



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Π.Μ.Σ. «Καινοτόμες εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών και στην Αγρομετεωρολογία»

Ειδίκευση: Αειφορική Γεωργία και Πιστοποίηση

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

« Επίδραση της λίπανσης στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος της καλλιέργειας του μαύρου σιναπιού (*Brassica nigra* L.)»



**ΚΑΛΥΒΙΩΤΗΣ Β. ΣΤΕΦΑΝΟΣ**

Επιβλέπων Καθηγητής:

**Μπιλάλης Δημήτριος**, Καθηγητής Γ.Π.Α.

**ΑΘΗΝΑ 2020**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**« Επίδραση της λίπανσης στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος της καλλιέργειας του μαύρου σιναπιού (*Brassica nigra* L.)»**

**« Effect of fertilization on the growth of the root system of black mustard cultivation (*Brassica nigra* L.) »**

**ΚΑΛΥΒΙΩΤΗΣ Β. ΣΤΕΦΑΝΟΣ**

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:**

**Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής Γ.Π.Α.**

**ΜΕΛΗ:**

**Τραυλός Ηλίας, Επίκουρος Καθηγητής Γ.Π.Α.**

**Παπαστυλιανού-Παπασωτηρίου Θηρεσία-Παναγιώτα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Γ.Π.Α.**

**ΑΘΗΝΑ 2020**

**Επίδραση της λίπανσης στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος της καλλιέργειας του μαύρου σιναπιού (*Brassica nigra* L.)**

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Εργαστήριο Γεωργίας

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής ήταν η μελέτη της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος της καλλιέργειας του μαύρου σιναπιού (*Brassica nigra* L.). Πραγματοποιήθηκε ανάλυση και σύγκριση παραγόντων λίπανσης και απόστασης σποράς, όπως επίσης και της αλληλεπίδρασης μεταξύ αυτών των παραγόντων. Η καλλιέργεια εγκαταστάθηκε σε πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας, στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, στην περιοχή του Βοτανικού.

Η πειραματική διαδικασία ακολούθησε το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων με τέσσερις επαναλήψεις και έξι επεμβάσεις σε κάθε επανάληψη (4 λίπανση και 2 απόσταση σποράς). Το πείραμα πραγματοποιήθηκε την καλλιεργητική περίοδο από τις 3 Δεκεμβρίου 2019 έως τις 9 Ιουνίου 2020.

Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν η πυκνότητα, η επιφάνεια, η διάμετρος, ο όγκος και το μήκος του ριζικού συστήματος. Από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι διαφορετικοί τύποι λίπανσης δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Εκείνο όμως που πρέπει να τονίσουμε είναι πως τα τεμάχια με compost παρουσίασαν καλύτερη πρώτη ανάπτυξη και σταθερή πορεία κατά τη διάρκεια του πειράματος. Οι λιπάνσεις με Urea και Urea+Inhibitors παρουσίασαν καλή ανάπτυξη με την Urea να έχει καλύτερη ανάπτυξη στα πρώτα στάδια, ενώ η Urea+Inhibitors είχε καλύτερη πορεία στο σύνολο της καλλιέργειας και των αποδόσεων. Οι αποστάσεις σποράς παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η απόσταση D2 - 45cm, έδειξε καλύτερα αποτελέσματα καθ' όλη τη διάρκεια και πορεία της καλλιέργειας.

**Επιστημονική περιοχή:** Φυτά μεγάλης καλλιέργειας.

**Λέξεις κλειδιά:** Μαύρο σινάπι, λίπανση, απόσταση σποράς, ριζικό σύστημα, επιφάνεια ρίζας, διάμετρος ρίζας, όγκος ρίζας, μήκος ρίζας.

**Effect of fertilization on the growth of the root system of black mustard cultivation (*Brassica nigra* L.)**

Faculty of Crop Science

Laboratory of Agronomy

**ABSTRACT**

The subject of this dissertation was the study of the effect of fertilization on the growth of the root system of the cultivation of black mustard (*Brassica nigra* L.). Analysis and comparison of lubrication factors and sowing distance were performed, as well as the interaction between these factors. The crop was installed in an experimental field of the Laboratory of Agriculture, at the Agricultural University of Athens, in the area of Votanikos.

The experimental procedure followed the design of the Randomized Complete Teams with four repetitions and six operations in each repetition (4 lubrication and 2 sowing distance). The experiment took place during the growing season from December 3, 2019 to June 9, 2020.

The characteristics studied were the density, surface, diameter, volume and length of the root system. From the statistical analysis of the data, the results showed that the different types of lubrication did not show statistically significant differences. But what we must emphasize is that the pieces with compost showed better first growth and a steady course during the experiment. Fertilizers with Urea and Urea + Inhibitors showed good growth with Urea having better growth in the early stages, while Urea + Inhibitors had a better course in all crops and yields. Sowing distances showed statistically significant differences. The distance D2 - 45cm, showed better results throughout the duration and course of the crop.

**Scientific area:** Field crops.

**Key words:** *Brassica nigra*, fertilization, sowing distance, root system, root surface, root diameter, root volume, root length.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ επιτακτική την ανάγκη να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες, στους ανθρώπους εκείνους, η συμβουλή των οποίων ήταν καθοριστική στην υλοποίηση της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης και κατ' επέκταση στην αποφοίτησή μου.

Πρωτίστως θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Μπιλάλη Δημήτριο, για την άψογη συνεργασία τόσο κατά την διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων καθώς και τη συγγραφή της διατριβής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Π. Παπαστυλιανού και τον Επίκουρο Καθηγητή Η. Τραυλό για την προσφορά της βοήθειάς τους, των πολύτιμων συμβουλών και του χρόνου που διέθεσαν πάνω στη μελέτη της εργασίας μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου από το Π.Μ.Σ.: «Καινοτόμες εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών και στην Αγρομετεωρολογία» για την πολύτιμη βοήθειά τους στον πειραματικό αγρό, όπως επίσης και τις υποψήφιες διδακτορικούς του εργαστηρίου Γεωργίας Αντιγολένα Φωλίνα και Καρυδόγιαννη Στέλλα με την οποία δουλέψαμε πάνω στην ίδια καλλιέργεια του μαύρου σιναπιού στο ίδιο πειραματικό.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υπομονή, την κατανόηση και τη στήριξή τους όλο αυτό το διάστημα.

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>4</b>
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....</b>	<b>5</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....</b>	<b>8</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....</b>	<b>8</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>9</b>

## Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	11
1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	11
1.2 ΚΑΤΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ .....	12
1.3 ΧΡΗΣΕΙΣ .....	13
1.4 ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ .....	15
1.4.1 ΦΥΤΟ .....	15
1.4.2 ΦΥΛΛΑ.....	16
1.4.3 ΣΤΕΛΕΧΟΣ .....	18
1.4.4 ΑΝΘΗ.....	18
1.4.5 ΚΑΡΠΟΣ .....	18
1.4.6 ΡΙΖΑ .....	19
1.5 ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΕΙΑ.....	22
1.6 ΦΥΤΟΕΞΥΓΙΑΝΣΗ .....	22
1.7 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ.....	24
1.8 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	25
1.8.1 ΚΛΙΜΑ .....	25
1.8.2 ΕΔΑΦΟΣ.....	25
1.9 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ .....	26
1.9.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	26
1.9.2 ΣΠΟΡΑ .....	26
1.9.3 ΛΙΠΑΝΣΗ.....	27
1.9.4 ΑΡΔΕΥΣΗ.....	28
1.9.5 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ.....	29
1.9.6 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ .....	29

1.9.7 ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΙΕΣ .....	30
1.10 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ .....	31
1.10.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	31
1.10.2 ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ .....	32
1.11 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	34
2.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	34
2.2 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ .....	34
2.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ.....	35
2.4 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΓΡΟΥ .....	36
2.5 ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ.....	37
2.6 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ .....	38
2.7 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ .....	41
2.7.1 ΑΡΔΕΥΣΗ.....	41
2.7.2 Διαχείριση ζιζανίων .....	41
2.7.3 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΕΧΘΡΩΝ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ.....	41
2.8 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	42
2.9 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ .....	44
2.10 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	47
3.1 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΡΙΖΑΣ (SAMPLE AREA).....	47
3.2 ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΡΙΖΑΣ (AVERAGE DIAMETER) .....	51
3.3 ΟΓΚΟΣ ΡΙΖΑΣ (SPECIMEN VOLUME) .....	55
3.4 ΜΗΚΟΣ ΡΙΖΑΣ (LENGTH IN SAMPLE) .....	59
3.5 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΡΙΖΑΣ (DENSITY) .....	63
3.6 ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΡΙΖΑΣ (DRY ROOT WEIGHT).....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	70
4.1 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΡΙΖΑΣ (SAMPLE AREA).....	70
4.2 ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΡΙΖΑΣ (AVERAGE DIAMETER) .....	71
4.3 ΟΓΚΟΣ ΡΙΖΑΣ (SPECIMEN VOLUME) .....	71
4.4 ΜΗΚΟΣ ΡΙΖΑΣ (LENGTH IN SAMPLE) .....	72
4.5 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΡΙΖΑΣ (DENSITY) .....	72
4.6 ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΡΙΖΑΣ (DRY ROOT WEIGHT).....	73

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Η διάδοση της καλλιέργειας του είδους <i>Brassica nigra</i> L. (Πηγή: <a href="http://www.cabi.org">www.cabi.org</a> ).....	12
Εικόνα 2 Χρήση <i>B. nigra</i> ως έλαιο (Πηγή <a href="http://www.itrofi.gr">www.itrofi.gr</a> ).....	14
Εικόνα 3 Είδη μουστάρδας (Πηγή: <a href="http://wideopeneats.com">wideopeneats.com</a> ).....	15
Εικόνα 4 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του είδους <i>Brassica nigra</i> L.(Πηγή: <a href="http://en.wikipedia.org">en.wikipedia.org</a> ).....	17
Εικόνα 5 Άνθος και επικονίαση από μέλισσα (Πηγή: <a href="http://el.wikipedia.org">el.wikipedia.org</a> ).....	18
Εικόνα 6 Βιολογικός κύκλος του είδους <i>Brassica nigra</i> L.(Πηγή: <a href="http://grovida.us">grovida.us</a> ). ....	25
Εικόνα 7 Δορυφορική εικόνα του πειραματικού αγρού του Εργαστηρίου Γεωργίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Πηγή: Google Maps).....	34
Εικόνα 8 Χάραξη αγρού και χύδην λίπανση Γ. Π. Α. (Προσωπικό αρχείο).....	39
Εικόνα 9 Κατεργασία και ενσωμάτωση λίπανσης με χρήση φρέζας Γ. Π. Α. (Προσωπικό αρχείο).....	39
Εικόνα 10 Χάραξη αγρού, δημιουργία σειρών και σπορά Γ.Π.Α. (Προσωπικό αρχείο).....	40
Εικόνα 11 Πορεία εξέλιξης καλλιέργειας. Παρουσιάζονται τα στάδια από πάνω προς τα κάτω: 48 ΗΑΣ, 83 ΗΑΣ, 111 ΗΑΣ, 134 ΗΑΣ, 153 ΗΑΣ, 189 ΗΑΣ. (Προσωπικό αρχείο) Γ.Π.Α. ....	42
Εικόνα 12 Δειγματολήπτης και χρήση αυτού Γ.Π.Α. (Προσωπικό αρχείο). ....	45
Εικόνα 13 Συλλογή δείγματος σε βάθος 5-10cm αριστερά και 30-35cm δεξιά Γ.Π.Α. (Προσωπικό αρχείο).....	45
Εικόνα 14 Ζυγός μέτρησης ξηρού βάρους Εργαστήριο Γ.Π.Α. ....	46
Εικόνα 15 Δείγμα σε διάλυμα αριστερά, κοσκίνισμα και παραλαβή ρίζας μέση, σκανάρισμα ρίζας δεξιά, Γ.Π.Α. (Προσωπικό αρχείο). ....	46

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Στοιχεία φυτικού υλικού ( <i>Brassica nigra</i> L.).....	35
Πίνακας 2 Πειραματικό σχέδιο εγκατάστασης καλλιέργειας .....	36
Πίνακας 3 Εδαφολογική ανάλυση βιολογικού αγρού του εργαστηρίου Γεωργίας στο ΓΠΑ. ....	37
Πίνακας 4 Στοιχεία λιπασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία και μέση σύσταση αυτών. ....	38
Πίνακας 5 Στοιχεία Στατιστικής Ανάλυσης ANOVA (Επιφάνεια ρίζας).....	47
Πίνακας 6 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων λίπανσης.49	
Πίνακας 7 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων απόσταση. ....	49
Πίνακας 8 Στοιχεία Στατιστικής Ανάλυσης ANOVA (Διάμετρος ρίζας).....	52
Πίνακας 9 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων λίπανσης (Διάμετρος ρίζας).....	53
Πίνακας 10 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων απόσταση (Διάμετρος ρίζας).....	53
Πίνακας 11 Στοιχεία Στατιστικής Ανάλυσης ANOVA (Όγκος ρίζας). ....	56
Πίνακας 12 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων λίπανσης (Όγκος ρίζας). ....	57



