m<sup>-2</sup>.

Η σπορά του βίκου θα πρέπει να πραγματοποιείται μεταξύ βάθους 3 -5 cm (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005). Οι Tanveer et al. (2010) αναφέρουν ότι σε πείραμα γλάστρας για την μελέτη της φυτρωτικής ικανότητας ο βίκος σε βάθος 1, 2, 3 και 5 cm ξεκίνησε να φυτρώνει σε 12 ημέρες ενώ για βάθος 10 cm ξεκίνησε να

φυτρώνει σε 27 ημέρες. Η ολοκλήρωση του φυτρώματος αναφέρουν πραγματοποιήθηκε σε 17 ημέρες για τα βάθη σποράς 1, 2 και 3 cm ενώ για τα βάθη 5 και 10 cm το φύτευμα ολοκληρώθηκε σε 46 και 68 ημέρες.

Η σπορά του βίκου μπορεί να γίνει στα πεταχτά αλλά κυρίως πραγματοποιείται με την χρήση των γραμμικών σπαρτικών σιτηρών. Ακόμη μπορεί να πραγματοποιηθεί σπορά και με την χρήση σπαρτικών μηχανών ανοιξιάτικων καλλιεργειών αλλά πρέπει να υποστούν την κατάλληλη τροποποίηση. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών του βίκου είναι 25 cm (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005). Ενώ μετά την σπορά πρέπει να πραγματοποιηθεί κυλίνδρισμα της καλλιέργειας για την ισοπέδωση του χωραφιού έτσι ώστε να γίνει αποδοτικότερη συγκομιδή και κοπή του βίκου.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο βίος συμμετέχει σε συστήματα συγκαλλιέργειας για παραγωγή σανού. Συνήθως ο βίος συμμετέχει σε συστήματα συγκαλλιέργειας με σιτηρά. Οι Lithourgidis et al. (2006) αναφέρουν ότι στην συγκαλλιέργεια με αναλογία 65% βίκος:35% βρώμη παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη παραγωγή χορτομάζας ενώ στην ίδια αναλογία εμφάνισε την μεγαλύτερη ποσότητα πρωτεΐνης ανά εκτάριο σε σχέση με τις αναλογίες μειγμάτων 55% βίκος:45% τριτικάλε, 65% βίκος:35% τριτικάλε και 55% βίκος:45% βρώμη αλλά και από τις μονοκαλλιέργειες βίκου, τριτικάλε και βρώμης, με ποσότητα σπόρου 170 kg/ha. Οι Lauk and Lauk (2009) αναφέρουν ότι σε πείραμα συγκαλλιέργειας βίκου με σιτάρι μαλακό και βρώμη την μεγαλύτερη παραγωγή στην συγκαλλιέργεια την πέτυχε η βρώμη σε πλήθος 250 φυτών  $m^{-2}$  και βίκου 40 φυτών  $m^{-2}$  σε αγρό που δεν εφαρμόστηκε λίπανση αν και η μονοκαλλιέργεια μαλακού σιταριού είχε μεγαλύτερη απόδοση. Στην παραγωγή πρωτεΐνης η συγκαλλιέργεια βίκου-βρώμης είχε την μεγαλύτερη απόδοση σε πυκνότητα 60 έως 80 φυτών  $m^{-2}$  βίκου και 250 φυτών  $m^{-2}$  βρώμης εμφανίζοντας καλύτερη απόδοση από την μονοκαλλιέργεια σιτηρών. Οι ίδιοι συμπεραίνουν ότι τα συστήματα συγκαλλιέργειας βίκου-σιτηρού θα πρέπει να ακολουθούνται από τους παραγωγούς γιατί προσφέρουν οικονομία στην λίπανση. Αναφέρουν ότι θα πρέπει να προτιμάται η συγκαλλιέργεια βίκου-βρώμης για παραγωγή σανού και η συγκαλλιέργεια βίκου-μαλακού σιταριού για την παραγωγή σπόρου.

### 2.5.5. Περιποιήσεις μετά την Σπορά

Κύριο πρόβλημα μετά την σπορά του βίκου είναι η διαχείριση των ζιζανίων. Ο βίκος αντιμετωπίζει προβλήματα κυρίως από ετήσια πλατύφυλλα και αγρωστώδη ζιζάνια ενώ τα πολυετή ζιζάνια εμφανίζουν περιορισμένη επίδραση. Η αντιμετώπιση πραγματοποιείται με την χρήση προφυτρωτικών και μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων. Όταν όμως υπάρχει συγκαλλιέργεια βίκου με σιτηρό η χημική καταπολέμηση είναι πιο πολύπλοκη γιατί δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί η εφαρμογή ορισμένων ζιζανιοκτόνων (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005). Ο Σταμπούλης (2010) αναφέρει ότι τα ζιζάνια θα πρέπει να απομακρύνονται από 30 έως 50 ημέρες μετά την σπορά γιατί αλλιώς οι αποδόσεις του βίκου σε καρπό μειώνονται έως και 23%. Ο Ζιώγας (2013) αναφέρει ότι τα σημαντικότερα ζιζάνια στην καλλιέργεια του βίκου είναι τα εξής:

1. Βλήτο το τραχύ (*Amaranthus retroflexus*)
2. Ζωχός ο ετήσιος (*Sonchus oleraceus*)
3. Κόνυζα (*Conyza bonariensis* / *Conyza Canadensis*)
4. Κύπερη η πορφυρή (*Cyperus rotundus*)
5. Καπνόχορτο (*Fumaria officinalis*)
6. Παπαρούνα η κοινή (*Papaver rhoeas*)
7. Βερόνικα (*Veronica hederifolia*)

Ακόμη η Παπακώστα – Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι θα πρέπει να πραγματοποιείται μια γρήγορη βόσκηση σε περιπτώσεις μεγάλης ανάπτυξης του βίκου στο τέλος του χειμώνα για να αποφευχθεί το πρόωρο πλάγιασμα που μπορεί να επιφέρει μείωση παραγωγής.

### 2.5.6. Διαχείριση – Συγκομιδή

Ο βίκος μπορεί να καλλιεργηθεί για βόσκηση, για σανό, για ενσίρωμα, για καρπό και ως χλωρά λίπανση σε ανοιξιάτικη καλλιέργεια.

Η Παπακώστα – Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι η βόσκηση θα πρέπει να γίνεται όταν τα φυτά του βίκου είναι μεγαλύτερα από 15 cm. Ο σκοπός που γίνεται αυτό είναι γιατί στην βάση του φυτού βρίσκονται οι οφθαλμοί που θα δώσουν την αναβλάστηση και πρέπει να προστατεύονται.



Ο βίκος ως χορτοδοτικό φυτό θα πρέπει να κόβεται όταν οι λοβοί έχουν αποκτήσει τα 2/3 του μεγέθους τους γιατί σε αυτό το στάδιο υπάρχει μεγάλη παραγωγή και ταυτόχρονα πολύ καλή ποιότητα (Παπακώστα – Γασπούλου, 2005). Σε αυτό συμφωνούν και οι Kaplan et al. (2014) μελετώντας το κατάλληλο στάδιο κοπής του βίκου με βάση τα φαινολογικά του χαρακτηριστικά οι οποίοι αναφέρουν ότι η παραγωγή μειώνεται ποσοτικά και ποιοτικά με την πάροδο του χρόνου συγκομιδής. Η συγκομιδή του βίκου για σανό πραγματοποιείται με την χρήση μηχανημάτων. Η αρχή γίνεται με την χρήση χορτοκοπτικού μηχανήματος φερόμενου επί του γεωργικού ελκυστήρα το οποίο κόβει τον βίκο. Στην συνέχεια πραγματοποιείται η αναστροφή του χόρτου με την χρήση χορτοσυλλεκτών και τέλος πραγματοποιείται η δεματοποίηση του χόρτου με την χρήση χορτοδετικών μηχανών για στρόγγυλα ή για ορθογώνια δέματα.

Ο βίκος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ενσίρωμα για την διατροφή των ζώων. Το ενσίρωμα παράγεται με την διαδικασία την ενσίρωσης. Ενσίρωση είναι η διαδικασία της ζύμωσης φυτικών προϊόντων με υψηλό περιεχόμενο υγρασίας υπό αναερόβιες συνθήκες με σκοπό τη συντήρηση του προϊόντος αλλά και τη βελτίωση της θρεπτικής του αξίας για χρήση ως ζωοτροφή (Wikipedia). Η ενσίρωση πραγματοποιείται με την χρήση μηχανημάτων. Πρώτα γίνεται η χορτοκοπή του βίκου με την χρήση χορτοκοπτικού μηχανήματος φερόμενου επί γεωργικού ελκυστήρα. Στην συνέχεια γίνεται η αναστροφή της χορτομάζας με την χρήση αναστροφέα χόρτου. Έπειτα, ένα ενσιρωτικό μηχάνημα συλλέγει την χορτομάζα και στην συνέχεια την τεμαχίζει σε μικρότερα κομμάτια. Η τεμαχισμένη χορτομάζα μπορεί να δεματοποιηθεί σε ειδικό μηχάνημα δεματοποίησης για ενσίρωμα και να αποθηκευθεί ή να οδηγηθεί σε σιρό και να ενσιρωθεί.

Η συγκομιδή του βίκου ως καρποδοτικό φυτό θα πρέπει να γίνεται πριν το στάδιο τινάγματος των σπόρων και πιο συγκεκριμένα όταν οι περισσότεροι λοβοί χάνουν το πράσινο χρώμα τους και αποξηραίνονται. Η συγκομιδή του βίκου πραγματοποιείται με δύο τρόπους. Είτε μπορεί να πραγματοποιηθεί απευθείας με θεριζοαλωνισμό με την θεριζοαλωνιστική μηχανή συγκομιδής των σιτηρών με την εύκαμπτη κεφαλή θερισμού των σιτηρών είτε μπορεί να πραγματοποιηθεί πρώτα θερισμός με χορτοκοπτικό μηχάνημα και στην συνέχεια αφού πραγματοποιηθεί η αποξήρανση και η αναστροφή του βίκου να γίνει ο αλωνισμός με την θεριζοαλωνιστική των σιτηρών με κεφαλή θερισμού με δυνατότητα να ανεβάζει την

κομμένη φυτομάζα (κεφαλή pick-up / rake-up). Όταν πραγματοποιείται απευθείας θεριζοαλωνισμός συνήθως πραγματοποιείται ξήρανση του σπόρου πριν την αποθήκευση (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005). Ο Mansourifar (2013) αναφέρει ότι η καλύτερη μέθοδος συγκομιδής του βίκου είναι η απευθείας συγκομιδή με θεριζοαλωνισμό αλλά η υγρασία του σπόρου θα πρέπει να είναι κάτω από 16%.

Ο βίκος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φυτό χλωρής λίπανσης για εαρινές καλλιέργειες. Τα πλεονεκτήματα που μπορεί να προσφέρει το φυτό χλωρής λίπανσης είναι έλεγχο των ζιζανίων, αποφυγή της διάβρωσης του εδάφους, διατήρηση της υγρασίας του εδάφους και λιπαντικές μονάδες αζώτου για την εαρινή καλλιέργεια. Για την χλωρή λίπανση ο βίκος μπορεί να ενσωματωθεί στο έδαφος όπως με την χρήση φρέζας ή να διατηρηθεί στο έδαφος αφού πρώτα κοπεί με χορτοκοπτικό μηχανήμα και στις δύο περιπτώσεις. Η Παπακώστα – Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι η ενσωμάτωση του βίκου θα πρέπει να γίνεται δύο με τρεις εβδομάδες πριν από την σπορά της εαρινής καλλιέργειας. Οι Salmeron et al. (2011) αναφέρουν ότι ο βίκος ως φυτό χλωρής λίπανσης επέτρεψε την μείωση της ποσότητας αζώτου κατά 50 kg ha<sup>-1</sup> χωρίς να υπάρξει μείωση της παραγωγής. Όμως, οι ίδιοι αναφέρουν ότι η επίδραση που έχει ο βίκος ως φυτό χλωρής λίπανσης εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες αλλά και από την επιτυχία στην εγκατάσταση της καλλιέργειας του βίκου. Οι Campiglia et al. (2010) αναφέρουν ότι η καλλιέργεια βίκου ως φυτό χλωρής λίπανσης σε καλλιέργεια ντομάτας προσέφερε αποδόσεις παρόμοιες με την συμβατική καλλιέργεια ντομάτας με λίπανση 180 kg N ha<sup>-1</sup>. Οι ίδιοι αναφέρουν ότι η μη ενσωμάτωσή του στο έδαφος αλλά το κυλίνδρισμα των υπολλειμμάτων του βίκου προσέφερε επίσης μείωση των ζιζανίων κατά 69% σε σχέση με συμβατική καλλιέργεια ντομάτας πράγμα που κάνει το σύστημα κατάλληλο για βιολογική καλλιέργεια.

## **2.6. Εχθροί και Ασθένειες**

### **2.6.1. Εχθροί**

Ο βίκος όπως και άλλα φυτά δύναται να αντιμετωπίσει προβλήματα από έντομα τα οποία μπορούν να προκαλέσουν ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση της παραγωγής του. Αλλά ο βίκος αποτελεί ένα φυτό μικρής οικονομικής σημασίας με αποτέλεσμα η καταπολέμηση των εχθρών του σε ορισμένες περιπτώσεις να μην είναι

συμφέρουσα οικονομικά. Για αυτόν τον λόγο είναι απαραίτητη η γνώση των εντόμων που αποτελούν εχθρό για τον βίκο έτσι ώστε να ληφθούν οι σωστές αποφάσεις για την αντιμετώπισή τους. Παρακάτω αναφέρονται τα έντομα που αποτελούν εχθρό για τον βίκο.

### **Ακάρεα**

Ο Bugg (1991) αναφέρει για προσβολή βίκου από ακάρεα του είδους *Tetranychus urticae*. Η προσβολή είναι πιο έντονη σε γερασμένα ή σε στρεσοσαρισμένα από νερό φυτά.

### **Θρίπες**

Θρίπες του είδους *Frankliniella spp.* προσβάλλουν τον βίκο. Τα έντομα βρίσκονται στις ταξιανθίες του βίκου (Bugg, 1991). Οι θρίπες επιτίθενται στα φύλλα, τα λουλούδια και στους λοβούς όπου μυζούν τους χυμούς των οργάνων.

### **Αφίδες**

Αφίδες όπως *Aphis craccirova*, *Acyrtosiphon pisum* και *Acyrtosiphon kondoi* μπορεί να προσβάλλουν φυτά βίκου. Οι αφίδες τρέφονται κατευθείαν από αυτά και έχουν την ικανότητα να μεταδίδουν ιούς στο φυτό. Οι προνύμφες και τα τέλεια έντομα μυζούν τον χυμό των φυτών του βίκου από τα φύλλα, τους μίσχους και τους λοβούς. Αποικίζουν τα νεαρά φύλλα τα οποία παραμορφώνονται χαρακτηριστικά. Όλα αυτά προκαλούν μείωση της παραγωγής.

### **Λύγκος**

Κατά τον Bugg (1991) ο βίκος προσβάλλεται από είδη του λύγκου. Αυτό συμβαίνει γιατί ο βίκος εξαιτίας της ανατομίας του βοηθάει στην επιβίωση του είδους. Τα έντομα του λύγκου τρυπούν τα φύλλα, τους στήμονες, τους μίσχους και τους σπόρους που αναπτύσσονται στους λοβούς του βίκου.

### **Άπιο**

Το άπιο (*Arion pisi*) είναι μικρό κολεόπτερο με μακρύ ρύγχος τα οποία προσβάλλουν τα φύλλα του βίκου. Διαχειμάζει στο έδαφος ή σε φυτικά υπολείμματα. Τα τέλεια δραστηριοποιούνται την άνοιξη και προκαλούν διαβρώσεις μη περιμετρικές στα φύλλα ενώ μπορεί να προκαλέσουν και ζημιές στους νεαρούς

οφθαλμούς. Το έντομο αυτό έχει μία γενεά τον χρόνο και μπορεί να καταπολεμηθεί με εντομοκτόνα όπως τα πυρεθροειδή (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005; Σταμόπουλος, 1999).

## **Βρούχος**

Ο βρούχος (*Bruchus branchialis*) είναι κολεόπτερο που προσβάλλει τον σπόρο του βίκου. Κατά την ωοτοκία τα θηλυκά εναποθέτουν τα αυγά τους στους νεαρούς λοβούς με αποτέλεσμα οι προνύμφες που θα γεννηθούν να κατατρώγουν τους σπόρους. Η Παπακώστα – Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι ψεκασμός πραγματοποιείται μόνο στην σποροπαραγωγική καλλιέργεια βίκου.

### **2.6.2. Ασθένειες**

Ο βίκος είναι ένα φυτό το οποίο αντιμετωπίζει ασθένειες που μπορεί να είναι μυκητολογικές ή να προέρχονται από ιούς και οι οποίες μπορούν να ζημιώσουν την παραγωγή ποσοτικά και ποιοτικά. Για αυτόν τον σκοπό είναι απαραίτητη η γνώση των ασθενειών που προσβάλλουν τον βίκο έτσι ώστε να υπάρξει έγκυρη και έγκαιρη αντιμετώπιση.

## **Μυκητολογικές Ασθένειες**

### **Τήξεις Φυταρίων**

Ο βίκος προσβάλλεται από τους μύκητες *Rhizoctonia solani* και *Rhizoctonia violacea* οι οποίοι μπορεί να του προκαλέσουν τήξεις φυταρίων. Γίνεται προσβολή του φυτού μέσω των ριζών. Δημιουργεί νεκρωτικά έλκη στο ριζικό σύστημα τα οποία μπορούν να καλύψουν την ρίζα γύρω γύρω με το φυτό να νεκρώνεται. Τα ίδια συμπτώματα μπορούν να εμφανιστούν σε οφθαλμούς και σε νεαρούς βλαστούς στην περίοδο της βλάστησης με αποτέλεσμα να προσβάλλουν το κεντρικό στέλεχος παρεμποδίζοντας την ανάπτυξη νέων βλαστών. Η προσβολή από αυτούς τους μύκητες μπορεί να δημιουργήσει μεγαλύτερα ή μικρότερα κενά στους αγρούς. Η αντιμετώπιση της ασθένειας μπορεί να γίνει με επένδυση των σπόρων με μυκητοκτόνο, εφαρμογή αμειψισποράς, σωστή λίπανση των φυτών και καταστροφή των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005; Θανασουλόπουλος, 1995).

## Σήψεις Στελεχών

Σήψεις στελεχών προκαλούνται στον βίκο από τους μύκητες *Macrophomina phaseolina*, *Sclerotinia sclerotiorum* και *Botrytis cinerea*. Η *Macrophomina phaseolina* προκαλεί σάπισμα του φλοιού της ρίζας και του κατώτερου μέρους του βλαστού. Η *Sclerotinia sclerotiorum* μαραίνει γρήγορα τις κορυφές των βλαστών με αποτέλεσμα το φύλλωμα να γίνεται χλωρωτικό και εν τέλει να καταστρέφεται. Ο *Botrytis cinerea* προσβάλλει όλα τα υπέργεια μέρη του βίκου. Πρώτα προσβάλλει τα χαμηλά φύλλα τα οποία μεταχρωματίζονται και στην συνέχεια η προσβολή επεκτείνεται σε όλο το φυτό ενώ προσβολή μπορεί να υπάρξει στα άνθη και στους λοβούς του βίκου. Ως αποτέλεσμα προκαλείται νέκρωση των φυτών. Καταπολέμηση πραγματοποιείται με την εφαρμογή των κατάλληλων καλλιεργητικών μέτρων (Θανασουλόπουλος, 1995).

## Κηλίδωση Φύλλων

Ο βίκος προσβάλλεται κυρίως από τον μύκητα *Ascochyta pinodella*. Ο μύκητας αυτός δημιουργεί σκούρου χρώματος ακανόνιστες κηλίδες στα φύλλα. Ενώ οι λοβοί που προσβάλλονται μπορούν να προσβάλλουν τους σπόρους με αποτέλεσμα να μειωθεί η βλαστική ικανότητα των σπόρων του βίκου. Γενικά, μπορεί να προκαλέσει ξήρανση των προσβεβλημένων φύλλων στελεχών, λοβών και ανθέων με αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής. Καταπολέμηση πραγματοποιείται με την καταστροφή των υπολειμμάτων των καλλιεργειών, χρήση υγιούς σπόρου, όψιμη σπορά για την αποφυγή βροχοπτώσεων, εφαρμογή και αμειψισποράς και χρήση μυκητοκτόνων (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005; Θανασουλόπουλος, 1995).

## Σκωρίαση

Σκωρίαση στον βίκο προκαλείται από τον μύκητα *Uromyces fabae*. Ο μύκητας προσβάλλει φύλλα και βλαστούς και προκαλεί ξήρανση και πτώση των φύλλων. Αντιμετώπιση πραγματοποιείται με την χρήση των κατάλληλων καλλιεργητικών μέτρων που περιλαμβάνουν κυρίως την χρήση ανθεκτικών ποικιλιών και την εφαρμογή αμειψισποράς (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005; Θανασουλόπουλος, 1995).

## Ιολογικές Ασθένειες

Η Παπακώστα – Τασοπούλου αναφέρει την προσβολή του βίκου από τον ιό της κίτρινης δακτυλιωτής κηλίδωσης της αγκινάρας AYRSV ( Artichoke Yellow Ring Spot Virus). Ο ιός αυτός προκαλεί νανισμό, μικροφυλλία και ποικιλόχρωση στον βίκο ενώ μεταδίδεται με τον σπόρο του βίκου (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005).

### 2.7. Προϊόντα και Ποιότητα

Σύμφωνα με τους Enveking and Tate (2006) η καλλιέργεια του βίκου κάλυψε 1.25 εκατομμύρια εκτάρια το 2005 ενώ η παραγωγή του σπόρου έφτασε τους 16197 τόνους για την ίδια χρονιά. Οι ίδιοι αναφέρουν ότι η παγκόσμια καλλιεργούμενη έκταση μειώθηκε κατά 58% σε σχέση με το 1961.

Η Παπακώστα – Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι οι αποδόσεις του βίκου σε σπόρο κυμαίνονται από 40 έως 220 kg ανά στρέμμα και η απόδοση σε σανό μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 1000 kg ανά στρέμμα.

Ο βίκος εμφανίζει μεγάλη παραλλακτικότητα στον φαινότυπο, στις αποδόσεις σε σπόρο άχυρο και σανό καθώς και στα συστατικά των αποδόσεων αυτών όπως της πρωτεΐνης. Οι αποδόσεις επηρεάζονται σημαντικά από την καλλιεργούμενη ποικιλία, την εφαρμοζόμενη καλλιεργητική τεχνική και το κλίμα της περιοχής. Κατά τους Larbi et al. (2011) η διαφορά των αποδόσεων που παρουσιάζουν οι ποικιλίες του κοινού βίκου μεταξύ τους οφείλεται στον διαφορετικό αριθμό ημερών που απαιτούνται για την άνθηση και την ωρίμανση των λοβών.

Πίνακας 2.4. Εύρος τιμών σπόρου, σανού και άχυρου βίκου στην απόδοση και στα συστατικά τους (Larbi et al., 2011).

Συστατικά	Σπόρος	Σανό	Άχυρο
Απόδοση (kg Ξ. Ο. / ha)	808 – 1743	2245 – 3112	2628 – 4028
Πρωτεΐνη (g/ kg Ξ . Ο.)	271 – 316	141 – 188	64 – 127
Όξινη Συνθετική Ίνα (g/ kg Ξ . Ο.)	-	262 – 285	324 – 350
Ουδέτερη Συνθετική Ίνα (g/ kg Ξ . Ο.)	-	365 – 435	378 – 505
Πεπτικότητα Οργανικής Ουσίας (In Vitro) (g/ kg Ο . Ο.)	-	735 – 782	437 – 511

Ο βίκος αποτελεί μια πλούσια πηγή θρεπτικών στοιχείων για την διατροφή των ζώων. Οι Samarah and Erefej (2009) μελέτησαν την χημική σύσταση των σπόρων βίκου σε τέσσερα φαινολογικά στάδια των λοβών και συμπέραναν ότι ο βίκος θα πρέπει να συγκομίζεται στο στάδιο των πρασινοκίτρινων λοβών για ζωοτροφή γιατί σε αυτό το στάδιο δεν μειώνεται η μάζα του σπόρου ούτε μειώνεται η θρεπτικότητα του σπόρου.

Πίνακας 2.5. Χημική σύσταση σπόρων βίκου σε τέσσερα φαινολογικά στάδια (Samarah and Erefej, 2009).

Συστατικά	FS <sup>1</sup>	GY <sup>2</sup>	Y <sup>3</sup>	B <sup>4</sup>
Υγρασία (%)	5.7	7.1	7.2	7.0
Τέφρα (%)	3.4	3.2	3.2	3.3
Λιπαρές Ουσίες (%)	1.7	2.5	2.3	3.8
Ίνες (%)	4.1	4.2	4.6	3.8
Πρωτεΐνη (%)	48.7	46.9	45.7	39.3
Υδατάνθρακες (%)	36.2	36.9	35.9	43.5
Σάκχαρα (%)	6.0	5.1	8.0	16.4
Φώσφορος P (mg g <sup>-1</sup> Ξ.Ο.)	3.2	3.1	3.3	3.5
Κάλιο K (mg g <sup>-1</sup> Ξ.Ο.)	9.6	8.1	8.7	9.1
Νάτριο Na (mg g <sup>-1</sup> Ξ.Ο.)	2.4	2.2	2.1	2.3
Σίδηρος Fe (mg g <sup>-1</sup> Ξ.Ο.)	74	67	65	68
Χαλκός Cu (μg g <sup>-1</sup> Ξ.Ο.)	13	9	14	11
Ψευδάργυρος Zn (μg g <sup>-1</sup> Ξ.Ο.)	40	32	33	31
Μαγγάνιο Mn (μg g <sup>-1</sup> Ξ.Ο.)	15.4	13.5	12.5	13.8

<sup>1</sup> FS :Στάδιο πλήρως γεμισμένων σπόρων

<sup>2</sup>GY: Στάδιο πρασινοκίτρινων λοβών

<sup>3</sup>Y: Στάδιο κίτρινων λοβών

<sup>4</sup>B: Στάδιο καφέ λοβών

Οι Abbeddou et al. (2011) αναφέρουν ότι το σανό από βίκο αποτελεί την καλύτερη ζωοτροφή για ενέργεια και για πρωτεΐνη σε σχέση με άλλες ζωοτροφές όπως άχυρο φακής και φύλλα ελιάς.

Πίνακας 2.6. Χημική σύσταση σανού βίκου (Abbeddou et al., 2011).

<b>Συστατικά</b>	<b>g / kg Ξηρής Ουσίας</b>
Οργανική Ουσία	884
Πρωτεΐνη	169
Ουδέτερη Συνθετική Ίνα	363
Όξινη Συνθετική Ίνα	233
Όξινη Συνθετική Λιγνίνη	44
Υδατάνθρακες	332
Ολικές Φαινόλες	13.2
Ολικές Ταννίνες	7.5
Ασβέστιο	17.9
Φώσφορος	2.3
Μαγνήσιο	2.3
Νάτριο	26.0
Κάλιο	26.1



### 3. Φακή (*Lens culinaris*)

#### 3.1. Γενικά

Η φακή (*Lens culinaris Medic. subsp. culinaris*) αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα ψυχανθή τα οποία χρησιμοποιούνται στην διατροφή του ανθρώπου.

Περιοχή καταγωγής της καλλιεργούμενης φακής αναφέρεται η περιοχή που περιλαμβάνει το Αφγανιστάν, το Τουρκμενιστάν και την Ινδία. Από αρχαιολογικής πλευράς έχουν βρεθεί υπολείμματα φακής σε περιοχή της Συρίας όπου χρονολογούνται γύρω στο 10000 π. Χ. Αναφέρεται ότι η καλλιέργεια της φακής διαδόθηκε στην Ευρώπη μέσω της Ελλάδας μαζί με τις καλλιέργειες του κριθαριού, του σιταριού, του ρεβιθιού και άλλων γύρω στο 8000 π.Χ. Ενώ η καλλιέργεια φακής διαδόθηκε στην Αίγυπτο μεταγενέστερα (5000 π.Χ.) αν και βρίσκεται εγγύτερα στην περιοχή προέλευσης ( Fratini et al., 2011). Η σημερινή φακή θεωρείται ότι προέρχεται από το είδος *Lens culinaris subsp. orientalis* (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005).

Πίνακας 3.1. Βοτανική ταξινόμηση φακής (Cokkizgin and Shtaya, 2013).

Βασίλειο	Plantae
Υποβασίλειο	Tracheobionta
Συνομοταξία	Spermatophyta
Υποσυνομοταξία	Magnoliophyta
Ομοταξία	Magnoliopsida
Υφομοταξία	Rosidae
Τάξη	Fabales
Οικογένεια	Fabaceae
Γένος	Lens
Είδος	Lens culinaris Medic.

#### 3.2. Βοτανική Περιγραφή

Η φακή είναι ένα αυτογονιμοποιούμενο ετήσιο διπλοειδές φυτό ( $2n=14$  χρωμόσωμα). Έχει μια λεπτή πασσαλώδη ρίζα από την οποία εκφύονται πλάγιες ρίζες. Το υπέργειο τμήμα του φυτού αποτελείται από τον κύριο βλαστό και τις πλάγιες διακλαδώσεις οι οποίες είναι πρώτης και δεύτερης τάξης Το ύψος του φυτού κυμαίνεται από 25 έως 75 cm. Ανάλογα την καλλιεργούμενη ποικιλία η φακή μπορεί να είναι ορθόκλαδη ή έρπουσα. Ο βλαστός μπορεί να φέρει τρίχες ή να είναι λείος. Τα φύλλα είναι σύνθετα, δηλαδή αποτελούνται από φυλλάρια και χαρακτηρίζονται ως πτερωτά ενώ ο αριθμός των φυλλαρίων εξαρτάται από το γενότυπο και μπορεί να

φθάσει τα 7 – 8 ζεύγη. Τα άνθη της φακής είναι μεμονωμένα ή φέρονται σε ομάδες των 2 – 3 ανθέων. Το χρώμα των ανθέων μπορεί να είναι λευκό, πολύ ανοιχτό κόκκινο ή πολύ ανοιχτό μπλέ. Σε κάθε ποδίσκο αναπτύσσονται 1 – 2 λοβοί και πιο σπάνια 3 – 4. Οι λοβοί είναι λείοι, μικροί και πεπλατυσμένοι. Οι λοβοί συνήθως περιέχουν 1 ή 2 σπόρους φακής ενώ πιο σπάνια μπορεί να περιέχουν 3 σπόρους φακής. Οι σπόροι της φακής έχουν σχήμα αμφίκυρτου φακού και είναι πεπλατυσμένοι με βάρος 20 – 80 mg. Ανάλογα το μέγεθος των σπόρων οι ποικιλίες διακρίνονται σε μεγαλόσπερμες (6 – 9 mm) και μικρόσπερμες (2 – 6 mm). Το περισπέρμιο έχει διάφορα χρώματα όπως ανοικτό πράσινο, ανοικτό κόκκινο, πρασινοκόκκινο, γκρι, καφέ και μαύρο (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005).

### **3.3. Αύξηση και Ανάπτυξη**

Η φακή παρουσιάζει υπόγειο φύτρωμα και οι σπόροι της μπορεί να παρουσιάζουν λήθαργο ή όχι. Ο λήθαργος μπορεί να διαρκέσει 3 με 4 εβδομάδες. Ο ρυθμός φυτρώματος και η ανάπτυξη επηρεάζεται από την θερμοκρασία αλλά και από την ποικιλία, το μέγεθος και την ηλικία των σπόρων. Ως φυτό η φακή παρουσιάζει συνεχή ανάπτυξη. Η άνθηση της φακής παρατηρείται από την βάση του φυτού προς την κορυφή. Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου της φακής εξαρτάται από τον γενότυπο, την εποχή σποράς και τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν κυρίως κατά την διάρκεια της άνθησης και της καρποφορίας (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005).

### **3.4. Οικολογικές Απαιτήσεις**

Η φακή αντέχει στις χαμηλές και στις υψηλές θερμοκρασίες και στις εύκρατες περιοχές καλλιεργείται ως φθινοπωρινή καλλιέργεια. Οι ελάχιστες θερμοκρασίες ανάπτυξης της φακής είναι 4 – 6 °C οι μέγιστες 30 – 32 °C. Για άριστη ανάπτυξη οι θερμοκρασίες θα πρέπει να κυμαίνονται από 15 - 25 °C. Η φακή παρουσιάζει αρκετή αντοχή στην ξηρασία ειδικά οι μικρόσπερμες ποικιλίες. Η απαίτηση της φακής σε φως εξαρτάται από τις ποικιλίες με αποτέλεσμα η φακή να χαρακτηρίζεται ως φυτό μακράς φωτοπεριόδου ή ουδέτερο. Η φακή δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις σε έδαφος με αποτέλεσμα να προσαρμόζεται σε μεγάλη ποικιλία εδαφών αλλά οι αποδόσεις της φακής εξαρτώνται από την γονιμότητα του εδάφους. Το ελάχιστο pH για την

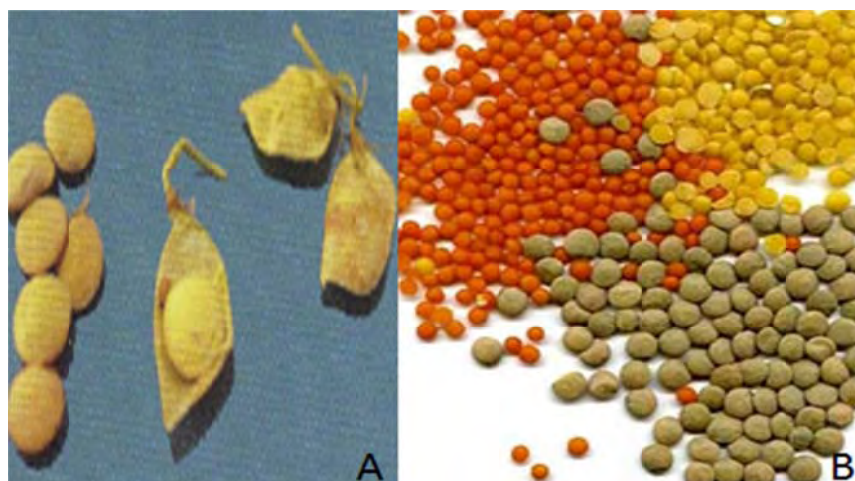
ανάπτυξη της φακής είναι το 5.65 ενώ η φακή δεν είναι φυτό ανθεκτικό στην αλατότητα (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005).



Σχήμα 3.1. Γραφική αναπαράσταση φακής.



Εικόνα 3.1. Φυτά φακής στο στάδιο της άνθισης (A) και φυτά φακής με λοβούς.



Εικόνα 3.2. Λοβοί και σπόροι φακής (Α) και διάφοροι τύποι σπόρων φακής.

Για την πρόβλεψη της επίδρασης των κλιματολογικών συνθηκών στην παραγωγή της φακής οι Andrews and McKenzie (2007) αναφέρουν την ύπαρξη του μοντέλου ανάπτυξης της φακής LENMOD. Αυτό το μοντέλο αναπτύχθηκε στην Νέα Ζηλανδία. Το μοντέλο αυτό βασίζεται στις βαθμομέρες (growing degree days). Οι ίδιοι αναφέρουν ότι η φακή απαιτεί 115 βαθμομέρες από την σπορά έως το φύτευμα, 278 από το φύτευμα έως την άνθηση, 546 για την άνθηση έως την ωρίμανση και 270 από την ωρίμανση έως την συγκομιδή με τιμή βάσης τους 2 °C για το στάδιο έως την άνθηση και 6 °C για το στάδιο από την άνθηση έως την συγκομιδή. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του μοντέλου είναι οι παρακάτω:

(1)

$$\text{Σχετική Ημερήσια Ανάπτυξη Φύλλου} = -0.0174 + 0.00829 \times \text{Ημερήσιες Βαθμομέρες}$$

$$(2) \quad \text{Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας} = \text{Προηγούμενος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας} \times \text{Σχετική Ημερήσια Ανάπτυξη Φύλλου} + \text{Προηγούμενος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας}$$

(3)

$$\text{Ρυθμός Ανάπτυξης Καλλιέργειας} = 0.5 \times \text{Προσπίπτουσα Ακτινοβολία} \times \text{Κλάσμα Ανακλώμενης Ακτινοβολίας} \times \text{Αποδοτικότητα Χρήσης Ακτινοβολίας} \times \text{Παράγοντας Ξηρασίας}$$

Για την εξίσωση 2 ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας δεν ξεπερνά την τιμή 7. Για την εξίσωση 3 η αποδοτικότητα χρήσης ακτινοβολίας είναι ίση με 1.7 g ξηρής ουσίας MJ<sup>-1</sup>. Η ακτινοβολία μετράται σε MJ m<sup>-2</sup>. Ο παράγοντας ξηρασίας παίρνει τιμή 0 όταν δεν υπάρχει καθόλου νερό στο έδαφος που να μπορεί να εκμεταλλευτεί το φυτό αλλιώς γίνεται 1 στην ίδια εξίσωση.

(4)

$$\text{Κλάσμα Ανακλώμενης Ακτινοβολίας} = 1.0 - \exp(-k \times \text{Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας})$$

Με τον συντελεστή απόσβεσης  $-k$  ίσο με 0.32.

Όταν όμως ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας φτάσει στην υψηλότερη τιμή του τότε ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας υπολογίζεται από την εξίσωση 5.

$$(5) \quad \text{Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας} = \text{Προηγούμενος Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας} - \text{Μέγιστος Δείκτης Φυλλική Επιφάνειας} \times \text{Συνολικοί Ημεροβαθμοί}/(2.5) \times \text{Ημερήσιοι Ημεροβαθμοί} \times LK \times (2/650^2)]$$

Με το LK να εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους και να παίρνει την τιμή 5 όταν η υγρασία του εδάφους είναι πάνω από το όριο έλλειψης υγρασίας εδάφους και την τιμή 1 όταν είναι κάτω από αυτό. Το όριο έλλειψης υγρασίας εδάφους υπολογίζεται από την εξατμισοδιαπνοή κατά Penman.

Η συνολική ξηρή ουσία υπολογίζεται συνολικά από τον ημερήσιο ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας. Για τον υπολογισμό της απόδοσης σε σπόρο φακής υπάρχει ένας σταθερός δείκτης συγκομιδής ίσος με το 40% της συνολικά παραγόμενης ξηράς ουσίας.

Πίνακας 3.2. Συγκριτικός πίνακας πραγματικής και θεωρητικής πρόβλεψης του μοντέλου LENMOD στην φακή στην Νέα Ζηλανδία (Andrews and McKenzie, 2007).

Ημερομηνία Σποράς	Ημερομηνία Άνθησης		Απόδοση Σπόρου Φακής (t ha <sup>-1</sup> )	
	Πραγματική	Θεωρητική	Πραγματική	Θεωρητική
21/4/1999	24-28/6/1999	26/6/1999	1.65	1.55
28/4/1999	29/6-1/7/1999	30/6/1999	1.58	1.47
5/5/1999	2-5/7/1999	4/7/1999	1.55	1.46
12/5/1999	6-10/7/1999	9/7/1999	1.40	1.47
26/5/1999	11-15/7/1999	18/7/1999	1.62	1.48
SE (10 df)			0.109	

### 3.5. Καλλιεργητική Τεχνική

#### 3.5.1. Αμειψισπορά

Η αμειψισπορά αποτελεί μια πολύ σημαντική τεχνική για την διατήρηση της παραγωγικότητας των αγρών γιατί βοηθάει στην διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους, βοηθάει την καλύτερη διαχείριση ζιζανίων, εντόμων και ασθενειών των φυτών και συντελεί στην οικονομικότητα της γεωργικής επιχείρησης. Η φακή ως φυτό που έχει την ικανότητα να αζωτοδεσμεύει αποτελεί ένα σημαντικό φυτό για τα διάφορα συστήματα αμειψισποράς. Οι Gul et al. (2008) αναφέρουν ότι η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης σε καλαμπόκι για ενίσρωση ήταν από τις μεγαλύτερες όταν η προηγούμενη καλλιέργεια ήταν φακή σε σχέση με σιτάρι, κριθάρι και αγρανάπαυση. Οι Sekhon et al. (2007) αναφέρουν ότι η φακή πρόσθεσε στο έδαφος 27 kg N/ha σε υπολογισμό με τα υπολλείμματά της και 16 kg N/ha όταν δεν υπολογίστηκε το ποσό N που προσθέτουν τα υπολλείμματα της καλλιέργειας της φακής αλλά μόνο η ρίζα. Η Παπακώστα-Τασοπούλου (2005) αναφέρει σαν συνιστώμενο σύστημα αμειψισποράς 2 με 3 χρόνια σιτάρι και 1 χρόνο φακή.

Η φακή όμως συμμετέχει και σε άλλα συστήματα όπως σε συστήματα συγκαλλιέργειας και σε αγροδασικά συστήματα. Σε συστήματα συγκαλλιέργειας η φακή έχει συνδυαστεί με σιτάρι, σινάπι, λινάρι, κριθάρι, ζαχαροκάλαμο, ελαιοκράμβη και ρετινολαδιά (Sekhon et al., 2007; Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005). Οι Sekhon et al. (2007) αναφέρουν αγροδασικά συστήματα που περιλαμβάνουν παπάγια-κίτρο-φακή και καρυδόδεντρο-παπάγια-φακή. Αυτά είναι συστήματα συγκαλλιέργειας που εκμεταλλεύονται την υψομετρική διαφορά μεταξύ διαφορετικών φυτικών ειδών αλλά και την διαφορά στις πυκνότητες και στις αποστάσεις φύτευσης. Έτσι, η φακή προσφέρει στο δέντρο το άζωτο από την αζωτοδεσμευτική του δραστηριότητα ενώ τα δέντρα προσφέρουν σκίαση στην φακή. Με αυτά τα συστήματα έχουμε καλύτερη εκμετάλλευση της καλλιεργούμενης έκτασης.

### 3.5.2. Προετοιμασία Εδάφους

Το έδαφος πρέπει να προετοιμαστεί κατάλληλα για την σπορά της φακής. Στην συμβατική κατεργασία του εδάφους γίνεται όργωμα συνήθως το φθινόπωρο εκτός αν υπάρχει πρόβλημα στον αγρό με πολυετή ζιζάνια όπου τότε πραγματοποιείται θερινό όργωμα για την καταπολέμησή τους. Μετά το όργωμα ακολουθεί ψιλοχωμάτισμα το οποίο γίνεται με την χρήση δισκοσβάρνας και καλλιεργητή (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005). Μετά την σπορά πραγματοποιείται ισοπέδωση του αγρού με κύλινδρο για την συγκράτηση της υγρασίας του εδάφους αλλά και για την ευκολότερη συγκομιδή της φακής. Όμως είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί μειωμένη κατεργασία ή ακόμα και ακαλλιέργεια για την εγκατάσταση της καλλιέργειας της φακής. Για την επίδραση της μειωμένης κατεργασίας στο φύτρωμα της φακής οι Altikat και Celik (2011) συνέκριναν την συμβατική κατεργασία (CT) του εδάφους που περιελάμβανε όργωμα με άροτρο, δισκοσβάρνα και κύλινδρο με δύο συστήματα μειωμένης κατεργασίας που περιελάμβαναν έναν περιστροφικό καλλιεργητή επιφανειακής κατεργασίας (RT1) και έναν περιστροφικό καλλιεργητή υπεδάφιας κατεργασίας με κύλινδρο (RT2). Στο πείραμα που διεξήχθη στην περιοχή Erzurum της Τουρκίας τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 3.3. Το πανεπιστήμιο Idaho των Η.Π.Α. μελέτησε την απόδοση της φακής ανάμεσα σε σύστημα ακαλλιέργειας και σε σύστημα μειωμένης κατεργασίας. Αναφέρουν ότι η μέση απόδοση της φακής που σπάρθηκε με ακατεργασία ήταν 95%, 102% και 128% της μέσης απόδοσης της φακής που σπάρθηκε με συμβατική κατεργασία (Kumar et al., 2011).

Πίνακας 3.3. Σύγκριση μέσου χρόνου φυτρώματος σε ημέρες και ποσοστού φυτρώματος σε σχέση με 3 συστήματα κατεργασίας στο πείραμα των Altikat και Celik (2011).

Συστήματα Κατεργασίας	Μέσος Χρόνος Φυτρώματος (Ημέρες)		Ποσοστό Φυτρώματος (%)	
	2006	2007	2006	2007
<b>RT1</b>	23.34 ab	26.52 b	83.18 a	77.61 b
<b>RT2</b>	23.25 b	27.38 ab	86.90 a	86.50 a
<b>CT</b>	23.52 a	27.64 a	70.55 b	73.99 b

Το ίδιο γράμμα δίπλα σε κάθε αριθμό της ίδιας στήλης σημαίνει μη σημαντική διαφορά (P<0.01)

### 3.5.3. Λίπανση

Η φακή, όπως όλα τα ψυχανθή, είναι ένα φυτό που δεσμεύει άζωτο. Αυτό σημαίνει ότι έχει την ικανότητα να δεσμεύει το N που υπάρχει στο περιβάλλον μέσω της συμβίωσης του φυτού με αζωτοδεσμευτικά βακτήρια. Τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια βρίσκονται στις ρίζες των φυτών της φακής στα λεγόμενα φυμάτια που δημιουργούνται από αυτήν την συμβιωτική σχέση. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον σχηματισμό των φυματίων και κατά συνέπεια την αζωτοδέσμευση είναι η οξύτητα και η αλατότητα του εδάφους, η περιεκτικότητα του εδάφους σε άζωτο, η συνεκτικότητα του εδάφους, η κατάκλιση με νερό, οι υψηλές θερμοκρασίες, η μειωμένη ένταση φωτισμού, τα άλλα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους, οι αυτόχθονες πληθυσμοί των ριζόβιων οργανισμών και η στρατηγική ή μη του εμβολιασμού στην καλλιέργεια (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005). Κάθε ψυχανθές έχει εξειδικευμένη συμβιωτική σχέση με το ριζόβιο βακτήριο *Rhizobium leguminosarum*. Οι McNeil και Materne (2007) αναφέρουν ότι η φακή κατάφερε να δεσμεύσει από 42 έως 127 kg N / ha. Οι McKenzie et al. (2007) αναφέρουν ότι προσθήκη 10-25 kg N/ha βοήθησαν στην γρηγορότερη εγκατάσταση της καλλιέργειας της φακής σε πρώιμη σπορά και σε συνθήκες που δεν ευνοούσαν την δράση των ριζόβιων βακτηρίων για αζωτοδέσμευση. Η Παπακώστα-Τασοπούλου (2005) δικαιολογεί την προσθήκη 20-30 kg N/ha σε πολύ άγονα εδάφη όταν κατά την διάρκεια της σποράς επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή υγρασία.

Από την στιγμή που το άζωτο δεν αποτελεί τον περιοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη της φακής εξαιτίας της αζωτοδέσμευσης από τα ριζόβια βακτήρια ο φώσφορος αποτελεί το σημαντικότερο στοιχείο για την θρέψη του. Οι Turk et al. (2003) μελέτησαν την επίδραση τεσσάρων επιπέδων φωσφορικής λίπανσης στην φακή (0, 17.5, 35 και 52.5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha). Κατέληξαν ότι η φακή αύξησε την απόδοση σε σπόρο, τον αριθμό των λοβών ανά φυτό και τις διακλαδώσεις ανά φυτό ανάλογα την ποσότητα της λίπανσης φωσφόρου που χρησιμοποιήθηκε. Ακόμη, βρήκαν ότι όσο πιο υψηλό το επίπεδο της λίπανσης που χρησιμοποιήθηκε τόσο μεγαλύτερη πρωϊμηση της άνθησης υπήρξε. Τέλος, έδειξε ότι το μεγαλύτερο επίπεδο φωσφορικής λίπανσης αύξησε την πρωτεΐνη και τις φυτικές ίνες του σπόρου της φακής κατά 8.5 και 18.5% αντίστοιχα σε σχέση με τον μάρτυρα. Η Παπακώστα-Τασοπούλου (2005)



και οι McKenzie et al. (2007) συμφωνούν για προσθήκη 40-60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha όταν η περιεκτικότητα σε φώσφορο του εδάφους είναι μικρότερη από 4 ppm.

Οι McKenzie et al. (2007) αναφέρουν ότι προσθήκη καλίου επέδρασε θετικά στην παραγωγή φακής σε αμμοπηλώδες έδαφος. Οι Mohseni Mohammadjanloo et al. (2009) μελέτησαν την επίδραση 3 επιπέδων λίπανσης καλίου (0, 30 και 60 kg K/ha) στο ύψος των φυτών, στον αριθμό των δευτερευουσών διακλαδώσεων ανά φυτό, στον αριθμό των γεμισμένων λοβών ανά φυτό, στον συνολικό αριθμό των λοβών ανά φυτό, στον αριθμό των σπόρων ανά φυτό, στο βάρος 100 σπόρων και στην απόδοση σε σπόρο φακής και βρήκαν ότι δεν παρουσιάζει σημαντική διαφορά κανένα επίπεδο λίπανσης καλίου. Η Παπακώστα-Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι επάρκεια καλίου στο έδαφος βελτιώνει την βραστικότητα της φακής.

Οι McKenzie et al. (2007) αναφέρουν την σημαντικότητα του θείου στην θρέψη της φακής. Το θείο χρειάζεται για την δημιουργία των φυματίων και στην αζωτοδέσμευση. Το θείο ακόμη χρειάζεται για τα αμινοξέα που περιλαμβάνονται στον σπόρο της φακής.

Οι ίδιοι αναφέρουν ότι από τα ιχνοστοιχεία τα πιο σημαντικά για την ανάπτυξη της φακής είναι ο ψευδάργυρος, το μολυβδαίνιο και το βόριο. Συγκεκριμένα αναφέρουν ότι τα κριτικά όρια ψευδαργύρου για την φακή είναι τα 0.5 – 1.81 ppm και ότι η λίπανση με ψευδάργυρο αύξησε την παραγωγή όταν χρησιμοποιήθηκε στο Νεπάλ. Ακόμη αναφέρουν ότι λίπανση μολυβδαινίου στην Βουλγαρία και βορίου στο Νεπάλ προκάλεσε σημαντική αύξηση της παραγωγής της φακής.

#### **3.5.4. Άρδευση**

Η φακή παρουσιάζει θετική αντίδραση στην άρδευση. Οι McKenzie et al. (2007) αναφέρουν στην βιβλιογραφική ανασκόπηση ότι η αρδευόμενη φακή παρουσίασε αύξηση της παραγωγής που κυμαινόταν από 9.7 – 680 % έναντι μη αρδευόμενης φακής. Βέβαια, αναφέρουν και απώλειες που κυμαινόταν σε περίπου 90 % σε σχέση με τον μάρτυρα για πλήρως αρδευόμενη φακή όταν η περίοδος ανάπτυξης ήταν πολύ βροχερή εξαιτίας προσβολής από τον *Botrytis cinerea*.

Ακόμη αναφέρουν ότι δεν υπάρχει κρίσιμη περίοδος για την άρδευση της φακής ανάλογα το φαινολογικό στάδιο. Αυτό το αποδίδουν στο ότι η φακή έχει βαθύ ριζικό σύστημα το οποίο μπορεί να φτάσει από 50 έως 65 cm και μπορεί να αντλήσει νερό ακόμη και από 90 cm βάθος. Έτσι, η φακή εκμεταλλεύεται πλήρως την υγρασία του εδάφους.

Σε πείραμα απόδοσης της φακής σε ξηρασία οι McKenzie et al. (2007) το οποίο διεξήχθη σε ελεγχόμενο περιβάλλον άρδευσης αναφέρουν ότι η μη αρδευομένη φακή είχε απόδοση 320 kg / ha ενώ η αρδευόμενη 2450 kg / ha. Για αυτό συστήνουν την χρήση ποικιλιών μικρού βιολογικού κύκλου για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που μπορεί να προκαλέσει η ξηρασία στην φακή.

Τέλος, αναφέρουν ότι η φακή παρουσιάζει μεγάλη παραλλακτικότητα όσον αφορά την απόδοση χρήσης νερού. Το εύρος κυμαίνεται από 3.8 – 30 kg σπόρου φακής / ha-mm. Αυτός ο δείκτης βέβαια, εξαρτάται από τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες και την παραγωγικότητα της κάθε ποικιλίας φακής. Έτσι, θα μπορούσαν να αναπτυχθούν ποικιλίες που αποδίδουν περισσότερο σε περιορισμένες συνθήκες νερού.

### **3.5.5. Σπορά**

Η εποχή της σποράς της καλλιεργούμενης φακής εξαρτάται τόσο από τις κλιματολογικές συνθήκες όσο και από την ποικιλία. Για την Κεντρική και Νότια Ελλάδα η Παπακώστα – Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι η σπορά πραγματοποιείται μετά τις 21 Νοεμβρίου ενώ για την Βόρεια Ελλάδα μετά τις 10 Νοεμβρίου. Αξίζει να αναφερθεί ότι η φακή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φυτό ανοιξιάτικης σποράς για να αποφευχθούν οι κίνδυνοι από το ψύχος των ορεινών περιοχών (Βλάχου, 2010). Βέβαια, η πρόωμη σπορά προσφέρει την δυνατότητα στην καλλιέργεια να επιτύχει μεγαλύτερη ανάπτυξη των φυτών με αποτέλεσμα μεγαλύτερη παραγωγή όταν δεν υπάρχουν προβλήματα ασθενειών. Οι Moosavi et al. (2014) αναφέρουν ότι σε πείραμα για την μελέτη της κατάλληλης εποχής σποράς μιας ποικιλίας φακής στο Ιράν υπήρξε μείωση 10,3 % στην απόδοση σε σπόρο στην σπορά στις 2 Ιανουαρίου 2010 σε σύγκριση με τις 21 Νοεμβρίου 2009. Οι Turk et al. (2003) σε τριετή έρευνα για την κατάλληλη εποχή σποράς της φακής στην Ιορδανία για τα έτη 1999, 2000 και

2001 κατέληξαν ότι η πρωϊμότερη σπορά την 1 Ιανουαρίου κάθε έτους πρόσφερε μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 15.1 % σε σχέση με την σπορά στις 2 Φεβρουαρίου.

Η Παπακώστα-Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι η επίδραση της πυκνότητας της φακής σε ένα μεγάλο εύρος πυκνοτήτων δεν είναι τόσο σημαντική εξαιτίας της πλαστικότητας των φυτών. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της ικανότητας των φυτών της φακής να αναπτύσσουν πλάγιες διακλαδώσεις που καλύπτουν τα κενά και παράλληλα την μείωση της απόδοσης. Οι Turk et al. (2003) αναφέρουν ότι η πυκνότητα των φυτών της φακής έχουν αντίστροφη συσχέτιση με το βάρος του παραγόμενου σπόρου ανά φυτό, το βάρος 1000 σπόρων που παράγονται, τον αριθμό των διακλαδώσεων πρώτης τάξεως, το ύψος των φυτών και τον αριθμό των λοβών ανά φυτό. Όμως, βρήκαν ότι η υψηλή πυκνότητα φυτών φακής (120 φυτά  $m^{-2}$ ) έχει μεγαλύτερη απόδοση σε σπόρο σε σχέση με την μικρότερη πυκνότητα (80 φυτά  $m^{-2}$ ). Αυτό το απέδωσαν στο ότι οι λοβοί ανά επιφάνεια αυξήθηκαν αν και οι λοβοί ανά φυτό μειώθηκαν με την αύξηση της πυκνότητας. Τέλος, παρατήρησαν ότι η μεγαλύτερη πυκνότητα των φυτών της φακής (120 φυτά  $m^{-2}$ ) οδήγησε σε πρωϊμηση της παραγωγής κατά 14 μέρες σε σχέση με την χαμηλότερη πυκνότητα των φυτών της φακής (80 φυτά  $m^{-2}$ ).

Η Παπακώστα – Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι για την χώρα μας οι ποσότητες σπόρου που απαιτούνται για την εγκατάσταση της καλλιέργειας φακής πρέπει να είναι 80-90 kg / ha για τις μικρόσπερμες, 90-100 kg / ha για τις μεσόσπερμες και 100-110 kg / ha για τις μεγαλόσπερμες. Οι Parveen και Bhuiya (2010) συνέκριναν την επίδραση 4 διαφορετικών ποσοτήτων σποράς στην καλλιέργεια της φακής και συγκεκριμένα στα 30 kg / ha, στα 40 kg / ha, στα 50 kg / ha και στα 60 kg / ha. Διαπίστωσαν ότι η ποσότητα σπόρου που χρησιμοποιήθηκε για την εγκατάσταση της φακής είχε επίδραση στον αριθμό των φυτών ανά  $m^2$ , στον αριθμό των διακλαδώσεων ανά φυτό, στον αριθμό των λοβών ανά φυτό, στον αριθμό των παραγόμενων σπόρων φακής ανά λοβό, στον αριθμό των παραγόμενων σπόρων ανά φυτό, στην απόδοση σπόρων φακής ανά εκτάριο, στην απόδοση άχυρου ανά εκτάριο, στην συνολική απόδοση ανά εκτάριο και στον δείκτη συγκομιδής. Συγκεκριμένα αναφέρουν ότι το βάρος 1000 σπόρων μειώθηκε με την αύξηση της ποσότητας του σπόρου που χρησιμοποιήθηκε για την σπορά ενώ η πυκνότητα των φυτών, η απόδοση σε σπόρο, η απόδοση σε άχυρο και η συνολική απόδοση παρουσίασαν θετική συσχέτιση με την ποσότητα του σπόρου για την σπορά της

φακής με τις μεγαλύτερες τιμές να βρίσκονται στην μέγιστη ποσότητα του σπόρου που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα (60 kg σπόρου φακής / ha).

Η σπορά της φακής γίνεται σε βάθος 3 έως 5 cm. Μεγάλο ρόλο παίζει το μέγεθος του σπόρου για το βάθος της σποράς. Έτσι, οι μικρόσπερμες ποικιλίες παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία στο βάθος σποράς (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005). Οι Siddique και Loss (1999) μελέτησαν την απόδοση της φακής σε σχέση με το βάθος σποράς της κατά την εγκατάσταση. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποίησαν την εγκατάσταση της καλλιέργειας σε βάθος 2.5, 5 και 10 cm σε διάφορες περιοχές της Αυστραλίας για το 1995 και το 1996. Κατέληξαν ότι η σπορά της φακής σε αυτά τα βάθη δεν παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά στην απόδοση. Αυτό όμως που παρατήρησαν ήταν ότι σε μια περιοχή που υπήρξε ισχυρή βροχόπτωση οι αποδόσεις μειώθηκαν ανάλογα το βάθος σποράς εξαιτίας της κρούστας που δημιουργήθηκε στο έδαφος. Θεωρούν ως ιδανικό βάθος σποράς για την φακή τα 5 cm.

Η σπορά της φακής μπορεί να γίνει στα πεταχτά ή με την χρήση των γραμμικών σπαρτικών σιτηρών. Οι αποστάσεις σποράς μεταξύ των γραμμών με τις σπαρτικές μηχανές των σιτηρών κυμαίνονται από 15 έως 20 εκατοστά εκτός αν κλείσουμε μετρητικούς μηχανισμούς οπότε διπλασιάζεται το πλάτος σποράς (Βλάχου, 2010). Οι Parveen και Bhuiya (2010) μελέτησαν την επίδραση της σποράς στα πεταχτά και της γραμμικής σποράς σε καλλιέργεια φακής με ίδιους πληθυσμούς και βρήκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στον αριθμό των λοβών, στην απόδοση σε στελέχη, στην συνολική απόδοση και στον δείκτη συγκομιδής ενώ δεν παρατήρησαν διαφορές στην πυκνότητα των φυτών ανά m<sup>2</sup>, στο ύψος των φυτών, στον αριθμό των διακλαδώσεων, στον αριθμό των παραγόμενων σπόρων ανά λοβό, στον αριθμό των παραγόμενων σπόρων ανά φυτό, στο βάρος των 1000 σπόρων και στην απόδοση σε σπόρο.

### **3.5.6. Περιποιήσεις μετά την σπορά**

Η φακή έχει να ανταγωνιστεί ένα πλήθος ζιζανίων που περιλαμβάνουν μονοετή στενόφυλλα ζιζάνια (όπως αγριόβρωμη), μονοετή πλατύφυλλα ζιζάνια (όπως άγριο σινάπι), πολυετή ζιζάνια (όπως αγριάδα και κύπερη) και παρασιτικά ζιζάνια (όπως οροβάγχη και κουσκούτα). Όμως, η φακή δεν ανταγωνίζεται ισχυρά τα ζιζάνια

με αποτέλεσμα να υπάρχει μείωση της παραγωγής ακόμα και πάνω από 80 % σύμφωνα με τους Brand et al. (2007). Στο ίδιο ποσοστό μείωσης συμφωνεί και η Παπακώστα – Τασοπούλου (2005). Αυτό συμβαίνει γιατί η φακή έχει μικρό ύψος σε σχέση με τα ζιζάνια τα οποία την ανταγωνίζονται. Ο ανταγωνισμός της φακής έναντι των ζιζανίων επιβαρύνεται περισσότερο όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες επειδή μειώνεται ο ρυθμός ανάπτυξής της.

Πίνακας 3.4. Απόδοση καλλιέργειας φακής παρουσία και απουσία ζιζανίων σε διάφορες ποσότητες σπόρου σποράς (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2005).

Ποσότητα Σπόρου Σποράς (kg / στρ.)	Απόδοση Σπόρου (kg / στρ.)		Ξηρά Ουσία Ζιζανίων (kg / στρ.)
	Απουσία Ζιζανίων	Παρουσία Ζιζανίων	
10	64	6	417
15	59	9	424
20	44	7	445

Για αυτόν τον σκοπό θα πρέπει να εφαρμοστούν οι κατάλληλες πρακτικές για την μείωση του ανταγωνισμού των ζιζανίων. Αυτές χωρίζονται σε καλλιεργητικές πρακτικές, μηχανική/φυσική καταπολέμηση ζιζανίων και χημική καταπολέμηση ζιζανίων. Οι καλλιεργητικές πρακτικές μπορεί να περιλαμβάνουν την σωστή προετοιμασία του εδάφους, απομάκρυνση του φυτικού υπολείμματος από την προηγούμενη συγκομιδή, καταπολέμηση ζιζανίων μέσω καψίματος των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας και την σωστή χρήση μηχανημάτων ακαλλιέργειας ή μειωμένης κατεργασίας. Σημαντικό είναι για να υπάρξει καλύτερος ανταγωνισμός της φακής έναντι των ζιζανίων η επιλογή μιας ανταγωνιστικής ποικιλίας φακής, η σωστή ετοιμασία του σπόρου για την σπορά, το σωστό βάθος σποράς, η σωστή ποσότητα σπόρου, ο χρόνος σποράς και οι αποστάσεις των σειρών. Σημαντικό ρόλο στον ανταγωνισμό παίζει και η σωστή λίπανση με βάση τις ανάγκες της καλλιέργειας της φακής (Brand et al., 2007).

Όσον αφορά την φυσική / μηχανική καταπολέμηση αυτή είναι πολύ αποτελεσματική. Περιλαμβάνει το ξεβοτάνισμα με τα χέρια ή με εργαλεία ή την χρήση εργαλείων αναρτημένων στον γεωργικό ελκυστήρα. Τα αρνητικά αυτού του

τρόπου καταπολέμησης των ζιζανίων είναι το εργατικό κόστος το οποίο εξαρτάται από το επίπεδο διαβίωσης κάθε χώρας και μπορεί να είναι υψηλό ενώ η χρήση εργαλείων ανηρημένων σε γεωργικό ελκυστήρα απαιτεί τις κατάλληλες αποστάσεις το οποίο μπορεί να είναι εις βάρος της απόδοσης (Brand et al., 2007).

Η σωστή καταπολέμηση ζιζανίων της φακής γίνεται μέσα από την ολοκληρωμένη διαχείριση των ζιζανίων η οποία είναι η συνδυαστική χρήση των παραπάνω μεθόδων. Μέσω της χρήσης της ολοκληρωμένης διαχείρισης των ζιζανίων προάγεται η αειφορία της γεωργικής επιχείρησης γιατί αυτό το σύστημα διαχείρισης αυξάνει την παραγωγικότητα και ταυτόχρονα μειώνει τις οικονομικές απώλειες και τους κινδύνους για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Για αυτόν τον λόγο είναι απαραίτητο να γίνεται μελέτη οικονομικής βιωσιμότητας του ελέγχου των ζιζανίων (Brand et al., 2007).

Πίνακας 3.5. Απλοποιημένο παράδειγμα επίδρασης κόστους διαχείρισης ζιζανίων στην απόδοση και στα έσοδα της φακής (Brand et al., 2007).

<b>Πιθανή Απόδοση (t/ha)</b>	2	1.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
<b>Κόστος Ελέγχου Ζιζανίων (\$A/ha)<sup>5</sup></b>	100	100	100	100	20	40	60	80
<b>Αποδοτικότητα Ελέγχου<sup>1</sup></b>	95%	95%	95%	95%	30%	50%	70%	90%
<b>Πιθανό Έσοδο (Χωρίς Ζιζάνια)<sup>2</sup></b>	800	600	400	200	200	200	200	200
<b>Πιθανό Έσοδο (Με Ζιζάνια)<sup>3</sup></b>	160	120	80	40	40	40	40	40
<b>Πιθανό Κέρδος<sup>4</sup></b>	570	380	190	0	24	30	28	18

<sup>1</sup> Αποδοτικότητα ελέγχου. Αναμενόμενο ποσοστό ελέγχου ζιζανίων όταν έχει γίνει καταπολέμηση των ζιζανίων.

<sup>2</sup> Πιθανό Έσοδο (Χωρίς Ζιζάνια) = Πιθανή Απόδοση × Τιμή Πώλησης (\$A 400/t)

<sup>3</sup> Πιθανό Έσοδο (Με Ζιζάνια) = Πιθανό Έσοδο (Χωρίς Ζιζάνια) × Πιθανή Απώλεια Παραγωγής από Ζιζάνια ( 80% στο παράδειγμα).

<sup>4</sup> Πιθανό Κέρδος = Πιθανό Έσοδο (Χωρίς Ζιζάνια) – Κόστος Ελέγχου Ζιζανίων – Γενικά Κόστη Διαχείρισης (\$A 100/ha στο παράδειγμα) × Αποδοτικότητα Ελέγχου

<sup>5</sup>\$A = Δολλάρια Αυστραλίας

Η σκοπιμότητα της χημικής καταπολέμησης των ζιζανίων εξαρτάται από τα καλλιεργητικά συστήματα, την μέθοδο προετοιμασίας του εδάφους για την σπορά, τις εδαφικές συνθήκες, την ανοχή της καλλιέργειας σε ζιζάνια και τα πιθανά προβλήματα ζιζανίων που θα υπάρξουν. Έτσι, μπορεί να πραγματοποιηθεί χημική καταπολέμηση σε διαφορετικά στάδια της καλλιέργειας. Για την προσπαρτική χημική καταπολέμηση των ζιζανίων χρησιμοποιούνται ζιζανιοκτόνα χωρίς υπολειμματική δράση όπως είναι το glyphosate, ζιζανιοκτόνα με υπολειμματική δράση για την καταπολέμηση μεγάλων ζιζανίων όπως είναι το dicamba ή κάποια ζιζανιοκτόνα που ενσωματώνονται στο έδαφος όπως η trifluralin. Αμέσως μετά την σπορά εφαρμόζονται τα προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα χωρίς υπολειμματική δράση όπως το glyphosate και με υπολειμματική δράση όπως metribuzin, simazine, propyzamide και prometryn. Ο σκοπός της χρήσης προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων είναι η μείωση του ανταγωνισμού στο στάδιο της ανάπτυξης της καλλιέργειας. Τέλος χρησιμοποιούνται και μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα για τον έλεγχο των ζιζανίων στην καλλιέργεια της φακής. Αυτά μπορεί να είναι diflufenican, flumetsulam, clethodim, haloxyfor και fluzifor-butyl αλλά υπάρχει κίνδυνος να προκαλέσουν προβλήματα στην καλλιέργεια της φακής με αποτέλεσμα να μειωθεί η απόδοση (Brand et al., 2007).

### **3.5.7. Συγκομιδή**

Η συγκομιδή της φακής παρουσιάζει πολλά προβλήματα. Το πιο σημαντικό από αυτά είναι το μικρό χρονικό διάστημα που έχει ο παραγωγός για την πλήρη συγκομιδή όπου η Παπακώστα-Τασοπούλου (2005) αναφέρει σε μέγιστο 10 ημερών. Το πρόβλημα που μπορεί να προκύψει από την πρόωμη συγκομιδή είναι οι μικροί σπόροι φακής εξαιτίας του ατελούς γεμίσματός του ενώ αν η συγκομιδή πραγματοποιηθεί σε μεταγενέστερο στάδιο τότε η πιθανότητα να έχουν ανοίξει οι λοβοί και να έχει πέσει σπόρος στο έδαφος είναι μεγάλη.

Η συγκομιδή της φακής πραγματοποιείται με δύο τρόπους. Είτε μπορεί να πραγματοποιηθεί με θεριζοαλωνισμό με την θεριζοαλωνιστική μηχανή συγκομιδής των σιτηρών με την εύκαμπτη κεφαλή θερισμού των σιτηρών είτε μπορεί να πραγματοποιηθεί πρώτα θερισμός με χορτοκοπτικό μηχάνημα και στην συνέχεια αφού πραγματοποιηθεί η αποξήρανση και η αναστροφή της φακής να γίνει ο

αλωνισμός με την θεριζοαλωνιστική των σιτηρών με κεφαλή θερισμού με δυνατότητα να ανεβάζει την κομμένη φυτομάζα (κεφαλή pick-up / rake-up). Η συγκομιδή πραγματοποιείται στην πρώτη περίπτωση όταν η υγρασία είναι μεταξύ 12 με 14 % (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005) και 14 με 16 % (Bishaw et al., 2007) ενώ στην δεύτερη περίπτωση ο θερισμός μπορεί να πραγματοποιηθεί σε μεγαλύτερες υγρασίες ( περίπου 30%) και αφού πέσει η υγρασία να πραγματοποιηθεί ο αλωνισμός (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005). Οι Bishaw et al. (2007) αναφέρουν ότι για κάθε μείωση της υγρασίας των σπόρων κατά 1 % τότε η διατηρησιμότητα του σπόρου διπλασιάζεται για εύρος υγρασιών μεταξύ 5 και 14 %. Το στάδιο συγκομιδής της φακής είναι όταν η ωρίμανση των λοβών βρίσκεται στο 100%. Η διαφορά σε απώλειες των δύο τρόπων συγκομιδής κυμαίνονται από 5 έως 15% για την απευθείας συγκομιδή ενώ για την συγκομιδή σε δύο φάσεις κυμαίνονται από 4 έως 10 % (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

Ο σπόρος της φακής έχει φακοειδές σχήμα το οποίο το κάνει ιδιαίτερα ευπαθή στην μηχανική ζημιά (Bishaw et al., 2007). Έτσι, για την σωστή συγκομιδή θα πρέπει να πραγματοποιηθούν οι κατάλληλες ρυθμίσεις για να υπάρχουν οι μικρότερες δυνατές απώλειες στην απόδοση. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ρυθμίσεις που πρέπει να έχει η θεριζοαλωνιστική μηχανή κατά την συγκομιδής της φακής για να υπάρχουν οι μικρότερες δυνατές απώλειες.

Πίνακας 3.6. Ρύθμιση θεριζοαλωνιστικής μηχανής για την συγκομιδή της φακής (Anonymus, 2006).

	<b>Φακή Πράσινη</b>	<b>Φακή Κόκκινη</b>
Ταχύτητα Ανέμης	Αργή	Αργή
Απόσταση Κοχλία Σκάφης	Χαμηλή	Χαμηλή
Ταχύτητα Αλωνισμού	350-450	350-450
Διάκενο Τυμπάνου Αντιτυμπάνου	20-30 mm	10-20 mm
Ταχύτητα Ανεμιστήρα	Υψηλή	Υψηλή
Πάνω Κόσκινο	32 mm	16 mm
Κάτω Κόσκινο	8-16 mm	3-10 mm
Ταχύτητα Περιστροφής*	350-450	350-450

\* Για περιστροφικές  
θεριζοαλωνιστικές μηχανές



### 3.6. Εχθροί και Ασθένειες

#### 3.6.1. Εχθροί

Η φακή έχει ένα πλήθος εχθρών οι οποίοι απαιτούν την σωστή διαχείρισή τους έτσι ώστε να μην δημιουργήσουν μεγάλο πρόβλημα στην καλλιέργεια αλλά και στην αποθήκευση της φακής. Έτσι, οι εχθροί χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Αυτές είναι η κατηγορία των μεγάλης σημασίας εχθρών της φακής, η κατηγορία των μικρής σημασίας εχθρών της φακής και οι εχθροί των αποθηκευμένων προϊόντων της φακής. Η καταπολέμησή τους μπορεί να γίνει με την χρήση χημικών αλλά και φυσικών μεθόδων.

#### Εχθροί Μεγάλης Σημασίας Φακής

##### Αφίδες

Οι αφίδες αποτελούν σημαντικό εχθρό της καλλιέργειας της φακής. Οι αφίδες που είναι εχθροί της φακής μπορεί να ανήκουν σε δύο είδη. Στο *Aphis craccivora* και στο *Acyrtosiphon pisum*. Και τα δύο είδη είναι πολυφάγα αλλά δείχνουν μια προτίμηση στα είδη της οικογένειας Leguminosae. Οι αφίδες τρέφονται κατευθείαν από αυτά και έχουν την ικανότητα να μεταδίδουν ιούς στο φυτό. Οι προνύμφες και τα τέλεια έντομα μιλούν τον χυμό των φυτών της φακής από τα φύλλα, τους μίσχους και τους λοβούς. Αποικίζουν τα νεαρά φύλλα τα οποία παραμορφώνονται χαρακτηριστικά. Όλα αυτά προκαλούν μείωση της παραγωγής. Οι ιοί που μπορούν να μεταδοθούν από τις αφίδες είναι ο CMV (Cucumber Mosaic Virus), ο TSV (Tobacco Streak Virus) κ.ά.. Η χημική καταπολέμηση των αφίδων γίνεται με την χρήση σκευασμάτων όπως bifenthrin, cyfluthrin, imidacloprid και lamda-cyhalothrin στο 50% της άνθησης (Stevenson et al., 2007).

##### Σιτόνες

Οι σιτόνες αποτελούν σημαντικό εχθρό για την καλλιέργεια της φακής. Οι σιτόνες μπορεί να ανήκουν στα είδη *Sitona crinitus*, *Sitona lineatus* και *Sitona limosus*. Οι σιτόνες ανήκουν στην τάξη των κολεόπτρων. Από τα φυτά της φακής τρέφονται τόσο οι προνύμφες όσο και τα τέλεια έντομα. Σημαντικότερη ζημιά όμως, προκαλούν οι προνύμφες. Τα ενήλικα δημιουργούν χαρακτηριστικές ημικυκλικές εγκοπές στην άκρη των φύλλων τα οποία συνήθως δεν επηρεάζουν την απόδοση των

φυτών. Οι προνύμφες όμως, τρέφονται με τα φυμάτια των ριζών των φυτών της φακής με αποτέλεσμα να δημιουργούν πρόβλημα στην αζωτοδέσμευση και κατά συνέπεια να μειώνουν την παραγωγή. Οι σιτόνες ακόμη μπορούν να μεταδώσουν φυτικούς ιούς όπως τον BBSV (Broad Bean Stain Virus) και BBMV (Broad Bean Mottle Virus). Η χημική καταπολέμηση των σιτόνων πραγματοποιείται με την χρήση των δραστικών ουσιών carbofuran, aldicarb, furathiocarb, chlorpyrifos, malathion και oxydemeton methyl (Stevenson et al., 2007; Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

### **Λύγκος**

Τα είδη εντόμων Λύγκου που μπορεί να προσβάλλουν την φακή είναι περισσότερα από 20. Στην φακή έχουν μόνο μία γενεά. Τα έντομα του λύγκου τρυπούν τα φύλλα, τους στήμονες, τους μίσχους και τους σπόρους που αναπτύσσονται στους λοβούς της φακής. Η πιο σημαντική ζημιά όμως που προκαλούν είναι το σύνδρομο της άσπρης κηλίδας η οποία επιφέρει οικονομική ζημιά στον παραγωγό (Stevenson et al., 2007). Οι Ozberk et al. (2006) αναφέρουν ότι μια προσβολή της τάξης του 10 % των σπόρων μπορεί να μειώσει την τιμή από 0.426 \$ kg<sup>-1</sup> σε 0.396 \$ kg<sup>-1</sup> για τους μη αποφλοιωμένους σπόρους και από 0.438 \$ kg<sup>-1</sup> σε 0.358 \$ kg<sup>-1</sup> για τους αποφλοιωμένους σπόρους φακής. Ο λύγκος μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσω των φυσικών εχθρών / θηρευτών που έχει αλλά και μέσω χημικής καταπολέμησης μέσω του σκευάσματος dimethoate (Stevenson et al., 2007).