Πίνακας 13 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων απόσταση (Όγκος ρίζας). .....	57
Πίνακας 14 Στοιχεία Στατιστικής Ανάλυσης ANOVA (Μήκος ρίζας). .....	60
Πίνακας 15 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων λίπανσης (Μήκος ρίζας). .....	61
Πίνακας 16 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων απόσταση (Μήκος ρίζας). .....	61
Πίνακας 17 Στοιχεία Στατιστικής Ανάλυσης ANOVA (Πυκνότητα ρίζας). .....	63
Πίνακας 18 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων λίπανσης (Πυκνότητα ρίζας). .....	65
Πίνακας 19 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων απόσταση (Πυκνότητα ρίζας). .....	65
Πίνακας 20 Στοιχεία Στατιστικής Ανάλυσης ANOVA (Ξηρό βάρος ρίζας). .....	67
Πίνακας 21 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων λίπανσης (Ξηρό βάρος ρίζας). .....	69
Πίνακας 22 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων απόσταση (Ξηρό βάρος ρίζας). .....	69

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Διακύμανση θερμοκρασίας (Μέγιστη-Μέση-Ελάχιστη) κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών). .....	43
Διάγραμμα 2: Διακύμανση κατακρημνισμάτων κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών). .....	43
Διάγραμμα 3: Διακύμανση ταχύτητας ανέμου κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών). .....	44
Διάγραμμα 4 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα επιφάνεια ρίζας ως προς τη λίπανση .....	50
Διάγραμμα 5 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα επιφάνεια ρίζας ως προς την απόσταση. ....	50
Διάγραμμα 6 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων λίπανσης και απόστασης στην επιφάνεια ρίζας. ....	51
Διάγραμμα 7 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα διάμετρος ρίζας ως προς τη λίπανση. ....	54
Διάγραμμα 8 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα διάμετρος ρίζας ως προς την απόσταση. ....	54
Διάγραμμα 9 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων λίπανσης και απόστασης στην διάμετρο ρίζας. ....	55
Διάγραμμα 10 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα όγκος ρίζας ως προς τη λίπανση. ....	58
Διάγραμμα 11 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα όγκος ρίζας ως προς την απόσταση. ....	58
Διάγραμμα 12 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων λίπανσης και απόστασης στον όγκο ρίζας. ....	59

Διάγραμμα 13 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα μήκος ρίζας ως προς τη λίπανση. ....	62
Διάγραμμα 14 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα μήκος ρίζας ως προς την απόσταση. ....	62
Διάγραμμα 15 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων λίπανσης και απόστασης στο μήκος ρίζας.....	63
Διάγραμμα 16 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα πυκνότητα ρίζας ως προς τη λίπανση.....	66
Διάγραμμα 17 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα πυκνότητα ρίζας ως προς την απόσταση. ....	66
Διάγραμμα 18 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων λίπανσης και απόστασης στην πυκνότητα ρίζας.....	67
Διάγραμμα 19 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα Ξηρού βάρους ρίζας ως προς τη λίπανση.....	69
Διάγραμμα 20 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα Ξηρού βάρους ρίζας ως προς την απόσταση. ....	70
Διάγραμμα 21 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων λίπανσης και απόστασης στο Ξηρό βάρος ρίζας .....	70

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

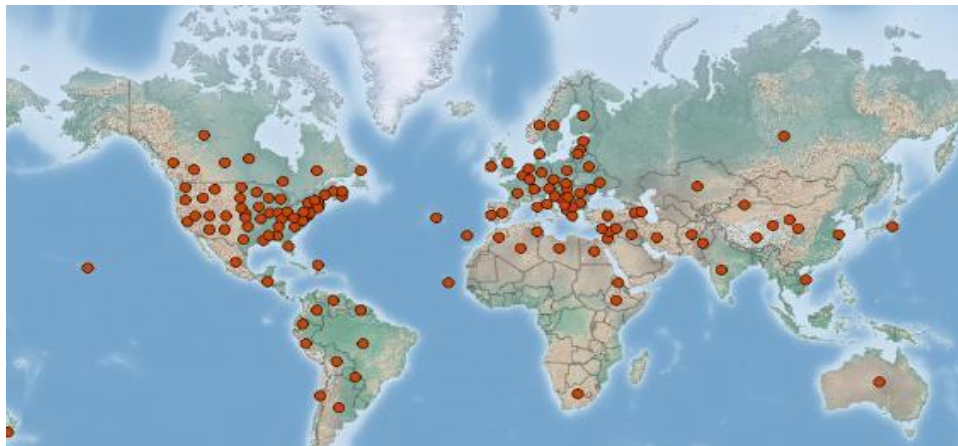
### 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το σινάπι ανήκει στα Αγγειόσπερμα στο γένος *Brassica* και στην οικογένεια των Σταυρανθών (*Brassicaceae*). Είναι γνωστό επίσης και ως βρούβα, λαπανίδα, ραπανόβρουβα, *Mutarde* (Γαλλικά), *Mustard* (Αγγλικά), *Senf* (Γερμανικά). Είναι δικότυλο, μονοετές φυτό με φωτεινά κίτρινα άνθη και οι σπόροι του χρησιμοποιούνται στην παρασκευή μουστάρδας. Υπάρχουν περίπου 4 διαφορετικές ποικιλίες του φυτού και από αυτές οι περισσότερες είναι ζιζάνια. Οι πιο διαδεδομένες ποικιλίες από τις οποίες δημιουργείται η μουστάρδα είναι η ποικιλία *Brassica alba* (λευκό σινάπι), η *Brassica juncea* (καφέ ινδικό σινάπι) και η *Brassica nigra* (μαύρο σινάπι). Στη χώρα μας είναι γνωστά ως λαπάνες ή βρούβες και συλλέγονται ως άγρια χόρτα, με γεύση λίγο καυστική και την χαρακτηριστική μυρωδιά του λάχανου και του μπρόκολου καθώς και άλλων φυτών της οικογένειας *Brassicaceae*. Το λευκό σινάπι είναι πιθανώς το φυτό «νάπυ» του Θεόφραστου και του Διοσκουρίδη.

Το είδος *Brassica nigra* (L.) Koch (Μαύρο σινάπι) πιθανότατα προέρχεται από την περιοχή της Μικράς Ασίας και του Ιράν, ενώ εμφανίζεται με την άγρια μορφή του στην περιοχή της Μεσογείου (Bell & Muller, 1973), σε όλη την Κεντρική Ευρώπη, στη Μέση Ανατολή και στα υψίπεδα της Αιθιοπίας. Έχει καλλιεργηθεί ευρέως και έχει εισαχθεί και σε άλλες περιοχές πέραν των ηπείρων από τις οποίες κατάγεται, όπως επίσης και στην Αυστραλία και την Αμερική (Peter, 2004; USDA-ARS, 2013).

Φύεται σε ψυχρά κλίματα, κυρίως στις περιοχές του Β. Καναδά (Ντακότα), όπου η ποιότητα του παραγόμενου σιναπόσπορου αξιολογείται ως η καλύτερη του είδους. Ακολουθούν σε ποιότητα οι παραγωγές των Ανατολικών Ευρωπαϊκών χωρών (Ρουμανία, Τσεχία, Πολωνία). Ο τρόπος παραγωγής της μουστάρδας ποικίλλει ανάλογα με τον τόπο παραγωγής, τις πρώτες ύλες και της τεχνολογίας που χρησιμοποιούνται (itrofi.gr). Δύο είναι οι κύριες σχολές παραγωγής μουστάρδας, η γερμανική και η γαλλική (*Dijon*). Η διαφορά τους είναι βασική και αφορά κυρίως στην επεξεργασία της κύριας πρώτης ύλης, του σιναπόσπορου. Ο γαλλικός τρόπος παραγωγής χρησιμοποιεί μόνον τον πυρήνα (ψίχα) του σπόρου, σε αντίθεση με τον γερμανικό που δεν επεξεργάζεται καθόλου τον σπόρο και τον χρησιμοποιεί ολόκληρο.

Η λέξη «μουστάρδα» προέρχεται από τα λατινικά *mustum* + *ardens* (μούστος + καυτερός), καθώς στην αρχαιότητα η σκόνη των σπόρων του φυτού γινόταν πάστα σε ανάμιξη με μούστο (Thomas, 2012).



Εικόνα 1 Η διάδοση της καλλιέργειας του είδους *Brassica nigra* L. (Πηγή: [www.cabi.org](http://www.cabi.org)).

## 1.2 ΚΑΤΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ

Το σινάπι είναι από τα παλαιότερα καταγεγραμμένα καρυκεύματα όπως φαίνεται στις Σανσκριτικές γραφές, που χρονολογείται γύρω στα 3000 π.Χ. στην Ινδία και ήταν μία από τις πρώτες οικόσιτες καλλιέργειες. Εκτός από τους Ινδούς και άλλοι αρχαίοι λαοί γνώριζαν το σινάπι και το χρησιμοποιούσαν ως μπαχαρικό, άρτυμα ή φάρμακο.

Στην Αίγυπτο έριχναν σινάπι στο φαγητό τους και μασούσαν ολόκληρους τους σπόρους καθώς έτρωγαν κρέας προκειμένου να βελτιώσουν τη γεύση του. Επίσης, λέγεται ότι το σινάπι χρησιμοποιήθηκε για την βελτίωση της οσμής διαφόρων τροφίμων.

Οι Ρωμαίοι συνήθιζαν να ανακατεύουν τους σπόρους του σιναπιού με μούστο, δημιουργώντας ένα παρασκεύασμα που έμοιαζε με τη σημερινή μουστάρδα. Εν συνεχεία το διέδωσαν στη Γαλλία.

Ακόμη, στην Κίνα από το 659 μ.Χ. άρχισε να χρησιμοποιείται ως θεραπευτικό φυτό. Στα χρόνια του Μεσαίωνα χρησιμοποιούνταν ως συντηρητικό τροφίμων καθώς έχει την ιδιότητα να περιορίζει τη δράση των βακτηρίων.

Στην Ευρώπη ήταν ίσως το μοναδικό μπαχαρικό που ήταν γνωστό πριν ακόμα να έρθουν τα υπόλοιπα Ασιατικά μπαχαρικά. Στην Ελλάδα τον 6<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. ο Πυθαγόρας συνιστούσε το

σινάπι ως φάρμακο για τα τσιμπήματα των σκορπιών, ενώ τον 7<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ., ο Ιπποκράτης το χρησιμοποιούσε σε καταπλάσματα και φάρμακα. Επίσης χρησιμοποιούσαν το έλαιο από τους σπόρους για εντριβές στο στήθος, τους μυς ή σαν κατάπλασμα στις πονεμένες αρθρώσεις. Ακόμη, υπάρχει μία συνταγή για μουστάρδα στο βιβλίο μαγειρικής «Απίκιος» που χρονολογείται στα τέλη του 4<sup>ου</sup> ή στις αρχές του 5<sup>ου</sup> αιώνα π.Χ..

Το φυτό της μουστάρδας αναφέρεται στη Βίβλο, στην παραβολή του Ιησού για τον κόκκο του σινάπεως, σύμφωνα με την οποία «*Η βασιλεία των ουρανών είναι όμοια με σπόρο σιναπιού, που τον πήρε κάποιος άνθρωπος και τον έσπειρε στο χωράφι του. Αυτός ο σπόρος, αν και μικρότερος από όλα τα σπέρματα, όταν βλαστήσει και μεγαλώσει γίνεται φυτό μεγαλύτερο από όλα τα λαχανικά, σωστό δένδρο, όπου μπορούν να έρχονται τα πτηνά του ουρανού και να κατοικούν στα κλαδιά του*» (Ματθ. 13, 31-32).

### 1.3 ΧΡΗΣΕΙΣ

Σύμφωνα με το FAOSTAT, οι ελαιούχοι σπόροι των *Brassica napus*, *B. rapa*, *B. juncea* και *B. carinata* παρέχουν μόλις το 12% της παγκόσμιας προσφοράς σε βιώσιμο φυτικό έλαιο, παρόλο που ορισμένα από αυτά χρησιμοποιούνται και ως φυλλώδη ή ριζώδη λαχανικά.

Η βρώση του υπέργειου μέρους του φυτού περιλαμβάνει την ωμή κυρίως κατανάλωση των φύλλων. Τα νεαρά φύλλα χρησιμοποιούνται ως αρωματικό σε σαλάτες, ενώ τα μεγαλύτερα ως λαχανικό. Γενικότερα διακρίνονται από μία πικάντικη γεύση.

Το *Brassica nigra* καλλιεργείται και χρησιμοποιείται λόγω της φαρμακευτικής και μαγειρικής της αξίας από τα παλιότερα κιόλας χρόνια. Οι σπόροι και το έλαιο χρησιμοποιούνται σε διάφορους τομείς της ζωής του ανθρώπου εξαιτίας των μοναδικών ιδιοτήτων τους, όπως στην υγεία, στη διατροφή, στην κοσμητολογία κλπ.

Ο σπόρος καταναλώνεται ως τονωτικό και διεγερτικό της όρεξης, ενώ βοηθάει στην πέψη, ενισχύοντας την έκκριση σιέλου και τη δραστηριότητα της σιαλικής αμυλάσης στον άνθρωπο, διεγείροντας έτσι τις γαστρικές εκκρίσεις (Tassou, 2006). Έχει παρατηρηθεί πως όταν χυθεί ζεστό νερό πάνω στους σπόρους του φυτού, παράγεται ένα ρόφημα, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καταπραΐνει τον πονοκέφαλο.

Το έλαιο του σιναπιού έχει πολλές ευεργετικές ιδιότητες. Έχουν γίνει διάφορες έρευνες τόσο για το έλαιο όσο και για το αιθέριο έλαιο του σιναπιού. Το έλαιο είναι εξαιρετικά επωφελές για το δέρμα και συχνά χρησιμοποιείται σε αρωματοθεραπείες. Μία μελέτη του περιοδικού Journal of Health, Population and Nutrition αναφέρει ότι αν και το έλαιο μουστάρδας χρησιμοποιείται συνήθως στην Ινδία ως λάδι μασάζ για νεογέννητα χρειάζεται προσοχή γιατί μπορεί να εμφανίσει αλλεργίες. Το λάδι έχει υψηλά επίπεδα βιταμίνης E, το οποίο βοηθά στη βελτίωση της υγείας του δέρματος. Μπορεί να βοηθήσει στην προστασία του δέρματος από τις βλάβες των ελεύθερων ριζών από το υπεριώδες φως και μπορεί ακόμη και να συμβάλει στη μείωση της εμφάνισης λεπτών γραμμών και ρυτίδων. Επίσης, το έλαιο του σπόρου βοηθάει στην τόνωση της ανάπτυξης των μαλλιών. Ακόμη, δεν είναι λίγες οι αναφορές που υποδεικνύουν την αντισηπτική δράση του φυτού (Ghani, 2003). Το αλεύρι του σιναπιού έχει αντισηπτική δράση, ενώ το έλαιο είναι ευεργετικό σε περιπτώσεις πλευρίτιδας και πνευμονίας (Duke, 1983).



Εικόνα 2 Χρήση *B. nigra* ως έλαιο (Πηγή [www.itrofi.gr](http://www.itrofi.gr)).

Από το ξηρό βάρος του σπόρου το 20 - 35% είναι πρωτεΐνες. Η διατροφική αξία των πρωτεϊνών των ελαιούχων σπόρων Brassicaceae παίζει ένα σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό της αξίας τους ως πηγή πρωτεΐνης τροφίμων ή ζωοτροφών. Μέχρι σήμερα οι πρωτεΐνες της οικογένειας Brassicaceae χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σε εφαρμογές διατροφής των ζώων, αλλά μπορεί να υπάρξουν τεράστιες δυνατότητες στις εφαρμογές της διατροφής του ανθρώπου μόλις ξεπεραστούν τα τεχνολογικά εμπόδια για να ληφθούν τα κατάλληλα συστατικά, (Wanasundara, 2011).

Η σημαντικότερη χρήση του μαύρου σιναπιού είναι η παρασκευή της μουστάρδας, που είναι καρύκευμα είτε σε μορφή σκόνης είτε σε μορφή πάστας. Η γεύση της μουστάρδας εξαρτάται από τον τύπο των σπόρων και κυμαίνεται από γλυκιά έως καυτερή (Condiments Slideshow: Dress Up Food with Mustard and More). Η μουστάρδα είναι η Τρίτη σημαντική καλλιέργεια ελαιούχων σπόρων στον κόσμο μετά τη σόγια (*Glycine max*) και τον φοίνικα (*Elaeis guineensis* Jacq.). Η παγκόσμια παραγωγή μουστάρδας και ελαίου είναι περίπου 38 -42 και 12 – 14 mt, αντίστοιχα. Οι σπόροι του σιναπιού χρησιμοποιούνται στην παρασκευή διαφόρων τύπων μουστάρδας και προέρχονται από τρία διαφορετικά είδη: μαύρο σινάπι (*Brassica nigra*), καφέ ινδικό σινάπι

(*Brassica juncea*) και το λευκό σινάπι (*Brassica hirta / Sinapis alba*) (Bagchi & Srivastava, 2003; Fahey, 2003).



Εικόνα 3 Είδη μουστάρδας (Πηγή: wideopeneats.com).

## 1.4 ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

### 1.4.1 ΦΥΤΟ

Το μαύρο σινάπι είναι το είδος *Brassica nigra* var. *abyssinica*. Braun *Sinapis nigra* L.

#### Ταξινόμηση:

Βασίλειο: Φυτά

Φύλο: Σπερματόφυτα

Υπόφυλο: Αγγειόσπερμα

Τάξη: Δικοτυλήδονα

Οικογένεια: Brassicaceae (Cruciferae)

Φυλή: Brassiceae

Γένος: *Brassica*

Είδος: *B. nigra*

Το Σινάπι ανήκει στην οικογένεια των Brassicaceae / Cruciferae (Κραμβοειδή / Σταυρανθή) το γένος *Brassica* αποτελείται από 150 είδη ετήσιων ή διετών φυτών (Thomas et al., 2012). Στην περιοχή της Μεσογείου συναντούμε οκτώ είδη από τα οποία πέντε στην ελληνική χλωρίδα. Το *Sinapis avensis* (Σινάπι το αρουραίο) κοινώς λαψάνα –η λαμψάνη του Διοσκουρίδη –ενοχλητικό ζιζάνιο και επιζήμιο, γιατί αναπτύσσεται γρηγορότερα από τα καλλιεργούμενα φυτά και γενικώς τα πνίγει. Το φυτό αυτό περιέχει μόλις το ένα τρίτο της δραστηρικής ουσίας του λευκού σιναπιού. Το *Sinapis alba* ή *Brassica alba* (Σινάπι το λευκόν) το οποίο συναντούμε με τις ονομασίες πικρίδι, λευκό σινάπι, σινάπι, αγριοσινάπια, σινιάβρη, γλυκοβρούβες ή λαψάνα. Το Νάπυ ή Σίνηπι του Διοσκουρίδη, το Νάπυ του Θεόφραστου το οποίο χρησιμοποιείται για φαγητό ως άγριο και ονομάζεται και αυτό λαψάνα και το *Sinapis nigra* ή *Brassica nigra* (Σινάπι το μέλαν), (Downey, Robbelen, 1989). Όλα τα φυτά είναι ετήσια, καλλιεργούμενα ή αυτοφυή. Οι σπόροι τους αποσταζόμενοι δίνουν λάδι, ενώ οι αλευροποιημένοι σπόροι από το λευκό και το μέλαν σινάπι είναι η βάση για την μουστάρδα.

Το *Brassica nigra* είναι ένα αγγειόσπερμο, δικότυλο, ετήσιο, ποώδες, με πολλές διακλαδώσεις φυτό, το οποίο αναπτύσσεται, κατά μέσο όρο, σε ύψος 0,5-1,5m, ενώ μπορεί να ξεπεράσει τα 2-2,5m, ανάλογα με τις εδαφοκλιματικές συνθήκες που επικρατούν (Peter, 2004; Κρίκελας, 2016).

Τα γένη *Brassica* L. και *Sinapis* L. είναι στενά συνδεδεμένα μεταξύ τους και δύσκολα μπορεί να τα διακρίνει κανείς. Μερικές αναγνωρίσιμες διαφορές είναι ότι το γένος *Sinapis* έχει φύλλα ανοιχτού πράσινου χρώματος, πέταλα με μικρές οδοντώσεις και καρπούς με τρίχες, ενώ το γένος *Brassica* συχνά έχει φύλλα γκριζο-πράσινου χρώματος, πέταλα με πιο έντονες οδοντώσεις και λείους καρπούς (cabi.org).

Τα περισσότερα καλλιεργούμενα και χρησιμοποιημένα είδη του γένους *Brassica*, είναι τα *Brassica oleracea* και *Brassica rapa* τα οποία είναι εδώδιμα (φύλλα, ταξιανθία, ρίζα, στέλεχος και σπόρος), ενώ οι σπόροι του *Brassica nigra*, *Brassica carinata* και *Brassica juncea* χρησιμοποιούνται ως καρυκεύματα (Šamec et al, 2019).

#### 1.4.2 ΦΥΛΛΑ

Στο νεανικό στάδιο είναι ροζέτες με φύλλα άμισχα σε σχήμα «λύρας». Έπειτα οι ροζέτες εκπτύσσουν ανθοφόρους βλαστούς με έμμισχα φύλλα κατ' εναλλαγή, τριχωτά, σκούρου πράσινου



χρώματος. Παρατηρείται βαθμιαία μείωση του μεγέθους τους από τη βάση προς την κορυφή του φυτού. Τα κατώτερα φύλλα είναι μεγάλα (16cm x 5cm), πεπλατυσμένα, τραχιά, λοβωτά - οδοντωτά, με τον ακραίο λοβό να είναι μεγαλύτερος ενώ οι κατώτεροι μικρότερου μεγέθους. Τα ανώτερα φύλλα των ανθοφόρων στελεχών είναι λεία, στενά, επιμήκη, λογχοειδή και μέτρια λοβωτά. Σε αντίθεση με πολλά είδη του γένους *Brassica*, τα φύλλα είναι, ελαφρώς αν όχι εντελώς, γλαυκώδη (κηρώδη) (Peter, 2004; Thomas, 2012).



Εικόνα 4 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του είδους *Brassica nigra*L. (Πηγή:en.wikipedia.org).

### 1.4.3 ΣΤΕΛΕΧΟΣ

Ο βλαστός είναι πράσινος, κυλινδρικός έως 1m ύψος ή και περισσότερο, διακλαδιζόμενος από τη μέση ή κοντά από τη βάση (Thomas,et al., 2012).

### 1.4.4 ΑΝΘΗ



Εικόνα 5 Άνθος και επικονίαση από μέλισσα (Πηγή: [el.wikipedia.org](http://el.wikipedia.org)).

Η διάταξη των μερών του άνθους (πέταλα, σέπαλα) είναι κατά σταυρωτούς σπονδύλους και χάρη σε αυτό οφείλεται η ονομασία των φυτών Σταυρανθή. Η ταξιανθία είναι βότρυς και αναπτύσσεται είτε μασχαλιαία, είτε επάκρια. Τα άνθη είναι μικρά (8mm), ερμαφρόδιτα, ακτινόμορφα, σταυροειδή, φωτεινού κίτρινου χρώματος, και το άρωμά τους θυμίζει βανίλια. Ο κάλυκας αποτελείται από 4 σέπαλα (3-4mm x 1,5mm), η στεφάνη από 4 πέταλα (6-8mm x 2-2,5mm), οι στήμονες είναι τετραδύναμοι (ένα ζεύγος βραχέων και δύο ζεύγη μακρών στημόνων), ο ύπερος είναι επιφυής (άρα το άνθος υπόγυνο) και αποτελείται από δύο καρπόφυλλα που συμφύονται. Ο ανθικός τύπος του φυτού είναι: \*K4Σ4A4+2Γ(2) (Σαρλής, 1999). Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα και επικονιάζονται από μέλισσες, έντομα και τον αέρα. Το μαύρο σινάπι και γενικότερα τα είδη του σιναπιού είναι εξαιρετικά μελισσοκομικά φυτά. Ιδίως την Άνοιξη ο πληθυσμός των μελισσών είναι πολύ μεγάλος που τρέφεται από το σινάπι και ταυτόχρονα βοηθάνε στην διαδικασία της επικονίασης.

### 1.4.5 ΚΑΡΠΟΣ

Ο καρπός του είναι κέρας (2-5cm), δίλοβος, που κάθε μια σειρά χωρίζεται από την άλλη με περγαμηνώδη ιστό, τριχωτός με μαύρες τρίχες και εμφανίζει νευρώσεις επιμήκη, τετράγωνα, με σπέρματα στρογγυλά, καστανόμαυρα και επιφάνεια δικτυωτή όπου δεν ξεπερνούν τα 2mm και γεύση καυστική (Thomas et al.,2012). Σε κάθε λοβό βρίσκονται 10 – 12 σπέρματα και έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε λάδι (20 - 30%), (Κρίκελας,2016). Είναι καυστικοί πολλές φορές, με μεγάλο έμβρυο και με σχεδόν ανύπαρκτο ενδοσπέρμιο. Ο πυρήνας των σπόρων έχει πρασινοκίτρινο χρώμα και είναι ελαιώδης. (Bagchi & Srivastava, 2003; Thomas, 2012). Το σινάπι είναι ακαθόριστης ανάπτυξης για αυτό και το μέσο βάρος των σπόρων δεν μεταβάλλεται ιδιαίτερα καθ'όλη την διάρκεια της ωρίμανσης.

#### 1.4.6 ΡΙΖΑ

Ο φαινοτυπικός χαρακτήρας της ρίζας είναι μια δύσκολη εργασία, κυρίως λόγω της κρυμμένης φύσης αυτού του οργάνου. Η αρχιτεκτονική της ρίζας επηρεάζει την ικανότητα των φυτών να έχουν πρόσβαση σε θρεπτικά συστατικά και νερό.