### **Αγρότιδα**

Η αγρότιδα (*Agrotis ipsilon*) αποτελεί ένα πολυφάγο έντομο εχθρός πολλών καλλιεργειών παγκοσμίως. Μπορεί να έχουν μία ή περισσότερες γενεές ετησίως ανάλογα με το κλίμα. Το στάδιο της προνύμφης είναι αυτό που προκαλεί την ζημιά στην καλλιέργεια της φακής. Η προνύμφη όταν μεγαλώσει κόβει το φυτό της φακής λίγο πάνω από το κεντρικό στέλεχος με αποτέλεσμα να το νεκρώνει ενώ όταν είναι νεαρή τρώει τα φύλλα και το παρέγχυμα των φύλλων. Δεν καταναλώνει όμως όλο το φυτό και προχωράει στο επόμενο. Η καταπολέμησή του γίνεται με βιολογικούς τρόπους όπως με την χρήση αρότρου ή με το πλημμύρισμα του αγρού αλλά και με χημικά σκευάσματα όπως trichlofon, chlorpyrifos, endosulfan, carbaryl, πυρεθρίνες και parathion (Stevenson et al., 2007; Σταμόπουλος, 1999).

### **Εχθροί Μικρής Σημασίας**

## **Θρίπες**

Η φακή έχει ως εχθρό πολλά από τα είδη που ανήκουν στην οικογένεια Thripidae. Κάποια είδη θρίπα που έχουν προσβάλλει καλλιέργειες φακής είναι τα *Thrips tabaci*, *Thrips angusticeps*, *Kakothrips robustus* και *Frankiniella spp.*. Οι θρίπες επιτίθενται στα φύλλα, τα λουλούδια και στους λοβούς όπου μυζούν τους χυμούς των οργάνων προκαλώντας ασημένιες κηλίδες. Χημική καταπολέμηση των θριπών μπορεί να γίνει με την χρήση των deltamethrin, malathion, dimethoate και endosulfan (Stevenson et al., 2007).

### ***Apion arrogans***

Τα είδη του γένους *Apion* προσβάλλουν πολλά ψυχανθή. Έχει παρατηρηθεί το είδος *Apion arrogans* να προσβάλλει καλλιέργειες φακής. Αποτελούν μικρής σημασίας εχθρό για την καλλιέργεια της φακής. Τα ενήλικα έντομα τρέφονται με τα φύλλα ενώ οι προνύμφες τρέφονται με τα λουλούδια και με τους λοβούς των φυτών της φακής. Χημική καταπολέμηση του εντόμου *Apion arrogans* πραγματοποιήθηκε με methidathion και monocrotophos (Stevenson et al., 2007).

### **Σκώρος του Μπιζελιού**

Ο σκώρος του μπιζελιού (*Cydia nigricana*) αποτελεί εχθρό του μπιζελιού αλλά έχει εμφανιστεί να προσβάλλει και την φακή. Τα ενήλικα έντομα γεννούν τα αυγά τους στους λοβούς των φυτών της φακής. Όταν βγαίνουν οι προνύμφες από τα αυγά εισέρχονται στους λοβούς όπου τρέφονται με τους σπόρους. Η ζημιά γίνεται αντιληπτή όταν ανοίγονται οι λοβοί. Χημική καταπολέμηση γίνεται με methidathion, deltamethrin και endosulfan κατά την άνθηση / καρπόδεση (Stevenson et al., 2007).

### ***Heliothis spp.***

Τα έντομα που ανήκουν σε αυτό το γένος όπως το πράσινο σκουλήκι (*Heliothis armigera*) αποτελούν μικρής σημασίας εχθρό της καλλιέργειας της φακής. Η ζημιά προκαλείται από τις προνύμφες όπου τρέφονται με φύλλα, λοβούς και λουλούδια της φακής. Καταπολέμηση γίνεται με χημικά σκευάσματα όπως με methidathion, deltamethrin και endosulfan κατά το στάδιο της άνθισης / καρπόδεσης (Stevenson et al., 2007).

## **Ρύκτης των Λοβών**

Ο ρύκτης των λοβών (*Etiella zinckenella*) αποτελεί σημαντικό εχθρό για την χώρα μας για την καλλιέργεια της φακής. Έχει 3 με 5 γενεές τον χρόνο. Τα ενήλικα έντομα γεννούν τα αυγά τους στους λοβούς των φυτών της φακής. Έτσι, όταν γεννηθούν οι προνύμφες εισέρχονται στον λοβό των φυτών της φακής και τρώνε τους σπόρους με αποτέλεσμα να προκαλείται οικονομική ζημιά. Χημική καταπολέμηση γίνεται με methidathion, deltamethrin και endosulfan κατά το στάδιο της άνθισης / καρπόδεσης (Stevenson et al., 2007; Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

## **Εχθροί Αποθηκευμένης Φακής**

### **Βρούχος**

Οι βρούχοι αποτελούν σημαντικό εχθρό της καλλιέργειας της φακής. Οι βρούχοι μπορεί να ανήκουν στα είδη *Bruchus lenti*, *Bruchus signaticornis* και *Bruchus ervi*. Οι βρούχοι παρουσιάζουν μία γενεά ανά έτος. Τα ενήλικα θηλυκά έντομα τοποθετούν ένα ή περισσότερα αυγά στους λοβούς της φακής την άνοιξη. Στην συνέχεια τα αυγά εκκολάπτονται και οι προνύμφες εισέρχονται στους σπόρους και τρώνε το εσωτερικό τους. Τα ενήλικα έντομα επανεισέρχονται στους σπόρους ή σε άλλες προστατευμένες θέσεις για την διαχείμασή τους. Έτσι, πέρα από την ζημιά που προκαλούν στην καλλιέργεια είναι δυνατόν να μολύνουν και τους αποθηκευμένους σπόρους της φακής με αποτέλεσμα να υπάρξει πρόβλημα στην επόμενη καλλιέργεια φακής. Η καταπολέμηση του βρούχου στην αποθήκη γίνεται με την χρήση φωσφίνης ενώ στον αγρό με την χρήση εντομοκτόνων όπως endosulfan, alpha cypermethrin και methyl parathion (Stevenson et al., 2007; Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005; Σταμόπουλος, 1999).

### ***Callosobruchus spp.***

Τα είδη του γένους *Callosobruchus* προσβάλλουν κυρίως τους αποθηκευμένους σπόρους. Τα ενήλικα τοποθετούν πολλά αυγά ανά σπόρο φακής και οι προνύμφες που εκκολάπτονται εισέρχονται στον σπόρο της φακής και τον τρώνε. Η καταπολέμηση γίνεται με την χρήση φωσφίνης (Stevenson et al., 2007).

### 3.6.2. Ασθένειες

#### Μυκητολογικές Ασθένειες

Η φακή είναι ένα φυτό το οποίο αντιμετωπίζει ένα πλήθος από ασθένειες οι οποίες μπορούν να μειώσουν την παραγωγή ποσοτικά και ποιοτικά. Για αυτόν τον σκοπό είναι απαραίτητη η γνώση των ασθενειών που προσβάλλουν την φακή έτσι ώστε να υπάρξει έγκυρη και έγκαιρη αντιμετώπιση.

#### Ασκοχύτωση

Η ασκοχύτωση είναι μια πολύ σημαντική μυκητολογική ασθένεια της καλλιέργειας της φακής. Προκαλείται από τον μύκητα *Ascohyta lentis* όταν βρίσκεται σε κατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης. Τα συμπτώματα μπορεί να παρουσιαστούν σε όλα τα όργανα του φυτού που βρίσκονται πάνω από το έδαφος. Τα συμπτώματα που εμφανίζονται είναι ανοιχτογκρίζες και γκριζοκάστανες κηλίδες με σκοτεινο-καστανά περιθώρια. Ως αποτέλεσμα υπάρχει αποφύλλωση και οι άκρες των στελεχών αφού μαρανθούν ξηραίνονται. Υπάρχει ακόμη ποθανότητα να μολυνθούν οι σπόροι της φακής εξαιτίας της μόλυνσης των λοβών της. Σε αυτήν την περίπτωση οι σπόροι ζαρώνουν ολόκληροι ή μερικώς και μεταχρωματίζονται. Σε μεγάλη προσβολή των σπόρων είναι δυνατόν να εμφανιστούν άσπρες κηλίδες μυκηλίου με μικρά μαύρα πυκνίδια. Η καταπολέμηση πραγματοποιείται με αμειψισπορά, με καλλιέργεια ανθεκτικών ποικιλιών στην ασκοχύτωση αλλά και με την χρήση χημικών σεκυσμάτων όπως benomyl, carbendazim, carbathin, ipodion, thiobendazole, metalaxyl, thiram, captafol, chlorothalonil, folpet και metiram στο στάδιο της άνθησης / καρπόδεσης (Taylor et al., 2007; Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005; Θανασουλόπουλος, 1995).

#### Φουζαρίωση

Η φουζαρίωση θεωρείται ως μια πολύ σημαντική μυκητολογική ασθένεια της φακής παγκοσμίως. Το παθογόνο αίτιο της φουζαρίωσης είναι ο μύκητας *Fusarium oxysporum f. sp. lentis* ο οποίος μολύνει την φακή όταν βρεθεί υπό κατάλληλες κλιματικές συνθήκες. Είναι ένας μύκητας του εδάφους ο οποίος εισβάλλει στα τμήματα της ρίζας στην περιοχή της ανάπτυξης και προσβάλλει ολόκληρο το φυτό. Τα συμπτώματα που εμφανίζονται από την μόλυνση είναι ο μαρασμός των φύλλων

της κορυφής, το καρούλιασμα των φύλλων, μειωμένη ανάπτυξη, καφέτιασμα των ριζών και ανάπτυξη δευτερευουσών ριζών πάνω από το σημείο της προσβολής. Κατά συνέπεια το φυτό της φακής οδηγείται στην νέκρωση. Η καταπολέμηση του μύκητα γίνεται με καλλιέργεια ανθεκτικών ποικιλιών φακής στην φουζαρίωση, αμειψισπορά, ποικιλίες με μικρό βιολογικό κύκλο και απολύμανση του σπόρου της φακής με bromonyl. Καλά αποτελέσματα έδωσε η εφαρμογή του *Bacillus subtilis* (Taylor et al., 2007; Παπακόστα-Τασοπούλου, 2005; Βασιλάκου, 2011).

### **Βοτρύτης**

Ο βοτρύτης της φακής οφείλεται στους μύκητες *Botrytis fabae* και *Botrytis cinerea*. Ο βοτρύτης προσβάλλει όλα τα υπέργεια μέρη του φυτού της φακής. Πρώτα προσβάλλει τα χαμηλά φύλλα τα οποία μεταχρωματίζονται και στην συνέχεια η προσβολή επεκτείνεται σε όλο το φυτό ενώ προσβολή μπορεί να υπάρξει στα άνθη και στους λοβούς της φακής. Ως αποτέλεσμα προκαλείται νέκρωση των φυτών. Ευνοϊκές συνθήκες για την εξάπλωση της ασθένειας είναι οι θερμοκρασίες 15 με 25 °C και σχετική υγρασία RH > 95%. Αντιμετώπιση της ασθένειας γίνεται με καλλιεργητικά μέτρα όπως μεγαλύτερες αποστάσεις φύτευσης, καλύτερη χρήση της λίπανσης, έλεγχος ζιζανίων και με την χρήση μυκητοκτόνων όπως benomyl, carboxin, chlorothalonil, thiabendazole, carbendazim, mancozeb, tridemorph και procymidone (Taylor et al., 2007).

### **Σκωρίαση της Φακής**

Η σκωρίαση της φακής προκαλείται από τον μύκητα *Uromyces viciae-fabae*. Ο συγκεκριμένος μύκητας θεωρείται η πιο σημαντική μυκητολογική ασθένεια του φυλλώματος της φακής. Η σκωρίαση προσβάλλει τα φύλλα και τους λοβούς. Όταν η μόλυνση του φυτού της φακής είναι έντονη τότε είναι δυνατόν να προκαλέσει την φυλλόπτωση και την πρόωμη ξήρανση με το φυτό να μην έχει σπόρο στους λοβούς ή να έχει μικρούς ζαρωμένους σπόρους. Το φυτό εμφανίζει μια σκούρα καστανή και μαύρη όψη. Καταπολέμηση της σκωρίας πραγματοποιείται με έλεγχο των ζιζανίων φορέων της ασθένειας το καλοκαίρι και απομάκρυνση και καταστροφή της καλαμιάς της φακής που καλλιεργήθηκε προηγουμένως. Χημική καταπολέμηση περιλαμβάνει την απολύμανση των σπόρων φακής με phenylmercury acetate, την επένδυση των σπόρων της φακής με diclobutrazole και triadimefon και την χρήση των διαφυλλικών μυκητοκτόνων hexaferb και dithane (Taylor et al., 2007).

## Στεμφυλίωση

Η στεμφυλίωση της φακής προκαλείται από τον μύκητα *Stemphylium botryosum*. Προσβάλλει τα φύλλα της φακής όπου στην αρχή παρουσιάζονται ως μικρές κηλίδες ανοιχτού καφέ χρώματος και στην συνέχεια οδηγούν στο κιτρίνισμα του φυτού. Τελικά τα φύλλα του φυτού της φακής, το στέλεχος της φακής λυγίζει και τελικά το φυτό αποκτά ένα σταχτή χρώμα. Καταπολέμηση του παθογόνου μύκητα μπορεί να γίνει με καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας της φακής, με την αμειψισπορά, με την καλλιέργεια ανθεκτικών ποικιλιών και με χημική καταπολέμηση όπως με chlorothalonil, tebuconazole και procymidone (Taylor et al., 2007).

## Ανθράκωση

Η ανθράκωση προκαλείται από τον παθογόνο μύκητα *Colletotrichum truncatum*. Έχει γίνει αναφορά του μύκητα στο Μπαγκλαντές, στον Καναδά, στην Αιθιοπία, στο Μαρόκο και στην Συρία. Τα συμπτώματα που εμφανίζονται είναι ακανόνιστες καφέ νεκρωτικές κηλίδες στο στέλεχος της φακής και κηλίδες στα φύλλα των φυτών της φακής. Εν τέλει το φυτό της φακής μαραίνεται και νεκρώνει και η έκταση της προσβολής φαίνεται κατά την διάρκεια της άνθησης. Η καταπολέμηση μπορεί να γίνει με ανθεκτικές ποικιλίες φακής στην ανθράκωση αλλά και με χημική καταπολέμηση με τα μυκητοκτόνα chlorothalonil, benomyl και thiabendazole (Taylor et al., 2007).

## Ιολογικές Ασθένειες

Όπως πολλές καλλιέργειες έτσι και η φακή μπορεί να προσβληθεί από πολλές ιολογικές ασθένειες. Οι ιοί που έχει βρεθεί να προσβάλλουν την φακή κατά τους Taylor et al. (2007) και Παπακώστα-Τασοπούλου (2005) είναι

- ο ιός του μωσαϊκού του μπιζελιού PSBMV (Pea Seed Borne Mosaic Virus) που προκαλεί νανισμό, καρούλιασμα των φύλλων, μικροφυλλία και παραμόρφωση των ανθέων.
- ο ιός του καρουλιάσματος των φύλλων του φασολιού BLRV (Bean Leaf Roll Virus) που προκαλεί χλώρωση, καρούλιασμα των φύλλων, μικροφυλλία και προκαλούν την δημιουργία μικρών λοβών.

- ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς CMV (Cucumber Mosaic Virus) που προκαλεί σήψη του αγωγού ιστού των φύλλων με αποτέλεσμα τα φυτά να αναστέλλουν την ανάπτυξή τους.
- ο ιός του κίτρινου μωσαϊκού του φασολιού BYMV (Bean Yellow Mosaic Virus) που προκαλεί μωσαϊκό στα φύλλα των φυτών και μικροφυλλία.
- ο ιός του μωσαϊκού της μηδικής AMV (Alfalfa Mosaic Virus) που προκαλεί συστροφή των φύλλων της φακής, παραμόρφωση και ανόρθωση της ανάπτυξης των φύλλων με αποτέλεσμα την νέκρωση.

### **3.7. Προϊόντα και Ποιότητα**

Η Παπακώστα – Τασοπούλου (2005) αναφέρει ότι η απόδοση της φακής δεν ξεπερνά τα 100 kg / στρ όταν γίνεται ξηρικά ενώ οι αποδόσεις μπορεί να φτάσουν τα 200 kg / στρ όταν πραγματοποιείται άρδευση. Για την χώρα μας αναφέρει ότι οι μέσες αποδόσεις κυμαίνονται στα 124 kg / στρ εξαιτίας:

- Της πολύ πρώιμης σποράς
- Της μη έγκαιρης καταπολέμησης των ζιζανίων
- Των απωλειών του σπόρου κατά την συγκομιδή
- Της μεγάλης πυκνότητας σποράς
- Της καλλιέργειας μη βελτιωμένων ποικιλιών
- Της μη καταπολέμησης των εχθρών και των ασθενειών
- Των κλιματικών συνθηκών

Η φακή αποτελεί μια από τις πιο δημοφιλείς τροφές της διατροφής του ανθρώπου. Η σημασία της στην διατροφή του ανθρώπου φαίνεται από την αυξημένη κατανάλωση που παρατηρείται παγκοσμίως. Ο Vandenberg (2011) αναφέρει ότι η παγκόσμια παραγωγή φακής το 1960 ήταν 1 εκατομμύριο τόνοι ενώ σήμερα φτάνουν τους 4 εκατομμύρια τόνους. Ο ίδιος αναφέρει ότι η δημοφιλία της φακής στην διατροφή του ανθρώπου ίσως να οφείλεται στην εύκολη ετοιμασία γεύματος βασισμένου σε αυτήν.



Η φακή όμως πέρα από την εύκολη προετοιμασία του γεύματος αποτελεί πολύ θρεπτική διατροφή για τον άνθρωπο. Παρακάτω ακολουθεί πίνακας με την χημική σύσταση της φακής (Urbano et al., 2007).

Πίνακας 3.7. Χημική σύσταση φακής ανά 100 g ξηρής ουσίας (Urbano et al., 2007).

	<b>Εύρος</b>
Ενέργεια (kJ)	1483 – 2010
Ολικό Άζωτο (g)	3.72 – 4.88
Πρωτεΐνη (N × 6.25) (g)	20.6 – 31.4
Μη – Πρωτεϊνούχο Άζωτο (g)	0.49 – 1.049
Λιπαρά (g)	0.7 – 4.3
Υδατάνθρακες (g)	43.4 – 69.9
Φυτικές Ίνες (g)	5.0 – 26.9
Τέφρα (g)	2.2 – 4.2

Η φακή όμως αποτελεί σημαντική πηγή θρεπτικών στοιχείων τα οποία είναι απαραίτητα στον άνθρωπο για την σωστή του ανάπτυξη. Τέτοια στοιχεία είναι το σελήνιο, ο σίδηρος, ο ψευδάργυρος, το κάλιο, το μαγνήσιο, το ασβέστιο, το μαγγάνιο και ο χαλκός. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η περιεκτικότητα της φακής σε αυτά τα θρεπτικά στοιχεία.

Πίνακας 3.8. Περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων στην φακή ( Thavarajah and Thavarajah, 2011).

<b>Θρεπτικό Στοιχείο</b>	<b>Περιεκτικότητα στην Φακή</b>
Σελήνιο (Se)	500 – 1500 mg / kg
Σίδηρος (Fe)	73 – 90 mg / kg
Ψευδάργυρος (Zn)	44 – 54 mg / kg
Κάλιο (K)	9063 – 9825 mg / kg
Μαγνήσιο (Mg)	911- 1087 mg / kg
Ασβέστιο (Ca)	377 – 432 mg / kg
Μαγγάνιο (Mn)	10.8 – 16.4 mg / kg
Χαλκός (Cu)	6.9 – 9.3 mg / kg

Η φακή είναι μια πλούσια πηγή υδατοδιαλυτών βιταμινών για τον άνθρωπο αλλά όπως και στα άλλα ψυχανθή η φακή δεν είναι πλούσια σε βιταμίνη C, β-καροτένιο και ρετινόλη (Urbano et al., 2007).

Πίνακας 3.9. Συγκέντρωση υδατοδιαλυτών βιταμινών στην φακή (Urbano et al., 2007).

	<b>mg / 100 g Ξηρής Ουσίας</b>
Θειανίνη	0.2 – 0.72
Ριβοφλαβίνη	0.03 – 0.41
Νιασίνη	1.24 – 1.29
B <sub>6</sub>	0.55 – 0.60
Ρετινόλη	17 – 112*
β-καροτένιο	0.1
Βιοτίνη	0.132
Φολικό Οξύ	0.03 – 1.5
Παντοθενικό Οξύ	1.4 – 1.8
Βιταμίνη C	0 - 7

\*Διεθνείς Μονάδες (U)

Πέρα όμως από τα θρεπτικά στοιχεία που υπάρχουν στα τρόφιμα υπάρχουν και ορισμένοι αντιθρεπτικοί / τοξικοί παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στην αφομοίωση της τροφής αλλά και στην υγεία του ανθρώπου όταν δεν υπάρχει σωστή κατανάλωση. Έτσι, εξαιτίας αυτών οι σπόροι της φακής μπορεί να καταστούν λιγότερο εμπορεύσιμοι αλλά και να χρειαστεί να επεξεργαστούν πρώτα για την παρασκευή του γεύματος. Οι Urbano et al. (2007) αναφέρουν ότι ορισμένοι αντιθρεπτικοί παράγοντες όπως οι σαπωνίνες, οι α-γαλακτοζίτες και οι αναστολείς αμυλάσης υπάρχουν σε μικρότερες συγκεντρώσεις σε σχέση με άλλα ψυχανθή. Έτσι, η φακή δεν προκαλεί τα προβλήματα που μπορεί να προκαλέσουν τα άλλα ψυχανθή.

Πίνακας 3.10. Συγκέντρωση αντιθρεπτικών παραγόντων στην ξηρή ουσία της φακής (Urbano et al., 2007).

<b>Εύρος</b>	
Αναστολείς Τρυψίνης και Χυμοτρυψίνης (U / mg)	2.7 – 6.1
Αναστολείς α-αμυλάσης ( U / g)	2 – 18
Λεκτίνες (U / mg)	0.20 – 7.7
Ταννίνες (mg / g)	< 0.5 – 10.9
Οξαλάση (g / kg)	1.18 – 5.4
Φυτικό Οξύ (g / 100 g)	0.15 – 2.34
α-γαλακτοζίτες (g / 100 g)	1.8 – 7.5
Σαπωνίνες (mg / 100 g)	40 - 127

Για την αποφυγή όμως των προβλημάτων που δημιουργούν οι αντιθρεπτικοί παράγοντες της φακής έχουν αναπτυχθεί ποικιλίες φακής οι οποίες δεν έχουν ορισμένους αντιθρεπτικούς παράγοντες. Συγκεκριμένα, για τις τανίνες οι Urbano et al. (2007) αναφέρουν ότι δημιουργεί σύμπλοκα με πρωτεΐνες και άλλα συστατικά των τροφίμων τα οποία μειώνουν την θρεπτικότητα των τροφών. Ο μόνος τρόπος για να μειωθεί η επίδραση των τανινών της φακής στην θρεπτικότητα είναι η αποφλοιώση. Έτσι, οι Muelhbauer and Sarker (2011) αναφέρουν ότι αναπτύχθηκαν ποικιλίες φακής οι οποίες δεν περιέχουν τανίνες. Έτσι, οι ποικιλίες αυτές δεν θα χρειάζονται αποφλοιώση με αποτέλεσμα να μειωθούν οι απώλειες που προκαλούνται από αυτήν.

Πέρα από την θρεπτική αξία της φακής στην διατροφή του ανθρώπου. Η φακή και συγκεκριμένα τα υπολείμματα της φακής έχουν σημαντικό ρόλο στην διατροφή των ζώων. Οι Yadav et al. (2007) αναφέρουν ότι τα υπολείμματα της καλλιέργειας της φακής έχουν 10.2 % υγρασία, 1.8 % λιπαρά, 4.4 % πρωτεΐνη, 50 % υδατάνθρακες, 21.4 % φυτική ίνα και 12.2 % τέφρα. Οι Mihailovic et al. (2011) αναφέρουν ότι η παραγωγή σε χλωρή ζωοτροφή κυμάνθηκε από 6.1 – 26.2 tn / ha ενώ σε ξηρή από 1.4 – 6.3 tn / ha. Η πρωτεΐνη της ξηρής ζωοτροφής ήταν περίπου

174 g / kg ξηρής ουσίας. Οι Yadav et al. (2007) αναφέρουν ότι τα υπολείμματα της φακής μπορεί να έχουν μεγαλύτερη εμπορική αξία σε σχέση με τον σπόρο σε ορισμένες περιπτώσεις αν και δεν έχουν την ίδια παραγωγή σε ζωοτροφή που έχει ο βίκος και το μπιζέλι.

Τέλος, οι Mihailovic et al. (2011) αναφέρουν ότι η φακή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως χλωρή λίπανση με ενσωμάτωση της καλλιέργειας στο έδαφος προσφέροντας 95 - 175 kg N / ha. Οι ίδιοι αναφέρουν ότι τα υπολείμματα της φακής από την συγκομιδή μπορεί να προσφέρουν ακόμη και 33 kg N / ha σε ορισμένες περιπτώσεις.

#### **4. Σκοπός του Πειράματος**

Σκοπός του πειράματος ήταν η αναγνώριση των διαφορετικών ποικιλιών βίκου και φακής αλλά και ο διαχωρισμός τους με την βοήθεια ειδικών μεθόδων φαινοτυπικής αποτύπωσης. Τα φαινοτυπικά (ευρωστία, ύψος) και τα αγροκομικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών βίκου και φακής που μετρήθηκαν (ποσοστό της πρωτεΐνης, απόδοση σε σπόρο και σε σανό, οψιμότητα και χρόνος συγκομιδής) συσχετίστηκαν με τις τιμές που καταγράφηκαν μετά από τη χρήση του NDVI, καθ' όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου των φυτικών ειδών.

## 5. Υλικά και Μέθοδοι

### 5.1. Υλικά

#### 5.1.1. Τοποθεσία πειράματος

Το πείραμα μελέτης φαινοτυπικής παραλλακτικότητας που εφαρμόστηκε με τη χρήση μεθόδων τηλεπισκόπησης, διεξήχθη στις εγκαταστάσεις του Ινστιτούτου Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικών Ερευνών που βρίσκεται στην πόλη της Λάρισας (39<sup>0</sup> 36' N , 22<sup>0</sup> 25' E). Το πείραμα διεξήχθη την καλλιεργητική περίοδο 2012-2013.

#### 5.1.2. Γενετικό Υλικό

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 8 ποικιλίες βίκου και 9 ποικιλίες φακής. Οι ποικιλίες και των δύο ειδών αποτελούν ποικιλίες που παράχθηκαν και βελτιώθηκαν από τους ερευνητές του Ινστιτούτου Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών. Οι ποικιλίες και των δύο ειδών που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.1. Ποικιλίες βίκου και φακής που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

<b>Βίκος</b> ( <i>Vicia sativa</i> L.)	<b>Φακή</b> ( <i>Lens culinaris</i> M.)
Αλέξανδρος	Θεσσαλία
Καλλιρόη	LC 3-8
Απολλωνία	LC 13-11
Άζωτος	LC 19-17
Ζέφυρος	LC 14-15
Τέμπη	LC 5-38
Λεωνίδα	Ικαρία
Εύηνος	BO
	AL

#### 5.1.3. Τύπος Πειράματος

Οι μετρήσεις έγιναν σε ένα εγκατεστημένο πείραμα σύγκρισης των ποικιλιών του Ινστιτούτου. Ο τύπος του πειράματος ήταν οι πλήρεις ομάδες σε ελεύθερη διάταξη (RCBD) με τρεις επαναλήψεις και για τα δύο είδη. Το κάθε πειραματικό τεμάχιο ήταν 6 τ.μ. για τις ποικιλίες του βίκου και 4 τ.μ. για τις ποικιλίες της φακής.

Απολλωνία	Καλλιρόη	Αλέξανδρος	Άζωτος	Λεωνίδα	Τέμπη	Εύηνος	Ζέφυρος
διάδρομος							
Λεωνίδα	Καλλιρόη	Άζωτος	Τέμπη	Εύηνος	Αλέξανδρος	Ζέφυρος	Απολλωνία
διάδρομος							
Αλέξανδρος	Καλλιρόη	Απολλωνία	Άζωτος	Ζέφυρος	Τέμπη	Λεωνίδα	Εύηνος

Σχήμα 5.1. Διάταξη πειράματος μελέτης φαινοτυπικής παραλλακτικότητας βίκου.

LC 14-15	LC 19-17	LC 13-11	LC 3-8	ΙΚΑΡΙΑ	ΘΕΣΣΑΛΙΑ	LC 5-38	ΒΟ	ΑΛ
διάδρομος								
LC 19-17	ΘΕΣΣΑΛΙΑ	LC 14-15	LC 5-38	ΙΚΑΡΙΑ	LC 13-11	LC 3-8	ΑΛ	ΒΟ
διάδρομος								
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	LC 3-8	LC 13-11	LC 19-17	LC 14-15	LC 5-38	ΙΚΑΡΙΑ	ΒΟ	ΑΛ

Σχήμα 5.2. Διάταξη πειράματος μελέτης φαινοτυπικής παραλλακτικότητας φακής.

#### 5.1.4. Όργανα Μέτρησης

Το όργανο CropCircle ACS-210 (Holland Scientific, Lincoln, USA) χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη για την εφαρμογή μη καταστροφικής μεθόδου εκτίμησης της κατάστασης των φυτών. Το όργανο έχει την ικανότητα να εκτιμά την ευρωστία των φυτών μέσω δεικτών βλάστησης. Συγκεκριμένα, εκτιμά τον δείκτη κανονιοποιημένης διαφοράς βλάστησης (NDVI). Ο NDVI είναι ένας από τους πιο περισσότερο χρησιμοποιούμενους δείκτες βλάστησης στον κόσμο. Έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς ως δείκτης της κατάστασης της βλάστησης σε πολλές έρευνες. Βασίζεται στη διαφορά μεταξύ της μέγιστης

απορρόφησης της ακτινοβολίας στην ερυθρή φασματική ζώνη και τη μέγιστη αντανάκλαση της ακτινοβολίας στην εγγύς υπέρυθρη φασματική ζώνη (1). Οι τιμές του NDVI κυμαίνονται μεταξύ -1.0 και +1.0, αλλά είναι συνήθως θετικές για το έδαφος και τη βλάστηση. Πυκνότερη ή / και υγιεινή βλάστηση θα έχουν υψηλότερες τιμές. Οι τιμές NDVI για τη βλάστηση είναι συνήθως ένα μέσο για την αποτελεσματική και αντικειμενική αξιολόγηση των φαινολογικών χαρακτηριστικών. Ο δείκτης αυτός παρουσιάζει θετική συσχέτιση με τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα, τη βλάστηση, τη βιομάζα και το LAI (Ghorbani et al., 2012).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \quad (1)$$

Το όργανο παίρνει συνεχείς μετρήσεις οι οποίες αποθηκεύονται στον καταγραφέα δεδομένων (data logger) GeoScout GLS-400 (Holland Scientific, Lincoln, USA) ανά ρυθμιζόμενα χρονικά διαστήματα. Στο παρόν πείραμα η ταχύτητα δειγματοληψίας ρυθμίστηκε σε 2 μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο.



Εικόνα 5.1. Ο αισθητήρας Crop Circle ACS 210 και ο καταγραφέας δεδομένων Geoscout GLS-400 που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη.

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκε ένας ξύλινος χάρακας μήκους ενός μέτρου για τον προσδιορισμό της πορείας ανάπτυξης των φυτών. Με τον χάρακα μετρήθηκε το ύψος των φυτών των ποικιλιών του βίκου και της φακής.

Τα κλιματικά δεδομένα κατά την διάρκεια της καλλιέργειας συγκεντρώθηκαν από ιδιωτικό μετεωρολογικό σταθμό της Λάρισας (VantagePro2, Davis Instruments, California, USA) και πιο συγκεκριμένα από τον μετεωρολογικό σταθμό του κ. Πανάκογλου μέσω της ιστοσελίδας του (<http://users.otenet.gr/~panaknik/Current-HistoryVantPro.htm>).



### **5.1.5. Λογισμικό**

Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων και την παρουσίαση τους στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε το πακέτο εφαρμογών γραφείου Office 2010 (Microsoft, California, USA) και πιο συγκεκριμένα τα προγράμματα Word, Excel και PowerPoint.

Για την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα στατιστικά προγράμματα SPSS Statistics 20 (IBM, New York, USA) και STATA 13 (StataCorp LP, Texas, USA).

## **5.2. Μέθοδοι**

### **5.2.1. Προετοιμασία Πειραματικού Αγρού**

Η σπορά των ποικιλιών βίκου και των ποικιλιών της φακής πραγματοποιήθηκε στις 30-11-2012. Πριν την σπορά προηγήθηκε προετοιμασία του αγρού που περιελάμβανε όργωμα και καλλιεργητή. Πραγματοποιήθηκε βασική λίπανση στις ποικιλίες της φακής με 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / στρέμμα ενώ στον βίκο δεν πραγματοποιήθηκε λίπανση.

### **5.2.2. Ημερολόγιο Αγρού**

Οι μετρήσεις μέσω του Crop Circle πραγματοποιήθηκαν ανά χρονικό διάστημα μιας εβδομάδας. Το όργανο έπαιρνε συνεχείς μετρήσεις ανά πειραματικό τεμάχιο όπου στην συνέχεια αναλύονταν στατιστικά ανά πειραματικό τεμάχιο. Για την τελική στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν οι μέσοι όροι των τιμών του κάθε πειραματικού τεμαχίου.

Η μέτρηση με χάρακα περιελάμβανε την μέτρηση του ύψους των φυτών στο κάθε πειραματικό τεμάχιο χωρίς την καταστροφή των φυτών. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις από τέσσερα φυτά τα οποία βρίσκονταν σε τυχαίες μη γειτονικές θέσεις. Τα φυτά σε κάθε μέτρηση ήταν διαφορετικά. Από αυτές τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος του ύψους των φυτών για την τελική στατιστική ανάλυση.

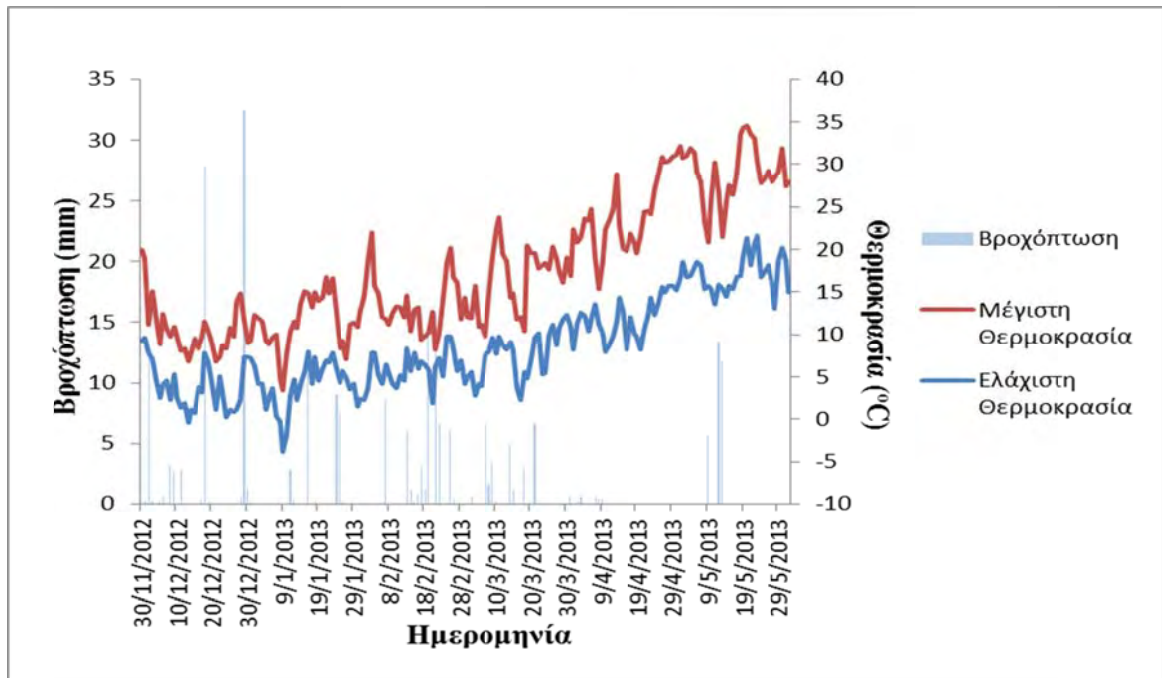
Πίνακας 5.2. Οι ημερομηνίες διαξαγωγής των μετρήσεων και ο τύπος των μετρήσεων της παρούσας μελέτης.