Το μέγεθος και η αρχιτεκτονική του συστήματος ρίζας είναι σημαντική μεταβλητή για την εξασφάλιση επαρκούς πρόσβασης σε Ν. Η αρχιτεκτονική της ρίζας καθορίζεται από τον τύπο του ριζικού συστήματος. Το μέγεθος και η αρχιτεκτονική σε συγκεκριμένα είδη του ριζικού συστήματος καθορίζει επίσης σε μεγάλο βαθμό ένα ευρύ φάσμα φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων. Σε γενικές γραμμές, το μέγεθος της ρίζας (όπως προσδιορίζεται με τη συνολική μάζα, το μήκος ή την επιφάνεια) σε σχέση με το υπόλοιπο φυτό (π.χ., όπως εκφράζεται από την αναλογία βλαστός/ρίζα) αυξάνει όταν η συγκέντρωση Ν είναι περιοριστική. Το άζωτο προκαλεί στέρηση συσσώρευσης αμύλου σε φύλλα, και μια αύξηση στο ποσοστό των φωτοσυνθετικών προϊόντων που μεταφέρονται στη ρίζα, με αποτέλεσμα την μείωση του λόγου βλαστού / ρίζα (Rufty et al., 1988)

Το σχήμα του ριζικού συστήματος αναφέρεται σε βάθος ρίζας, επιμήκυνση και πυκνότητα πλευρικών ριζών και ριζικά τριχίδια, τη χωρική θέση των ριζών και τον τρόπο με τον οποίο το ριζικό σύστημα καταλαμβάνει το έδαφος. Η ριζική δομή καθορίζει την ποικιλία των συστατικών που αποτελούν το ριζικό σύστημα και τη σχέση τους (Hodge et al., 2009). Η κατανομή των ριζών στο έδαφος φαίνεται πως επηρεάζεται περισσότερο από την άρση του εδάφους, το pH της ριζόσφαιρας, τη διαχείριση λιπασμάτων και τον χρόνο καλλιέργειας (Holanda et al., 1998; Andraski and Bundy, 2003; Vu et al., 2009). Κατά συνέπεια, στην πρακτική της χωρικής ανάπτυξης της απόκρισης του ριζικού συστήματος στο P στο έδαφος, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες: το έδαφος, το pH ριζόσφαιρας, η κατάσταση του νερού, το σύστημα διαχείρισης λιπασμάτων και ο χρόνος καλλιέργειας, καθώς όλα αυτά σχετίζονται στενά με την κατανομή των ριζών.

Μορφολογία. Η μορφολογία της ρίζας αναφέρεται στα επιφανειακά χαρακτηριστικά ενός άξονα ρίζας ως όργανο, συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών της επιδερμίδας, όπως οι ρίζες, η διάμετρος της ρίζας, το κάλυμμα της ρίζας, το μοτίβο εμφάνισης των θυγατρικών ριζών, κυματισμοί του ριζικού άξονα και φλοιώδης γήρανση. Τα ανατομικά χαρακτηριστικά μιας ρίζας

που σχετίζεται με την οργάνωση κυττάρων και ιστών δεν αποτελούν συνήθως αρχιτεκτονικά ζητήματα.

**Τοπολογία.** Η τοπολογία της ρίζας αναφέρεται στο πώς οι μεμονωμένοι ριζικοί άξονες συνδέονται μεταξύ τους μέσω διακλάδωσης. Όπως και στη μαθηματική χρήση, η τοπολογία ρίζας είναι σταθερή σε παραμόρφωση ή περιστροφή των ίδιων των αξόνων και ως εκ τούτου είναι δυνατή η μέτρηση σε ανασκαμμένα ριζικά συστήματα.

**Διανομή.** Η κατανομή ριζών αναφέρεται στην παρουσία (και όχι στον προσανατολισμό) των ριζών σε μια κλίση θέσης ή ένα πλέγμα. Συνήθως, μελέτες κατανομής ριζών αφορούν τη βιομάζα ρίζας ή το μήκος της ρίζας ως συνάρτηση παραγόντων όπως το βάθος στο έδαφος, η απόσταση από το στέλεχος και η θέση μεταξύ γειτονικών φυτών. Η μέτρηση της κατανομής των ριζών σε αγροτικές και φυσικές κοινότητες φυτών περιλαμβάνει συχνά ρίζες περισσότερων από ενός φυτών ή περισσότερων από ενός ειδών.

**Αρχιτεκτονική.** Η αρχιτεκτονική ρίζας αναφέρεται στη χωρική διαμόρφωση του ριζικού συστήματος, δηλαδή στη ρητή γεωμετρική ανάπτυξη των ριζικών αξόνων. Συνήθως, οι μελέτες της αρχιτεκτονικής των ριζών δεν περιλαμβάνουν λεπτές δομικές λεπτομέρειες, όπως οι ρίζες, αλλά αφορούν ένα ολόκληρο ριζικό σύστημα ή ένα μεγάλο υποσύνολο του ριζικού συστήματος ενός μεμονωμένου φυτού.

Η σημασία της ριζικής αρχιτεκτονικής στην παραγωγικότητα των φυτών πηγάζει από το γεγονός ότι πολλοί εδαφικοί πόροι κατανέμονται άνισα ή υπόκεινται σε τοπική εξάντληση, έτσι ώστε η χωρική ανάπτυξη του ριζικού συστήματος να καθορίσει σε μεγάλο βαθμό την ικανότητα ενός φυτού να εκμεταλλευτεί αυτούς τους πόρους. Τα αποθέματα τοπικής διαθεσιμότητας P εδάφους μπορεί να διατηρήσουν τα όριά τους εντός χιλιοστών ή εκατοστών για μερικά χρόνια. Πολύ ισχυρές βαθμίδες στη θερμοκρασία, την κατάσταση οξυγόνου, τη διαθεσιμότητα νερού, το pH, την πυκνότητα όγκου και την κατάσταση των θρεπτικών συστατικών εμφανίζονται συνήθως σε βάθος εδάφους σε κλίμακα εκατοστών.

Οι δραστηριότητες των εδαφικών ζώων, όπως οι γαιοσκώληκες και τα μυρμήγκια μπορούν να δημιουργήσουν τοπικά μπόνους από χαλαρό, εύφορο έδαφος σε ορίζοντες που διαφορετικά θα ήταν φτωχοί σε πόρους. Η ίδια η δραστηριότητα της ρίζας δημιουργεί ισχυρές βαθμίδες στο

περιβάλλον χώμα μέσω, για παράδειγμα, της εξάντλησης των ακίνητων θρεπτικών συστατικών όπως το P.

Οι Vessey και Layzell (1987) έδειξαν ότι οι απαιτήσεις της ρίζας σε N υπερβαίνουν αυτές του βλαστού σε περιόδους ανεπάρκειας N (Tolley-Henry & Raper, 1986), προωθώντας έτσι την ανάπτυξη των ριζών.

Το βάθος του ριζικού συστήματος, το οποίο ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό μεταξύ των ειδών, καθορίζει την ικανότητα απορρόφησης N, σε νιτρική μορφή κατά τη διάρκεια των περιόδων της έκπλυσης (Gastal και Lemaire, 2002).

Οι λεπτές ρίζες έχουν μεγαλύτερη έκταση επιφάνειας σε αναλογία όγκου από τις χοντρές ρίζες, και ως εκ τούτου απαιτούν λιγότερο C για την κατασκευή ανά μονάδα μήκους της ρίζας. Οι ρίζες τείνουν να πολλαπλασιάζονται σε εντοπισμένες περιοχές εντός του εδάφους με υψηλή περιεκτικότητα σε N (Drew & Saker, 1975; Granato & Raper, 1989) με προτίμηση το πλευρικό πολλαπλασιασμό.

Η χαμηλή διαθεσιμότητα P μεταβάλλει την τοπική συγκέντρωση, μεταφορά ή ευαισθησία ενδοκυτταρικών ενώσεων όπως υδατάνθρακες, ειδικά σάκχαρα, οξίνες, αιθυλένιο, κυτοκίνες, NO και ROS, και στη συνέχεια τροποποιεί τα γενετικά στοιχεία που ελέγχουν την έναρξη και τη διατήρηση της ανάπτυξης ριζών. Συγκεκριμένα, αυτή η ξεχωριστή οδός που ελέγχει την έναρξη και τη συντήρηση των μερισμάτων ρίζας σε διαφορετικούς τύπους ρίζας μπορεί να εμπλέκεται σε συγκεκριμένη χρήση ομόλογων παραγόντων ή αλληλεπιδράσεων που συμβαίνουν μεταξύ αυτών των οδών ορμονικής σηματοδότησης.

Στο *Brassica nigra*, η χαμηλή διαθεσιμότητα P τροποποιεί επίσης την αρχιτεκτονική των ριζών χαρακτηριστικά όπως το πρωτεύον μήκος της ρίζας, η διακλάδωση των ριζών, ο αριθμός και το μήκος των πλευρικών ριζών και η ενίσχυση των τριχών της ρίζας και ο σχηματισμός ριζών συστάδων.

Το ριζικό σύστημα του σιναπιού είναι πολύ πλούσιο και ισχυρό που φθάνει σε βάθος, πασσαλώδες, με πολυάριθμες, μεγάλου μήκους, ινώδεις δευτερεύουσες ρίζες που αναπτύσσονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Σε ξηροθερμικές συνθήκες το φυτό αναπτύσσει βαθύτερο ριζικό σύστημα (Καββάδας, 1956).

## 1.5 ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΕΙΑ

Η αλληλοπάθεια αποτελεί έναν αμυντικό μηχανισμό ενός φυτικού οργανισμού. Λειτουργεί μέσω της παραγωγής χημικών ουσιών που διαφεύγουν στο περιβάλλον και έχουν άμεση ή έμμεση επιβλαβή ή ευεργετική επίπτωση ενός φυτού σε ένα άλλο (Rise, 1984). Πολλές από τις φυτοτοξικές ουσίες που υποπτεύονται ότι προκαλούν βλάστηση και αναστολή ανάπτυξης, εντοπίζονται από φυτικούς ιστούς και το έδαφος. Αυτές οι ουσίες ονομάζονται αλλοχημικά (Whittaker and Feeny, 1977) ή, πιο συχνά, αλληλοχημικά. Αλλοχημικά ονομάζονται συνήθως τα δευτερεύοντα φυτικά προϊόντα ή απόβλητα των κύριων μεταβολικών οδών στα φυτά. Αυτές μπορεί να είναι υδατοδιαλυτές ουσίες που απελευθερώνονται στο περιβάλλον μέσω έκπλυσης, εξίδρωσης της ρίζας, πτητικοποίησης και αποσύνθεσης φυτικών υπολειμμάτων. Οι περισσότερες έρευνες για την αλληλοπάθεια επικεντρώνονται μεταξύ των ειδών ζιζανίων, ζιζάνια και καλλιέργειες και είδη καλλιεργειών. Τα μέλη των Brassicaceae αναφέρονται συχνά ως αλληλοπαθητικές καλλιέργειες (Bell and Muller, 1973). Ορισμένα είδη Brassica έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στις καλλιέργειες, συμπεριλαμβανομένης της μειωμένης βλάστησης των σπόρων.

Σε περιοχή λιβαδοπονίας, τα allyl-isothiocyanates (ITC) που απομονώθηκαν από υπολείμματα μαύρης μουστάρδας, ανέστειλαν την ανάπτυξη ειδών γρασιδιού. Το Benzl-ITC, ένα προϊόν διάσπασης της λευκής μουστάρδας (Josefsson, 1968; Tollsten and Bergstrom, 1988), ήταν φυτοτοξικό για το *Abutilon theophrast* (velvetleaf), *Senna obtusifolia* L. Formerly *Cassia obtusifolia* L. (sicklepod), and sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Άλλα προϊόντα διάσπασης όπως το ionic thiocyanate (SCN<sup>-</sup>), ανέστειλαν την ανάπτυξη ριζών ή βλαστών πολλών ειδών καλλιέργειας (Brown and Morra, 1993; Brown et al., 1991). Οι πτητικές ενώσεις όπως το isoprenoid και το benzenoid που απελευθερώνονται από την αποδόμηση ιστού Brassica μπορεί να καταστέλλουν την ανάπτυξη ζιζανίων (Tollsten and Bergstrom, 1988). Διαπιστώθηκε επίσης σε πολλές μελέτες ότι τα αλλοχημικά, που αναστέλλουν την ανάπτυξη ορισμένων ειδών σε ορισμένες συγκεντρώσεις, μπορεί να διεγείρουν την ανάπτυξη των ίδιων ή διαφορετικών ειδών σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις (Narwal, 1994). Η αλληλοπάθεια είναι σχετικά νέος κλάδος της επιστήμης και δεν έχει γίνει πολύ δουλειά σχετικά με το αλληλοπαθητικό δυναμικό της χλωρίδας.

## 1.6 ΦΥΤΟΕΞΥΓΙΑΝΣΗ

Η μόλυνση των εδαφών με βαρέα μέταλλα θεωρείται σήμερα ένα από τα πιο σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, επειδή η βιωσιμότητα της ανθρωπότητας είναι δύσκολη χωρίς

έδαφος υπό τις βέλτιστες συνθήκες. Ως εκ τούτου, τα βαρέα μέταλλα έχουν αποτελέσει αντικείμενο πολυάριθμων ερευνών σχετικά με τις επιβλαβείς επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία. Τα τελευταία χρόνια, οι μελέτες φυτοθεραπείας έλαβαν αυξανόμενη προσοχή καθώς αυτή η τεχνική παρέχει μια εναλλακτική φιλική προς το περιβάλλον μέθοδο σε σύγκριση με τις συμβατικές, η οποία χρησιμοποιεί τη δυνατότητα των φυτών να μετασχηματίζουν ή να απομακρύνουν μολυσματικούς παράγοντες μέσω διαδικασιών όπως ριζοφιλτράρισμα, φυτοσταθεροποίηση, φυτοεξαγωγή, φυτοελεσματοποίηση και φυτομετασχηματισμός (Dahmani-Muller et al. 2000; McIntyre, 2003; Ghosh and Singh 2005; Kidd et al. 2009; Gunawardana, Singhal and Johnson 2011). Οι μηχανισμοί ανοχής βαρέων μετάλλων ποικίλουν και αποσκοπούν στην απορρόφηση, μετατόπιση και δέσμευση αυτών. Ένας από τους μηχανισμούς συσσώρευσης είναι ο εντοπισμός των μετάλλων μέσω των ριζών, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της βιομάζας της ρίζας σε εδάφη εμπλουτισμένα με μέταλλα (Whiting et al. 2000). Η ριζόσφαιρα είναι εκεί όπου πραγματοποιείται αλληλεπίδραση μεταξύ μικροοργανισμών, ριζών και εδάφους.

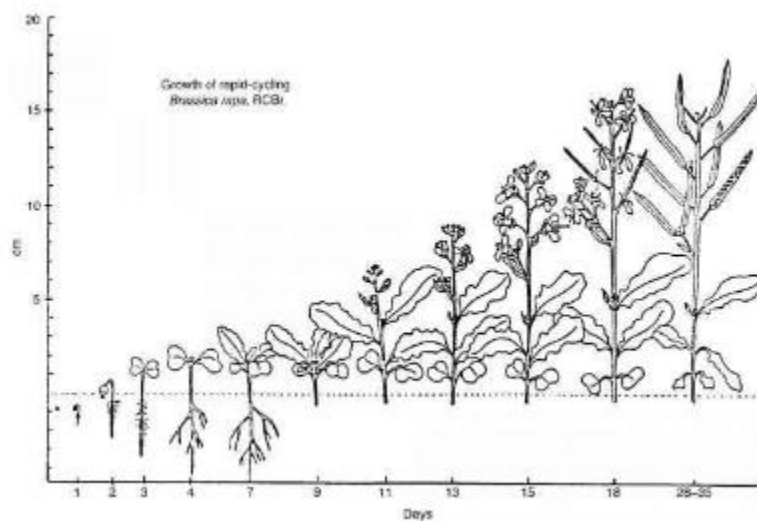
Όσον αφορά την αρχιτεκτονική των ριζών, οι τοξικές συγκεντρώσεις Cu οδήγησαν σε μειωμένη επιμήκυνση των πρωτογενών ριζών (PR) και των πλευρικών (LR), πάχυνση της κύριας ρίζας και αναστολή του LR και του σχηματισμού τρίχας ρίζας (Reichman, 2002). Η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος σε έρευνα μεταξύ των ειδών *Brassica juncea* και *Brassica pilosa*, έδειξε θετική ανταπόκριση παρουσία μολύβδου και για τα δύο μελετημένα είδη, γεγονός που υποδηλώνει ανοχή σε υψηλές συγκεντρώσεις μολύβδου στο έδαφος. Επιπλέον, η εναέρια βιομάζα δεν επηρεάστηκε από τη συσσώρευση μολύβδου, αποκαλύπτοντας έναν άλλο δείκτη ανοχής και για τα δύο είδη. Η σύγκριση μεταξύ ειδών έδειξε ότι το μοντέλο είδος *B. juncea* είχε μεγαλύτερη ικανότητα να συσσωρεύει μολύβδο στην εναέρια βιομάζα του από το γηγενές είδος *B. pilosa*, ενώ το τελευταίο παρουσίασε υψηλότερη ανάπτυξη ρίζας παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων μολύβδου στο έδαφος. Τα είδη που αναλύθηκαν ήταν ανεκτικά σε υψηλές συγκεντρώσεις μολύβδου στο έδαφος και συσσώρευαν το μέταλλο κυρίως στις ρίζες τους και σε μικρότερο βαθμό στα εναέρια διαμερίσματα, με αυτές τις συγκεντρώσεις να είναι χαμηλότερες από αυτές που αναφέρονται σε άλλες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν με το μοντέλο είδους *B. juncea*.

Με τεκμηριωμένες διαδικασίες φυτοθεραπείας, η ινδική μουστάρδα (*Brassica juncea* L.) και το ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L.) θεωρούνται τα πιο πολλά υποσχόμενα είδη για την εξαγωγή ΗΜ από μολυσμένα εδάφη (Gisbert et al., 2006).

## 1.7 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Ο βιολογικός κύκλος του φυτού ποικίλει ανάλογα με το κλίμα και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Χωρίζεται σε οκτώ αναπτυξιακές φάσεις: τη βλάστηση, το σχηματισμό της ροζέτας, την επιμήκυνση του στελέχους, την εμφάνιση της ταξιανθίας, την ανθοφορία, την ανάπτυξη των σπόρων, την ωρίμανση των σπόρων και το γηρασμό. Η βλάστηση των σπόρων γίνεται σχετικά γρήγορα ενώ το φύτευμα πραγματοποιείται 5 εβδομάδες μετά την εμφάνιση του φυτού (35 ημέρες περίπου) (Thomas, 2012). Ο βλαστός του φυτού αναπτύσσεται με τον επίγειο τρόπο βλάστησης, κατά τον οποίο οι κοτυληδόνες μεταφέρονται στην επιφάνεια του εδάφους. Όταν ο σπόρος βρεθεί κάτω από ευνοϊκές συνθήκες (θερμοκρασίας, υγρασίας, αερισμού) παρατηρείται αρχικά επιμήκυνση του ριζιδίου και στη συνέχεια εμφάνιση του υποκοτυλίου και έξοδο των κοτύλων πάνω από την επιφάνεια του εδάφους (Klebs, 1885). Τα πρώτα φύλλα είναι ορατά μέσα σε μόλις 48 ώρες μετά τη σπορά (CABI; Duke, 1983). Η άνθηση ξεκινάει 45-70 ημέρες περίπου μετά τη σπορά και η διάρκειά της κυμαίνεται από 15 έως 20 ημέρες. Η ικανοποιητική υγρασία ευνοεί μια μακρά περίοδο άνθησης και μια μεγαλύτερη περίοδος ανθοφορίας εξασφαλίζοντας καλύτερες αποδόσεις (Thomas, 2012; Συμβούλιο Canola Καναδά, 2014). Γενικά η άνθηση πραγματοποιείται τους μήνες Μάιο-Αύγουστο και η καρπόδεση Ιούνιο-Οκτώβριο (Duke, 1983). Η ωρίμανση των σπόρων απαιτεί 4-8 εβδομάδες, ξεκινώντας από τη βάση των φυτών και προχωρά προς την κορυφή (CABI). Συνολικά η καλλιέργεια του σιναπιού απαιτεί 90-95 (Thomas, 2012) έως και 105-120 ημέρες (Halva, 1986) για να ολοκληρώσει το βιολογικό της κύκλο. Η διάρκεια ποικίλει ανάλογα με το κλίμα και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η καλλιέργεια είναι έτοιμη για συγκομιδή 40-100 ημέρες μετά τη σπορά (CABI).





Εικόνα 6 Βιολογικός κύκλος του είδους *Brassica napra* L.(Πηγή: grovida.us).

## 1.8 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

### 1.8.1 ΚΛΙΜΑ

Το *B. napra* παρουσιάζει ευρεία προσαρμοστικότητα. Συναντάται κυρίως σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές, ενώ καλλιεργείται κυρίως ως ξηρική καλλιέργεια σε περιοχές με χαμηλή ή μέτρια βροχόπτωση (Thomas, 2012). Στις συνθήκες αυτές παρατηρείται καλύτερη ποιότητα σπόρων (Rosengarten, 1969). Στο νεανικό στάδιο της ροζέτας αντέχουν τους παγετούς των πρώτων μηνών της Άνοιξης και έτσι τους δίνεται η δυνατότητα να καλλιεργηθούν και σε βορειότερα μέρη της Ευρώπης και άλλων ηπείρων. Οι άριστες θερμοκρασίες για την ανάπτυξη του φυτού κυμαίνονται από 6 έως 27°C, με άριστη θερμοκρασία τους 12,7 °C και ύψος βροχής από 300 έως 1700mm, με άριστη τιμή 850mm (Duke, 1978, 1979).

### 1.8.2 ΕΔΑΦΟΣ

Προτιμά τα καλώς αεριζόμενα εδάφη που είναι πλούσια σε ασβέστιο και οργανική ουσία (Morrison et. al 1989). Προτιμά εδάφη, που δεν συγκρατούν υγρασία και είναι ανεκτικά στην ξηρασία (Thomas, 2012). Αναπτύσσεται εύκολα σε πολλούς τύπους εδαφών με pH από 4,9 έως 8,2 με άριστο να θεωρείται το 6,5. Τα πολύ αργιλώδη (βαριά) εδάφη (heavy clays) δυσχεραίνουν την ανάπτυξή τους και θεωρούνται ακατάλληλα για την καλλιέργεια (Duke, 1978, 1979). Κατάλληλο έδαφος για την καλλιέργεια θεωρείται το βαθύ ελαφρό (αργιλώδες ή αμμώδες), και

αυτό διότι είναι δύσκολη πολλές φορές η προετοιμασία της σποροκλίνης, ούτως ώστε να δεχτεί τα πολύ μικρής διαμέτρου σπόρια.

## 1.9 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

### 1.9.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Στόχος της προετοιμασίας του εδάφους είναι η δημιουργία ομοιόμορφης σποροκλίνης, παρέχοντας στην εγκατάσταση της καλλιέργειας ένα περιβάλλον ευνοϊκών συνθηκών υγρασίας για άμεσα αποτελέσματα ταχείας βλάστησης και ανάπτυξης των φυτών.

Το έδαφος πρέπει να προετοιμάζεται κατάλληλα ώστε να μπορέσει να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή επαφή του σπόρου με αυτό και να εξασφαλιστεί έτσι η γρηγορότερη απορρόφηση της υγρασίας, επιτυγχάνοντας μία ομοιόμορφη βλάστηση (Mustard Production Manual, 2017). Η προετοιμασία του εδάφους πρέπει να γίνεται το φθινόπωρο. Συνήθως πραγματοποιείται ένα ελαφρύ όργωμα, καθώς ο σπόρος του είδους *B.nigra* έχει πολύ μικρό μέγεθος (Duke, 1983). Επίσης η διαδικασία της εδαφοκατεργασίας επιτυγχάνεται με χρήση σκαριφήρα και φρέζας πριν τη σπορά (Puzet,1995).

Η επίδραση της κατεργασίας στο ποσό του οργανικού C και του ολικού N κυρίως αφορά κυρίως τη ζώνη κατεργασίας ενώ κάτω από αυτή δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Σε ένα σύστημα ακατεργασίας εδάφους τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας, με κατάλληλη διαχείριση, μπορούν να βοηθήσουν στην καλύτερη ανάδυση των φυτών του σιναπιού. Η ομοιόμορφη κατανομή των υπολειμμάτων συμβάλει στην εξασφάλιση της υγρασίας του σπόρου και οδηγεί σε ομοιόμορφη εμφάνιση. Στην περίπτωση που η κατανομή των υπολειμμάτων είναι ανεπαρκής, θα υπάρξει ανομοιόμορφη εμφάνιση των φυτών, λόγω της μεταβλητής υγρασίας και θερμοκρασίας του εδάφους σε περιοχές όπου τα υπολείμματα είναι επαρκή ή όχι. (Mustard Production Manual, 2017).

### 1.9.2 ΣΠΟΡΑ

Η εγκατάσταση της καλλιέργειας γίνεται με απευθείας σπορά στο χωράφι. Για να εξασφαλιστεί μια καλή συγκομιδή, 0.4 έως 0.6kg / στρ. σπόρων είναι επαρκή για τη μουστάρδα (Ogilvy,1984). Η σπορά γίνεται γραμμικά σε αποστάσεις 30cm μεταξύ των γραμμών και 10-15cm επί της γραμμής. Ο σπόρος τοποθετείται επιφανειακά και σε βάθος 0-2cm. Συνίσταται η πρόωμη σπορά, η οποία συμβάλει στην καλύτερη διαχείριση της υγρασίας νωρίς την άνοιξη και επιτρέπει την

ωρίμανση της καλλιέργειας πριν την έλευση των υψηλών θερμοκρασιών του θέρους. Η όψιμη σπορά κάνει τα φυτά ευπαθή στη λευκή σκουριά και στην προσβολή της αφίδας με αποτέλεσμα να υπάρχουν σημαντικές απώλειες απόδοσης.

### 1.9.3 ΛΙΠΑΝΣΗ

Με τον γενικό όρο λίπασμα αναφέρεται οποιαδήποτε ουσία, φυσική ή τεχνητά παρασκευασμένη, που βελτιώνει την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των φυτών. Τα λιπάσματα είτε ενισχύουν τη φυσική περιεκτικότητα του εδάφους σε ορισμένα χημικά στοιχεία είτε αναπληρώνουν τις ποσότητες αυτών των στοιχείων που απορρίφθηκαν από φυτά προηγούμενων γενεών. Τα λιπάσματα εν γένει διακρίνονται σε οργανικά (περιέχουν άνθρακα στη σύνθεσή τους) και σε ανόργανα (δεν περιέχουν άνθρακα στη σύνθεσή τους). Από την άποψη της σύνθεσης υπάρχουν φυσικά και τεχνητά λιπάσματα και των δύο συστάσεων.