<b>Ημερομηνία Μέτρησης</b>	<b>Τύπος Μέτρησης</b>	<b>Ημερομηνία Μέτρησης</b>	<b>Τύπος Μέτρησης</b>
27/2/2013	NDVI	8/4/2013	NDVI, Ύψος
1/3/2013	Ύψος	15/4/2013	NDVI
6/3/2013	NDVI, Ύψος	16/4/2013	Ύψος
14/3/2013	NDVI	22/4/2013	NDVI
15/3/2013	Ύψος	23/4/2013	Ύψος
21/3/2013	NDVI	29/4/2013	NDVI, Ύψος
22/3/2013	Ύψος	5/5/2013	NDVI
28/3/2013	NDVI	6/5/2013	Ύψος
29/3/2013	Ύψος	10/5/2013	NDVI
1/4/2013	NDVI	15/5/2013	NDVI
4/4/2013	Ύψος	21/5/2013	NDVI

Ο διαχωρισμός των σταδίων ανάπτυξης των ποικιλιών των καλλιεργειών πραγματοποιήθηκε με την επιτόπια παρατήρηση των ποικιλιών κατά την διάρκεια των μετρήσεων. Από αυτήν την μέτρηση καθορίστηκε η ημερομηνία άνθισης της κάθε ποικιλίας του κάθε φυτικού είδους.

Πίνακας 5.3. Ημέρες για άνθιση μετά την σπορά για κάθε ποικιλία βίκου και φακής.

<b>Ποικιλίες Βίκου</b>	<b>Ημέρες για Άνθιση μετά την Σπορά</b>	<b>Ποικιλίες Φακής</b>	<b>Ημέρες για Άνθιση μετά την Σπορά</b>
Αλέξανδρος	125	Θεσσαλία	137
Καλλιρόη	125	LC 3-8	119
Απολλωνία	125	LC 13-11	119
Άζωτος	130	LC 19-17	137
Ζέφυρος	130	LC 14-15	119
Τέμπη	130	LC 5-38	119
Λεωνίδα	125	Ικαρία	137
Εύηνος	125	BO	130
		AL	130



Σχήμα 5.3. Κλιματολογικά δεδομένα μέγιστης, ελάχιστης θερμοκρασίας και βροχόπτωσης της περιόδου διεξαγωγής του πειράματος.

### 5.2.3. Συγκομιδή

Η συγκομιδή στις ποικιλίες του βίκου για τον προσδιορισμό του ποσοστού πρωτεΐνης πραγματοποιήθηκε σε τρεις διαφορετικές ημερομηνίες. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε συγκομιδή δείγματος φυτών στις 5-5-2013, στις 10-5-2013 και στις 15-5-2013. Τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο ωρίμανσης των λοβών. Στο στάδιο αυτό φυτά από κάθε πειραματικό τεμάχιο (οι εξωτερικές σειρές δεν περιλαμβάνονται) κόπηκαν στο επίπεδο του εδάφους με δρεπάνια και προσδιορίστηκε το νωπό βάρος. Ένα δείγμα 1,0 kg από κάθε πειραματικό τεμάχιο ξηράθηκε στους 70 ° C για 72 ώρες για να προσδιοριστεί η σχετική περιεκτικότητα σε νερό και για την επακόλουθη ανάλυση αζώτου. Στη συνέχεια τα δείγματα αλέσθηκαν με μύλο Wiley για να περάσουν μέσω ενός κόσκινου 1 mm και αναλύθηκαν για περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Το ολικό άζωτο προσδιορίστηκε χρησιμοποιώντας την μέθοδο Kjeldahl και η καθαρή πρωτεΐνη (CP) υπολογίστηκε πολλαπλασιάζοντας επί 6,25 (Vlahostergios et al., 2011b). Για τον προσδιορισμό της απόδοσης κάθε ποικιλίας σε σανό πραγματοποιήθηκε κοπή στις 15-5-2013. Ενώ στις 1-6-2013 πραγματοποιήθηκε η συγκομιδή για την απόδοση σε σπόρο.

Η συγκομιδή της φακής για τον προσδιορισμό της απόδοσης σε σπόρο πραγματοποιήθηκε στις 30-5-2013. Ο θερισμός πραγματοποιήθηκε με τα χέρια και ο αλωνισμός πραγματοποιήθηκε με θεριζοαλωνιστική μηχανή πειραματικών τεμαχίων Wintersteiger (F. Walter & H. Wintersteiger, Ried/Innkreis, Austria) (Vlahostergios et al, 2011a) .

#### **5.2.4. Στατιστική Ανάλυση**

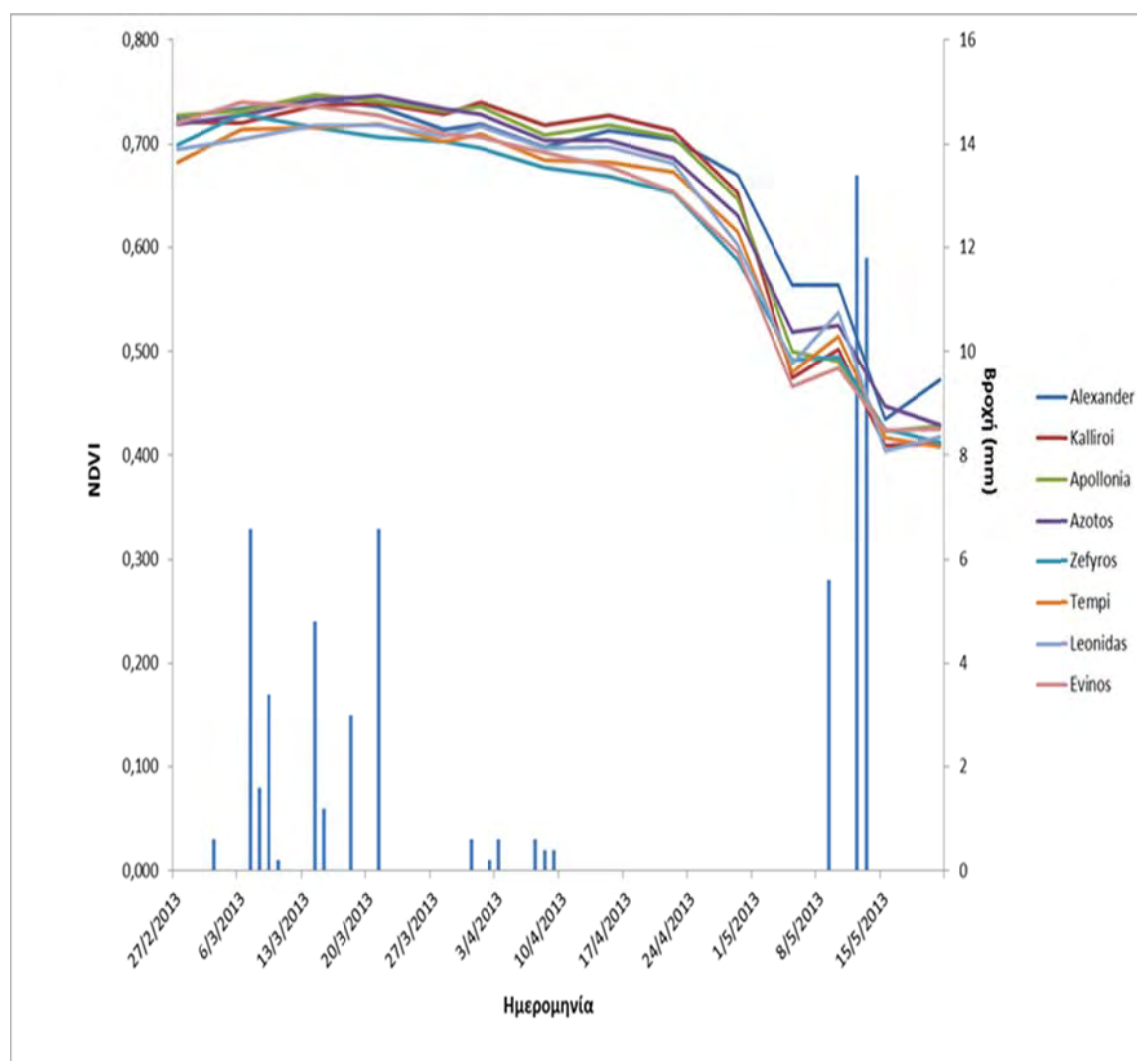
Διαγράμματα εξέλιξης του δείκτη NDVI και της μέτρησης του ύψους των φυτών όλων των ποικιλιών και των δύο ειδών παράχθηκαν με την χρήση του EXCEL 2010. Διάγραμμα εξέλιξης της συγκέντρωσης της πρωτεΐνης των ποικιλιών του βίκου παράχθηκε με το ίδιο λογισμικό όπως επίσης και διαγράμματα διασποράς ανάμεσα σε NDVI και ύψος φυτών. Για τα διαγράμματα διασποράς επιλέχθηκε η περίοδος μετρήσεων από 27/2/2013 έως 23/4/2013 καθώς παρατηρήθηκε ότι από την ημερομηνία αυτή και έπειτα άρχισε η διαδικασία του μεταχρωματισμού των ποικιλιών των δύο ειδών με αποτέλεσμα να μην υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στις τιμές του NDVI και του ύψους. Η στατιστική ανάλυση περιελάμβανε τα περιγραφικά στατιστικά από το σύνολο των μετρήσεων μέσω του στατιστικού λογισμικού SPSS 20. Επίσης, μελετήθηκε η συσχέτιση των αγροκομικών χαρακτηριστικών μεταξύ τους και ιδιαίτερα η συσχέτιση του NDVI με τη απόδοση και την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε στο SPSS 20. Η ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα STATA 13.

## 6. Αποτελέσματα και Συζήτηση

### 6.1. Αποτελέσματα

#### 6.1.1. Βίκος

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων από τις ποικιλίες του βίκου. Στο παρακάτω σχήμα εμφανίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη NDVI κατά την διάρκεια της περιόδου των μετρήσεων.



Σχήμα 6.1. Εξέλιξη δείκτη NDVI κατά την περίοδο των μετρήσεων για τις ποικιλίες του βίκου. Στο σχήμα φαίνεται και ο αριθμός και η ποσότητα των βροχοπτώσεων κατά την ίδια περίοδο.

Παρακάτω φαίνεται η ομαδοποίηση των ποικιλιών του βίκου που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων μέσω του στατιστικού πακέτου STATA 13.

Πίνακας 6.1. Ομαδοποίηση τιμών NDVI κάθε ποικιλίας βίκου ανά ημερομηνία.

Ημερομηνία	Ποικιλίες Βίκου							
	Αλέξανδρος	Καλλιρόη	Απολλωνία	Αζωτος	Ζέφυρος	Τέμπη	Λεωνίδα	Εύηνος
27/2/2013	0.725 <sub>a,b</sub>	0.721 <sub>a,b</sub>	0.727 <sub>a</sub>	0.719 <sub>a,b</sub>	0.699 <sub>a,b,c</sub>	0.682 <sub>c</sub>	0.695 <sub>b,c</sub>	0.720 <sub>a,b</sub>
6/3/2013	0.734 <sub>a</sub>	0.720 <sub>a</sub>	0.732 <sub>a</sub>	0.727 <sub>a</sub>	0.729 <sub>a</sub>	0.714 <sub>a</sub>	0.704 <sub>a</sub>	0.740 <sub>a</sub>
14/3/2013	0.743 <sub>a</sub>	0.737 <sub>a,b,c</sub>	0.748 <sub>a</sub>	0.742 <sub>a,b</sub>	0.716 <sub>c</sub>	0.716 <sub>c</sub>	0.718 <sub>b,c</sub>	0.736 <sub>a,b,c</sub>
21/3/2013	0.736 <sub>a,b,c</sub>	0.739 <sub>a,b,c</sub>	0.741 <sub>a,b</sub>	0.746 <sub>a</sub>	0.707 <sub>d</sub>	0.719 <sub>b,c,d</sub>	0.718 <sub>c,d</sub>	0.728 <sub>a,b,c,d</sub>
28/3/2013	0.714 <sub>b</sub>	0.729 <sub>a</sub>	0.731 <sub>a</sub>	0.734 <sub>a</sub>	0.702 <sub>b</sub>	0.702 <sub>b</sub>	0.708 <sub>b</sub>	0.710 <sub>b</sub>
1/4/2013	0.719 <sub>b,c,d</sub>	0.740 <sub>a</sub>	0.736 <sub>a,b</sub>	0.729 <sub>a,b,c</sub>	0.696 <sub>e</sub>	0.710 <sub>c,d,e</sub>	0.717 <sub>b,c,d</sub>	0.707 <sub>d,e</sub>
8/4/2013	0.697 <sub>a,b,c,d</sub>	0.718 <sub>a</sub>	0.709 <sub>a,b</sub>	0.703 <sub>a,b,c</sub>	0.677 <sub>d</sub>	0.684 <sub>c,d</sub>	0.696 <sub>b,c,d</sub>	0.692 <sub>b,c,d</sub>
15/4/2013	0.712 <sub>a,b</sub>	0.728 <sub>a</sub>	0.718 <sub>a</sub>	0.704 <sub>a,b,c</sub>	0.669 <sub>d</sub>	0.682 <sub>b,c,d</sub>	0.697 <sub>a,b,c,d</sub>	0.678 <sub>c,d</sub>
22/4/2013	0.705 <sub>a,b</sub>	0.713 <sub>a</sub>	0.706 <sub>a,b</sub>	0.686 <sub>a,b,c</sub>	0.653 <sub>c</sub>	0.673 <sub>b,c</sub>	0.682 <sub>a,b,c</sub>	0.654 <sub>c</sub>
29/4/2013	0.670 <sub>a</sub>	0.653 <sub>a,b</sub>	0.647 <sub>a,b,c</sub>	0.631 <sub>a,b,c,d</sub>	0.588 <sub>d</sub>	0.616 <sub>b,c,d</sub>	0.603 <sub>c,d</sub>	0.595 <sub>d</sub>
5/5/2013	0.564 <sub>a</sub>	0.474 <sub>b,c</sub>	0.500 <sub>b,c</sub>	0.518 <sub>a,b</sub>	0.491 <sub>b,c</sub>	0.480 <sub>b,c</sub>	0.488 <sub>b,c</sub>	0.466 <sub>c</sub>
10/5/2013	0.564 <sub>a</sub>	0.501 <sub>a,b</sub>	0.490 <sub>b</sub>	0.525 <sub>a,b</sub>	0.494 <sub>a,b</sub>	0.514 <sub>a,b</sub>	0.538 <sub>a,b</sub>	0.484 <sub>b</sub>
15/5/2013	0.435 <sub>a,b</sub>	0.409 <sub>d,e</sub>	0.423 <sub>b,c,d</sub>	0.447 <sub>a</sub>	0.425 <sub>b,c</sub>	0.417 <sub>c,d,e</sub>	0.404 <sub>e</sub>	0.424 <sub>b,c</sub>
21/5/2013	0.472	0.411 <sub>a</sub>	0.428 <sub>a</sub>	0.429 <sub>a</sub>	0.412 <sub>a</sub>	0.409 <sub>a</sub>	0.418 <sub>a</sub>	0.425 <sub>a</sub>

\* . Τιμές της ίδιας σειράς που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν σημαντικά ( $p < 0.05$ ).

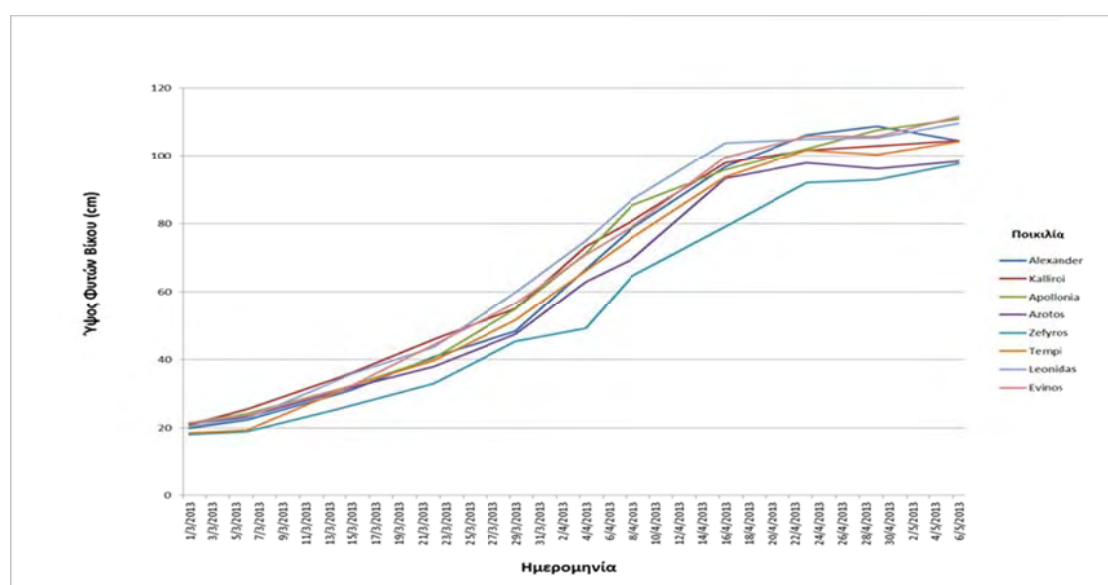
Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ομαδοποίηση των τιμών NDVI των ποικιλιών σε τρεις ομάδες στις 27/2/2013, σε μία ομάδα στις 6/3/2013, σε τρεις ομάδες στις 14/3/2013, σε τέσσερις ομάδες στις 21/3/2013, σε δύο ομάδες στις 28/3/2013, σε πέντε ομάδες στις 1/4/2013, σε τέσσερις ομάδες στις 8/4/2013, σε τέσσερις ομάδες στις 15/4/2013, σε τρεις ομάδες στις 22/4/2013, σε τέσσερις ομάδες στις 29/4/2013, σε τρεις ομάδες στις 5/5/2013, σε δύο ομάδες στις 10/5/2013, σε τέσσερις ομάδες στις 15/5/2013 και σε δύο ομάδες στις 21/5/2013.

Πίνακας 6.2. Ομαδοποίηση τιμών NDVI κάθε ποικιλίας βίκου για κάθε διαφορετικό στάδιο του βιολογικού κύκλου του βίκου.

Ποικιλίες Βίκου	Στάδια Βιολογικού Κύκλου Βίκου				
	Βλάστηση -> Άνθιση	Άνθιση -> Λοβοί	Λοβοί -> Ωρίμανση	Ωρίμανση -> Συγκομιδή	Πλήρης Βιολογικός Κύκλος
Αλέξανδρος	0.729 <sub>a,b</sub>	0.705 <sub>a,b,c</sub>	0.636 <sub>a</sub>	0.491 <sub>a</sub>	0.658 <sub>a</sub>
Καλλιρόη	0.731 <sub>a,b</sub>	0.720 <sub>a</sub>	0.576 <sub>a,b</sub>	0.441 <sub>b</sub>	0.640 <sub>a</sub>
Απολλωνία	0.736 <sub>a</sub>	0.711 <sub>a,b</sub>	0.585 <sub>a,b</sub>	0.447 <sub>a,b</sub>	0.643 <sub>a</sub>
Αζωτος	0.729 <sub>a,b</sub>	0.695 <sub>b,c,d</sub>	0.586 <sub>a,b</sub>	0.467 <sub>a,b</sub>	0.643 <sub>a</sub>
Ζεφυρος	0.704 <sub>c</sub>	0.661 <sub>e</sub>	0.558 <sub>b</sub>	0.444 <sub>a,b</sub>	0.617 <sub>a</sub>
Τέμπη	0.704 <sub>c</sub>	0.678 <sub>d,e</sub>	0.562 <sub>b</sub>	0.447 <sub>a,b</sub>	0.620 <sub>a</sub>
Λεωνίδας	0.710 <sub>c</sub>	0.691 <sub>c,d</sub>	0.557 <sub>b</sub>	0.453 <sub>a,b</sub>	0.624 <sub>a</sub>
Εύηνος	0.723 <sub>b</sub>	0.675 <sub>e</sub>	0.550 <sub>b</sub>	0.444 <sub>a,b</sub>	0.623 <sub>a</sub>

\*. Τιμές της ίδιας στήλης που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν σημαντικά ( $p < 0.05$ ).

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ομαδοποίηση των τιμών NDVI των ποικιλιών σε τρεις ομάδες για το στάδιο του βιολογικού κύκλου από την βλάστηση έως την άνθιση, σε τέσσερις ομάδες για το στάδιο του βιολογικού κύκλου από την άνθιση έως την έναρξη σχηματισμού των λοβών, σε δύο ομάδες για το στάδιο του βιολογικού κύκλου από το στάδιο των λοβών έως την έναρξη της ωρίμανσης, σε δύο ομάδες για το στάδιο του βιολογικού κύκλου από το στάδιο της ωρίμανσης έως την συγκομιδή και σε μία ομάδα για τον πλήρη βιολογικό κύκλο του βίκου.



Σχήμα 6.2. Εξέλιξη τιμών ύψους κατά την περίοδο των μετρήσεων για τις ποικιλίες του βίκου.

Πίνακας 6.3. Ομαδοποίηση τιμών ύψους κάθε ποικιλίας βίκου ανά ημερομηνία.

Ημερομηνία	Ποικιλίες Βίκου							
	Αλέξανδρος	Καλλιρόη	Απολλωνία	Άζωτος	Ζέφυρος	Τέμπη	Λεωνίδα	Εύηνος
1/3/2013	19.92 <sub>a</sub>	21.00 <sub>a</sub>	21.58 <sub>a</sub>	21.42 <sub>a</sub>	18.09 <sub>a</sub>	18.50 <sub>a</sub>	20.58 <sub>a</sub>	21.58 <sub>a</sub>
6/3/2013	22.42 <sub>a,b,c</sub>	25.50 <sub>a</sub>	24.25 <sub>a</sub>	23.25 <sub>a,b,c</sub>	18.92 <sub>c</sub>	19.42 <sub>b,c</sub>	22.75 <sub>a,b,c</sub>	23.75 <sub>a,b</sub>
15/3/2013	31.17 <sub>a,b</sub>	36.08 <sub>a</sub>	32.42 <sub>a</sub>	31.92 <sub>a</sub>	26.58 <sub>b</sub>	32.50 <sub>a</sub>	35.92 <sub>a</sub>	32.42 <sub>a</sub>
22/3/2013	40.83 <sub>a,b,c</sub>	45.92 <sub>a</sub>	40.42 <sub>a,b,c</sub>	38.00 <sub>c,d</sub>	33.09 <sub>d</sub>	39.67 <sub>b,c</sub>	43.67 <sub>a,b,c</sub>	44.42 <sub>a,b</sub>
29/3/2013	48.33 <sub>c,d</sub>	55.00 <sub>a,b</sub>	54.83 <sub>a,b</sub>	47.50 <sub>c,d</sub>	45.42 <sub>d</sub>	51.67 <sub>b,c</sub>	59.83 <sub>a</sub>	56.58 <sub>a,b</sub>
4/4/2013	66.67 <sub>b,c</sub>	73.33 <sub>a</sub>	71.25 <sub>a,b</sub>	62.92 <sub>c</sub>	49.17	66.25 <sub>b,c</sub>	75.00 <sub>a</sub>	70.83 <sub>a,b</sub>
8/4/2013	78.75 <sub>c</sub>	80.83 <sub>a,b,c</sub>	85.42 <sub>a,b</sub>	69.58 <sub>d,e</sub>	64.59 <sub>e</sub>	75.83 <sub>c,d</sub>	87.09 <sub>a</sub>	79.17 <sub>b,c</sub>
16/4/2013	96.67 <sub>a,b</sub>	97.92 <sub>a,b</sub>	95.83 <sub>b</sub>	93.33 <sub>b</sub>	79.17	93.75 <sub>b</sub>	103.75 <sub>a</sub>	99.58 <sub>a,b</sub>
23/4/2013	106.25 <sub>a</sub>	101.67 <sub>a</sub>	102.08 <sub>a</sub>	97.72 <sub>a,b</sub>	92.08 <sub>b</sub>	101.67 <sub>a</sub>	105.00 <sub>a</sub>	105.83 <sub>a</sub>
29/4/2013	108.75 <sub>a</sub>	102.92 <sub>a,b,c</sub>	107.67 <sub>a</sub>	96.08 <sub>c,d</sub>	92.92 <sub>d</sub>	100.42 <sub>b,c</sub>	105.42 <sub>a,b</sub>	105.83 <sub>a,b</sub>
6/5/2013	104.59 <sub>b,c</sub>	104.59 <sub>b,c</sub>	110.84 <sub>a</sub>	98.33 <sub>d</sub>	97.50 <sub>d</sub>	104.17 <sub>c</sub>	109.58 <sub>a,b</sub>	111.67 <sub>a</sub>

\* . Τιμές της ίδιας σειράς που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν σημαντικά ( $p < 0.05$ ).

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ομαδοποίηση των τιμών ύψους των ποικιλιών σε μία ομάδα στις 1/3/2013, σε τρεις ομάδες στις 6/3/2013, σε δυο ομάδες στις 15/3/2013, σε τέσσερις ομάδες στις 22/3/2013, σε τέσσερις ομάδες στις 29/3/2013, σε τέσσερις ομάδες στις 4/4/2013, σε πέντε ομάδες στις 8/4/2013, σε τρεις ομάδες στις 16/4/2013, σε δύο ομάδες στις 23/4/2013, σε τέσσερις ομάδες στις 29/4/2013 και σε τέσσερις ομάδες στις 6/5/2013.

Πίνακας 6.4 . Συσχέτιση μεταξύ τιμών NDVI και ύψους φυτών των ποικιλιών του βίκου για το διάστημα 1/3/2013 έως 23/4/2013

Ποικιλία Βίκου	$R^2$
Αλέξανδρος	0.27
Καλλιρόη	0.03
Απολλωνία	0.37
Άζωτος	0.38
Ζέφυρος	0.64
Τέμπη	0.19
Λεωνίδα	0.07
Εύηνος	0.59

Από τον παραπάνω πίνακα η συσχέτιση που έχουν οι τιμές του NDVI με το ύψος των φυτών των ποικιλιών του βίκου για το διάστημα βλαστικής ανάπτυξης 1/3/2013 έως 23/4/2013 είναι  $R^2=0.03 - 0.64$ .

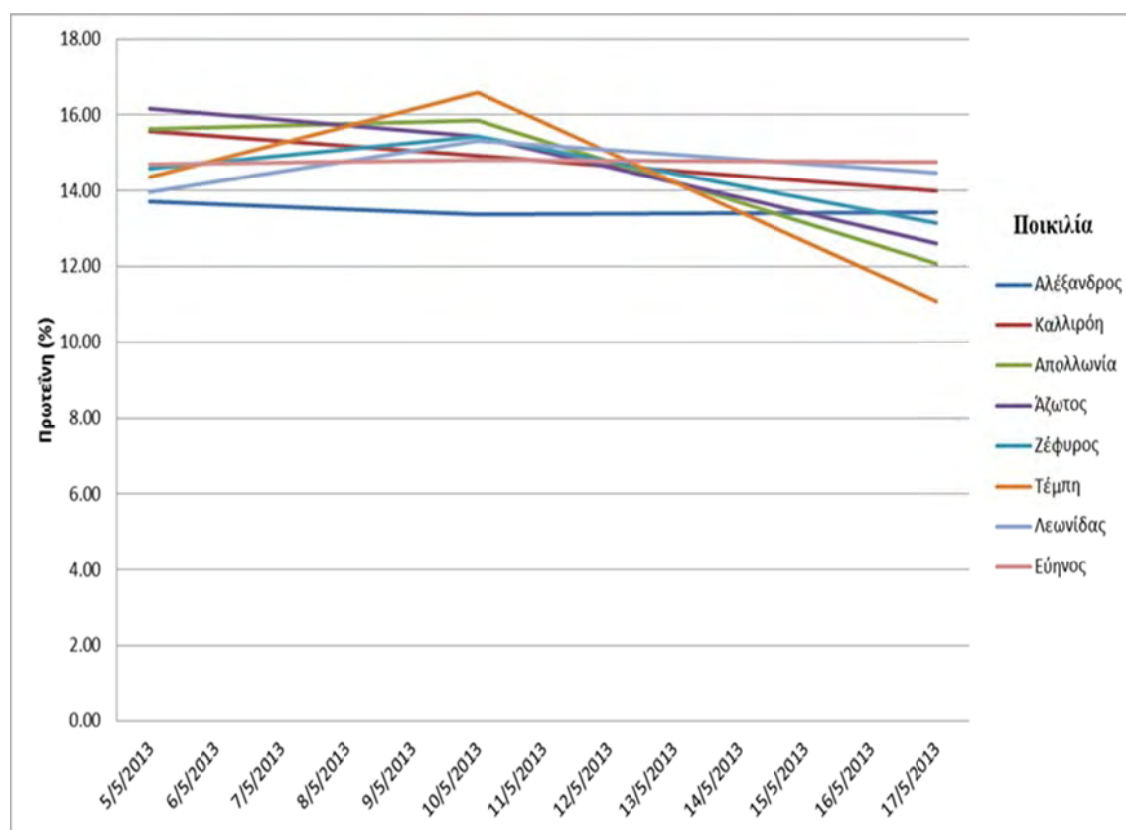


Πίνακας 6.5. Σύγκριση αποδόσεων ποικιλιών βίκου σε πρωτεΐνη, σανό και σπόρο.

Απόδοση	Ποικιλίες Βίκου							
	Αλέξανδρος	Καλλιρόη	Απολλωνία	Άζωτος	Ζέφυρος	Τέμπη	Λεωνίδα	Εύηνος
Πρωτεΐνη (%) 5-5-2013	13.71 <sub>c</sub>	15.57 <sub>a,b</sub>	15.63 <sub>a,b</sub>	16.16 <sub>a</sub>	14.58 <sub>a,b,c</sub>	14.35 <sub>a,b,c</sub>	13.97 <sub>b,c</sub>	14.70 <sub>a,b,c</sub>
Πρωτεΐνη (%) 10-5-2013	13.36 <sub>c</sub>	14.93 <sub>b</sub>	15.87 <sub>a,b</sub>	15.43 <sub>a,b</sub>	15.43 <sub>a,b</sub>	16.60 <sub>a</sub>	15.32 <sub>a,b</sub>	14.82 <sub>b,c</sub>
Πρωτεΐνη (%) 15-5-2013	13.42 <sub>a,b</sub>	14.00 <sub>a,b</sub>	12.08 <sub>a,b</sub>	12.60 <sub>a,b</sub>	13.15 <sub>a,b</sub>	11.08 <sub>b</sub>	14.47 <sub>a</sub>	14.76 <sub>a</sub>
Σανό (kg/στρ)	514.00 <sub>a,b</sub>	532.67 <sub>a,b</sub>	556.67 <sub>a</sub>	488.67 <sub>a,b</sub>	387.00 <sub>b</sub>	466.00 <sub>a,b</sub>	459.33 <sub>a,b</sub>	477.67 <sub>a,b</sub>
Σπόρος (kg/στρ)	177.33 <sub>a,b</sub>	219.33 <sub>a</sub>	199.67 <sub>a,b</sub>	127.33 <sub>b</sub>	124.67 <sub>b</sub>	176.33 <sub>a,b</sub>	177.00 <sub>a,b</sub>	162.67 <sub>a,b</sub>

\* . Τιμές της ίδιας σειράς που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν σημαντικά (p<0.05).

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ομαδοποίηση των τιμών της πρωτεΐνης των ποικιλιών σε τρεις ομάδες στις 5/5/2013, σε τρεις ομάδες στις 10/5/2013 και σε δυο ομάδες στις 15/5/2013. Η απόδοση σε σανό με συγκομιδή στις 15/5/2013 ομαδοποίησε τις ποικιλίες βίκου σε δύο ομάδες. Η απόδοση σε σπόρο με συγκομιδή στις 1/6/2013 τις χώρισε σε δύο ομάδες.



Σχήμα 6.3. Πορεία συγκέντρωσης πρωτεΐνης σε κάθε ποικιλία βίκου για τρεις διαφορετικές ημερομηνίες συγκομιδής.

Πίνακας 6.6. Συσχέτιση κατά Pearson των μετρήσεων NDVI με τα αγρονομικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών του βίκου.

Μετρήσεις NDVI	Πρωτεΐνη (%) 5/5/2013	Πρωτεΐνη (%) 10/5/2013	Πρωτεΐνη (%) 15/5/2013	Σανό (kg/στρ.)	Σπόρος (kg/στρ.)	Οψιμότητα Άνθισης
NDVI 27-2-2013	<b>0.471*</b>	<b>-0.417*</b>	0.262	<b>0.616**</b>	0.291	-0.401
NDVI 6-3-2013	0.277	0.134	-0.030	0.329	0.044	-0.056
NDVI 14-3-2013	0.342	-0.187	0.013	<b>0.611**</b>	0.386	-0.326
NDVI 21-3-2013	<b>0.481*</b>	-0.210	-0.022	<b>0.584**</b>	0.263	-0.242
NDVI 28-3-2013	<b>0.536**</b>	-0.101	0.061	<b>0.621**</b>	0.290	-0.202
NDVI 1-4-2013	0.300	-0.127	0.104	<b>0.548**</b>	0.390	-0.360
NDVI 8-4-2013	0.254	-0.391	0.232	0.317	0.311	<b>-0.436*</b>
NDVI 15-4-2013	0.050	-0.388	0.235	0.394	0.371	<b>-0.431*</b>
NDVI 22-4-2013	0.075	-0.310	0.043	<b>0.471*</b>	<b>0.420*</b>	-0.377
NDVI 29-4-2013	0.156	-0.315	-0.077	0.404	0.299	-0.303
NDVI 5-5-2013	-0.140	-0.330	-0.181	-0.049	0.071	-0.026
NDVI 10-5-2013	-	0.005	-0.225	-0.213	0.078	-0.049
NDVI 15-5-2013	-	-	-0.273	-0.103	-0.344	0.348
NDVI 21-5-2013	-	-	-	-0.235	0.056	-0.256

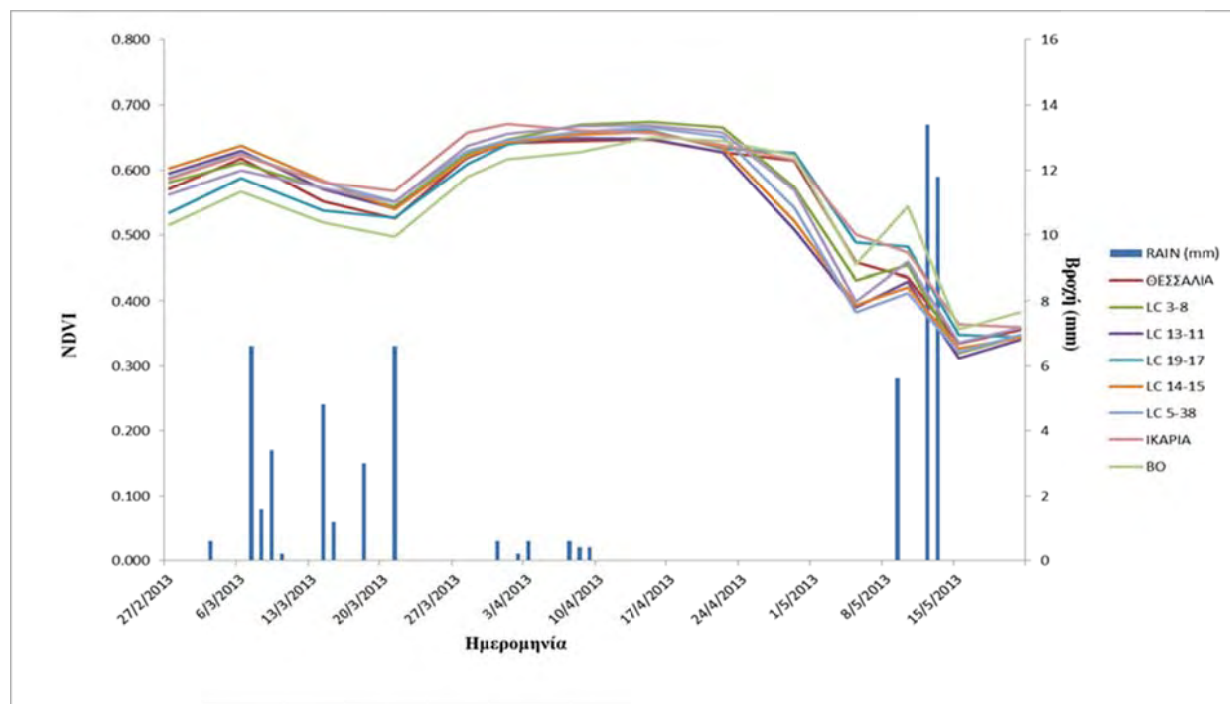
\*. Σημαντική συσχέτιση για  $p < 0.05$ .

\*\* . Σημαντική συσχέτιση για  $p < 0.01$ .

Η συσχέτιση του δείκτη NDVI με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ήταν θετική για την κοπή που πραγματοποιήθηκε στις 5/5/2013 για ημερομηνίες μέτρησης στις 27/2/2013, 21/3/2013 και 28/3/2013 με μεγαλύτερη τιμή στις 28/3/2013 ( $r=0.536$ ). Ο δείκτης NDVI συσχετίστηκε αρνητικά με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των ποικιλιών του βίκου για ημερομηνία κοπής 10/5/2013 μόνο για την μέτρηση στις 27/2/2013 ( $r=-0.417$ ). Ο δείκτης NDVI δεν κατάφερε να συσχετιστεί με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των ποικιλιών του βίκου για ημερομηνία κοπής 15/5/2013. Με την απόδοση σε σανό υπήρξε σημαντική θετική συσχέτιση με τον δείκτη NDVI για το διάστημα μετρήσεων από 14/3/2013 έως 1/4/2013 αλλά και για τις ημερομηνίες μετρήσεως 27/2/2013 και 22/4/2013 με μέγιστη τιμή στις 1/4/2013 ( $r=0.621$ ). Για την απόδοση σε σπόρο υπήρξε θετική συσχέτιση μόνο με την μέτρηση στις 22/4/2013 ( $r=0.420$ ). Για την οψιμότητα της άνθισης των ποικιλιών του βίκου υπήρξε αρνητική συσχέτιση με τις μετρήσεις NDVI μόνο στις ημερομηνίες 8/4/2013 και 15/4/2013 με  $r=-0.436$  και  $r=-0.431$  αντίστοιχα.

### 6.1.2. Φακή

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων από τις ποικιλίες της φακής. Στο παρακάτω σχήμα εμφανίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη NDVI κατά την διάρκεια της περιόδου των μετρήσεων.



Σχήμα 6.4. Εξέλιξη δείκτη NDVI κατά την περίοδο των μετρήσεων για τις ποικιλίες της φακής. Στο σχήμα φαίνεται και ο αριθμός και η ποσότητα των βροχοπτώσεων κατά την ίδια περίοδο.