#### ➤ Άζωτο

Όσον αφορά την λίπανση με άζωτο, το μεγαλύτερο κομμάτι χρησιμοποιείται από την καλλιέργεια στην άνθηση το οποίο στη συνέχεια ανακατανέμεται σε λοβούς και σπόρους από τα φύλλα και τους μίσχους. Τα τοιχώματα των σπόρων θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως μια προσωρινή δεξαμενή για το άζωτο που παρέχει μέχρι και το 25% της απαίτησης των σπόρων και επίσης ως αποθήκευση για άλλα θρεπτικά συστατικά, ιδιαίτερα φωσφορικό ψευδάργυρο και μαγνήσιο. Η απαραίτητη ποσότητα αζώτου για την χειμερινή καλλιέργεια του μαύρου σιναπιού σύμφωνα με την βιβλιογραφία είναι περίπου 70 κιλά αζώτου για ένα τόνο συγκομιζόμενου σπόρου. Ο ένας τόνος συγκομισθέντος σπόρου με 42% έλαιο και 38% πρωτεΐνη στο άλευρο περιέχει 35kg άζωτο, (Geisler and Kullman, 1991; Grant and Bailey, 1993). Για υψηλές αποδόσεις χρειάζεται η ενσωμάτωση 15-21kg αζώτου το στρέμμα. Η ποσότητα όμως αλλάζει ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και με την εποχή σποράς του φυτού. Κάθε συγκομιζόμενος τόνος σπόρου απόμακρύνει περίπου 22kg αζώτου από το περιβάλλον που καλλιεργείται (13.75% για την πρωτεΐνη, βάση ολόκληρων σπόρων), (Puzet, 1995).

Οι σπόροι, χρησιμοποιούν άζωτο από διάφορες πηγές με αναλογίες κατά μέσο όρο, 66% από τα φύλλα, 53% από τους λοβούς, 27% από το στέλεχος και 17% από τις ρίζες.

Τα φυτά που στερούνται αζώτου υποβαθμίζονται και το φύλλωμα τους είναι ανοιχτό πράσινο έως κίτρινο. Σύμφωνα με τον Thomas (1984), το άζωτο στα παλαιότερα φύλλα ανακατανέμεται στα

νεότερα φύλλα, με αποτέλεσμα τα παλαιότερα να μαραίνονται. Τα υπόλοιπα φύλλα συχνά εμφανίζουν μωβ αποχρωματισμό. Ο ύπερος συνήθως παραμένει λεπτός, μειώνεται ο αριθμός των στιγμάτων και η απόδοση είναι πολύ μειωμένη, (Holmes,1980).

#### ➤ Φώσφορος

Ο φωσφόρος (P) είναι σημαντικός για τη δημιουργία ενός υγιούς και ανθεκτικού ριζικού συστήματος. Η έλλειψη φωσφόρου οδηγεί σε καχεκτικά φυτά με μειωμένης ανάπτυξης ριζικό σύστημα. Οι ανάγκες της καλλιέργειας σε φώσφορο είναι κατά μέσο όρο 6kg / στρ.

Σε σοβαρή ανεπάρκεια, τα φυτά εμφανίζονται ψηλόλιγνα, ενώ σε συνθήκες παντελούς έλλειψης, τα φυτά της *B. nigra* εμφανίζουν μωβ αποχρωματισμό των στελεχών και των φύλλων, καθώς μειωμένη ανάπτυξη (Holmes, 1980; Mustard Production Manual, 2017)

#### ➤ Κάλιο

Το κάλιο (K) συμβάλει στην πρόσληψη νερού και στην παραγωγή αμύλου, καθώς και στην αύξηση της αντοχής της καλλιέργειας σε αβιοτικές καταπονήσεις, όπως για παράδειγμα ξηρασία ή/και παγετό. Όλα τα είδη της οικογένειας Brassicaceae έχουν υψηλές απαιτήσεις σε κάλιο. Είναι καλό να χορηγείται σε εδάφη με ανεπαρκείς ποσότητες.

Τα φύλλα των φυτών με έλλειψη καλίου, μετατρέπονται σε σκούρο πράσινο χρώμα και πιθανόν να κάμπτονται ενώ τα περιθώρια και οι περιοχές μεταξύ των νευρών μπορεί να έχουν την όψη καμένου. Τα φυτά με έλλειψη καλίου παρουσιάζουν μειωμένη ανάπτυξη και τα νεαρά φυτά νανισμό. (Holmes, 1980; Mustard Production Manual, 2017).

#### 1.9.4 ΑΡΔΕΥΣΗ

Η καλλιέργεια όταν σπαρθεί πρώιμα (τέλος χειμώνα) μπορεί να δώσει καλή παραγωγή χωρίς καθόλου άρδευση, όπως στην δική μας περίπτωση. Αναπτύσσεται επαρκώς σε ξηρικές συνθήκες, και κάτω από μέτριες ή πλήρεις περιόδους βροχοπτώσεων δεν χρειάζεται καθόλου άρδευση.

Για την επίτευξη υψηλότερων αποδόσεων της καλλιέργειας απαιτείται άρδευση. Τα κρίσιμα στάδια απαιτούμενης υγρασίας είναι κατά τη διάρκεια της άνθησης και νωρίς κατά την ανάπτυξη των κερατίων όταν αρχίζουν να δημιουργούνται οι σπόροι. Η άρδευση στο στάδιο των κερατίων βοηθάει στη δημιουργία περισσότερων σπόρων με μεγαλύτερο μέγεθος. Επομένως, συνιστώνται

δύο αρδεύσεις. Η πρώτη συνιστάται να γίνεται 20–30 ημέρες από τη σπορά (στάδιο ροζέτας) και η άλλη 50-60 ημέρες από τη σπορά (Prihar et al., 1981).

#### 1.9.5 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ

Τα ζιζάνια ανταγωνίζονται την καλλιέργεια για το νερό και τα θρεπτικά συστατικά και μπορεί να προκαλέσουν μείωση ή απώλεια στην απόδοση. Το σινάπι πλεονεκτεί έναντι κάποιων άλλων καλλιεργειών, δεδομένου ότι είναι πολύ ανταγωνιστικό και έχει την ικανότητα να ανταγωνίζεται τα ζιζάνια όταν εγκατασταθεί και αναπτυχθεί η καλλιέργεια. Οι καλλιεργητικές τεχνικές προετοιμασίας του αγρού παίζουν καθοριστικό ρόλο στα πρώτα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας. Τα προβλήματα από ζιζάνια γίνονται φανερά στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών (μορφή ροζέτας), 15-40 ημέρες από τη σπορά, όπου και χρειάζονται σωστή διαχείριση. Η διαχείριση των ζιζανίων θα πρέπει να περιλαμβάνει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, σωστή εναλλαγή καλλιεργειών και ορθολογική χρήση και εφαρμογή ζιζανιοκτόνων. Τα κυριότερα ζιζάνια που ζημιώνουν την καλλιέργεια του σιναπιού στις Ευρωπαϊκές χώρες είναι τα είδη: *Stellaria media*, *Sinapis arvensis* και *Chenopodium album*.

#### 1.9.6 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ

Οι καρποί (κεράτια) του *Brassica nigra* συλλέγονται κατά κύριο λόγο όταν το 75% των σπόρων έχει φτάσει στην πλήρη ωρίμανση, η περιεκτικότητα σε υγρασία έχει μειωθεί περίπου στο 9% και έχουν αποκτήσει καστανό-κίτρινο χρώμα (Bagchi, 2003; Thomas, 2012). Η συγκομιδή πραγματοποιείται με τη χρήση αλωνιστικής μηχανής και πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις εδαφοκλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην εκάστοτε περιοχή, προς αποφυγή απωλειών λόγω τινάγματος, καθώς επίσης λάθος χειρισμός μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του αριθμού των ραγισμένων και σπασμένων σπόρων. Ωστόσο η πρόωμη συγκομιδή μπορεί να μειώσει την ποιότητα των σπόρων.

Η μέση στρεμματική απόδοση της καλλιέργειας του σιναπιού κυμαίνεται περίπου στα 150 kg/στρ (Thomas, 2012). Το βάρος 1000 σπόρων είναι 2-4 g (CABI).

### 1.9.7 ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΙΕΣ

Ένας από τους εχθρούς μεγίστης σημασίας της καλλιέργειας του μαύρου σιναπιού είναι το έντομο ***Brassicogethes aeneus* ή αλλιώς Σκαθάρι της γύρης**, παλαιότερα γνωστό ως *Meligethes aeneus*, είναι ένα σκαθάρι της οικογένειας Nitidulidae, (Integrated Taxonomic Information System, 2018) το οποίο προσβάλλει κυρίως τα άνθη και δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στην καρπόδεση και την ανάπτυξη των λοβών. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται κατά τη διάρκεια της άνθησης.

Το σκαθάρι της γύρης έχει μία γενεά το έτος. Τα ενήλικα εξέρχονται από τις θέσεις διαχείμασής τους την άνοιξη. Τρέφονται με γύρη σε άνθη φυτών από διάφορες οικογένειες για λίγες εβδομάδες, κατά τις οποίες ωριμάζουν τα ωάρια των θηλυκών ατόμων και πραγματοποιούνται συζεύξεις. Τα θηλυκά τοποθετούν τα αυγά τους σε ανθοφόρους οφθαλμούς μεγέθους 2-3 mm. Υπάρχουν δύο προνυμφικά στάδια. Οι προνύμφες και των δύο σταδίων τρέφονται από τα νεαρά και ανοικτά άνθη και έχουν τη δυνατότητα να μετακινούνται. Όταν ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους πέφτουν στο έδαφος και νυμφώνονται. Τα ενήλικα της νέας γενεάς τρέφονται στα άνθη φυτών. Τα βλαπτικά στάδια του εντόμου είναι τόσο το προνυμφικό (1ου σταδίου) όσο και το ενήλικο στάδιο. Όμως, η πίεση προσβολής νέων ανθοφόρων οφθαλμών σταδιακά μειώνεται καθώς ξεκινά η άνθηση. Τα ενήλικα τότε προσελκύνονται από τα ανοικτά άνθη και τρέφονται με τη γύρη τους. Σε αυτή την περίπτωση λειτουργούν ως επικονιαστές. Όψιμες καλλιέργειες ή ανοιξιάτικες σπορές προσβάλλονται περισσότερο επειδή η ανθοφορία τους συμπίπτει με υψηλούς πληθυσμούς του εντόμου (Γεωργία-Κτηνοτροφία τεύχος 1/2013).

Η πιο σύνηθες ασθένεια που εμφανίζεται στην καλλιέργεια του μαύρου σιναπιού είναι αυτή της **White rust (Λευκής σκουριάς)**. Η προσβολή της συγκεκριμένης ασθένειας είναι εμφανής σε όλα τα όργανα του υπέργειου μέρους του φυτού, δεν προσβάλλει τις ρίζες. Ο *Albugo Candida* (Lev.) Kunze ή *Cystopus candidus* Lev., ορισμένες φορές ονομάζεται μύκητας, αλλά στην πραγματικότητα αποτελεί μέρος μιας ξεχωριστής γενεάς μικροοργανισμών που μοιάζουν με μύκητες, Oomycetes. Είναι υποχρεωτικό παράσιτο, στην οικογένεια Albuginaceae. Κατατάσσεται στη σειρά Peronosporales, η οποία περιλαμβάνει επίσης τις περονόσπορους (Goyal et. Al 1996). Μπορεί να προκαλέσει μείωση της απόδοσης κατά 20-90% Παγκοσμίως, (Asif et al.,2017).

Λευκές, λείες και ακανόνιστου σχήματος φλύκταινες και παραμορφώσεις των ανθοφόρων στελεχών, των φύλλων και των λοβών. Οι φλύκταινες σχηματίζονται αρχικά στην κάτω επιφάνεια των φύλλων, αλλά σε αρκετές περιπτώσεις μπορεί να είναι παρούσες και στις δύο επιφάνειες.

Εμφανίζονται ακόμη υπερτροφίες (ακανόνιστη αύξηση του μεγέθους των κυττάρων και οργάνων). Σε προχωρημένο στάδιο προκαλείται πολλαπλασιασμός των πλευρικών οφθαλμών, αποχρωματισμός των ανθέων, παραμόρφωση των φυτικών μερών.

## 1.10 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

### 1.10.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Οι όροι οικολογική γεωργία, βιολογική γεωργία ή οργανική καλλιέργεια είναι συνώνυμες έννοιες, χαρακτηρίζουν τον ίδιο επιστημονικό κλάδο και υποδηλώνουν βασικές και τυπικές πλευρές μιας γεωργίας η οποία είναι ιδιαίτερα φιλική προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Στην χώρα μας έχει καθιερωθεί και χρησιμοποιείται ο όρος «βιολογική γεωργία».

Η συμβατική γεωργία θεωρεί το έδαφος ένα αδρανές υπόστρωμα στο οποίο στηρίζονται τα φυτά. Χρησιμοποιεί χημικά λιπάσματα με αποκλειστικό σκοπό την άμεση τροφοδότηση των φυτών με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία. Αντίθετα, η βιολογική γεωργία αντιμετωπίζει το φυτό και το έδαφος ως ένα ζωντανό δυναμικό σύστημα στο οποίο συνυπάρχουν χιλιάδες μορφές ζωής που συνεργάζονται ώστε η λίπανση να επιτυγχάνει ικανοποιητική παραγωγή και υψηλή ποιότητα.