Πίνακας 6.7. Ομαδοποίηση τιμών NDVI κάθε ποικιλίας φακής ανά ημερομηνία.

Ημερομηνία	Ποικιλίες Φακής								
	ΘΕΣΣΑΛΙΑ	LC 3-8	LC 13-11	LC 19-17	LC 14-15	LC 5-38	ΙΚΑΡΙΑ	ΒΟ	ΑΛ
27/2/2013	0.572 <sub>ab</sub>	0.581 <sub>a</sub>	0.596 <sub>a</sub>	0.534 <sub>bc</sub>	0.602 <sub>a</sub>	0.588 <sub>a</sub>	0.587 <sub>a</sub>	0.516 <sub>c</sub>	0.562 <sub>ab</sub>
6/3/2013	0.618 <sub>ab</sub>	0.612 <sub>abc</sub>	0.630 <sub>ab</sub>	0.588 <sub>bc</sub>	0.637 <sub>a</sub>	0.626 <sub>ab</sub>	0.624 <sub>ab</sub>	0.567 <sub>c</sub>	0.599 <sub>abc</sub>
14/3/2013	0.551 <sub>bc</sub>	0.571 <sub>ab</sub>	0.570 <sub>ab</sub>	0.538 <sub>cd</sub>	0.584 <sub>a</sub>	0.582 <sub>a</sub>	0.582 <sub>a</sub>	0.519 <sub>d</sub>	0.573 <sub>ab</sub>
21/3/2013	0.526 <sub>d</sub>	0.533 <sub>bc</sub>	0.541 <sub>bcd</sub>	0.527 <sub>cd</sub>	0.549 <sub>bcd</sub>	0.551 <sub>ab</sub>	0.568 <sub>a</sub>	0.497	0.551 <sub>ab</sub>
28/3/2013	0.620 <sub>bc</sub>	0.626 <sub>bc</sub>	0.619 <sub>bc</sub>	0.610 <sub>cd</sub>	0.622 <sub>bc</sub>	0.630 <sub>bc</sub>	0.659 <sub>a</sub>	0.590 <sub>d</sub>	0.638 <sub>ab</sub>
1/4/2013	0.642 <sub>b</sub>	0.647 <sub>b</sub>	0.644 <sub>b</sub>	0.640 <sub>b</sub>	0.643 <sub>b</sub>	0.647 <sub>b</sub>	0.672 <sub>a</sub>	0.617	0.656 <sub>ab</sub>
8/4/2013	0.646 <sub>cd</sub>	0.670 <sub>a</sub>	0.650 <sub>bc</sub>	0.657 <sub>abc</sub>	0.655 <sub>abc</sub>	0.659 <sub>abc</sub>	0.661 <sub>abc</sub>	0.628 <sub>d</sub>	0.668 <sub>ab</sub>
15/4/2013	0.648 <sub>c</sub>	0.674 <sub>a</sub>	0.648 <sub>c</sub>	0.661 <sub>abc</sub>	0.660 <sub>abc</sub>	0.666 <sub>abc</sub>	0.658 <sub>abc</sub>	0.651 <sub>bc</sub>	0.669 <sub>ab</sub>
22/4/2013	0.627 <sub>c</sub>	0.665 <sub>a</sub>	0.628 <sub>c</sub>	0.633 <sub>bc</sub>	0.635 <sub>bc</sub>	0.652 <sub>abc</sub>	0.639 <sub>bc</sub>	0.645 <sub>abc</sub>	0.658 <sub>ab</sub>
29/4/2013	0.614 <sub>abc</sub>	0.574 <sub>bcd</sub>	0.509 <sub>e</sub>	0.626 <sub>a</sub>	0.522 <sub>e</sub>	0.542 <sub>de</sub>	0.616 <sub>ab</sub>	0.623 <sub>a</sub>	0.570 <sub>cd</sub>
5/5/2013	0.458 <sub>abc</sub>	0.431 <sub>bcd</sub>	0.391 <sub>e</sub>	0.489 <sub>ab</sub>	0.393 <sub>de</sub>	0.383 <sub>e</sub>	0.501 <sub>a</sub>	0.455 <sub>abc</sub>	0.398 <sub>cd</sub>
10/5/2013	0.435 <sub>bc</sub>	0.454 <sub>bc</sub>	0.429 <sub>bc</sub>	0.482 <sub>ab</sub>	0.420 <sub>bc</sub>	0.411 <sub>c</sub>	0.474 <sub>b</sub>	0.545 <sub>a</sub>	0.460 <sub>bc</sub>
15/5/2013	0.334 <sub>abc</sub>	0.319 <sub>bc</sub>	0.312 <sub>c</sub>	0.348 <sub>abc</sub>	0.327 <sub>abc</sub>	0.321 <sub>abc</sub>	0.364 <sub>a</sub>	0.356 <sub>ab</sub>	0.336 <sub>abc</sub>
21/5/2013	0.355 <sub>a</sub>	0.345 <sub>a</sub>	0.340 <sub>a</sub>	0.345 <sub>a</sub>	0.344 <sub>a</sub>	0.348 <sub>a</sub>	0.360 <sub>a</sub>	0.383	0.359 <sub>a</sub>

\*. Τιμές της ίδιας σειράς που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν σημαντικά ( $p < 0.05$ ).

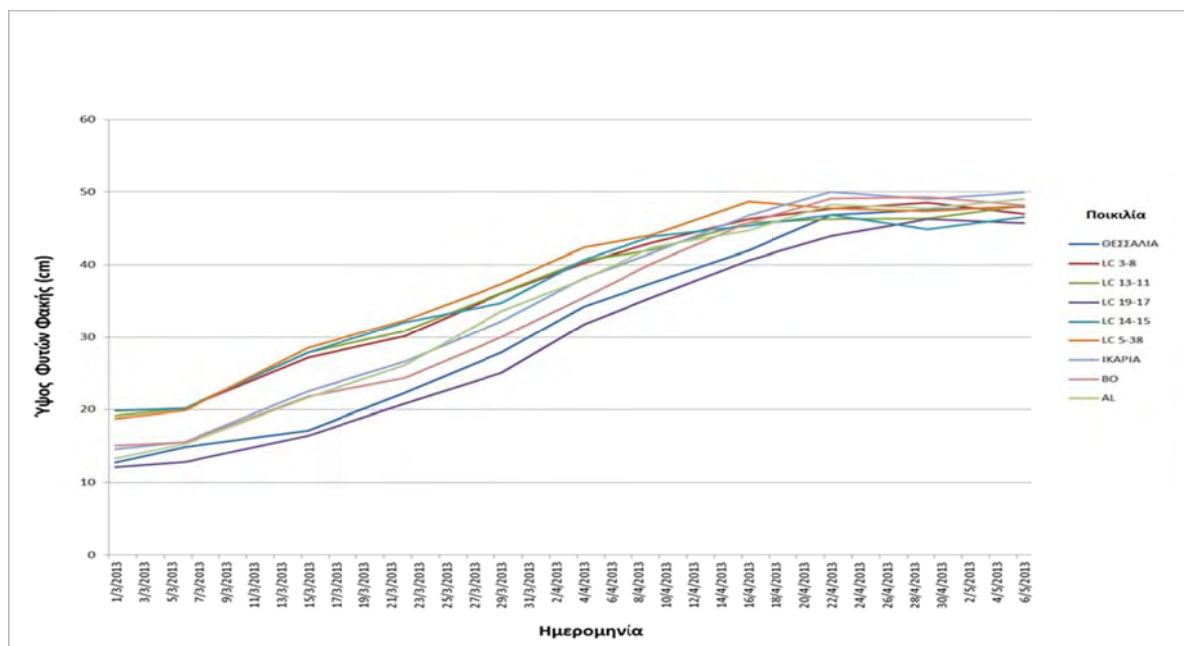
Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ομαδοποίηση των τιμών NDVI των ποικιλιών φακής σε τρεις ομάδες στις 27/2/2013, σε τρεις ομάδες στις 6/3/2013, σε τέσσερις ομάδες στις 14/3/2013, σε πέντε ομάδες στις 21/3/2013, σε τέσσερις ομάδες στις 28/3/2013, σε τρεις ομάδες στις 1/4/2013, σε τέσσερις ομάδες στις 8/4/2013, σε τρεις ομάδες στις 15/4/2013, σε τρεις ομάδες στις 22/4/2013, σε πέντε ομάδες στις 29/4/2013, σε πέντε ομάδες στις 5/5/2013, σε τρεις ομάδες στις 10/5/2013, σε τρεις ομάδες στις 15/5/2013 και σε δύο ομάδες στις 21/5/2013.

Πίνακας 6.8. Ομαδοποίηση τιμών NDVI κάθε ποικιλίας βίκου για κάθε διαφορετικό στάδιο του βιολογικού κύκλου της φακής.

Ποικιλίες Φακής	Στάδια Βιολογικού Κύκλου Φακής					Βιολογικός Κύκλος
	Βλάστηση -> Άνθιση	Άνθιση -> Λοβοί	Λοβοί -> Ωρίμανση	Ωρίμανση -> Συγκομιδή		
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	0.603 <sub>a,b</sub>	0.621 <sub>c</sub>	0.409 <sub>c</sub>	0.355 <sub>a</sub>		0.546 <sub>a</sub>
LC 3-8	0.587 <sub>b,c</sub>	0.646 <sub>a,b</sub>	0.665 <sub>a</sub>	0.425 <sub>a</sub>		0.551 <sub>a</sub>
LC 13-11	0.591 <sub>b,c</sub>	0.647 <sub>a,b</sub>	0.628 <sub>a,b</sub>	0.396 <sub>a</sub>		0.536 <sub>a</sub>
LC 19-17	0.594 <sub>b</sub>	0.630 <sub>b,c</sub>	0.440 <sub>c</sub>	0.345 <sub>a</sub>		0.548 <sub>a</sub>
LC 14-15	0.597 <sub>a,b</sub>	0.653 <sub>a,b</sub>	0.635 <sub>a,b</sub>	0.401 <sub>a</sub>		0.542 <sub>a</sub>
LC 5-38	0.595 <sub>b</sub>	0.657 <sub>a</sub>	0.652 <sub>a,b</sub>	0.401 <sub>a</sub>		0.543 <sub>a</sub>
ΙΚΑΡΙΑ	0.626 <sub>a</sub>	0.628 <sub>b,c</sub>	0.447 <sub>c</sub>	0.360 <sub>a</sub>		0.569 <sub>a</sub>
BO	0.562 <sub>c</sub>	0.651 <sub>a,b,c</sub>	0.574 <sub>b</sub>	0.428 <sub>a</sub>		0.542 <sub>a</sub>
AL	0.607 <sub>a,b</sub>	0.669 <sub>a</sub>	0.614 <sub>a,b</sub>	0.388 <sub>a</sub>		0.550 <sub>a</sub>

\*. Τιμές της ίδιας στήλης που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν σημαντικά ( $p < 0.05$ ).

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ομαδοποίηση των τιμών NDVI των ποικιλιών σε τρεις ομάδες για το στάδιο του βιολογικού κύκλου από την βλάστηση έως την άνθιση, σε τρεις ομάδες για το στάδιο του βιολογικού κύκλου από την άνθιση έως την έναρξη σχηματισμού των λοβών, σε τρεις ομάδες για το στάδιο του βιολογικού κύκλου από το στάδιο των λοβών έως την έναρξη της ωρίμανσης, σε μία ομάδα για το στάδιο του βιολογικού κύκλου από το στάδιο της ωρίμανσης έως την συγκομιδή και σε μία ομάδα για τον πλήρη βιολογικό κύκλο του βίκου.



Σχήμα 6.5. Εξέλιξη τιμών ύψους κατά την περίοδο των μετρήσεων για τις ποικιλίες της φακής.

Πίνακας 6.9. Κατηγοριοποίηση τιμών ύψους κάθε ποικιλίας φακής ανά ημερομηνία.

Ημερομηνία	Ποικιλίες Φακής								
	ΘΕΣΣΑΛΙΑ	LC 3-8	LC 13-11	LC 19-17	LC 14-15	LC 5-38	ΙΚΑΡΙΑ	ΒΟ	ΑΛ
1/3/2013	12.75 <sub>c</sub>	19.83 <sub>a</sub>	19.17 <sub>a</sub>	12.17 <sub>c</sub>	19.92 <sub>a</sub>	18.75 <sub>a</sub>	14.58 <sub>b</sub>	15.08 <sub>b</sub>	13.33 <sub>b,c</sub>
6/3/2013	14.92 <sub>b</sub>	20.17 <sub>a</sub>	20.17 <sub>a</sub>	12.83 <sub>b</sub>	20.08 <sub>a</sub>	19.92 <sub>a</sub>	15.58 <sub>b</sub>	15.50 <sub>b</sub>	15.33 <sub>b</sub>
15/3/2013	17.17 <sub>c</sub>	27.17 <sub>a</sub>	27.92 <sub>a</sub>	16.42 <sub>c</sub>	27.92 <sub>a</sub>	28.50 <sub>a</sub>	22.50 <sub>b</sub>	21.83 <sub>b</sub>	21.67 <sub>b</sub>
22/3/2013	22.33 <sub>c,d</sub>	30.17 <sub>a</sub>	30.83 <sub>a</sub>	20.83 <sub>d</sub>	32.08 <sub>a</sub>	32.33 <sub>a</sub>	26.58 <sub>b</sub>	24.33 <sub>b,c</sub>	26.08 <sub>b</sub>
29/3/2013	27.92 <sub>e</sub>	36.08 <sub>a,b</sub>	36.17 <sub>a,b</sub>	25.08	34.75 <sub>a,b,c</sub>	37.33 <sub>a</sub>	32.17 <sub>c,d</sub>	30.00 <sub>d,e</sub>	33.58 <sub>b,c</sub>
4/4/2013	34.25 <sub>d</sub>	40.25 <sub>b</sub>	40.58 <sub>b</sub>	31.75	40.67 <sub>a,b</sub>	42.33 <sub>a</sub>	38.17 <sub>c</sub>	35.50 <sub>d</sub>	38.08 <sub>c</sub>
9/4/2013	37.50 <sub>c</sub>	43.00 <sub>a</sub>	42.00 <sub>a,b</sub>	35.50 <sub>c</sub>	43.83 <sub>a</sub>	44.08 <sub>a</sub>	41.58 <sub>a,b</sub>	40.17 <sub>b</sub>	42.33 <sub>b</sub>
16/4/2013	41.92 <sub>c,d</sub>	46.25 <sub>a,b</sub>	45.75 <sub>b</sub>	40.58 <sub>d</sub>	45.33 <sub>b</sub>	48.67 <sub>a</sub>	46.75 <sub>a,b</sub>	45.75 <sub>b</sub>	44.67 <sub>b,c</sub>
22/4/2013	46.83 <sub>a,b</sub>	47.67 <sub>a,b</sub>	46.25 <sub>a,b</sub>	43.92 <sub>b</sub>	46.83 <sub>a,b</sub>	47.75 <sub>a,b</sub>	50.00 <sub>a</sub>	49.08 <sub>a</sub>	48.25 <sub>a</sub>
29/4/2013	47.50 <sub>a,b</sub>	48.50 <sub>a</sub>	46.33 <sub>a,b</sub>	46.25 <sub>a,b</sub>	44.83 <sub>b</sub>	47.33 <sub>a,b</sub>	49.00 <sub>a</sub>	49.25 <sub>a</sub>	47.75 <sub>a,b</sub>
6/5/2013	47.92 <sub>a,b,c</sub>	46.92 <sub>a,b,c</sub>	48.08 <sub>a,b,c</sub>	45.67 <sub>c</sub>	46.50 <sub>b,c</sub>	48.08 <sub>a,b,c</sub>	49.92 <sub>a</sub>	48.17 <sub>a,b,c</sub>	49.00 <sub>a,b</sub>

\*. Τιμές της ίδιας σειράς που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν σημαντικά ( $p < 0.05$ ).

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ομαδοποίηση των τιμών ύψους των ποικιλιών φακής σε τρεις ομάδες στις 1/3/2013, σε δύο ομάδες στις 6/3/2013, σε δύο ομάδες στις 15/3/2013, σε τρεις ομάδες στις 22/3/2013, σε πέντε ομάδες στις 29/3/2013, σε πέντε ομάδες στις 4/4/2013, σε τρεις ομάδες στις 9/4/2013, σε τέσσερις ομάδες στις 16/4/2013, σε δύο ομάδες στις 22/4/2013, σε δύο ομάδες στις 29/4/2013 και σε τρεις ομάδες στις 6/5/2013.

Πίνακας 6.10. Συσχέτιση μεταξύ τιμών NDVI και ύψους φυτών των ποικιλιών του βίκου για το διάστημα 1/3/2013 έως 23/4/2013

Ποικιλία Φακής	R <sup>2</sup>
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	0.43
LC 3-8	0.55
LC 13-11	0.26
LC 19-17	0.67
LC 14-15	0.20
LC 5-38	0.41
ΙΚΑΡΙΑ	0.41
ΒΟ	0.70
ΑΛ	0.65

Από τον παραπάνω πίνακα η συσχέτιση που έχουν οι τιμές του NDVI με το ύψος των φυτών των ποικιλιών της φακής το διάστημα βλαστικής ανάπτυξης 1/3/2013 έως 23/4/2013 είναι R<sup>2</sup>=0.20 – 0.70.

Πίνακας 6.11. Σύγκριση αποδόσεων ποικιλιών φακής σε σπόρο.

Απόδοση	Ποικιλίες Φακής								
	ΘΕΣΣΑΛΙΑ	LC 3-8	LC 13-11	LC 19-17	LC 14-15	LC 5-38	ΙΚΑΡΙΑ	ΒΟ	ΑΛ
Σπόρος (kg/στρ)	67.00 <sub>b</sub>	170.42 <sub>a</sub>	144.75 <sub>a</sub>	75.92 <sub>b</sub>	149.00 <sub>a</sub>	159.75 <sub>a</sub>	48.83 <sub>b</sub>	145.58 <sub>a</sub>	148.92 <sub>a</sub>

\* . Τιμές της ίδιας σειράς που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν σημαντικά (p<0.05).

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει η ομαδοποίηση των ποικιλιών σε δύο ομάδες για την απόδοση σε σπόρο για την συγκομιδή που πραγματοποιήθηκε στις 30/5/2013.

Πίνακας 6.12. Συσχέτιση κατά Pearson των μετρήσεων NDVI με τα αγρονομικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών της φακής.

Μετρήσεις NDVI	Σπόρος (kg/στρ.)	Οψιμότητα Άνθισης
NDVI 27-2-2013	0.131	<b>-0.430*</b>
NDVI 6-3-2013	0.049	-0.316
NDVI 14-3-2013	0.127	<b>-0.416*</b>
NDVI 21-3-2013	-0.080	-0.145
NDVI 28-3-2013	-0.254	0.068
NDVI 1-4-2013	-0.343	0.107
NDVI 8-4-2013	0.072	-0.153
NDVI 15-4-2013	0.289	-0.210
NDVI 22-4-2013	0.350	-0.246
NDVI 29-4-2013	<b>-0.574**</b>	<b>0.774**</b>
NDVI 5-5-2013	<b>-0.636**</b>	<b>0.681**</b>
NDVI 10-5-2013	-0.172	<b>0.399*</b>
NDVI 15-5-2013	<b>-0.461*</b>	<b>0.507**</b>
NDVI 21-5-2013	-0.145	0.337

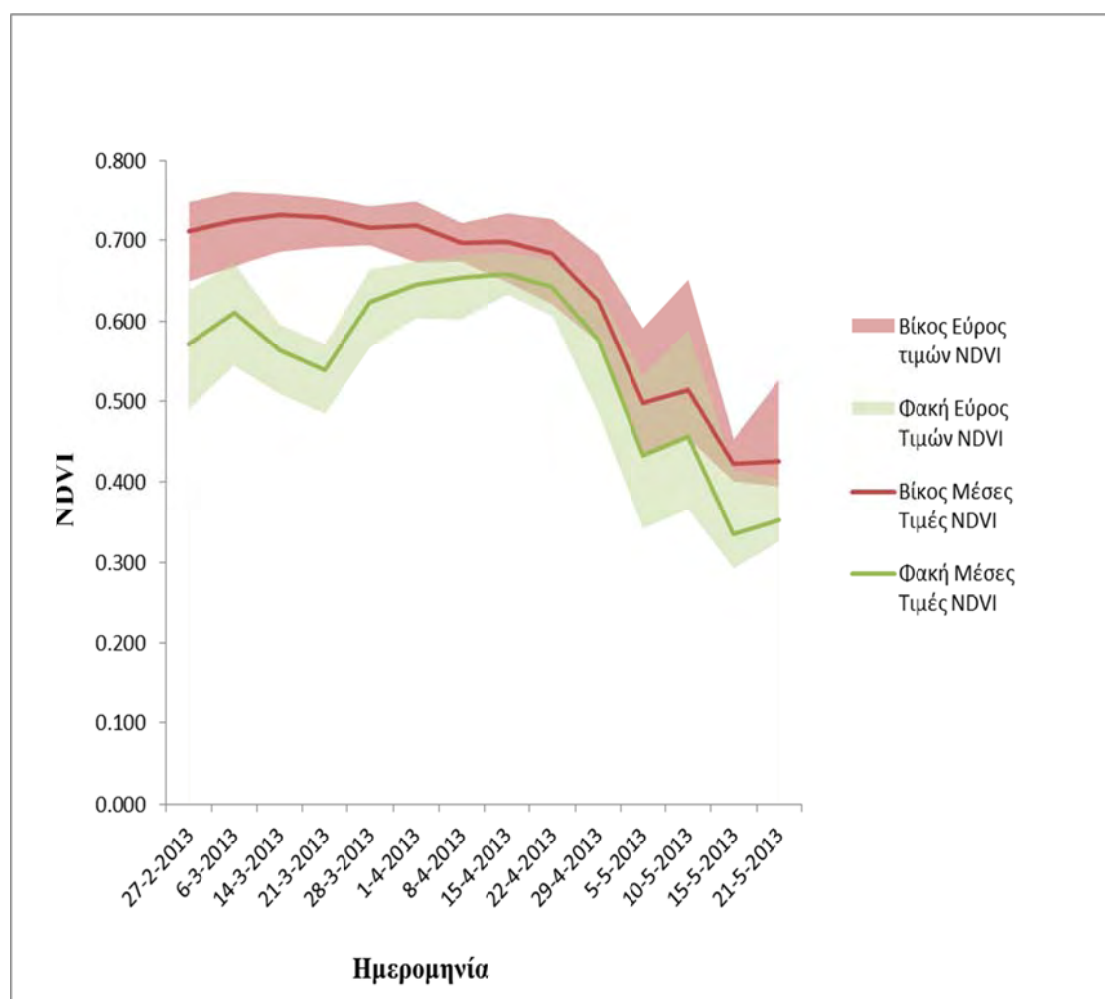
\*. Σημαντική συσχέτιση για p<0.05.

\*\* . Σημαντική συσχέτιση για p< 0.01.

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει σημαντική συσχέτιση του δείκτη NDVI με την απόδοση σε σπόρο και με την πρωιμότητα της άνθισης των ποικιλιών της φακής. Το NDVI παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση με την απόδοση σε σπόρο με  $r = -0.461$  έως  $-0.636$  ενώ η οψιμότητα της άνθισης σχετίζεται θετικά με το NDVI για ένα εύρος τιμών με  $r = 0.399$  έως  $0.774$  για το διάστημα 29/4/2013 έως 15/5/2013 και αρνητικά για τις ημερομηνίες 27/2/2013 ( $r = -0.430$ ) και 14/3/2013 ( $r = -0.416$ ).

### 6.1.3. Βίκος - Φακή

Μελετήθηκε η πιθανότητα διάκρισης των ειδών βίκου και φακής ανεξαρτήτως ποικιλίας με την χρήση μόνο του δείκτη βλάστησης NDVI για κάθε ημερομηνία μέτρησης των τιμών. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα εύρη τιμών και οι μέσες τιμές του NDVI ανά φυτικό είδος και ανά ημερομηνία μέτρησης ενώ η γραφική τους απεικόνιση φαίνεται στο σχήμα 6.8.



Σχήμα 6.8. Πορεία εξέλιξης εύρους τιμών και μέσων τιμών NDVI για όλες τις ποικιλίες του βίκου και της φακής κατά την περίοδο τέλεσης του πειράματος.

Πίνακας 6.13. Εύρος τιμών NDVI και μέσες τιμές NDVI ανά φυτικό είδος και ημερομηνία.

Ημερομηνία	Φυτικά Είδη			
	Βίκος		Φακή	
	Εύρος	Μέση Τιμή	Εύρος	Μέση Τιμή
27-2-2013	0.650-0.748	0.711	0.490-0.639	0.571
6-3-2013	0.668-0.761	0.725	0.544-0.673	0.611
14-3-2013	0.686-0.758	0.732	0.509-0.596	0.563
21-3-2013	0.692-0.753	0.729	0.484-0.571	0.538
28-3-2013	0.694-0.743	0.716	0.567-0.665	0.624
1-4-2013	0.673-0.749	0.719	0.603-0.674	0.645
8-4-2013	0.674-0.722	0.697	0.602-0.682	0.655
15-4-2013	0.649-0.734	0.699	0.633-0.685	0.659
22-4-2013	0.621-0.727	0.684	0.606-0.675	0.643
29-4-2013	0.574-0.683	0.625	0.486-0.637	0.577
5-5-2013	0.436-0.591	0.498	0.342-0.533	0.433
10-5-2013	0.455-0.652	0.514	0.366-0.589	0.457
15-5-2013	0.401-0.454	0.423	0.292-0.415	0.335
21-5-2013	0.395-0.527	0.426	0.326-0.404	0.353

Η διαφορά ανάμεσα στην μέγιστη και στην ελάχιστη τιμή NDVI ανά ημερομηνία κυμάνθηκε από 0.048 έως 0.197 για τις ποικιλίες του βίκου ενώ για τις ποικιλίες της φακής ήταν από 0.052 έως 0.223. Δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ του εύρους τιμών NDVI ανά ημερομηνία και φυτικό είδος.

Πίνακας 6.14. Εύρος τιμών NDVI και μέσες τιμές NDVI ανά φυτικό είδος και στάδιο του βιολογικού κύκλου του φυτικού είδους.

Στάδιο Βιολογικού Κύκλου Φυτικών Ειδών	Φυτικά Είδη			
	Βίκος		Φακή	
	Εύρος	Μέση Τιμή	Εύρος	Μέση Τιμή
Βλάστηση -> Άνθιση	0.650 - 0.761	0.720	0.484 - 0.674	0.597
Άνθιση -> Λοβοί	0.621 - 0.734	0.694	0.525 - 0.685	0.644
Λοβοί -> Ωρίμανση	0.436 - 0.685	0.576	0.320 - 0.675	0.523
Ωρίμανση -> Συγκομιδή	0.395 - 0.652	0.454	0.292 - 0.618	0.400
Πλήρης Βιολογικός Κύκλος	0.395 - 0.761	0.634	0.292 - 0.685	0.548

Η διαφορά ανάμεσα στην μέγιστη και στην ελάχιστη τιμή NDVI ανά στάδιο του βιολογικού κύκλου κυμάνθηκε από 0.032 έως 0.086 για τις ποικιλίες του βίκου ενώ για τις ποικιλίες της φακής ήταν από 0.048 έως 0.256.



## 6.2. Συζήτηση

### 6.2.1. Βίκος

Από το σχήμα 6.1 διαπιστώνεται ότι η πορεία του δείκτη βλάστησης NDVI είναι παραπλήσια για όλες τις ποικιλίες του βίκου. Από το σχήμα φαίνεται ότι ο δείκτης NDVI αρχίζει να μειώνεται στις 23/4/2013. Αυτό συμβαίνει επειδή εκείνη την περίοδο οι ποικιλίες του βίκου βρίσκονται στο στάδιο σχηματισμού των λοβών. Έτσι, αρχίζει η διαδικασία της ωρίμανσης του φυτού, Κατά την διαδικασία αυτή έχουμε το γέμισμα των σπόρων με θρεπτικά στοιχεία από τα μέρη του φυτού. Κατά αυτόν τον τρόπο η ευρωστία των φυτών μειώνεται με αποτέλεσμα το φυτό να μεταχρωματίζεται σταδιακά και αυτό να αποτυπώνεται στον δείκτη βλάστησης NDVI. Από το σχήμα φαίνεται ότι η ποικιλία Αλέξανδρος διατηρεί την ευρωστία του σε υψηλότερο βαθμό από τις άλλες ποικιλίες. Τις ημερομηνίες όμως που παρατηρήθηκε βροχόπτωση κατά την διαδικασία γεμίματος των σπόρων στους λοβούς (9/5/2013, 12/5/2013 και 13/5/2013) παρατηρήθηκε αύξηση του δείκτη βλάστησης NDVI γεγονός που αποδίδεται στην αναβλάστηση των φυτών. Βέβαια, κατά τις βροχοπτώσεις στις 12 και 13/5/2013 η αύξηση της τιμής στον δείκτη βλάστησης NDVI αποτυπώθηκε σε ορισμένες ποικιλίες και κατά την μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 21/5/2013 με την ποικιλία Αλέξανδρος να την εμφανίζει πιο έντονα (βλέπε και Παράρτημα).

Στον πίνακα 6.1 φαίνεται η ομαδοποίηση των τιμών του NDVI των ποικιλιών του βίκου ανά ημερομηνία. Γενικά, δεν παρατηρείται σταθερή κατάταξη στον δείκτη NDVI για καμία ποικιλία βίκου (βλέπε και Παράρτημα). Στις 27/2/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η Απολλωνία με 0.727 και την μικρότερη η ποικιλία Τέμπη με 0.682. Στις 6/3/2013 από την μέτρηση NDVI δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά των τιμών των ποικιλιών του βίκου με αποτέλεσμα να μην μπορεί να γίνει διάκριση σε ομάδες. Σε αυτήν την μέτρηση την υψηλότερη τιμή να έχει ο Εύηνος με 0.740 και την μικρότερη η ποικιλία Λεωνίδα με 0.704. Στις 14/3/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η Απολλωνία με 0.748 και την μικρότερη η ποικιλία Τέμπη με 0.716. Στις 21/3/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με

την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Άζωτος με 0.746 και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 0.707. Στις 28/3/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Άζωτος με 0.734 και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 0.702. Στις 1/4/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Καλλιρόη με 0.740 και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 0.696. Στις 8/4/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Καλλιρόη με 0.718 και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 0.677. Στις 15/4/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Καλλιρόη με 0.728 και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 0.669. Στις 22/4/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Καλλιρόη με 0.713 και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 0.653. Στις 29/4/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Αλέξανδρος με 0.670 και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 0.588. Στις 5/5/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Αλέξανδρος με 0.564 και την μικρότερη η ποικιλία Εύηνος με 0.466. Στις 10/5/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Αλέξανδρος με 0.564 και την μικρότερη η ποικιλία Εύηνος με 0.484. Στις 15/5/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Άζωτος με 0.447 και την μικρότερη η ποικιλία Λεωνίδα με 0.404. Στις 21/5/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Αλέξανδρος με 0.472 και την μικρότερη η ποικιλία Τέμπη με 0.409. Χαρακτηριστικό αυτής της μέτρησης είναι ότι η ποικιλία Αλέξανδρος κατάφερε να διαχωριστεί πλήρως από τις υπόλοιπες ποικιλίες βίκου με την χρήση του δείκτη NDVI. Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτή η σχετική ικανότητα που έχει ο δείκτης NDVI να διακρίνει τις ποικιλίες βίκου στα διάφορα βλαστικά στάδια. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η μέτρηση στις 6/3/2013 όπου δεν μπορούσε να διακριθεί καμία ποικιλία βίκου ούτε να ομαδοποιηθεί σε σχέση με τις υπόλοιπες ενώ η μέτρηση στις 21/5/2013 κατάφερε να διακρίνει την ποικιλία βίκου Αλέξανδρος σε σχέση με τις υπόλοιπες έχοντας το υψηλότερο NDVI.

Από τον πίνακα 6.2 φαίνεται η ομαδοποίηση των τιμών του NDVI των ποικιλιών του βίκου ανά στάδιο ανάπτυξης του βίκου. Από το στάδιο της βλάστησης μέχρι το στάδιο της άνθισης οι ποικιλίες του βίκου χωρίστηκαν σε 3 ομάδες με την Απολλωνία να έχει την υψηλότερη τιμή με 0.736 και οι ποικιλίες Ζέφυρος και Τέμπη να έχουν την μικρότερη τιμή με 0.704. Από το στάδιο της άνθισης μέχρι το στάδιο του σχηματισμού των λοβών οι ποικιλίες του βίκου χωρίστηκαν σε 5 ομάδες με την ποικιλία Καλλιρόη να έχει την υψηλότερη τιμή με 0.720 και η ποικιλία Ζέφυρος να έχει την μικρότερη τιμή με 0.661. Από το στάδιο του σχηματισμού των λοβών μέχρι το στάδιο της έναρξης της ωρίμανσης οι ποικιλίες του βίκου χωρίστηκαν σε 2 ομάδες με την ποικιλία Αλέξανδρος να έχει την υψηλότερη τιμή με 0.636 και η ποικιλία Εύηνος να έχει την μικρότερη τιμή με 0.550. Από το στάδιο της ωρίμανσης μέχρι το στάδιο της συγκομιδής οι ποικιλίες του βίκου χωρίστηκαν σε 2 ομάδες με την ποικιλία Αλέξανδρος να έχει την υψηλότερη τιμή με 0.491 και η ποικιλία Καλλιρόη να έχει την μικρότερη τιμή με 0.441. Για τον πλήρη βιολογικό κύκλο των ποικιλιών του βίκου δεν υπήρξε παραλλακτικότητα μεταξύ τους με αποτέλεσμα να ανήκουν όλες οι ποικιλίες στην ίδια ομάδα. Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτή η σχετική ικανότητα του δείκτη NDVI στον διαχωρισμό των ποικιλιών ανά στάδιο ανάπτυξης στον βίκο και η απουσία αυτής της ικανότητας στο σύνολο του βιολογικού κύκλου του βίκου.

Από το σχήμα 6.2 φαίνεται ότι το ύψος των φυτών των ποικιλιών του βίκου ακολουθεί παρόμοια ανάπτυξη κατά την πορεία βλαστικής ανάπτυξης. Στην ποικιλία Ζέφυρος όμως παρατηρείται μια υστέρηση στην ανάπτυξη κατά την μέτρηση στις 4/4/2013.

Από τον πίνακα 6.3 φαίνεται η ομαδοποίηση των τιμών του ύψους των ποικιλιών του βίκου ανά ημερομηνία. Γενικά, παρατηρήθηκε ότι η ποικιλία Ζέφυρος είχε την μικρότερη βλαστική ανάπτυξη σε όλες τις ημερομηνίες που πραγματοποιήθηκε μέτρηση ύψους (βλέπε και Παράρτημα). Για τις υπόλοιπες ποικιλίες παρατηρήθηκε η ποικιλία Αζωτος να εμφανίζει την δεύτερη μικρότερη βλαστική ανάπτυξη μετά την 22/3/2013 και η ποικιλία Τέμπη να εμφανίζει σταθερά την τρίτη μικρότερη βλαστική ανάπτυξη από τις 4/4/2013. Στις 1/3/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε μία ομάδα με την υψηλότερη τιμή να έχει η Απολλωνία με 21.58 cm και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 18.09 cm. Στις 6/3/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες

με την υψηλότερη τιμή να έχει η Καλλιρόη με 25.50 cm και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 18.92 cm. Στις 15/3/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η Καλλιρόη με 36.08 cm και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 26.58 cm. Στις 22/3/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η Καλλιρόη με 45.92 cm και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 33.09 cm. Στις 29/3/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η Λεωνίδα με 59.83 cm και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 45.42 cm. Στις 4/4/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η Λεωνίδα με 75.00 cm και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 49.17 cm. Σε αυτήν την μέτρηση η ποικιλία Ζέφυρος κατάφερε να μην ομαδοποιηθεί με καμία άλλη ποικιλία όντας η ποικιλία με το χαμηλότερο ύψος με στατιστικώς σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες. Στις 8/4/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η Λεωνίδα με 87.09 cm και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 64.59 cm. Στις 16/4/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η Λεωνίδα με 103.75 cm και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 79.17 cm. Και σε αυτήν την μέτρηση η ποικιλία Ζέφυρος κατάφερε να μην ομαδοποιηθεί με καμία άλλη ποικιλία όντας η ποικιλία με το χαμηλότερο ύψος με στατιστικώς σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες. Στις 22/4/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η Αλέξανδρος με 106.25 cm και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 92.08 cm. Στις 29/4/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η Αλέξανδρος με 108.75 cm και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 92.92 cm. Στις 6/5/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η Απολλωνία με 110.84 cm και την μικρότερη η ποικιλία Ζέφυρος με 97.50 cm. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι την μικρότερη βλαστική ανάπτυξη παρουσίασε η ποικιλία Ζέφυρος κατά την περίοδο των μετρήσεων με χαρακτηριστικές τις μετρήσεις στις 4 και 16/4/2013 όπου το ύψος της διακρίθηκε πλήρως από αυτό των υπολοίπων. Οι άλλες ποικιλίες όμως δεν παρουσίασαν ξεκάθαρη σειρά κατάταξης μεταξύ τους με εξαίρεση τις ποικιλίες Τέμπη και Άζωτος που παρουσίασαν σταθερά μικρή βλαστική ανάπτυξη σε σχέση με τις υπόλοιπες από τις 4/4/2013 και τις 22/3/2013 αντίστοιχα. Άρα, η μέτρηση του

ύψους παρουσιάζει σχετική ικανότητα στην διάκριση των ποικιλιών μεταξύ τους στα διάφορα βλαστικά στάδια.

Από τον πίνακα 6.4 φαίνεται η συσχέτιση μεταξύ των τιμών NDVI και ύψους φυτών των ποικιλιών του βίκου για το διάστημα 1/3/2013 έως 22/4/2013. Από τον πίνακα φαίνεται ότι δεν υπάρχει ισχυρή συσχέτιση των τιμών του NDVI με αυτήν του ύψους. Το εύρος τιμών του  $R^2$  είναι από 0.03 έως 0.64. Μόνο οι ποικιλίες Ζέφυρος και Εύηνος παρουσιάζουν καλή συσχέτιση με  $R^2=0.64$  και  $R^2=0.59$ . Έτσι, ο δείκτης βλάστησης NDVI φαίνεται ότι σε ορισμένες ποικιλίες του βίκου μπορεί να αποτυπώσει την ανάπτυξη των φυτών σε ύψος.

Από τον πίνακα 6.5 φαίνεται ότι οι ποικιλίες του βίκου μπορούν να χωριστούν σε τρεις ομάδες ανάλογα την περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνη με ημερομηνία συγκομιδής στις 5/5/2013. Έτσι, η ποικιλία Άζωτος παρουσιάζει την υψηλότερη συγκέντρωση σε πρωτεΐνη με ποσοστό 16.16% ενώ το χαμηλότερο έχει ο Αλέξανδρος με 13.71%. Στις 10/5/2013 οι ποικιλίες του βίκου μπορούν να χωριστούν σε τρεις ομάδες ανάλογα την περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνη με την ποικιλία Τέμπη να εμφανίζει το υψηλότερο ποσοστό με 16.60% και την ποικιλία Αλέξανδρος το χαμηλότερο με 13.36%. Στις 15/5/2013 οι ποικιλίες του βίκου μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες ανάλογα την περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνη με την ποικιλία Εύηνος να εμφανίζει το υψηλότερο ποσοστό με 14.76% και την ποικιλία Τέμπη το χαμηλότερο με 11.08%. Από τον πίνακα 6.6 εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις του δείκτη βλάστησης NDVI με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Μόνο η περιεκτικότητα της πρωτεΐνης με ημερομηνία κοπής στις 15/5/2013 δεν συσχετίστηκε με καμία μέτρηση του NDVI. Ο δείκτης NDVI παρουσίασε θετικές συσχετίσεις με την περιεκτικότητα της πρωτεΐνης με ημερομηνία κοπής στις 5/5/2013, την απόδοση σε σανό και την απόδοση σε σπόρο ενώ για την πρωιμότητα και την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στις 10/5/2013 παρουσίασε αρνητικές συσχετίσεις.

Οι ποικιλίες του βίκου μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες όσον αφορά την απόδοση τους σε σανό με την ποικιλία Απολλωνία να εμφανίζει την υψηλότερη απόδοση με 556.67 kg / στρ. και την ποικιλία Ζέφυρος την μικρότερη 387 kg/στρ.. Όσον αφορά την απόδοση σε σπόρο οι ποικιλίες του βίκου κατηγοριοποιήθηκαν σε δύο ομάδες. Η ποικιλία Καλλιρόη εμφάνισε την μεγαλύτερη απόδοση με 219.33

kg/στρ. και η ποικιλία Άζωτος την μικρότερη απόδοση με 127.33 kg/στρ. Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται αντιληπτό ότι η απόδοση σε πρωτεΐνη, σανό και σπόρο δεν μπορούν να συνδυαστούν σε μια ποικιλία. Για αυτό σημαντικό ρόλο έχει η επιλογή ποικιλίας βίκου ανάλογα την ανάγκη την οποία προορίζεται να καλύψει. Από τον πίνακα 6.5 εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις του δείκτη βλάστησης NDVI με την απόδοση σε σανό και σπόρο και την πρωιμότητα της άνθισης στον βίκο. Οι συσχετίσεις του NDVI με τα αγροκομικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών του βίκου χαρακτηρίζονται μέτριες με μέγιστη τιμή συσχέτισης την συσχέτιση της απόδοσης σε σανό με την μέτρηση NDVI στις 28/3/2013 ( $r=0.621$ ). Γενικά, ο δείκτης NDVI παρουσίασε διαφορετικό βαθμό συσχέτισης για κάθε αγροκομικό χαρακτηριστικό του βίκου ανά ημερομηνία μέτρησης αλλά και διαφορετική άριστη ημερομηνία μέτρησης για το κάθε αγρονομικό χαρακτηριστικό. Ως αποτέλεσμα, κάθε αγροκομικό χαρακτηριστικό του βίκου θα πρέπει να εξετάζεται διαφορετικά και σε διαφορετική ημερομηνία για την άριστη συσχέτισή του με τον δείκτη NDVI.

Από το σχήμα 6.3 φαίνεται η πορεία της συγκέντρωσης πρωτεΐνης σε κάθε ποικιλία βίκου για τις τρεις διαφορετικές ημερομηνίες συγκομιδής. Από τον σχήμα φαίνεται ότι η κάθε ποικιλία βίκου εμφανίζει σε διαφορετική ημερομηνία την υψηλότερη συγκέντρωση σε πρωτεΐνη. Ο Αλέξανδρος, η Καλλιρόη και ο Άζωτος εμφανίζουν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στις 5/5/2013, ενώ η Απολλωνία, ο Ζέφυρος, τα Τέμπη, ο Λεωνίδα και ο Εύηνος εμφανίζουν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στις 10/5/2013. Χαρακτηριστικό όμως του σχήματος είναι οι ποικιλίες Αλέξανδρος και Εύηνος που παρουσιάζουν σταθερές περιεκτικότητες σε πρωτεΐνη για διάστημα δέκα ημερών προσφέροντας το εμπορικό πλεονέκτημα της μεγάλης περιόδου συγκομιδής του βίκου για σανό.

### **6.2.2. Φακή**

Από το σχήμα 6.4 διαπιστώνεται ότι η πορεία του δείκτη βλάστησης NDVI είναι παραπλήσια για όλες τις ποικιλίες της φακής. Από το σχήμα φαίνεται ότι ο δείκτης NDVI μειώνεται στις 14/3/2013 και στις 21/3/2013. Αυτό αποδίδεται στις βροχές που σημειώθηκαν εκείνη την περίοδο με αποτέλεσμα τα φυτά να στρεσαριστούν. Ο δείκτης NDVI επανέρχεται σε υψηλότερες τιμές στις 28/3/2013. Στις 29/4/2013 ο δείκτης NDVI μειώνεται για τις ποικιλίες LC 3-8, LC 13-11, LC 14-15, LC 5-38 και AL. Για τις ποικιλίες BO, Θεσσαλία, Ικαρία και LC

19-17 ο δείκτης NDVI μειώνεται σημαντικά στις 5/5/2013. Αυτό συμβαίνει γιατί αυτές οι ποικιλίες παρουσιάζουν διαφορετική ημερομηνία σχηματισμού των λοβών με αποτέλεσμα να θεωρούνται πιο όψιμες σε σχέση με τις πρώτες. Έτσι, διατηρούν την ευρωστία τους για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα κάτι που αποτυπώνεται στον δείκτη NDVI . Τις ημερομηνίες όμως που παρατηρήθηκε βροχόπτωση κατά την διαδικασία γεμίσματος των σπόρων στους λοβούς (9/5/2013, 12/5/2013 και 13/5/2013) παρατηρήθηκε αύξηση του δείκτη βλάστησης NDVI γεγονός που αποδίδεται στην αναβλάστηση των φυτών. Βέβαια, κατά τις βροχοπτώσεις στις 12 και 13/5/2013 η αύξηση της τιμής στον δείκτη βλάστησης NDVI αποτυπώθηκε σε όλες τις ποικιλίες κατά την μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 21/5/2013 (βλέπε και Παράρτημα).

Στον πίνακα 6.7 φαίνεται η ομαδοποίηση των τιμών του NDVI των ποικιλιών της φακής ανά ημερομηνία. Γενικά, δεν παρατηρείται σταθερή κατάταξη στον δείκτη NDVI για καμία ποικιλία φακής (βλέπε και Παράρτημα). Στις 27/2/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η LC 14-15 με 0.602 και την μικρότερη η ποικιλία BO με 0.516. Στις 6/3/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει LC 14-15 με 0.637 και την μικρότερη η ποικιλία BO με 0.567. Στις 14/3/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η LC 14-15 με 0.584 και την μικρότερη η ποικιλία BO με 0.519. Στις 21/3/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Ικαρία με 0.568 και την μικρότερη η ποικιλία BO με 0.497. Χαρακτηριστικό αυτής της μέτρησης είναι ότι η ποικιλία BO κατάφερε να παρουσιάσει στατιστικώς σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες έχοντας την μικρότερη τιμή NDVI. Στις 28/3/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Ικαρία με 0.659 και την μικρότερη η ποικιλία BO με 0.590. Στις 1/4/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Ικαρία με 0.672 και την μικρότερη η ποικιλία BO με 0.617. Χαρακτηριστικό αυτής της μέτρησης είναι ότι η ποικιλία BO κατάφερε να παρουσιάσει στατιστικώς σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες έχοντας την μικρότερη τιμή NDVI. Στις 8/4/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία LC 3-8 με 0.670 και την μικρότερη η ποικιλία BO

με 0.628. Στις 15/4/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία LC 3-8 με 0.665 και την μικρότερη η ποικιλία Θεσσαλία με 0.648. Στις 22/4/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία LC 3-8 με 0.665 και την μικρότερη η ποικιλία Θεσσαλία με 0.627. Στις 29/4/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία LC 19-17 με 0.626 και την μικρότερη η ποικιλία LC 13-11 με 0.509. Στις 5/5/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Ικαρία με 0.501 και την μικρότερη η ποικιλία LC 5-38 με 0.383. Στις 10/5/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία BO με 0.545 και την μικρότερη η ποικιλία LC 5-38 με 0.411. Στις 15/5/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία Ικαρία με 0.364 και την μικρότερη η ποικιλία LC 13-11 με 0.312. Στις 21/5/2013 από την μέτρηση NDVI οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ποικιλία BO με 0.383 και την μικρότερη η ποικιλία LC 13-11 με 0.340. Χαρακτηριστικό αυτής της μέτρησης είναι ότι η ποικιλία BO κατάφερε να διαχωριστεί πλήρως από τις υπόλοιπες ποικιλίες βίκου με την χρήση του δείκτη NDVI όντας η ποικιλία με την υψηλότερη τιμή. Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτή η περιορισμένη ικανότητα που έχει ο δείκτης NDVI να διακρίνει τις ποικιλίες φακής ανάλογα την ημερομηνία μέτρησης. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η μέτρηση στις 6/3/2013 όπου δεν μπορούσε να διακριθεί καμία ποικιλία φακής BO σε τρεις ημερομηνίες 21/3/2013, 1/4/2013 και 21/5/2013.

Από τον πίνακα 6.8 φαίνεται η ομαδοποίηση των τιμών του NDVI των ποικιλιών ανά στάδιο ανάπτυξης της φακής. Από το στάδιο της βλάστησης μέχρι το στάδιο της άνθισης οι ποικιλίες της φακής χωρίστηκαν σε 3 ομάδες με την Ικαρία να έχει την υψηλότερη τιμή με 0.626 και την ποικιλία BO να έχει την μικρότερη τιμή με 0.562. Από το στάδιο της άνθισης μέχρι το στάδιο του σχηματισμού των λοβών οι ποικιλίες της φακής χωρίστηκαν σε 3 ομάδες με την ποικιλία AL να έχει την υψηλότερη τιμή με 0.669 και η ποικιλία Θεσσαλία να έχει την μικρότερη τιμή με 0.621. Από το στάδιο του σχηματισμού των λοβών μέχρι το στάδιο της έναρξης της ωρίμανσης οι ποικιλίες της φακής χωρίστηκαν σε 3 ομάδες με την ποικιλία LC 3-8 να έχει την υψηλότερη τιμή με 0.665 και η ποικιλία Θεσσαλία να έχει την μικρότερη



τιμή με 0.409. Από το στάδιο της ωρίμανσης μέχρι το στάδιο της συγκομιδής δεν υπήρξε παραλλακτικότητα μεταξύ των ποικιλιών της φακής με αποτέλεσμα να ανήκουν σε 1 ομάδα. Για τον πλήρη βιολογικό κύκλο των ποικιλιών του βίκου δεν υπήρξε παραλλακτικότητα μεταξύ τους με αποτέλεσμα να ανήκουν όλες οι ποικιλίες στην ίδια ομάδα. Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτή η σχετική ικανότητα του δείκτη NDVI στον διαχωρισμό των ποικιλιών ανά στάδιο ανάπτυξης στον βίκο και η απουσία αυτής της ικανότητας στο σύνολο του βιολογικού κύκλου του βίκου.

Από το σχήμα 6.5 φαίνεται ότι το ύψος των φυτών των ποικιλιών της φακής ακολουθεί παρόμοια ανάπτυξη κατά την πορεία της βλαστικής ανάπτυξης.

Από τον πίνακα 6.9 φαίνεται η ομαδοποίηση των τιμών του ύψους των ποικιλιών της φακής ανά ημερομηνία. Γενικά, παρατηρήθηκε ότι η ποικιλία LC 19-17 είχε την μικρότερη βλαστική ανάπτυξη σε όλες τις ημερομηνίες που πραγματοποιήθηκε μέτρηση ύψους εκτός από τις 29/4/2013 που είχε η LC 14-15 (βλέπε και Παράρτημα). Στις 1/3/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η LC 14-15 με 19.92 cm και την μικρότερη η ποικιλία LC 19-17 με 12.17 cm. Στις 6/3/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η LC 3-8 με 20.17 cm και την μικρότερη η ποικιλία LC 19-17 με 12.83 cm. Στις 15/3/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η LC 5-38 με 28.50 cm και την μικρότερη η ποικιλία LC 19-17 με 16.42 cm. Στις 22/3/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η LC 5-38 με 32.33 cm και την μικρότερη η ποικιλία LC 19-17 με 20.83 cm. Στις 29/3/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε έξι ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η LC 5-38 με 37.33 cm και την μικρότερη η ποικιλία LC 19-17 με 25.08 cm. Σε αυτήν την μέτρηση η ποικιλία LC 19-17 κατάφερε να μην ομαδοποιηθεί με καμία άλλη ποικιλία όντας η ποικιλία με το χαμηλότερο ύψος με στατιστικώς σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες. Στις 4/4/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η LC 5-38 με 42.33 cm και την μικρότερη η ποικιλία LC 19-17 με 31.75 cm. Και σε αυτήν την μέτρηση η ποικιλία LC 19-17 κατάφερε να μην ομαδοποιηθεί με καμία άλλη ποικιλία όντας η ποικιλία με το χαμηλότερο ύψος με στατιστικώς σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες. Στις 8/4/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε

τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η LC 5-38 με 44.08 cm και την μικρότερη η ποικιλία LC 19-17 με 35.50 cm. Στις 16/4/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η LC 5-38 με 48.67 cm και την μικρότερη η ποικιλία LC 19-17 με 40.58 cm. Στις 22/4/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η Ικαρία με 50.00 cm και την μικρότερη η ποικιλία LC 19-17 με 43.92 cm. Στις 29/4/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η ΒΟ με 49.25 cm και την μικρότερη η ποικιλία LC 14-15 με 44.83 cm. Στις 6/5/2013 από την μέτρηση του ύψους οι ποικιλίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με την υψηλότερη τιμή να έχει η Ικαρία με 49.92 cm και την μικρότερη η ποικιλία LC 19-17 με 45.67 cm. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι την μικρότερη βλαστική ανάπτυξη παρουσίασε η ποικιλία LC 19-17 σχεδόν σε όλη την περίοδο των μετρήσεων με χαρακτηριστικές τις μετρήσεις στις 29/3/2013 και 4/4/2013 όπου το ύψος της διακρίθηκε πλήρως από αυτό των υπολοίπων. Οι άλλες ποικιλίες όμως δεν παρουσίασαν ξεκάθαρη σειρά κατάταξης μεταξύ τους με εξαίρεση τις ποικιλίες Τέμπη και Άζωτος που παρουσίασαν σταθερά μικρή βλαστική ανάπτυξη σε σχέση με τις υπόλοιπες από τις 4/4/2013 και τις 22/3/2013 αντίστοιχα. Από τις υπόλοιπες ποικιλίες η ποικιλία Θεσσαλία είχε την δεύτερη μικρότερη βλαστική ανάπτυξη για μεγάλο χρονικό διάστημα ( από 1/3/2013 έως 16/4/2013) ενώ και η ποικιλία LC 5-38 παρουσίασε την μεγαλύτερη βλαστική ανάπτυξη σε σχέση με τις άλλες για σημαντική περίοδο (από 15/3/2013 έως 16/4/2013). Και σε αυτήν την περίπτωση η μέτρηση του ύψους δεν μπορεί να θεωρηθεί ασφαλής μέθοδος για τον διαχωρισμό των ποικιλιών μεταξύ τους.

Από τον πίνακα 6.10 φαίνεται η συσχέτιση μεταξύ των τιμών NDVI και ύψους φυτών των ποικιλιών της φακής για το διάστημα 1/3/2013 έως 22/4/2013. Από τον πίνακα φαίνεται ότι δεν υπάρχει ισχυρή συσχέτιση των τιμών του NDVI με αυτήν του ύψους. Το εύρος τιμών του  $R^2$  είναι από 0.20 έως 0.70. Από τις εννιά ποικιλίες φακής που μελετήθηκαν οι ποικιλίες που παρουσιάζουν συσχέτιση πάνω από  $R^2=0.50$  είναι η LC 3-8 ( $R^2=0.55$ ), η LC 19-17 ( $R^2=0.67$ ), η ΒΟ ( $R^2=0.70$ ) και η ΑΛ ( $R^2=0.65$ ). Έτσι, ο δείκτης βλάστησης NDVI φαίνεται ότι σε ορισμένες ποικιλίες της φακής μπορεί να αποτυπώσει την ανάπτυξη των φυτών σε ύψος σε ικανοποιητικό βαθμό.

Από τον πίνακα 6.11 προκύπτει ότι ο διαχωρισμός των ποικιλιών της φακής σε τρεις κατηγορίες ανάλογα την απόδοση τους. Έτσι, την υψηλότερη απόδοση σε σπόρο ανά στρέμμα έχει η ποικιλία LC 3-8 με 170.42 kg/στρ. ενώ την χαμηλότερη η ποικιλία Ικαρία με 48.83 kg/στρ.. Από τον πίνακα 6.10 φαίνεται η συσχέτιση κατά Pearson των τιμών NDVI με την απόδοση σε σπόρο. Από τον πίνακα προκύπτει ότι υπάρχει σημαντική αρνητική συσχέτιση της απόδοσης σε σπόρο με τις τιμές NDVI για τις ημερομηνίες 29/4/2013, 5/5/2013 και 15/5/2013 με την ισχυρότερη συσχέτιση να εμφανίζεται στις 5/5/2013 ( $r=-0.636$ ).

Από τον πίνακα 6.12 φαίνεται η συσχέτιση κατά Pearson των τιμών NDVI με την πρωιμότητα της άνθισης όπου υπάρχει σημαντική θετική συσχέτιση για την περίοδο από 29/4/2013 έως 15/5/2013 ενώ προκύπτουν και αρνητικές συσχετίσεις στις 27/2/2013 και στις 14/3/2013. Η μεγαλύτερη τιμή συσχέτισης παρατηρήθηκε στις 29/4/2013 με  $r=0.774$ .

Από τα παραπάνω φαίνεται η διαφορετική ικανότητα του δείκτη NDVI να συσχετιστεί με τα αγροκομικά χαρακτηριστικά της φακής αλλά και η διαφορετική απόδοση στην συσχέτιση των αγροκομικών χαρακτηριστικών ανάλογα την ημερομηνία μέτρησης.

### **6.2.3. Βίκος – Φακή**

Στον πίνακα 6.13 παρουσιάζονται τα εύρη των τιμών NDVI και οι μέσες τιμές NDVI των ποικιλιών βίκου και φακής ανάλογα την ημερομηνία μέτρησης. Από τον πίνακα γίνεται αντιληπτό ότι ο βίκος εμφάνισε υψηλότερες μέσες τιμές του δείκτη βλάστησης NDVI σε σχέση με την φακή κατά την περίοδο των μετρήσεων. Αλλά αν υπολογιστεί το εύρος των τιμών που εκφράζει και την παραλλακτικότητα της ευρωστίας των φυτικών ειδών τότε γίνεται αντιληπτό ότι ο δείκτης βλάστησης δεν μπορεί να διακρίνει τα είδη κατά την περίοδο των μετρήσεων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι από τις δεκατέσσερις ημερομηνίες μετρήσεων μόνο σε τέσσερις ημερομηνίες έγινε σαφής διάκριση των δύο φυτικών ειδών. Συγκεκριμένα υπήρξε σαφής διάκριση των δύο ειδών εξαιτίας του εύρους τιμών στις 27/2/2013, στις 14/3/2013, στις 21/3/2013 και στις 28/3/2013. Αυτό οφείλεται στην διαφορετική ευρωστία που παρουσίασαν τα δύο φυτικά είδη εξαιτίας ασθένειας στις ποικιλίες φακής με αποτέλεσμα να μειωθεί η ευρωστία της σε σχέση με τις ποικιλίες του βίκου.

Στον πίνακα 6.14 παρουσιάζονται τα εύρη των τιμών NDVI και οι μέσες τιμές NDVI των ποικιλιών βίκου και φακής ανάλογα τα στάδια της βιολογικής ανάπτυξης των φυτών. Από τον πίνακα γίνεται αντιληπτό ότι ο βίκος εμφάνισε υψηλότερες μέσες τιμές του δείκτη βλάστησης NDVI σε σχέση με την φακή κατά την περίοδο των μετρήσεων. Με αποτέλεσμα αυτές οι τιμές να υποδηλώνουν την ικανότητα του δείκτη NDVI στον διαχωρισμό των φυτικών ειδών βίκου και φακής μεταξύ τους. Αλλά αν υπολογιστεί το εύρος των τιμών που εκφράζει και την παραλλακτικότητα της ευρωστίας των φυτικών ειδών τότε γίνεται αντιληπτό ότι ο δείκτης βλάστησης παρουσιάζει περιορισμένη δυνατότητα στην διάκριση των ειδών. Αυτό φαίνεται στην ικανότητα να διαχωρίζει τα δύο φυτικά είδη στο στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης, στο στάδιο της συγκομιδής αλλά και στην σύγκριση όλου του βιολογικού κύκλου των φυτικών ειδών.

### **6.3. Συμπεράσματα**

- Ο δείκτης NDVI κατάφερε να αποτυπώσει την επίδραση των καιρικών φαινομένων στην ευρωστία των φυτών κατά την διάρκεια των μετρήσεων αλλά και την διαφορετική ευρωστία που παρουσιάζουν οι ποικιλίες μεταξύ τους.
- Ο δείκτης NDVI επηρεάζεται εκτός από την διαφορετική ευρωστία του είδους και της ποικιλίας και από τα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης που βρίσκονται τα φυτά.
- Ο δείκτης NDVI παρουσίασε διαφορετική ικανότητα στην ομαδοποίηση ποικιλιών τόσο στον βίκο όσο και στην φακή ανάλογα το στάδιο του βιολογικού κύκλου που μελετήθηκε.
- Ο δείκτης NDVI δεν μπορεί να ομαδοποιήσει τις ποικιλίες βίκου και φακής όταν υπολογίζεται για όλο τον βιολογικό κύκλο.
- Η διάκριση των ποικιλιών με βάση τον δείκτη NDVI ήταν περιορισμένη τόσο στον βίκο όσο και στην φακή. Έτσι, ο δείκτης NDVI όπως και το ύψος των φυτών υπό προϋποθέσεις μπορεί να χρησιμοποιηθούν για αυτόν τον σκοπό.
- Η διάκριση των ποικιλιών παρουσίασε διαφορετική αποτελεσματικότητα χρονικά τόσο στον βίκο όσο και στην φακή. Σε ελάχιστες περιπτώσεις μπόρεσε να γίνει πλήρης διάκριση μιας ποικιλίας βίκου και μιας ποικιλίας

φακής σε σχέση με τις υπόλοιπες με βάση την μέτρηση NDVI ή την μέτρηση του ύψους.

- Η συσχέτιση των τιμών NDVI και του ύψους των φυτών παρουσιάζει περιορισμένες δυνατότητες. Για την σωστή συσχέτιση είναι απαραίτητος ο καθορισμός των σταδίων.
- Η συσχέτιση μεταξύ του ύψους των φυτών και του NDVI ήταν γενικά υψηλότερη στις ποικιλίες της φακής από τις ποικιλίες του βίκου.
- Τα αγροκομικά χαρακτηριστικά του βίκου εκτός από την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη με ημερομηνία κοπής στις 15/5/2013 συσχετίστηκαν ισχυρά με τον δείκτη βλάστησης NDVI αλλά με διαφορετικό βαθμό συσχέτισης ανάλογα την ημερομηνία των μετρήσεων.
- Οι ποικιλίες του βίκου παρουσίασαν διαφορετικό άριστο χρονικό σημείο συγκομιδής όπως και διαφορετική περίοδο συγκομιδής για την συγκομιδή του με την μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα με τα οποία ο δείκτης NDVI συσχετίστηκε σε διαφορετικό βαθμό.
- Ο δείκτης NDVI εμφάνισε θετική συσχέτιση με την πρωιμότητα της άνθισης και αρνητική με την απόδοση σε σπόρο στην φακή.
- Τα αγροκομικά χαρακτηριστικά της φακής συσχετίστηκαν ισχυρά με τον δείκτη βλάστησης NDVI αλλά με διαφορετικό βαθμό συσχέτισης ανάλογα την ημερομηνία των μετρήσεων.
- Ο βίκος και η φακή παρουσίασαν διαφορετικό βαθμό συσχέτισης NDVI για τα ίδια αγρονομικά χαρακτηριστικά με διαφορετική άριστη ημερομηνία διεξαγωγής μέτρησης.
- Οι μέσες τιμές του δείκτη βλάστησης NDVI για το κάθε φυτικό είδος διέφεραν σημαντικά επιτρέποντας έτσι την διάκριση των δυο φυτικών ειδών μεταξύ τους ανά ημερομηνία, ανά στάδιο ανάπτυξης και για τον πλήρη βιολογικό κύκλο.
- Ο δείκτης βλάστησης NDVI παρουσίασε διαφορετική ικανότητα στην διάκριση των φυτικών ειδών ανάλογα την ημερομηνία μέτρησης και το στάδιο του βιολογικού κύκλου που βρίσκεται το κάθε φυτικό είδος. Αυτό δηλώνει την διαφορετική ευρωστία των φυτών που επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες αλλά και από τα διαφορετικά φαινολογικά στάδια.

Γενικά, η παρούσα μελέτη δείχνει την περιορισμένη ικανότητα του δείκτη βλάστησης NDVI να διαχωρίσει τις ποικιλίες βίκου και φακής καθώς και τα ίδια φυτικά είδη μεταξύ τους ενώ συμφωνεί με τους Μαυρομάτη κ.α. (2012) που βρήκαν αντίστοιχη συσχέτιση των αγρονομικών χαρακτηριστικών της φακής. Οι ίδιοι αναφέρουν ότι κατάφεραν να διαχωρίσουν τις ποικιλίες βίκου και φακής αλλά και τα φυτικά είδη με την χρήση πολυφασματικού ραδιόμετρου. Ο δείκτης βλάστησης NDVI όμως παρουσίασε ικανοποιητικά αποτελέσματα στην ομαδοποίηση των ποικιλιών με βάση την ευρωστία τους αλλά χρειάζεται περισσότερη έρευνα για την περαιτέρω αξιοποίησή του σε προγράμματα βελτίωσης φυτών. Τέλος, η παρούσα μελέτη επιβεβαιώνει τους Araus and Cairns (2014) που αναφέρουν ότι οι μετρήσεις της φαινοτυπικής αποτύπωσης θα πρέπει να γίνονται την σωστή χρονική στιγμή για το κάθε χαρακτηριστικό που μελετάται γιατί διαφορετικά μπορεί να είναι μη πρακτικό ή ακόμη και να επηρεάσει αρνητικά την μελέτη του.

## 7. Βιβλιογραφία

### 7.1. Ελληνική Βιβλιογραφία

Βασιλάκου, Μ.. 2011. Ανάπτυξη γενεαλογίας με στόχο τη βελτίωση ποικιλιών φακής για ανθεκτικότητα στο *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* και εντοπισμός μοριακών δεικτών στενά συνδεδεμένων με την ανθεκτικότητα. *Μεταπτυχιακή Διατριβή*, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 93 σελ.

Βλάχου, Δ.. 2010. Καλλιέργεια Φακής Εγκλουβής Λευκάδας. *Πτυχιακή Εργασία*, Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ιονίων Νήσων, Αργοστόλι, 50 σελ.

Ζιώγας, Β. 2013. Η καλλιέργεια του βίκου στην Ελλάδα. *Πτυχιακή Εργασία*, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 48 σελ.

Θανασουλόπουλος, Κ..1995.*Μυκητολογικές ασθένειες φυτών μεγάλης καλλιέργειας*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 220 σελ.

Μαυρομάτης, Α., Βλαχοστέργιος, Δ., Φουντάς, Σ., Συκκάς, Δ., Καραθανάση, Β., και Θ. Γέμτος. 2012. Συνδυαστική μέθοδος φαινοτυπικής αποτύπωσης και αξιολόγησης σε ποικιλίες βίκου και φακής. *Περίληψεις 14<sup>ο</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρίας Γενετικής Βελτίωσης Φυτών*, 10-12 Οκτωβρίου 2012, Θεσσαλονίκη, Σελ. 11.

Παπακώστα-Τασοπούλου, Δ.. 2005. *Ειδική γεωργία 1: Ψυχανθή (Καρποδοτικά – Χορτοδοτικά)*, τεύχος Β΄, Εκδοτικός Οίκος Σύγχρονη Παιδεία (Σταμούλης), Θεσσαλονίκη, 358 σελ.

Σταμόπουλος, Δ.. 1999. Έντομα αποθηκών μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 254 σελ.

Σταμπούλης, Ι. 2010. Επίδραση χρόνου απομάκρυνσης ζιζανίων στην καλλιέργεια βίκου για σποροπαραγωγή. *Πτυχιακή Εργασία*, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 29 σελ.

## 7.2. Ξένη Βιβλιογραφία

Abbeddou, S., Rihawi, S., Hess, H.D., Iniguez, L., Mayer, A.C., and M. Kreuzer. 2011. Nutritional composition of lentil straw, vetch hay, olive leaves, and saltbush leaves and their digestibility as measured in fat-tailed sheep. *Small Ruminant Research*, 96:126-135.

Abdel, C. G., and I. M. T. Al-Rawi. 2011. Common vetch *Vicia sativa L.* response to gibberellic acid application (GA<sub>3</sub>), supplementary irrigation and its water stress critical stages. *International Journal of Biosciences*, 1(3):29-38.

Albayrak, S., Sevimay, C.S., and S. Cocu. 2006. Effect of *Rhizobium* inoculation on forage and seed yield and yield components of common vetch (*Vicia sativa L.*) under rainfed conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 56:235-240.

Altikat S. and A. Celik. 2011. The effects of tillage and intra-row compaction on seedbed properties and red lentil emergence under dry land conditions. *Soil and Tillage Research*, 114:1-8.

Altikat, S., Celik, A., and Z. Gozubuyuk. 2013. Effects of various no-till seeders and stubble conditions on sowing performance and seed emergence of common vetch. *Soil and Tillage Research*, 126:72-77.

Alzueta, C., Caballero, R., Rebole, A., Trevino, J., and A. Gil. 2001. Crude protein fractions in common vetch (*Vicia sativa L.*) fresh forage during pod filling. *Journal of Animal Science*, 79:2449-2455.

Amarowicz, R.. 2011. Common Vetch (*Vicia sativum*) Seeds as a Source of Bioactive Compounds. In: Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention, 369-375. (Eds Preedy et al.), Elsevier, USA.

Andrade-Sanchez, P., Gore, M.A., Heun, J.T., Thorp, K.R., Carmo-Silva, A.E., French, A.N., Salvucci, M.E. and J.W. White. 2014. Development and evaluation of a field-based high-throughput phenotyping platform. *Functional Plant Biology*, 41:68-79.



- Andre, F., van Leeuwen, C., Saussez, S., van Durmen, R., Bogaert, P., Moghadas, D., de Resseguier, L., Delvaux, B., Verreken, H. and S. Lambot. 2012. High-resolution imaging of a vineyard in south of France using ground-penetrating radar, electromagnetic induction and electrical resistivity tomography. *Journal of Applied Geophysics*, 78:113-122.
- Andrews, M. and B. A. McKenzie. 2007. Adaptation and Ecology. In: *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*, 23-32. (Eds Yadav et al.), Springer, Netherlands.
- Anonymous, 2006. Harvesting. In: *Grain Legume Handbook*, 9:1-24, Grains Research and Development Corporation, Australia (<http://www.grdc.com.au/uploads/documents/9%20Harvesting.pdf> @ 6/4/2014)
- Araus, J.L., and J.E. Cairns. 2014. Field high-throughput phenotyping: the new crop breeding frontier. *Trends in Plant Science*, 19(1):52-61.
- Aydogdu, L. and E. Agikgoz. 1995. Effect of Seeding Rate on Seed and Hay Yield in Common Vetch (*Vicia sativa L.*). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 174:181-187.
- Balabanli, C. and N. Akkeçili. 2006. Nitrogen and Phosphorus Fertilization Effects on Yield Responses of Some Vetch Species. *Journal of Biological Sciences*, 6(1):76-81.
- Benavente, E., Garcia-Toledano, L., Carrillo, J.M. and M. Quemada. 2013. Thermographic imaging: assessment of drought and heat tolerance in Spanish germplasm of *Brachypodium distachyon*. *Procedia Environmental Sciences*, 19:262-266.
- Bernardo, R. 2002. *Breeding for quantitative traits*, Stemma Press, Minneapolis, 400p.
- Berni, J.A., Zarco-Tejada, P.J., Suarez, L. and E. Fereres. 2009. Thermal and Narrowband Multispectral Remote Sensing for Vegetation Monitoring From an Unmanned Aerial Vehicle. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(3):722-738.
- Biggs, J. 2009. Green Revolution. *International Encyclopedia of Human Geography*, 634-638.

- Bishaw, Z., Niane, A.A. and Y. Gan. 2007. Quality Seed Production. In: *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*, 349-384. (Eds Yadav et al.), Springer, Netherlands.
- Brand, J., Yaduraju, N. T., Shivakumar, B. G., and L. McMurray. Weed Management. In: *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*, 159-172. (Eds Yadav et al.), Springer, Netherlands.
- Bugg, R. L. 1991. Cover crops and control of arthropod pests of agriculture. *Cover Crops for Clean Water. Soil and Water Conservation Society*. Ankeny, Iowa, 157-163.
- Busemeyer, L., Mentrup, D., Moller, K., Wunder, E., Alheit, K., Hahn, V., Maurer, H. P., Reif, J.C., Wurschum, T., Muller, J., Rabe, F. and A. Ruckelshausen. 2013. BreedVision – A multi-Sensor Platform for Non-Destructive Field-Based Phenotyping in Plant Breeding. *Sensors*, 13:2830-2847.
- Busemeyer, L., Mentrup, D., Moller, K., Wunder, E., Alheit, K., Hahn, V., Maurer, H.P., Reif, J.C., Wurschum, T., Muller, J. Rahe, F. and Ruckelshausen, A. 2013. BreedVision – A Multi-Sensor Platform for Non-Destructive Field-Based Phenotyping in Plant Breeding. *Sensors*, 13:2830-2847.
- Cabrera-Bosquet, L., Crossa, J., von Zitzewitz, J., Serret, M.D., and J.L., Araus. 2012. High-throughput Phenotyping and Genomic Selection: The Frontiers of Crop Breeding Converge. *Journal of Integrative Plant Biology*, 54(5):312-320.
- Calderon, R., Navas-Cortes, J.A., Lucena, C. and P.J. Zarco-Tejada. 2013. High-resolution airborne hyperspectral and thermal imagery for detection of Verticillium wilt of olive using fluorescence, temperature and narrow-band spectral indices. *Remote Sensing of Environment*, 139:231-245.
- Campiglia, E., Caporali, F., Radicetti, E., and R. Mancinelli. 2010. Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) cover crop residue management for improving weed control and yield in no-tillage tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) production. *European Journal of Agronomy*, 33:94-102.
- Cerovic, Z.G., Samson, G., Morales, F., Tremblay, N. and I. Moya. 1999. Ultraviolet-induced fluorescence for plant monitoring: present state and prospects. *Agronomie*, 19:543-578.

- Chene, Y., Rousseau, D., Lucidarme, P., Bertheloot, J., Caffier, V., Morel, P., Belin, E. and F. Chapeau-Blondeau. 2012. On the use of depth camera for 3D phenotyping of entire plants. *Computers and Electronics in Agriculture*, 82:122-127.
- Christen, D., Schonmann, S., Jermini, M., Strasser, R.J. and g. Defago. 2007. Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress responses to esca disease by *in situ* chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 2007, 60(3):504-514.
- Cokkizgin, A. and M. J. Y. Shtaya. 2013. Lentil: Origin, Cultivation Techniques, Utilization and Advances in Transformation. *Agricultural Science*, 1(1):55-62.
- Cox, S. 2009. Crop domestication and the first plant breeders. In: *Plant breeding and farmer participation*, 1-26 (Eds. Ceccarelli et al.), FAO.
- de Dorlodot, S., Forster, B., Pages, L., Price, A., Tuberosa, R. and X. Draye. 2007. Root system architecture: opportunities and constraints for genetic improvement of crops. *Trends in Plant Science*, 12(10):474-481.
- Deery, D., Jimenez-Berni, J., Jones, H., Sirault, X. and R. Furbank. 2014. Proximal Remote Sensing Buggies and Potential Applications for Field-Based Phenotyping. *Agronomy*, 5:349-379.
- Dhima. K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakogloy, I. B., and C.A. Dordas. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research*, 100:249-256.
- Enneking, D., and M. Tate. 2006. Global vetch production. *Grain Legumes*, 47:14-15.
- Erdle, K., Mistele, B. and U. Schmidhalter. 2011. Comparison of active and passive spectral sensors in discriminating biomass parameters and nitrogen status in wheat cultivars. *Field Crops Research*, 124. 74-84.
- Escola, A., Planas, S., Rosell, J.R., Pomar, J., Camp, F., Solanelles, F., Gracia, F., Llorens, J. and E. Gil. 2011. Performance of an Ultrasonic Ranging Sensor in Apple Tree Canopies. *Sensors*, 11:2459-2477.