Η βιολογική γεωργία στην πιο ανεπτυγμένη της μορφή δεν είναι απλά μια μορφή γεωργικής παραγωγής γεωργικών προϊόντων, αλλά μια φιλοσοφία που σαν στόχο έχει την περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική αειφόρο ανάπτυξη της γεωργικής παραγωγής. Με τον όρο βιολογική γεωργία σύμφωνα με τον ορισμό της IFOAM είναι ένα σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης που σαν σκοπό έχει την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας με την ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων, την οικολογική διατήρηση της γενετικής βιοποικιλότητας, την προστασία του περιβάλλοντος και την αποφυγή χρήσης υλικών και φυτοπροστατευτικών ουσιών που ρυπαίνουν το περιβάλλον. Ωστόσο απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή της βιολογικής γεωργίας είναι η ευσυνειδησία και η απόλυτη οικολογική συνείδηση του παραγωγού ως προς τα οφέλη της βιολογικής καλλιέργειας στο σύνολο και όχι μόνο προς το οικονομικό του όφελος λόγω επιπλέον ενίσχυσης που δίνεται από το κράτος και την ΕΕ.

### 1.10.2 ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ

Σύμφωνα με τη Διεθνή Ομοσπονδία των Κινημάτων της Βιολογικής Γεωργίας (IFOAM), οι βασικοί στόχοι και οι αρχές της βιολογικής γεωργίας είναι οι παρακάτω:

- *«Παραγωγή τροφίμων υψηλής θρεπτικής αξίας σε επαρκή ποσότητα.*
- *Αλληλοεπίδραση της γεωργίας με εποικοδομητικό και ζωτικό τρόπο με όλα τα συστήματα του φυσικού κύκλου.*
- *Στήριξη και αύξηση των βιολογικών κύκλων όλων των μερών ενός γεωργικού συστήματος, όπως οι μικροοργανισμοί, η εδαφική χλωρίδα και πανίδα, τα φυτά και των ζώα.*
- *Διατήρηση και αύξηση μακροπρόθεσμα της γονιμότητας του εδάφους.*
- *Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στο μέγιστο δυνατό επίπεδο και όσο πιο αποκεντρωμένα γίνεται, στις αγροτικές εκμεταλλεύσεις.*
- *Χρήση κατά τις εργασίες υλικών και ουσιών που μπορούν είτε να ανακυκλωθούν, είτε να επαναχρησιμοποιηθούν στην εκμετάλλευση.*
- *Ανατροφή των ζώων με τρόπο και συνθήκες διαβίωσης που θα επιτρέπουν την φυσική ανάπτυξη και συμπεριφορά του ζώου.*
- *Περιορισμός όλων των μορφών ρύπανσης, οι οποίες εκπορεύονται από τη γεωργική δραστηριότητα.*
- *Διατήρηση της γενετικής ποικιλομορφίας των γεωργικών οικοσυστημάτων και προστασία των φυτών και των ζώων του συνολικού συστήματος (οικόσιτα και άγρια).*
- *Βιώσιμη οικονομική δραστηριότητα, ώστε οι παραγωγοί να απολαμβάνουν διαβίωση σύμφωνη με τις αρχές των Ηνωμένων Εθνών για τα ανθρώπινα δικαιώματα, καλύπτοντας τις βασικές ανάγκες και παρέχοντας επαρκές εισόδημα και ασφαλές εργασιακό περιβάλλον στους παραγωγούς αυτούς*
- *Αξιολόγηση του ευρύτερου κοινωνικού και οικολογικού αντίκτυπου των αγροοικοσυστημάτων.» (IFOAM)*



Είναι σημαντικό για όποιον ασχολείται με τη βιολογική γεωργία πως τα προϊόντα, και ειδικά τα βιομηχανικά, των καλλιεργειών αυτών οφείλουν «να τυγχάνουν έγκυρης πιστοποιητικής υποστήριξης τόσο στην παραγωγή τους όσο και στη μεταποίηση τους όπου πρέπει να συνταχθούν πρότυπα βιολογικής διαχείρισης και συστημάτων περιβαλλοντικής πιστοποίησης». (Μπιλάλης, 2013)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, στο ευρύτερο πλαίσιο της στόχευσής της για την προστασία του περιβάλλοντος και την αειφόρο ανάπτυξη, έχει εκδώσει τον κανονισμό Κανονισμό (ΕΚ) 834/2007, ο οποίος καταδεικνύει τις αρχές της βιολογικής γεωργίας, αλλά και τους βασικούς κανόνες της. Οι βασικές αρχές είναι οι παρακάτω:

- Επιδιώκεται η συντήρηση, αλλά και βελτίωση της οργανικής ύλης του εδάφους, ειδικά χαρακτηριστικών όπως η φυσική γονιμότητα και η βιοποικιλότητα, ενώ πρέπει να αποφευχθούν φαινόμενα διάβρωσης του εδάφους.
- Στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί η χρήση μη ανανεώσιμων πόρων.
- Τα ζωικά και φυτικά υπολείμματα παράγωγα της παραγωγικής διαδικασίας πρέπει να ανακυκλώνονται μέσα από την επανεισδοχή τους στην παραγωγή.
- Κάθε απόφαση που αφορά τις καλλιεργητικές μεθόδους και διαδικασίες πρέπει να λαμβάνεται με βάση τις επιπτώσεις της στην τοπική οικολογική ισορροπία.

Τα φυτά πρέπει να προστατεύονται από ασθένειες και εχθρούς μέσω της πρόληψης, με μέτρα όπως α) αμειψισπορά, β) μηχανικές μέθοδοι, γ) επιλογή ανθεκτικών ειδών φυτών κλπ.

### 1.11 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Σκοπός του πειράματος ήταν η μελέτη της επίδρασης τριών διαφορετικών μεθόδων λίπανσης (και του μάρτυρα) και των δύο διαφορετικών πυκνοτήτων σποράς, όσον αφορά την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Στόχο αποτέλεσε και η γενικότερη ανάλυση και διεξαγωγή συμπερασμάτων του υπόγειου μέρους (ρίζα) της καλλιέργειας του μαύρου σιναπιού. Έγινε καταγραφή και ανάλυση μέρους ριζικού συστήματος, σε ένα διπαραγοντικό σχέδιο τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με 4 επαναλήψεις και 6 επεμβάσεις (4 διαφορετικά είδη λίπανσης και 2 πυκνότητες σποράς).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η διεξαγωγή του πειραματικού μέρους της συγκεκριμένης μελέτης έγινε στον βιολογικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του αγρού είναι Γεωγραφικό μήκος  $23^{\circ} 42' 6,98''$  Ε και Γεωγραφικό πλάτος  $37^{\circ} 59' 1,47''$  Ν, ενώ βρίσκεται σε υψόμετρο 170m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Ο συγκεκριμένος αγρός υφίσταται βιολογική διαχείριση από το 1995.



Εικόνα 7 Δορυφορική εικόνα του πειραματικού αγρού του Εργαστηρίου Γεωργίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Πηγή: Google Maps).

Στη συγκεκριμένη περιοχή έγινε εγκατάσταση της καλλιέργειας του μαύρου σιναπιού (*B. nigra*), με τρεις διαφορετικές μεθόδους λίπανσης. Αυτές ήταν η ουρία, ουρία με διπλή παρεμπόδιση και η οργανική με κοπριά. Ακόμη, υπήρχαν πειραματικά τεμάχια που δεν έγινε καμία εφαρμογή λίπανσης (μάρτυρας). Το πείραμα ξεκίνησε στις 3 Δεκεμβρίου 2019 (σπορά) και είχε διάρκεια μέχρι τις 9 Ιουνίου 2020 (συγκομιδή).

### 2.2 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν σπόρος του είδους *Brassica nigra* L. από το Γεωπονικό Κέντρο Αθηνών.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	
Φυτικό υλικό (είδος)	<i>Brassica nigra</i> L.
Σπορομερίδα	N214
Βλαστικότητα	90%
Καθαρότητα	99%
Βάρος	3 kg
Προέλευση	Ιταλία

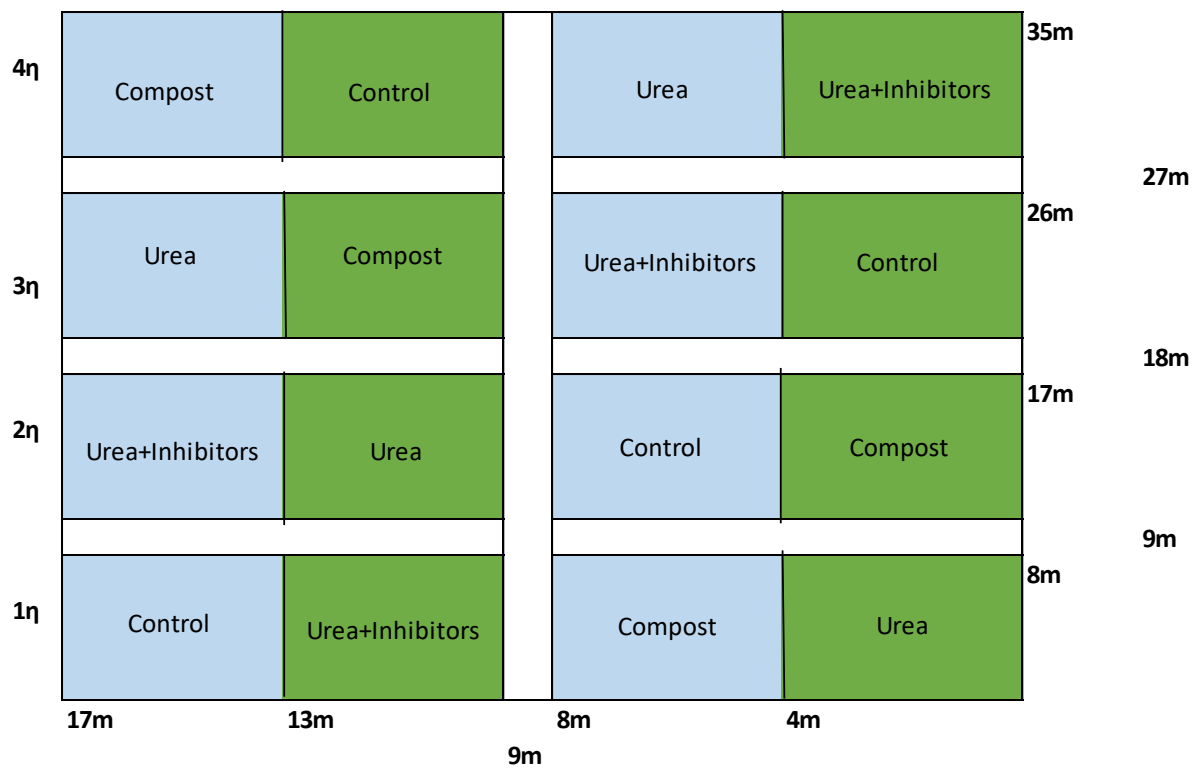
Πίνακας 1 Στοιχεία φυτικού υλικού (*Brassica nigra* L.).

### 2.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν αυτό των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων (ΤΠΟ).

Πραγματοποιήθηκε ένα δι-παραγοντικό πείραμα με 4 επαναλήψεις (ομάδες), και 6 επεμβάσεις ανά επανάληψη. Οι επεμβάσεις που εξετάστηκαν αφορούσαν από τη μία τις αποστάσεις σποράς μεταξύ των γραμμών 30 και 40 cm. Και από την άλλη τις τρεις διαφορετικές εφαρμογές λίπανσης, δύο ανόργανες ουρίας και ουρίας με διπλή παρεμπόδιση, και μία οργανική με compost, και μία επέμβαση που δεν χρησιμοποιήθηκε κανένας τύπος λίπανσης (μάρτυρας).

Ο συνολικός αριθμός των πειραματικών τεμαχίων ήταν 16. Κάθε τεμάχιο είχε εμβαδόν 32 m<sup>2</sup> (4m x 8m). Η συνολική έκταση που χρησιμοποιήθηκε συμπεριλαμβανομένων και των διαδρόμων ήταν 595m<sup>2</sup> (17m x 35m). Οι αποστάσεις μεταξύ των φυτών ήταν 15cm και μεταξύ των γραμμών 30 και 45cm. Η απόσταση των διαδρόμων είναι 1m, ο καθένας.



D1	L	30 cm
D2	H	45 cm

Πίνακας 2 Πειραματικό σχέδιο εγκατάστασης καλλιέργειας.

## 2.4 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΓΡΟΥ

Το έδαφος του πειραματικού αγρού, κατόπιν εδαφολογικής αναλύσεως, χαρακτηρίζεται ως αργιλλοπηλώδες (CL) και αναλύεται στον παρακάτω πίνακα.