- Fanourakis, D., Briese, C., Max, J.F.J., Kleinen, S., Putz, A., Fiorani, F., Ulbrich, A., and U. Schurr. 2014. Rapid determination of leaf area and plant height by using light curtain arrays in four species with contrasting shoot architecture. *Plant Methods*, 10:9.
- Feng, W., Yao, X., Zhu, Y., Tian, Y.C. and W.X. Cao. 2008. Monitoring leaf nitrogen status with hyperspectral reflectance in wheat. *European Journal of Agronomy*, 28:394-404.
- Firincioglu, H. K., Unal, S., Erbehtas, E. and L. Dogruyol. 2010. Relationships between seed yield and yield components in common vetch (*Vicia sativa spp. sativa*) populations sown in spring and autumn in central Turkey. *Field Crops Research*, 116:30-37.
- Firincioglu, H.K., Erbehtas, E., Dogruyol, L., Unal, S., and O. Mentis. 2009. Enhanced winter hardiness in common vetch (*Vicia sativa L.*) for autumn-sowing in the central highlands of Turkey. *Journal of Central European Agriculture*, 10(3):271-282.
- Fratini, R., Pérez de la Vega, M. and J. I. Cubero. 2011. Lentil origin and domestication. *Grain Legumes*, 56:5-9.
- Furbank, R.T. and M. Tester. 2011. Phenomics – technologies to relieve the phenotyping bottleneck. *Trends in Plant Science*, 16(12):635-644.
- Ghorbani, A., Mossivand, A.M. and A.E. Ouri. 2012. Utility of the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) for land/canopy cover mapping in Khalkhal County (Iran). *Annals of Biological Research*, 3(12):5494-5503.
- Ghozlen, N.B., Cerovic, Z.G., Germain, C., Toutain, S. and G. Latouche. 2010. Non-Destructive Optical Monitoring of Grape Maturation by Proximal Sensing. *Sensors*, 10:10040-10068.
- Gul, I., Yildirim, M., Akinci, C., Doran, I. and H. Kilic. 2008. Response of Silage Maize (*Zea mays L.*) to Nitrogen Fertilizer after Different Crops in a Semi Arid Environment. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32:513-520.

- Gurmani, Z.A., Qamar, M., Shafeeq, S. and M. S. Zahid. 2006. Effect of phosphorus fertilizer application on fodder and grain yield of vetch under rainfed conditions of Pothohar region. *Pakistanian Journal of Agricultural Science*, 43(1-2):17-20.
- Hallauer, A. R. 2011. Evolution of plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 11:197-206.
- Hosoi, F. and K. Omasa. 2009. Estimating vertical plant area density profile and growth parameters of a wheat canopy at different growth stages using three-dimensional portable lidar imaging. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64:151-158.
- Hosoi, F. and K. Omasa. 2012. Estimation of vertical plant area density profiles in a rice at different growth stages by high-resolution portable scanning lidar with a lightweight mirror. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 74:11-19.
- Kaplan, M., Uzun, S., and K. Kokten. 2014. Effects of harvest time on hay yield and quality of different bitter vetch (*Vicia ervilia* L.) lines. *Legume Research*, 37(2):188-194.
- Kolukisaoglu, U. and K. Thurow. 2010. Future and frontiers of automated screening in plant sciences. *Plant Science*, 178:476-484.
- Kumar, S., Singh, R. G., Piggin, C., Haddad, A., Ahmed, S. and R. Kumar. 2011. No-till lentil: An option for profitable harvest in dry areas. *Grain Legumes*, 57:39-42.
- Larbi, A., Abd El-Moneim, A.M., Nakkoul, H., Jammal, B., and S. Hassan. 2011. Intra-species variations in yield and quality determinants in *Vicia* species: 3. Common vetch (*Vicia sativa* spp. *sativa* L.). *Animal Feed Science and Technology*, 164:241-251.
- Lauk, R. and E. Lauk. 2009. Dual intercropping of common vetch and wheat or oats, effects on yields and interspecific competition. *Agronomy Research*, 7(1):21-32.
- Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A. and M.D. Yiakoulaki. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*, 99:106-113.

- Liu, C., Liu, W., Lu, X., Ma, F., Chen, W., Yang, J. and L. Zheng. 2014. Application of Multispectral Imaging to Determine Quality Attributes and Ripeness Stage in Strawberry Fruit. *PLOS ONE*, 9(2):e87818.
- Liu, Z., Liu, P., Luo, D., Liu, W., and Y. Wang, 2014. Exploiting Illumina Sequencing for the Development of 95 Novel Polymorphic EST-SSR Markers in Common Vetch (*Vicia sativa subsp. sativa*). *Molecules*, 19: 5777-5789.
- Mansourifar, M..2013. Effect of harvest methods and grain moisture content on grain quality and losses in vetch harvest. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(14):1560-1562.
- Martin-Rueda, I., Munoz-Guerra, L.M., Yunta, F., Esteban, E., Tenorio, J.L., and J.J. Lucena. 2007. Tillage and crop rotation effects on barley yield and soil nutrients on a Calcicortidic Haploxeralf. *Soil and Tillage Research*, 92:1-9.
- McKenzie, B.A., Andrews, M. and G.D. Hill. 2007. Nutrient and Irrigation Management. In: *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*, 145-158. (Eds Yadav et al.), Springer, Netherlands.
- McNeil, D. L. and M. Materne. 2007. Rhizobium Management and Nitrogen Fixation. In: *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*, 127-143. (Eds Yadav et al.), Springer, Netherlands.
- Mihailovic, V., Mikic, A., Cupina, B., Krstic, D., Antanasovic, S., Eric, P. and S. Vasiljevic. 2011. Use of lentil for forage and green manure. *Grain Legumes*, 57:56.
- Mikic, A.. 2012. Origin of the Words Denoting Some of the Most Ancient Old World Pulse Crops and Their Diversity in Modern European Languages. *PLoS ONE* 7(9):e44512. doi:10.1371/journal.pone.0044512.
- Mohseni Mohammadjanloo, A., Gholipouri, A., Tobeh, A. and H. Mostafeai. 2009. Study of effects of different levels of Nitrogen and Potassium on yield and yield components of rain-fed Lentil. *Plant Ecophysiology*, 2:91-94.
- Montes, J.M., Techow, F., Dhillon, B.S., Mauch, F. and A.E. Melchinger. 2011. High-throuput non-destructive biomass determination during early plant development in maize under field conditions. *Field Crops Research*, 121:268-273.

- Moosavi, S. G., Seghatoleslami, M. J. and M. R. Delarami. 2014. Effect of Sowing Date and Plant Density on Yield and Yield Components of Lentil (*Lens culinaris* cv. Sistan). *Annual Research and Review in Biology*, 4(1): 296-305.
- Muelhbauer, F. and A. Sarker. 2011. Tannin free lentils: A promising development in specialty use and increased value. *Grain Legumes*, 57:27-28.
- Mylona, P., Pawlowski, K. and T. Bisseling. 1995. Symbiotic Nitrogen Fixation. *The Plant Cell*, 7:869-885.
- Nakarmi, A.D. and L. Tang. 2012. Automatic inter-plant spacing sensing at early growth stages using a 3D vision sensor. *Computers and Electronics in Agriculture*, 82:23-31.
- Ozberk, I., Ath, A., Ozberk, F. and A. Yucel. 2006. The effect of lygus bugs (*Exolygus pratensis* L.) on marketing price of red lentil in Anatolia, Turkey. *Crop Protection*, 25:1227-1230.
- Ozpinar, S., and H. Baytekin. 2006. Effects of tillage on biomass, roots, N-accumulation of vetch (*Vicia sativa* L.) on a clay loam soil in semi-arid conditions. *Field Crops Research*, 96:235-242.
- Parveen, K. and M. S. U. Bhuiya. 2010. Effect of method of sowing and seed rate on the yield components of lentil. *Journal of Agroforestry and Enviroment*, 4 (1):155-157.
- Paulus, S., Schumann, H., Kuhlmann, H., and J. Leon. 2014. High-precision laser scanning system for capturing 3D plant architecture and analyzing growth of cereal plants. *Biosystems Engineering*, 121:1-11.
- Pingali, P. 2012. Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *PNAS*, 109(31): 12302-12308.
- Poehlman, J.M., and D.A. Sleper. 1995. *Breeding field crops*, Iowa State University Press, Ames, 417p.
- Postma, J.A., Schurr, U. and F. Fiorani. 2014. Dynamic root growth and architecture responses to limiting nutrient availability: linking physiological models and experimentation. *Biotechnology Advances*, 32:53-65.

Ramirez, D.A., Yactayo, W., Gutierrez, R., Mares, V., De Mendiburu, F., Posadas, A. and R. Quiroz. 2014. Chlorophyll concentration in leaves is an indicator of potato tuber yield in water-shortage conditions. *Scientia Horticulturae*, 168:202-209.

Rochester, I. and M. Peoples. 2005. Growing vetches (*Vicia villosa* Roth) in irrigated cotton systems: inputs of fixed N, N fertilizer savings and cotton productivity. *Plant and Soil*, 271:251-264.

Roscher, R., Herzog, K., Kunkel, A., Kicherer, A., Topfer, R. and W. Forstner. Automated image analysis framework for high-throughput determination of grapevine berry sizes using conditional random fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 100:148-158.

Rosell, J.R., Llorens, J., Sanz, R., Arno, J., Ribes-Dasi, M., Masip, J., Escola, A., Camp, F., Solanelles, F., Gracia, F., Gil, E., Val, L., Planas, S. and J. Palacin. 2009. Obtaining the three-dimensional structure of tree orchards from remote 2D terrestrial LIDAR scanning. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149:1505-1515.

Ruckelshausen, A., Biber, P., Dorna, M., Gremmes, H., Klose, R., Linz, A., Rahe, R., Resch, R., Thiel, M., Trautz, D. and U. Weiss. 2009. BoniRob: an autonomous field robot platform for individual plant phenotyping. *Precision Agriculture 2009*, 841-847.

Salmeron, M., Isla, R., and J. Cavero. 2011. Effect of winter cover crop species and planting methods on maize yield and N availability under irrigated Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 123:89-99.

Samarah, N. H. and K. Ereijef. 2009. Chemical Composition and Mineral Content of Common Vetch Seeds during Maturation. *Journal of Plant Nutrition*, 32:177-186.

Sekhon, H.S., Singh, G. and H. Ram. 2007. Lentil-Based Cropping Systems. In: *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*, 107-126. (Eds Yadav et al.), Springer, Netherlands.

Serbin, G. and D. Or. 2005. Ground-penetrating radar measurement of crop and surface water content dynamics. *Remote Sensing of Environment*, 96(1):119-134.

Siddique, K. H. M. and S. P. Loss. 1999. Studies on Sowing Depth for Chickpea (*Cicer Arietinum* L.), Faba Bean (*Vicia faba* L.) and Lentil (*Lens Culinaris* Medik) in



a Mediterranean-type Environment of South-western Australia. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 182:105-112.

Stevenson, P. C., Dhillon, M.K., Sharma, H.C. and M. El Bouhssini, 2007. Insect Pests of Lentil and Their Management. In: *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*, 331-348. (Eds Yadav et al.), Springer, Netherlands.

Stoskopf, N.C., Tomes, D.T., and B.R. Christie. 1993. *Plant breeding: theory and practice*, Westview Press, Boulder, 300p.

Tanveer, A., Nadeem, M. A., Javaid, M. M., Aziz, A., Abbas, R. N. and A. Ali. 2010. Comparison of emergence of wheat, barley, oat, and their associated weeds at different burial depths. *Herbologia*, 11(1):11-19.

Taylor, P., Lindbeck, K., Chen, W. and R. Ford. 2007. Lentil Diseases. In: *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*, 291-314. (Eds Yadav et al.), Springer, Netherlands.

Tenopala, J., Gonzalez, F. J., and E. de la Barrera. 2012. Physiological responses of the green manure, *Vicia sativa*, to drought. *Botanical Sciences*, 3(90):305-311.

Thavarajah, D. and P. Thavarajah. 2011. Lentil (*Lens culinaris*) as a biofortified crop with essential micronutrients: A food-based solution to micronutrient malnutrition. *Grain Legumes*, 57:29-31.

Thenkabail, P.S. 2010. Global Cropland and their Importance for Water and Food Security in the Twenty-first Century: Towards an Ever Green Revolution that Combines a Second Green Revolution with a Blue Revolution. *Remote Sensing*, 2:2305-2312.

Thoren, D., Thoren, P. and U. Schmidhalter. 2010. Influence of ambient light and temperature on laser-induced chlorophyll fluorescence measurements. *European Journal of Agronomy*, 32(2):169-176.

Thorp, K.R. and D.A. Dierig. 2011. Color image segmentation approach to monitor flowerinf in lesquerella. *Industrial Crops and Products*, 34:1150-1159.

Turk, M. A., Tawaha, A. M. and M. K . J. El-Shatnawi. 2003. Response of Lentil (*Lens culinaris* Medik) to Plant Density, Sowing Date, Phosphorus Fertilization and

Ethephon Application in the Absence of Moisture Stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 189: 1-6.

Urbano, G., Porres, J. M., Frias, J. and C. Vidal – Valverde. 2007. Nutritional Value. In: *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*, 47-93. (Eds Yadav et al.), Springer, Netherlands.

Vandenberg, B. 2011. Lentils – the little seeds with the big impact on human health. *Grain Legumes*, 57:25-26.

Verdu, S., Ivorra, E., Sanchez, A.J., Giron, J., Barat, J.M. and R. Grau. 2013. Comparison of TOF and SL techniques for in-line measurement of food item volume using animal and vegetable tissues. *Food Control*, 33:221-226.

Vlahostergios, D.N., Lithourgidis, A.S., and D. Roupakias. 2011a. Effectiveness of Single-Plant Selection at Low Density under Organic Environment: A field Study with Lentil. *Crop Science*, 51:41-51.

Vlahostergios, D.N., Lithourgidis, A.S., Dordas, S.A., and D. Baxevanos. 2011b. Advantages of Mixing Common Vetch Cultivars Developed from Conventional Breeding Programs when Grown under Low-Input Farming System. *Crop Science*, 51:1274-1281.

Vollmann, J., Walter, H., Sato, T. and P. Schweiger. 2011. Digital image analysis and chlorophyll metering for phenotyping the effects of nodulation in soybean. *Computers and Electronics in Agriculture*, 75:190-195.

Wang, W. and C. Li. 2014. Size estimation of sweet onions using consumer-grade RGB-depth sensor. *Journal of Food Engineering*, 142:153-162.

White, J.W., Andrade-Sanchez, P., Gore, M. A., Bronson, K. F., Coffelt, T. A., Conley, M.M., Feldmann, K.A., French, A.N., Heun, J.T., Hunsaker, D.J., Jenks, M.A., Kimball, B.A., Roth, R.L., Strand, R.J., Thorp, K.R., Wall, G.W., and G. Wang. 2012. Field-based phenomics for plant genetics research. *Field Crops Research*, 133:101-112.

Wikipedia.

<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BD%CF%83%CE%AF%CF%81%CF%89%CF%83%CE%B7>

Wyss, E., van Bueren, E.-L., Hulscher, M., and M. Haring. 2001. An Evaluation for Organic Plant Breeding. *Plant Breeding Techniques*, 2(1):1-24.

Yadav, S. S., Stevenson, P. C., Rizvi, A. H., Manohar M., Gailing, S., and G. Mateljan. 2007. Uses and Consumption. In: *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*, 33-46. (Eds Yadav et al.), Springer, Netherlands.

Yau, S.K., Bounejmate, M., Ryan, J., Baalbaki, R., Nassar, A., and R. Maacaroun. 2003. Barley-legumes rotations for semi-arid areas of Lebanon. *European Journal of Agronomy*, 19(4):599-610.

Zarco-Tejada, P.J., Gonzales-Dugo, V., Williams, L.E., Suarez, L., Berni, J.A.J., Goldhamer, D. and E. Fereres. 2013b. A PRI-based water stress index combining structural and chlorophyll effects: Assessment using diurnal narrow-band airborne imagery and the CSWI thermal index. *Remote Sensing of Environment*, 138:38-50.

Zarco-Tejada, P.J., Guillen-Climent, M.I., Hernandez-Clemente, R., Catalina, A., Gonzalez, M.R. and P. Martin. 2013a. Estimating leaf carotenoid content in vineyards using high resolution hyperspectral imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV). *Agricultural and Forest Meteorology*, 171-172:281-294.

Zecha, C.W., Link, J. and Claupein, W. 2013. Mobile sensor platforms: categorisation and research applications in precision farming. *Journal of Sensors and Sensor Systems*, 2:51-72.

Zhu, J., Ingram, P.A., Benfey, P.N. and T. Elich. 2011. From lab to field, new approaches to phenotyping root system architecture. *Current Opinion in Plant Biology*, 14:310-317.

Zia, S., Romano, G., Spreer, W., Sanchez, C., Cairns, J., Araus, J.L. and J. Muller. 2013. Infrared Thermal Imaging as a Rapid Tool for Identifying Water-Stress Tolerant Maize Genotypes of Different Phenology. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199:75-84.

## 8. Παράρτημα

### 8.1. Βίκος

Πίνακας 8.1 .Περιγραφικά στατιστικά ποικιλιών βίκου για τις μετρήσεις του πειράματος.

	Ποικιλίες Βίκου								
	Αλέξανδρος	Καλλιρόη	Απολλωνία	Άζωτος	Ζέφυρος	Τέμπη	Λεωνίδα	Εύηνος	
NDVI 27/2/2013	Mean	.725	.721	.727	.719	.699	.682	.695	.720
	Maximum	.742	.724	.748	.726	.710	.700	.716	.738
	Minimum	.708	.717	.709	.705	.682	.650	.676	.697
	Standard Deviation	.017	.004	.020	.012	.015	.028	.020	.021
	CV(%)	2%	1%	3%	2%	2%	4%	3%	3%
NDVI 6/3/2013	Mean	.734	.720	.732	.727	.729	.714	.704	.740
	Maximum	.761	.753	.738	.748	.751	.727	.726	.755
	Minimum	.697	.688	.727	.698	.697	.700	.668	.726
	Standard Deviation	.033	.033	.006	.026	.028	.014	.031	.015
	CV(%)	5%	5%	1%	4%	4%	2%	4%	2%
NDVI 14/3/2013	Mean	.743	.737	.748	.742	.716	.716	.718	.736
	Maximum	.749	.752	.758	.755	.717	.736	.736	.752
	Minimum	.738	.726	.735	.731	.715	.686	.708	.723
	Standard Deviation	.006	.013	.012	.012	.001	.026	.016	.015
	CV(%)	1%	2%	2%	2%	0%	4%	2%	2%
NDVI 21/3/2013	Mean	.736	.739	.741	.746	.707	.719	.718	.727
	Maximum	.744	.749	.749	.753	.715	.736	.735	.735
	Minimum	.730	.724	.729	.739	.692	.699	.701	.720
	Standard Deviation	.007	.013	.010	.007	.013	.019	.017	.008
	CV(%)	1%	2%	1%	1%	2%	3%	2%	1%
NDVI 28/3/2013	Mean	.714	.729	.731	.734	.702	.702	.708	.710
	Maximum	.719	.734	.734	.743	.708	.708	.720	.721
	Minimum	.709	.721	.730	.728	.698	.694	.701	.696
	Standard Deviation	.005	.007	.002	.008	.005	.007	.010	.013
	CV(%)	1%	1%	0%	1%	1%	1%	1%	2%

NDVI 1/4/2013	Mean	.719	.740	.736	.729	.696	.709	.717	.707
	Maximum	.729	.747	.745	.749	.707	.713	.721	.718
	Minimum	.711	.736	.728	.717	.673	.707	.710	.693
	Standard Deviation	.009	.006	.009	.018	.020	.003	.006	.013
	CV(%)	1%	1%	1%	2%	3%	0%	1%	2%
NDVI 8/4/2013	Mean	.697	.718	.709	.703	.677	.684	.696	.692
	Maximum	.709	.721	.720	.722	.680	.690	.709	.698
	Minimum	.682	.715	.695	.676	.674	.676	.686	.685
	Standard Deviation	.014	.003	.013	.024	.003	.007	.012	.007
	CV(%)	2%	0%	2%	3%	0%	1%	2%	1%
NDVI 15/4/2013	Mean	.712	.728	.718	.704	.669	.682	.697	.678
	Maximum	.731	.734	.731	.710	.681	.710	.722	.701
	Minimum	.691	.720	.710	.693	.661	.661	.678	.649
	Standard Deviation	.020	.007	.011	.009	.011	.025	.023	.027
	CV(%)	3%	1%	2%	1%	2%	4%	3%	4%
NDVI 22/4/2013	Mean	.705	.713	.706	.686	.653	.673	.682	.654
	Maximum	.727	.719	.716	.693	.677	.694	.697	.684
	Minimum	.675	.703	.700	.674	.621	.658	.670	.630
	Standard Deviation	.027	.009	.009	.011	.029	.019	.014	.028
	CV(%)	4%	1%	1%	2%	4%	3%	2%	4%
NDVI 29/4/2013	Mean	.670	.653	.647	.631	.588	.616	.603	.595
	Maximum	.676	.683	.661	.655	.596	.663	.626	.621
	Minimum	.659	.625	.624	.595	.578	.574	.591	.576
	Standard Deviation	.010	.029	.020	.032	.009	.045	.020	.023
	CV(%)	1%	4%	3%	5%	2%	7%	3%	4%
NDVI 5/5/2013	Mean	.564	.474	.500	.518	.491	.480	.488	.466
	Maximum	.591	.502	.531	.541	.498	.521	.505	.493
	Minimum	.537	.450	.446	.497	.484	.436	.475	.441
	Standard Deviation	.027	.026	.047	.022	.007	.043	.015	.026
	CV(%)	5%	6%	9%	4%	1%	9%	3%	6%

NDVI 10/5/2013	Mean	.564	.501	.490	.525	.494	.514	.538	.484
	Maximum	.652	.547	.527	.553	.502	.554	.584	.508
	Minimum	.498	.468	.472	.508	.483	.476	.507	.455
	Standard Deviation	.079	.041	.032	.025	.010	.039	.041	.027
	CV(%)	14%	8%	6%	5%	2%	8%	8%	6%
NDVI 15/5/2013	Mean	.435	.409	.423	.447	.425	.417	.404	.424
	Maximum	.451	.418	.429	.454	.433	.427	.406	.426
	Minimum	.419	.402	.415	.441	.414	.412	.401	.422
	Standard Deviation	.016	.008	.007	.007	.010	.009	.003	.002
	CV(%)	4%	2%	2%	1%	2%	2%	1%	0%
NDVI 21/5/2013	Mean	.473	.411	.428	.429	.412	.409	.418	.425
	Maximum	.527	.426	.460	.434	.420	.416	.427	.438
	Minimum	.420	.395	.405	.422	.404	.403	.411	.413
	Standard Deviation	.054	.016	.029	.006	.008	.007	.008	.013
	CV(%)	11%	4%	7%	1%	2%	2%	2%	3%
Ύψος Φυτών (cm) 1/3/2013	Mean	19.92	21.00	21.58	21.42	18.08	18.50	20.58	21.58
	Maximum	20.75	22.25	24.25	22.00	20.00	20.50	23.50	23.00
	Minimum	19.00	19.75	17.50	20.75	16.00	14.50	18.25	20.00
	Standard Deviation	.88	1.25	3.59	.63	2.01	3.46	2.67	1.51
	CV(%)	4%	6%	17%	3%	11%	19%	13%	7%
Ύψος Φυτών (cm) 6/3/2013	Mean	22.42	25.50	24.25	23.25	18.92	19.42	22.75	23.75
	Maximum	22.75	28.75	25.75	24.75	19.00	20.75	26.00	27.50
	Minimum	22.00	21.75	21.25	20.25	18.75	18.00	21.00	18.50
	Standard Deviation	.38	3.53	2.60	2.60	.14	1.38	2.82	4.68
	CV(%)	2%	14%	11%	11%	1%	7%	12%	20%
Ύψος Φυτών (cm) 15/3/2013	Mean	31.17	36.08	32.42	31.92	26.58	32.50	35.92	32.42
	Maximum	32.50	37.00	33.75	35.25	27.50	37.50	40.00	36.00
	Minimum	30.00	34.75	31.50	28.00	25.00	28.75	33.75	27.50
	Standard Deviation	1.26	1.18	1.18	3.66	1.38	4.51	3.54	4.40
	CV(%)	4%	3%	4%	11%	5%	14%	10%	14%

Ύψος Φυτών (cm) 22/3/2013	Mean	40.83	45.92	40.42	38.00	33.08	39.67	43.67	44.42
	Maximum	43.25	48.25	43.00	41.00	34.25	42.25	46.00	51.00
	Minimum	38.00	43.25	38.75	34.25	32.50	37.50	41.00	37.25
	Standard Deviation	2.65	2.52	2.27	3.44	1.01	2.40	2.52	6.89
	CV(%)	6%	5%	6%	9%	3%	6%	6%	16%
Ύψος Φυτών (cm) 29/3/2013	Mean	48.33	55.00	54.83	47.50	45.42	51.67	59.83	56.58
	Maximum	50.50	59.25	57.75	50.00	46.25	52.50	63.75	60.00
	Minimum	45.75	49.50	51.75	43.75	43.75	50.00	55.00	52.50
	Standard Deviation	2.40	4.99	3.00	3.31	1.44	1.44	4.45	3.79
	CV(%)	5%	9%	5%	7%	3%	3%	7%	7%
Ύψος Φυτών (cm) 4/4/2013	Mean	66.67	73.33	71.25	62.92	49.17	66.25	75.00	70.83
	Maximum	71.25	75.00	73.75	68.75	50.00	67.50	81.25	72.50
	Minimum	60.00	71.25	70.00	58.75	47.50	65.00	68.75	68.75
	Standard Deviation	5.91	1.91	2.17	5.20	1.44	1.25	6.25	1.91
	CV(%)	9%	3%	3%	8%	3%	2%	8%	3%
Ύψος Φυτών (cm) 8/4/2013	Mean	78.75	80.83	85.42	69.58	64.58	75.83	87.08	79.17
	Maximum	83.75	83.75	90.00	73.75	66.25	77.50	91.25	80.00
	Minimum	72.50	78.75	78.75	67.50	63.75	75.00	85.00	77.50
	Standard Deviation	5.73	2.60	5.91	3.61	1.44	1.44	3.61	1.44
	CV(%)	7%	3%	7%	5%	2%	2%	4%	2%
Ύψος Φυτών (cm) 16/4/2013	Mean	96.67	97.92	95.83	93.33	79.17	93.75	103.75	99.58
	Maximum	101.25	101.25	97.50	100.00	83.75	97.50	105.00	105.00
	Minimum	93.75	95.00	95.00	87.50	72.50	91.25	102.50	92.50
	Standard Deviation	4.02	3.15	1.44	6.29	5.91	3.31	1.25	6.41
	CV(%)	4%	3%	2%	7%	7%	4%	1%	6%
Ύψος Φυτών (cm) 23/4/2013	Mean	106.25	101.67	102.08	97.92	92.08	101.67	105.00	105.83
	Maximum	110.00	103.75	106.25	102.50	97.50	103.75	108.75	111.25
	Minimum	103.75	98.75	100.00	93.75	83.75	98.75	102.50	96.25
	Standard Deviation	3.31	2.60	3.61	4.39	7.32	2.60	3.31	8.32
	CV(%)	3%	3%	4%	4%	8%	3%	3%	8%

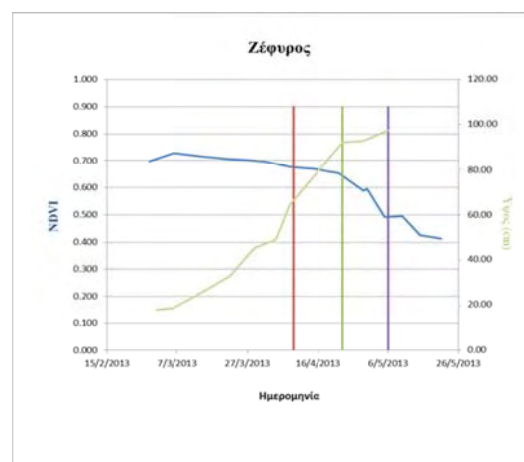
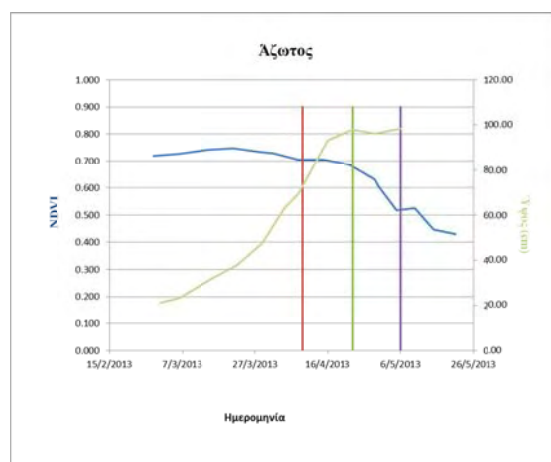
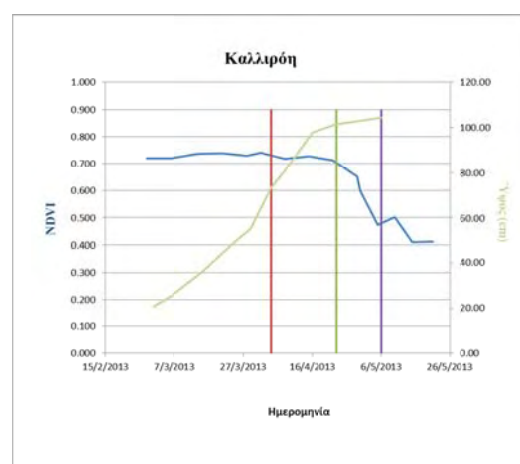
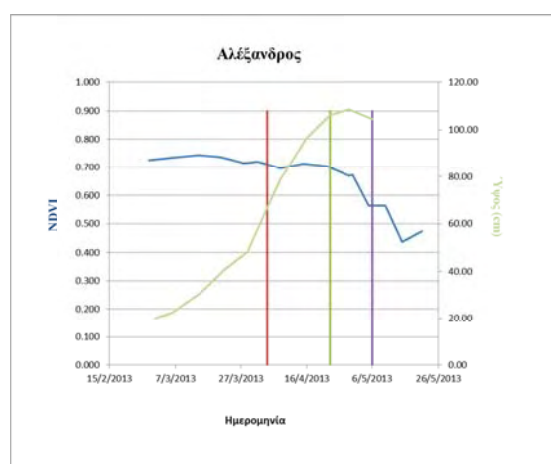
Υψος Φυτών (cm) 29/4/2013	Mean	108.75	102.92	107.67	96.08	92.92	100.42	105.42	105.83
	Maximum	113.75	105.00	111.25	101.25	95.00	101.25	108.75	112.50
	Minimum	105.00	100.00	104.25	93.25	91.25	100.00	102.50	97.50
	Standard Deviation	4.51	2.60	3.50	4.48	1.91	.72	3.15	7.64
	CV(%)	4%	3%	3%	5%	2%	1%	3%	7%
Υψος Φυτών (cm) 6/5/2013	Mean	104.58	104.58	110.83	98.33	97.50	104.17	109.58	111.67
	Maximum	107.50	106.25	115.00	101.25	101.25	106.25	110.00	115.00
	Minimum	101.25	102.50	107.50	96.25	93.75	101.25	108.75	107.50
	Standard Deviation	3.15	1.91	3.82	2.60	3.75	2.60	.72	3.82
	CV(%)	3%	2%	3%	3%	4%	2%	1%	3%
Ποσότητα (%) 5/5/2013	Mean	13.71	15.57	15.63	16.16	14.58	14.35	13.97	14.70
	Maximum	15.49	16.71	16.28	16.80	15.40	15.58	14.70	15.40
	Minimum	12.16	14.96	14.96	15.05	13.74	13.13	13.30	13.56
	Standard Deviation	1.68	.99	.66	.97	.83	1.23	.70	1.00
	CV(%)	12%	6%	4%	6%	6%	9%	5%	7%
Ποσότητα (%) 10/5/2013	Mean	13.36	14.93	15.87	15.43	15.43	16.60	15.32	14.82
	Maximum	15.05	15.31	16.19	16.28	15.93	17.59	16.19	15.93
	Minimum	12.43	14.44	15.66	14.53	14.88	15.58	14.18	14.09
	Standard Deviation	1.47	.45	.28	.88	.53	1.01	1.03	.98
	CV(%)	11%	3%	2%	6%	3%	6%	7%	7%
Ποσότητα (%) 17/5/2013	Mean	13.42	14.00	12.08	12.60	13.15	11.08	14.47	14.76
	Maximum	14.26	15.49	13.30	13.30	13.65	12.95	15.23	18.03
	Minimum	12.51	11.38	10.33	11.73	12.60	8.31	14.09	12.34
	Standard Deviation	.88	2.28	1.55	.80	.53	2.45	.66	2.94
	CV(%)	7%	16%	13%	6%	4%	22%	5%	20%
Σαρό (kg/στρ.)	Mean	514.00	532.67	556.67	488.67	387.00	466.00	459.33	477.67
	Maximum	712.00	594.00	676.00	529.00	438.00	544.00	564.00	535.00
	Minimum	373.00	482.00	454.00	411.00	360.00	399.00	366.00	392.00
	Standard Deviation	176.54	56.76	111.93	67.28	44.19	73.12	99.49	75.59
	CV(%)	34%	11%	20%	14%	11%	16%	22%	16%

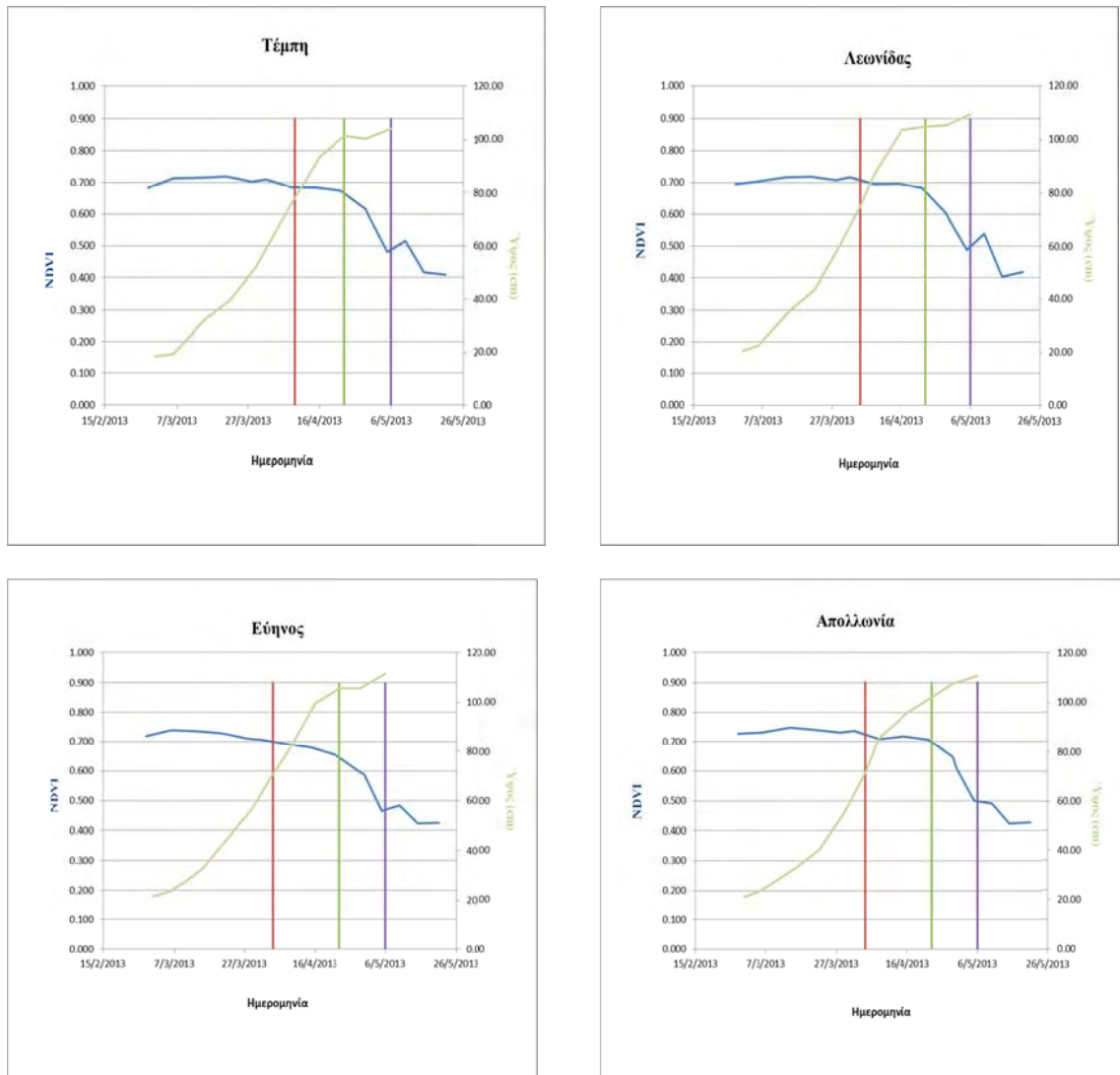


Σπόρος (kg/στρ.)	Mean	177.33	219.33	199.67	127.33	124.67	176.33	177.00	162.67
	Maximum	225.00	258.00	256.00	165.00	156.00	207.00	236.00	245.00
	Minimum	126.00	194.00	143.00	108.00	83.00	134.00	89.00	121.00
	Standard Deviation	49.60	34.02	56.50	32.62	37.58	37.87	77.67	71.30
	CV(%)	28%	16%	28%	26%	30%	21%	44%	44%

Πίνακας 8.2. Κατάταξη ποικιλιών βίκου ανάλογα την τιμή του NDVI για κάθε ημερομηνία μέτρησης.

Ημερομηνία	Ποικιλίες Βίκου								
	Αλέξανδρος	Καλλιρόη	Απολλωνία	Άζωτος	Ζέφυρος	Τέμπη	Λεονίδα	Εύηνος	
27/2/2013	2	3	1	5	6	8	7	4	
6/3/2013	2	6	3	5	4	7	8	1	
14/3/2013	2	4	1	3	7	8	6	5	
21/3/2013	4	3	2	1	8	6	7	5	
28/3/2013	4	3	2	1	8	7	6	5	
1/4/2013	4	1	2	3	8	6	5	7	
8/4/2013	4	1	2	3	8	7	5	6	
15/4/2013	3	1	2	4	8	6	5	7	
22/4/2013	3	1	2	4	8	6	5	7	
29/4/2013	1	2	3	4	8	5	6	7	
5/5/2013	1	7	3	2	4	6	5	8	
10/5/2013	1	5	7	3	6	4	2	8	
15/5/2013	2	7	5	1	3	6	8	4	
21/5/2013	1	7	3	2	6	8	5	4	

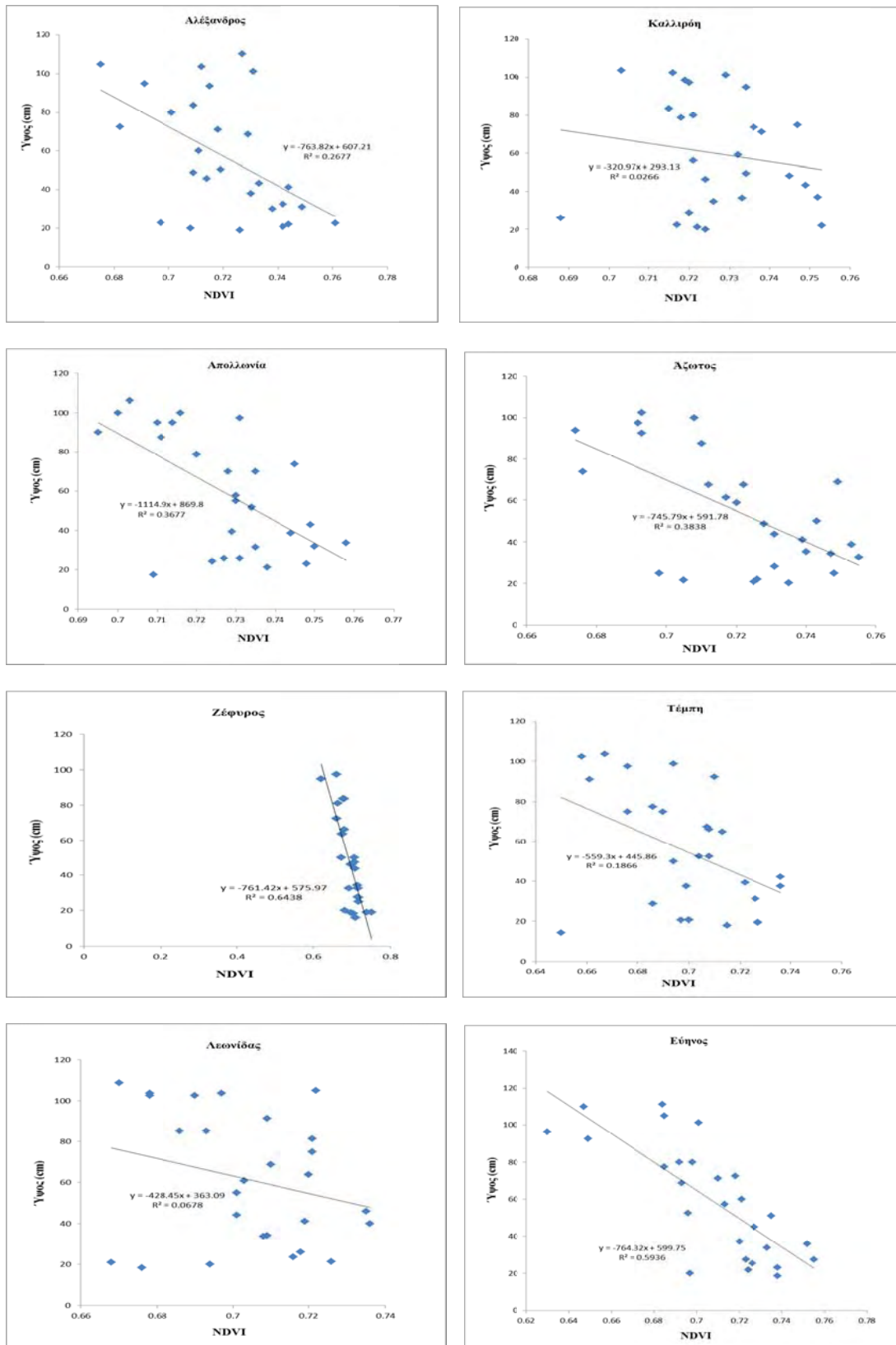




Σχήμα 8.1. Πορεία ανάπτυξης κάθε ποικιλίας βίκου σε σχέση με τις τιμές NDVI (μπλέ γραμμή) και το ύψος (ανοιχτή πράσινη γραμμή). Με την κόκκινη κάθετη γραμμή διακρίνεται η ημερομηνία άνθισης, με την σκούρα πράσινη κάθετη γραμμή διακρίνεται η ημερομηνία σχηματισμού των λοβών και με την μωβ γραμμή διακρίνεται η ημερομηνία έναρξης της ωρίμανσης (μεταχρωματισμού της βλάστησης).

Πίνακας 8.3. Κατάταξη ποικιλιών βίκου ανάλογα την τιμή του ύψους για κάθε ημερομηνία μέτρησης.

Ημερομηνία	Ποικιλίες Βίκου							
	Αλέξανδρος	Καλλιρόη	Απολλωνία	Αζωτος	Ζέφυρος	Τέμπη	Λεωνίδα	Εύηνος
1/3/2013	6	4	1	3	8	7	5	2
6/3/2013	6	1	2	4	8	7	5	3
15/3/2013	7	1	4	6	8	3	2	5
22/3/2013	4	1	5	7	8	6	3	2
29/3/2013	6	3	4	7	8	5	1	2
4/4/2013	5	2	3	7	8	6	1	4
8/4/2013	5	3	2	7	8	6	1	4
16/4/2013	4	3	5	7	8	6	1	2
23/4/2013	1	5	4	7	8	6	3	2
29/4/2013	1	5	2	7	8	6	4	3
6/5/2013	4	5	2	7	8	6	3	1



Σχήμα 8.2. Σχέση κάθε τιμής NDVI με το ύψος κάθε ποικιλίας βίκου για το διάστημα ανάπτυξης από 27-2-2013 έως 22-4-2013.

## 8.2. Φακή

Πίνακας 8.4. Περιγραφικά στατιστικά ποικιλιών φακής για τις μετρήσεις του πειράματος.

		Ποικιλίες Φακής								
		ΘΕΣΣΑΛΙ A	LC 3-8	LC 13-11	LC 19-17	LC 14-15	LC 5-38	ΙΚΑΡΙΑ	BO	AL
NDVI 27-2- 2013	Mean	.562	.576	.611	.562	.599	.595	.557	.531	.547
	Maximum	.577	.624	.639	.597	.621	.605	.563	.570	.590
	Minimum	.544	.538	.596	.521	.584	.586	.552	.490	.525
	Standard Deviation	.017	.044	.024	.038	.020	.010	.006	.040	.037
	CV (%)	3%	8%	4%	7%	3%	2%	1%	8%	7%
NDVI 6-3-2013	Mean	.602	.621	.642	.605	.636	.636	.594	.577	.590
	Maximum	.616	.656	.673	.620	.643	.650	.608	.610	.638
	Minimum	.590	.588	.625	.585	.626	.619	.570	.544	.550
	Standard Deviation	.013	.034	.027	.018	.009	.016	.021	.033	.045
	CV (%)	2%	5%	4%	3%	1%	2%	3%	6%	8%
NDVI 14-3- 2013	Mean	.548	.547	.572	.574	.587	.574	.575	.532	.560
	Maximum	.574	.573	.581	.586	.596	.577	.582	.548	.594
	Minimum	.530	.513	.563	.560	.575	.570	.564	.522	.509
	Standard Deviation	.023	.031	.009	.013	.011	.004	.010	.014	.045
	CV (%)	4%	6%	2%	2%	2%	1%	2%	3%	8%
NDVI 21-3- 2013	Mean	.530	.527	.539	.544	.555	.545	.556	.519	.529
	Maximum	.544	.542	.546	.553	.569	.553	.571	.550	.562
	Minimum	.511	.508	.531	.540	.534	.535	.548	.503	.484
	Standard Deviation	.017	.017	.008	.008	.019	.009	.013	.027	.040
	CV (%)	3%	3%	1%	1%	3%	2%	2%	5%	8%
NDVI 28-3- 2013	Mean	.605	.613	.622	.627	.645	.634	.638	.614	.614
	Maximum	.609	.627	.636	.635	.665	.640	.660	.638	.644
	Minimum	.601	.593	.607	.621	.620	.626	.625	.599	.567
	Standard Deviation	.004	.018	.015	.007	.023	.007	.019	.021	.041
	CV (%)	1%	3%	2%	1%	4%	1%	3%	3%	7%
NDVI 1-4-2013	Mean	.643	.631	.642	.652	.664	.651	.651	.635	.637
	Maximum	.644	.647	.651	.663	.674	.654	.668	.659	.656
	Minimum	.642	.614	.632	.643	.644	.649	.643	.616	.603
	Standard Deviation	.001	.017	.010	.010	.017	.003	.014	.022	.030
	CV (%)	0%	3%	1%	2%	3%	0%	2%	3%	5%
NDVI 8-4-2013	Mean	.655	.649	.648	.663	.660	.650	.673	.648	.647
	Maximum	.663	.650	.652	.677	.661	.656	.682	.664	.674
	Minimum	.646	.647	.643	.652	.659	.641	.666	.638	.602
	Standard Deviation	.009	.002	.005	.013	.001	.008	.008	.014	.039
	CV (%)	1%	0%	1%	2%	0%	1%	1%	2%	6%

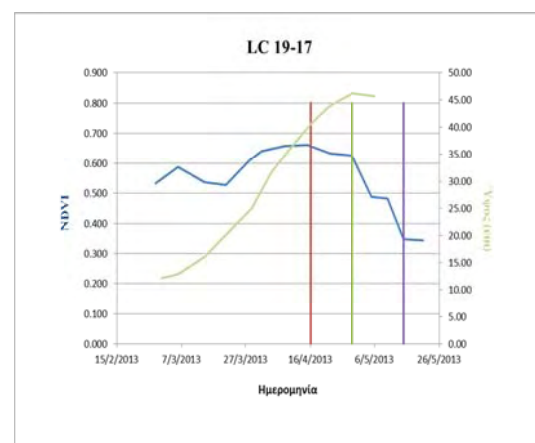
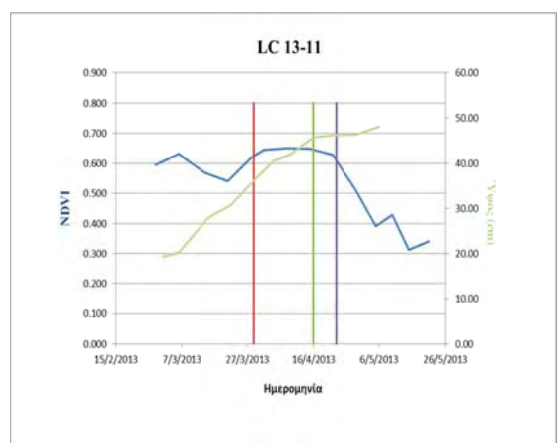
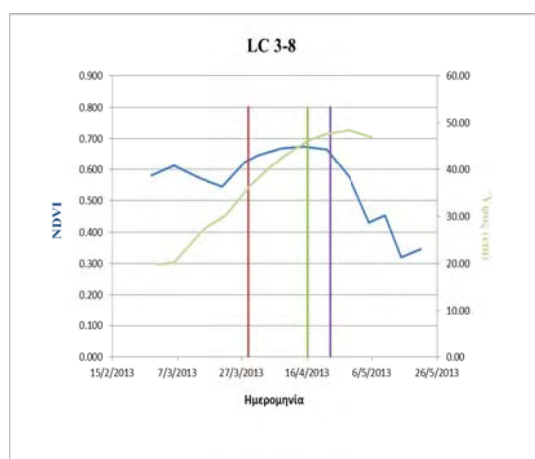
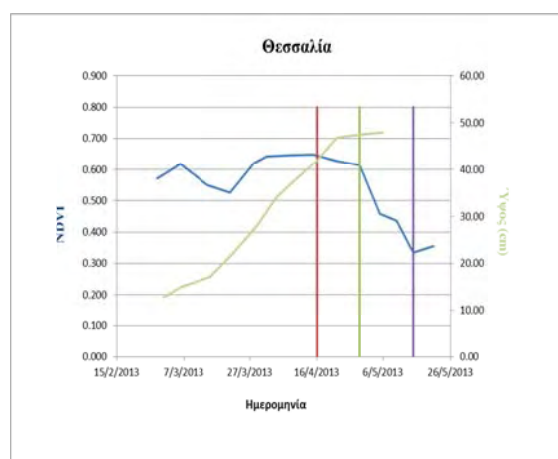
NDVI 15-4-2013	Mean	.657	.659	.644	.667	.663	.652	.673	.656	.663
	Maximum	.664	.671	.659	.671	.668	.673	.685	.664	.673
	Minimum	.652	.653	.633	.664	.656	.634	.653	.643	.647
	Standard Deviation	.006	.010	.014	.004	.006	.020	.017	.012	.014
	CV (%)	1%	2%	2%	1%	1%	3%	3%	2%	2%
NDVI 22-4-2013	Mean	.621	.639	.629	.657	.641	.635	.657	.651	.653
	Maximum	.639	.654	.653	.671	.645	.649	.675	.656	.668
	Minimum	.608	.626	.606	.634	.636	.627	.639	.645	.635
	Standard Deviation	.016	.014	.024	.020	.005	.012	.018	.006	.017
	CV (%)	3%	2%	4%	3%	1%	2%	3%	1%	3%
NDVI 29-4-2013	Mean	.576	.611	.498	.567	.607	.551	.593	.596	.597
	Maximum	.628	.637	.512	.634	.624	.592	.618	.618	.636
	Minimum	.486	.578	.486	.525	.583	.528	.550	.555	.573
	Standard Deviation	.078	.030	.013	.059	.022	.035	.037	.035	.034
	CV (%)	14%	5%	3%	10%	4%	6%	6%	6%	6%
NDVI 5-5-2013	Mean	.435	.429	.375	.472	.456	.412	.467	.426	.428
	Maximum	.466	.472	.392	.529	.492	.455	.533	.470	.469
	Minimum	.390	.345	.342	.410	.397	.342	.397	.381	.405
	Standard Deviation	.040	.073	.029	.060	.052	.061	.068	.045	.036
	CV (%)	9%	17%	8%	13%	11%	15%	15%	10%	8%
NDVI 10-5-2013	Mean	.440	.446	.436	.495	.452	.400	.437	.498	.507
	Maximum	.464	.499	.443	.502	.469	.432	.498	.563	.589
	Minimum	.406	.410	.424	.486	.431	.366	.382	.448	.458
	Standard Deviation	.030	.047	.010	.008	.019	.033	.058	.059	.072
	CV (%)	7%	11%	2%	2%	4%	8%	13%	12%	14%
NDVI 15-5-2013	Mean	.323	.330	.319	.338	.334	.328	.353	.345	.347
	Maximum	.338	.346	.345	.378	.348	.337	.415	.395	.367
	Minimum	.312	.316	.292	.316	.325	.324	.319	.306	.329
	Standard Deviation	.013	.015	.027	.034	.012	.008	.054	.046	.019
	CV (%)	4%	5%	8%	10%	4%	2%	15%	13%	5%
NDVI 21-5-2013	Mean	.340	.338	.341	.356	.357	.353	.352	.365	.376
	Maximum	.361	.344	.349	.364	.360	.371	.367	.378	.404
	Minimum	.326	.334	.328	.347	.353	.343	.344	.351	.362
	Standard Deviation	.019	.005	.011	.009	.004	.015	.013	.014	.024
	CV (%)	5%	2%	3%	2%	1%	4%	4%	4%	6%
Ύψος Φυτῶν (cm) 1-3-2013	Mean	14.83	14.58	18.92	18.08	16.33	16.92	17.50	15.33	13.08
	Maximum	20.00	19.25	19.75	21.25	20.00	20.50	19.00	16.75	13.75
	Minimum	12.00	11.75	18.00	12.75	14.00	13.00	14.75	14.50	12.25
	Standard Deviation	4.48	4.07	.88	4.65	3.21	3.76	2.38	1.23	.76
	CV (%)	30%	28%	5%	26%	20%	22%	14%	8%	6%

Ύψος Φυτών (cm) 6-3-2013	Mean	16.83	15.67	20.83	18.83	16.33	17.00	18.17	16.00	14.83
	Maximum	19.25	20.75	21.75	23.00	19.25	19.75	19.00	17.25	15.75
	Minimum	13.25	12.50	20.00	12.75	14.00	13.00	17.00	14.25	13.50
	Standard Deviation	3.17	4.45	.88	5.39	2.67	3.54	1.04	1.56	1.18
	CV (%)	19%	28%	4%	29%	16%	21%	6%	10%	8%
Ύψος Φυτών (cm) 15-3-2013	Mean	20.67	20.42	28.08	24.08	24.92	24.42	25.00	22.42	21.08
	Maximum	27.50	27.50	28.75	28.00	27.50	29.00	28.75	24.50	23.50
	Minimum	17.00	15.75	27.50	16.50	23.50	16.00	20.25	21.00	17.00
	Standard Deviation	5.92	6.24	.63	6.57	2.24	7.30	4.34	1.84	3.56
	CV (%)	29%	31%	2%	27%	9%	30%	17%	8%	17%
Ύψος Φυτών (cm) 22-3-2013	Mean	24.83	24.33	31.00	28.33	29.00	28.67	29.00	24.92	25.50
	Maximum	31.25	30.75	33.25	32.75	31.75	32.75	32.25	26.50	27.75
	Minimum	21.25	18.50	29.25	22.75	25.00	21.25	24.50	22.75	23.75
	Standard Deviation	5.57	6.15	2.05	5.10	3.54	6.43	4.02	1.94	2.05
	CV (%)	22%	25%	7%	18%	12%	22%	14%	8%	8%
Ύψος Φυτών (cm) 29-3-2013	Mean	30.00	28.17	34.67	32.92	32.92	34.33	36.50	30.83	32.75
	Maximum	36.25	35.00	35.75	36.75	35.00	37.50	38.75	33.75	35.00
	Minimum	25.00	22.75	33.00	27.50	31.50	28.25	32.75	28.75	31.25
	Standard Deviation	5.73	6.25	1.46	4.82	1.84	5.27	3.27	2.60	1.98
	CV (%)	19%	22%	4%	15%	6%	15%	9%	8%	6%
Ύψος Φυτών (cm) 4-4-2013	Mean	36.00	34.33	40.25	38.33	38.67	39.50	40.92	36.33	37.25
	Maximum	40.75	40.25	41.25	42.50	41.00	42.50	42.00	38.00	38.75
	Minimum	32.00	30.00	39.25	33.25	37.50	34.75	39.50	34.75	35.50
	Standard Deviation	4.42	5.31	1.00	4.69	2.02	4.16	1.28	1.63	1.64
	CV (%)	12%	15%	2%	12%	5%	11%	3%	4%	4%
Ύψος Φυτών (cm) 9-4-2013	Mean	37.92	38.92	42.58	40.83	42.17	41.58	43.50	42.25	40.25
	Maximum	42.50	42.50	45.25	43.75	43.75	43.50	45.00	45.50	41.50
	Minimum	35.50	35.00	40.00	35.75	41.25	37.75	42.00	39.00	39.25
	Standard Deviation	3.97	3.76	2.63	4.42	1.38	3.32	1.50	3.25	1.15
	CV (%)	10%	10%	6%	11%	3%	8%	3%	8%	3%

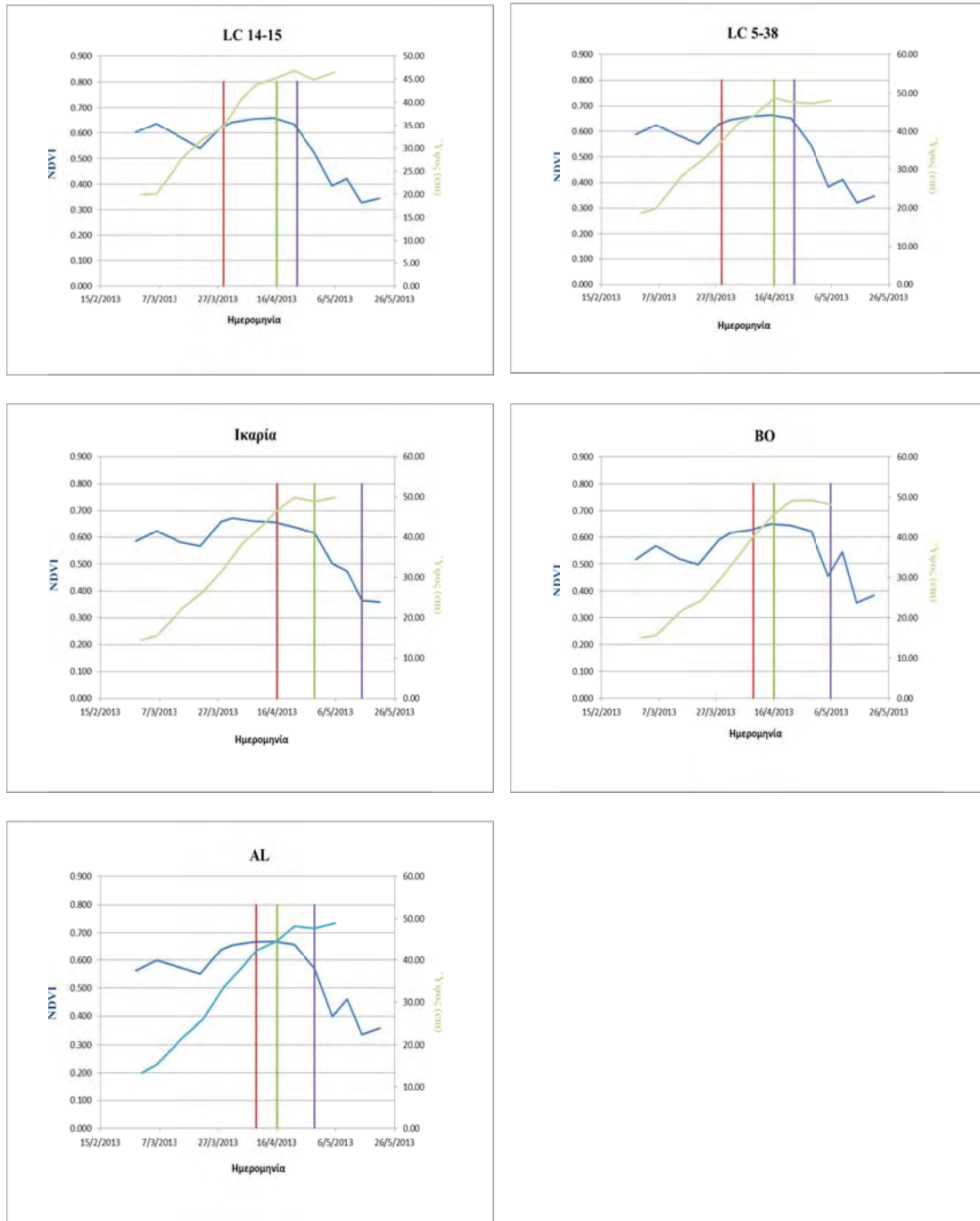
Ύψος Φυτῶν (cm) 16-4-2013	Mean	43.08	42.25	45.83	44.25	46.33	45.17	48.33	45.75	44.67
	Maximum	43.75	47.50	46.75	47.50	48.00	48.00	50.50	46.75	46.75
	Minimum	42.50	38.00	44.50	41.25	45.00	41.50	47.25	43.75	43.25
	Standard Deviation	.63	4.83	1.18	3.13	1.53	3.33	1.88	1.73	1.84
	CV (%)	1%	11%	3%	7%	3%	7%	4%	4%	4%
Ύψος Φυτῶν (cm) 22-4-2013	Mean	46.42	45.75	45.67	44.33	49.50	48.00	49.58	49.25	48.08
	Maximum	47.75	48.00	47.25	46.00	53.00	49.00	50.00	52.25	49.50
	Minimum	45.25	42.00	43.50	42.00	47.50	47.00	49.25	45.50	46.50
	Standard Deviation	1.26	3.27	1.94	2.08	3.04	1.00	.38	3.44	1.51
	CV (%)	3%	7%	4%	5%	6%	2%	1%	7%	3%
Ύψος Φυτῶν (cm) 29-4-2013	Mean	46.17	47.92	44.92	45.42	47.08	48.00	50.25	48.83	48.17
	Maximum	48.50	49.75	47.25	45.50	50.00	49.00	51.00	50.75	49.00
	Minimum	44.50	44.75	42.75	45.25	45.25	47.25	49.00	47.75	47.50
	Standard Deviation	2.08	2.75	2.25	.14	2.55	.90	1.09	1.66	.76
	CV (%)	5%	6%	5%	0%	5%	2%	2%	3%	2%
Ύψος Φυτῶν (cm) 6-5-2013	Mean	46.92	46.25	47.50	45.92	47.83	48.67	50.00	48.67	48.50
	Maximum	48.25	47.00	48.25	47.75	50.75	50.00	52.50	51.00	48.75
	Minimum	45.00	44.75	46.50	44.75	46.25	47.50	48.50	45.25	48.25
	Standard Deviation	1.70	1.30	.90	1.61	2.53	1.26	2.18	3.02	.25
	CV (%)	4%	3%	2%	4%	5%	3%	4%	6%	1%
Σπόρος (kg/στρ.)	Mean	67.00	170.42	144.75	75.92	149.00	159.75	48.83	145.58	148.92
	Maximum	91.25	174.25	154.25	99.00	170.50	171.50	67.75	159.00	167.50
	Minimum	44.75	167.00	130.75	63.75	138.00	148.50	35.00	131.75	123.25
	Standard Deviation	23.31	3.64	12.38	20.00	18.62	11.51	16.96	13.63	22.96
	CV (%)	35%	2%	9%	26%	12%	7%	35%	9%	15%

Πίνακας 8.5. Κατάταξη ποικιλιών φακής ανάλογα την τιμή του NDVI για κάθε ημερομηνία μέτρησης.

Ημερομηνία	Ποικιλίες Φακής								
	ΘΕΣΣΑΛΙΑ	LC 3-8	LC 13-11	LC 19-17	LC 14-15	LC 5-38	ΙΚΑΡΙΑ	ΒΟ	ΑΛ
27/2/2013	6	5	2	8	1	3	4	9	7
6/3/2013	5	6	2	8	1	3	4	9	7
14/3/2013	7	5	6	8	1	3	2	9	4
21/3/2013	8	4	5	7	6	2	1	9	3
28/3/2013	6	4	7	8	5	3	1	9	2
1/4/2013	7	3	5	8	6	4	1	9	2
8/4/2013	8	1	7	5	6	4	3	9	2
15/4/2013	9	1	8	4	5	3	6	7	2
22/4/2013	9	1	8	7	6	3	5	4	2
29/4/2013	4	5	9	1	8	7	3	2	6
5/5/2013	3	5	8	2	7	9	1	4	6
10/5/2013	6	5	7	2	8	9	3	1	4
15/5/2013	5	8	9	3	6	7	1	2	4
21/5/2013	4	6	9	7	8	5	2	1	3



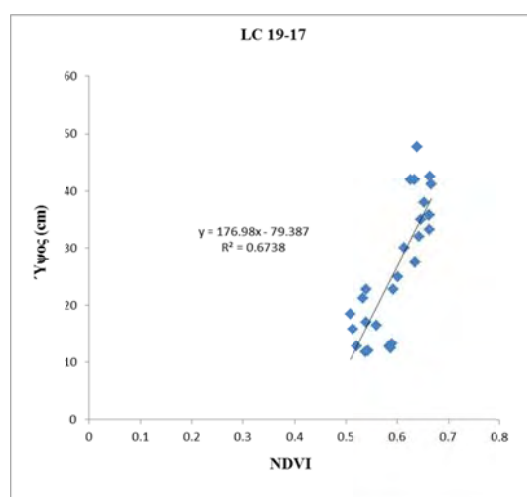
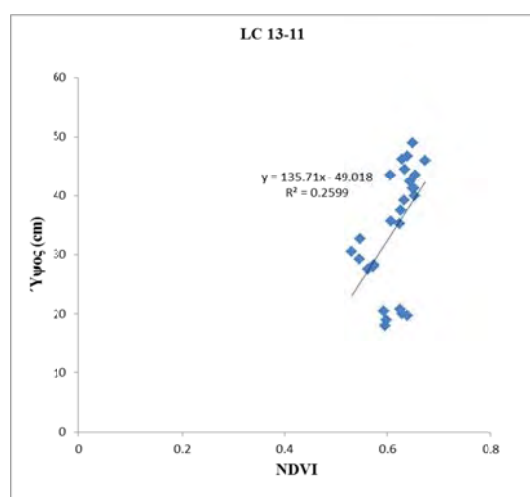
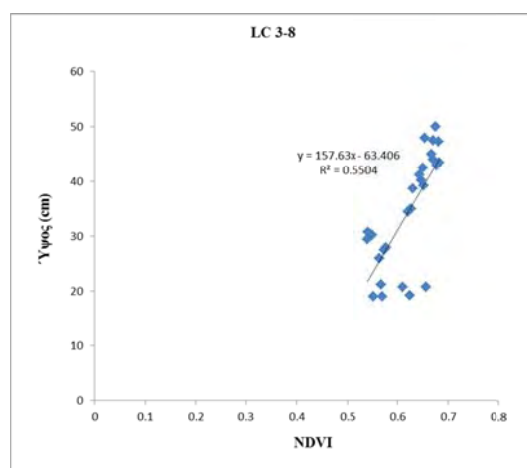
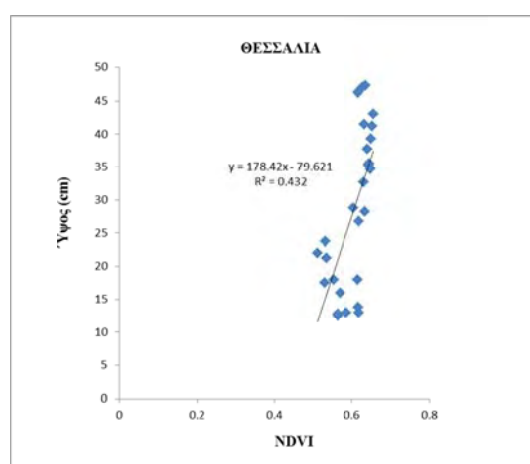


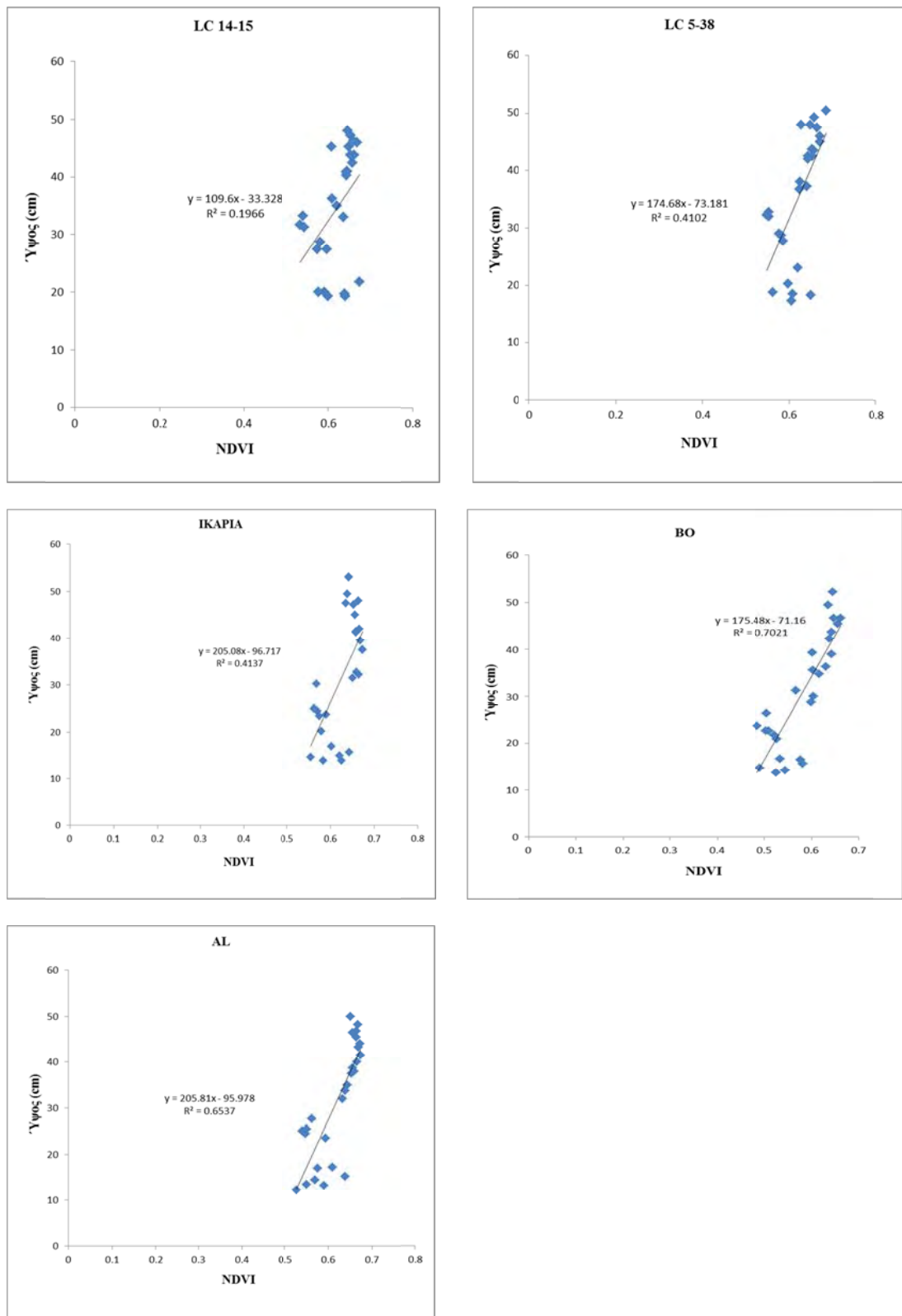


Σχήμα 8.3. Πορεία ανάπτυξης κάθε ποικιλίας φακής σε σχέση με τις τιμές NDVI (μπλέ γραμμή) και το ύψος (ανοιχτή πράσινη γραμμή). Με την κόκκινη κάθετη γραμμή διακρίνεται η ημερομηνία άνθισης, με την σκούρα πράσινη κάθετη γραμμή διακρίνεται η ημερομηνία σχηματισμού των λοβών και με την μωβ γραμμή διακρίνεται η ημερομηνία έναρξης της ωρίμανσης (μεταχρωματισμού της βλάστησης).

Πίνακας 8.6. Κατάταξη ποικιλιών φακής ανάλογα την τιμή του ύψους για κάθε ημερομηνία μέτρησης.

Ημερομηνία	Ποικιλίες Φακής								
	ΘΕΣΣΑΛΙΑ	LC 3-8	LC 13-11	LC 19-17	LC 14-15	LC 5-38	ΙΚΑΡΙΑ	ΒΟ	ΑΛ
1/3/2013	8	2	3	9	1	4	6	5	7
6/3/2013	8	1	2	9	3	4	5	6	7
15/3/2013	8	4	2	9	3	1	5	6	7
22/3/2013	8	4	3	9	2	1	5	7	6
29/3/2013	8	3	2	9	4	1	6	7	5
4/4/2013	8	4	3	9	2	1	5	7	6
9/4/2013	8	3	5	9	2	1	6	7	4
16/4/2013	8	3	4	9	6	1	2	5	7
22/4/2013	7	5	8	9	6	4	1	2	3
29/4/2013	5	3	7	8	9	6	2	1	4
6/5/2013	6	7	5	9	8	4	1	3	2





Σχήμα 8.4. Σχέση κάθε τιμής NDVI με το ύψος κάθε ποικιλίας φακής για το διάστημα ανάπτυξης από 27-2-2013 έως 22-4-2013.

### 8.3. Βίκος – Φακή

Πίνακας 8.7. Περιγραφικά στατιστικά για τιμές NDVI των ποικιλιών βίκου και φακής ανά ημερομηνία μετρήσεων.

Ημερομηνία	Φυτικά Είδη											
	Βίκος						Φακή					
	Mean	Maximum	Minimum	Range	Standard Deviation	CV (%)	Mean	Maximum	Minimum	Range	Standard Deviation	CV (%)
27-2-2013	0.711	0.748	0.650	0.098	0.022	3%	0.571	0.639	0.490	0.149	0.035	6%
6-3-2013	0.725	0.761	0.668	0.093	0.024	3%	0.611	0.673	0.544	0.129	0.031	5%
14-3-2013	0.732	0.758	0.686	0.072	0.017	2%	0.563	0.596	0.509	0.087	0.025	4%
21-3-2013	0.729	0.753	0.692	0.061	0.017	2%	0.538	0.571	0.484	0.087	0.021	4%
28-3-2013	0.716	0.743	0.694	0.049	0.014	2%	0.624	0.665	0.567	0.098	0.021	3%
1-4-2013	0.719	0.749	0.673	0.076	0.018	2%	0.645	0.674	0.603	0.071	0.017	3%
8-4-2013	0.697	0.722	0.674	0.048	0.016	2%	0.655	0.682	0.602	0.080	0.015	2%
15-4-2013	0.699	0.734	0.649	0.085	0.025	4%	0.659	0.685	0.633	0.052	0.013	2%
22-4-2013	0.684	0.727	0.621	0.106	0.028	4%	0.643	0.675	0.606	0.069	0.018	3%
29-4-2013	0.625	0.683	0.574	0.109	0.036	6%	0.577	0.637	0.486	0.151	0.049	8%
5-5-2013	0.498	0.591	0.436	0.155	0.039	8%	0.433	0.533	0.342	0.191	0.053	12%
10-5-2013	0.514	0.652	0.455	0.197	0.043	8%	0.457	0.589	0.366	0.223	0.050	11%
15-5-2013	0.423	0.454	0.401	0.053	0.015	4%	0.335	0.415	0.292	0.123	0.027	8%
21-5-2013	0.426	0.527	0.395	0.132	0.028	6%	0.353	0.404	0.326	0.078	0.017	5%