Ουσία	Μέτρηση	Χαρακτηρισμός
CaCO <sub>3</sub>	15,99%	Μαργώδες
Οργανική Ουσία	2,37%	Ικανοποιητική περιεκτικότητα
NO <sub>3</sub> -	104,3ppm	Επαρκώς εφοδιασμένο
P(Olsen)	9,95ppm	Οριακά εφοδιασμένο
Na+	110ppm	Υψηλή περιεκτικότητα
Ph(1:1H <sub>2</sub> O)	7,29	Ελαφρώς αλκαλικό
Κοκκομετρική σύσταση	Clay Loam	Αργιλλοπηλώδες

*Πίνακας 3 Εδαφολογική ανάλυση βιολογικού αγρού του εργαστηρίου Γεωργίας στο ΓΠΑ.*

## 2.5 ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή των λιπασμάτων έγινε την ίδια μέρα με τη σπορά (3 Δεκεμβρίου 2019). Η διασπορά έγινε χύδην σε κάθε ένα τεμάχιο. Στις επαναλήψεις που χρησιμοποιήθηκε ανόργανο λίπασμα, η ποσότητα του λιπάσματος ήταν 1kg/32m<sup>2</sup> σε κάθε μία, ενώ στην οργανική επέμβαση (compost) χρησιμοποιήθηκαν 9kg/32m<sup>2</sup> ανά αγροτεμάχιο. Οι επεμβάσεις λίπανσης που έγιναν είναι οι ακόλουθες:

- Ανόργανη λίπανση: - Ουρία NUTRI PLUS 40-0-0 (1kg ανά αγροτεμάχιο)  
- Παρεμπόδιση ουρέασης ALZON Neo-N (1kg ανά αγροτεμάχιο)
- Οργανική λίπανση: Compost POSIDONIA ( 9kg ανά αγροτεμάχιο)
- Μάρτυρας: Δεν χρησιμοποιήθηκε λίπανση

Ανόργανο λίπασμα: NUTRI PLUS 40-0-0	
Ολικό άζωτο (N)	40%
Αμμωνιακό άζωτο (NH <sub>4</sub> )	5,3%
Ουρία (NH <sub>2</sub> )	34,7%
Ανόργανη λίπανση: ALZON Neo-N	
Ολικό άζωτο (N)	46,3%
Παρεμποδιστής νιτροποίησης	MPA 0,07%
Παρεμποδιστής ουρέασης	2-NPT 0,035%
Οργανική λίπανση: COMPOST POSIDONIA	
Οργανική ουσία	20-30% κατά ξηρά ουσία
Υγρασία	25-35%
Αγωγιμότητα	0,5-1,0 mS/cm
pH	7-7,5

Πίνακας 4 Στοιχεία λιπασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία και μέση σύσταση αυτών.

## 2.6 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ

Η εδαφοκατεργασία του αγρού πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια. Αρχικά κατά την πρωτογενή κατεργασία έγινε ένα πέρασμα με καλλιεργητή σε βάθος περίπου 20cm. Αυτή η ενέργεια έγινε περίπου μία βδομάδα πριν τη σπορά, για την εκμετάλευση του βρόχινου νερού προς εμπλουτισμό της εδαφικής υγρασίας, καθώς επίσης βοήθησε και στον έλεγχο των ζιζανίων. Κατά τη δευτερογενή κατεργασία, η οποία έλαβε μέρος την ημέρα της σποράς 3 Δεκεμβρίου 2019, έγινε χρήση φρέζας. Πριν το φρεζάρισμα πραγματοποιήθηκε η λίπανση, επομένως έγινε ενσωμάτωση σε βάθος 10cm καθώς επίσης και ο σχηματισμός της σποροκλίνης για να υποδεχτεί τη σπορά.

Η χάραξη του αγροτεμαχίου με τη βοήθεια πασσάλων και σπάγκου πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Η πρώτη ακολούθησε την πρωτογενή κατεργασία ούτως ώστε να γίνει σωστή διασπορά των λιπασμάτων. Και η δεύτερη έγινε στα ίδια ακριβώς σημεία με την πρώτη μετά το σχηματισμό της σποροκλίνης για να γίνει σωστά η σπορά.



*Εικόνα 8 Χάραξη αγρού και χύδην λίπανση Γ. Π. Α. (Προσωπικό αρχείο).*

Πριν τη σπορά έγινε η χάραξη του κάθε τεμαχίου με τον γραμμοχαράκτη σε γραμμές. Στα αγροτεμάχια με πυκνή φύτευση (D1 30cm) σχηματίστηκαν 12 γραμμές και χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 130gr σπόρου σε κάθε τεμάχιο, ενώ σε εκείνα με αραιή (D2 45cm) 9 γραμμές και χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 90gr σπόρου σε κάθε τεμάχιο. Το βάθος σποράς ήταν περίπου στα 1-2cm.



*Εικόνα 9 Κατεργασία και ενσωμάτωση λίπανσης με χρήση φρέζας Γ. Π. Α. (Προσωπικό αρχείο).*



*Εικόνα 10 Χάραξη αγρού, δημιουργία σειρών και σπορά Γ.Π.Α. (Προσωπικό αρχείο).*



## 2.7 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

### 2.7.1 ΑΡΔΕΥΣΗ

Στον πειραματικό αγρό δεν εγκαταστάθηκε κάποιο σύστημα άρδευσης καθώς τα νερά των βροχοπτώσεων ήταν επαρκή για την κάλυψη των αναγκών και την ανάπτυξη της καλλιέργειας.

### 2.7.2 Διαχείριση ζιζανίων

Παρατηρήθηκε πως η καλλιέργεια του μαύρου σιναπιού ανταγωνίζεται επαρκώς τα ζιζάνια. Ωστόσο πραγματοποιήθηκε ένα σκάλισμα στις 20 Ιανουαρίου 2020 (48 ημέρες από τη σπορά) και αυτό διότι είχαν παρατηρηθεί σε ορισμένα αγροτεμάχια αυξημένοι πληθυσμοί ζιζανίων, καθώς και για τον αερισμό του εδάφους μετά από έντονες βροχοπτώσεις.

### 2.7.3 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΕΧΘΡΩΝ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ

Οι προσβολές της καλλιέργειας ήταν αμελητέες, επομένως δεν χρειάστηκε να επεμβούμε με καμία ενέργεια προς καταπολέμηση. Ωστόσο, εμφανής ήταν η προσβολή από τον μύκητα *Albugo candida* (Lev.) Kunze ή *Cystopus candidus* (Lev.) (Οικογένεια: Albuginaceae.), ο οποίος προκαλεί την ασθένεια που είναι γνωστή ως «λευκή σκουριά».

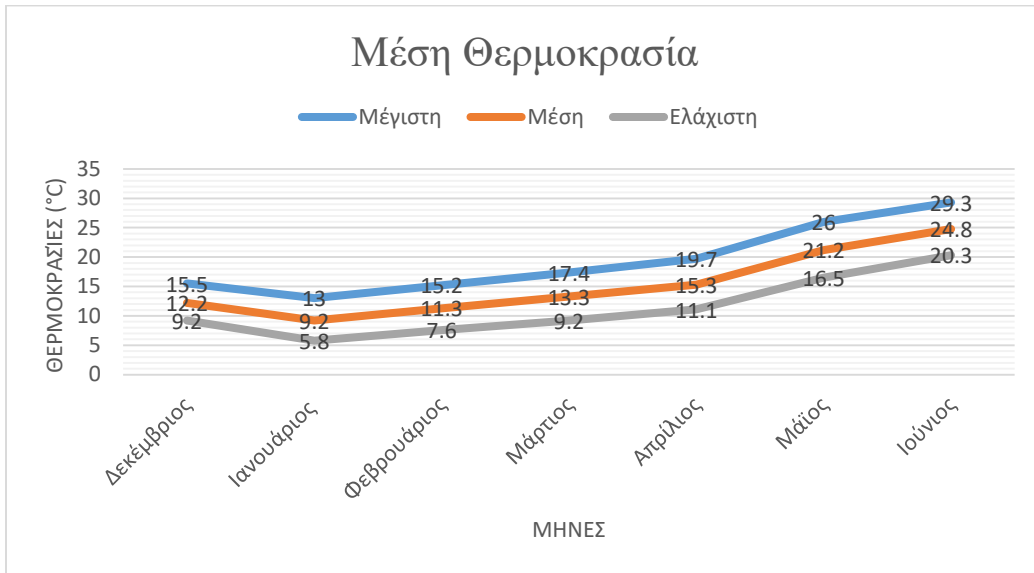




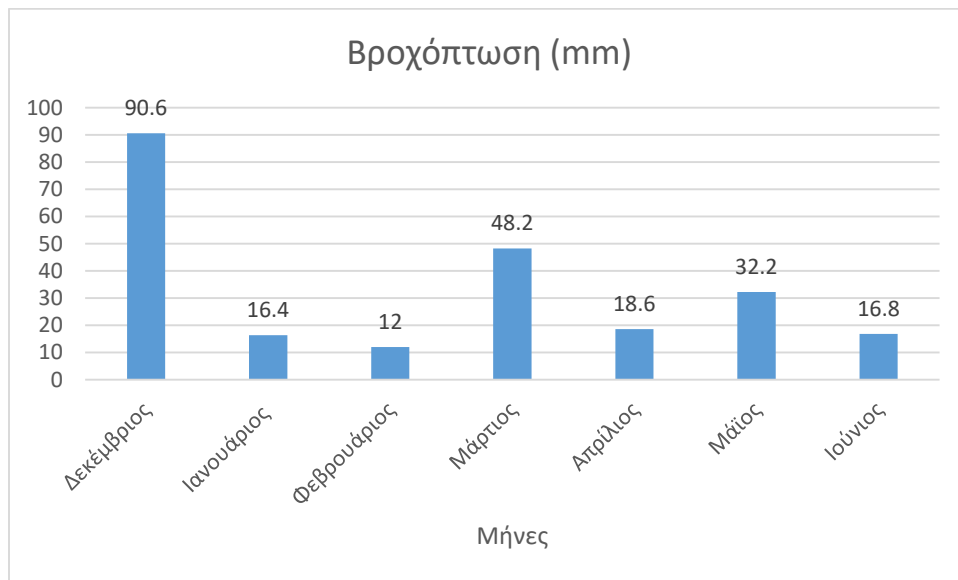
*Εικόνα 11 Πορεία εξέλιξης καλλιέργειας. Παρουσιάζονται τα στάδια από πάνω προς τα κάτω: 48 ΗΑΣ, 83 ΗΑΣ, 111 ΗΑΣ, 134 ΗΑΣ, 153 ΗΑΣ, 189 ΗΑΣ. (Προσωπικό αρχείο) Γ.Π.Α.*

## 2.8 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

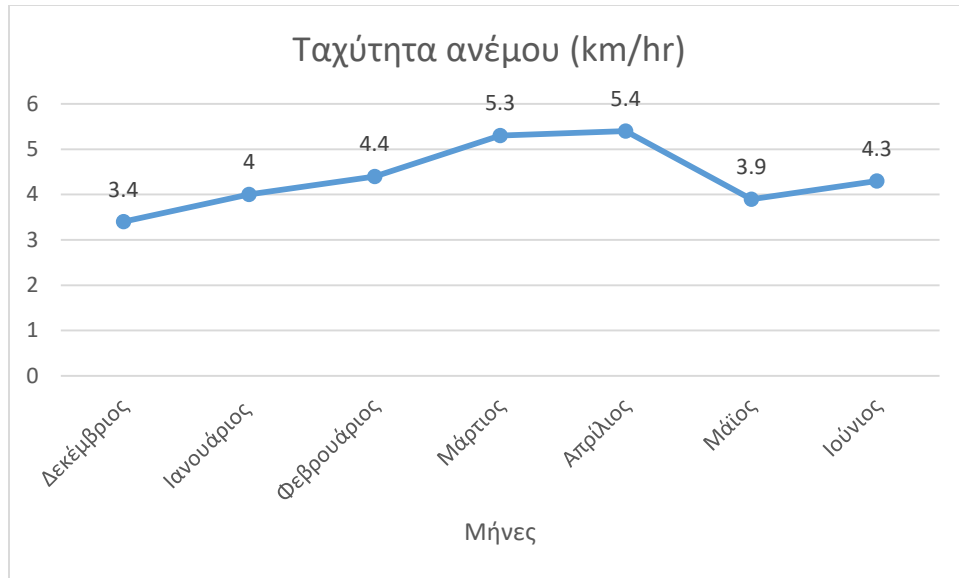
Τα μετεωρολογικά δεδομένα έχουν ληφθεί από τον Μετεωρολογικό σταθμό Αθηνών. Ο σταθμός είναι ιδιοκτησία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Ο μετεωρολογικός σταθμός Αθηνών βρίσκεται στην περιοχή του Γκάζι (Γεωγραφικό πλάτος:  $37^{\circ} 58' 42''$  N, Γεωγραφικό μήκος  $23^{\circ} 42' 56''$  E, υψόμετρο 50 m). Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι μέσες τιμές για τις επικρατούσες θερμοκρασίες, ύψος βροχόπτωσης καθώς και της ταχύτητας του ανέμου.



Διάγραμμα 1: Διακύμανση θερμοκρασίας (Μέγιστη-Μέση-Ελάχιστη) κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών).



Διάγραμμα 2: Διακύμανση κατακρημνισμάτων κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών).



Διάγραμμα 3: Διακύμανση ταχύτητας ανέμου κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών).

## 2.9 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Το πείραμα αποσκοπούσε στην μέτρηση της ανάπτυξης της ρίζας. Έγιναν δύο μετρήσεις, η πρώτη πραγματοποιήθηκε στις 10 Μαρτίου 2020 (98 ΗΑΣ) και η δεύτερη στις 11 Μαΐου 2020 (160 ΗΑΣ).

Η δειγματοληψία έγινε σε τυχαία σημεία, ένα από κάθε αγροτεμάχιο. Επιλέχθηκαν κυρίως σημεία με πλήρη απώλεια ζιζανίων. Πάρθηκαν συνολικά 16 δείγματα σε κάθε μέτρηση. Η συλλογή έγινε με τη βοήθεια δειγματολήπτη. Με ειδικό κύλινδρο γινόταν λήψη 100cm<sup>3</sup> χώματος μαζί με μέρος ριζικού συστήματος του φυτού. Ακολούθησε φύλαξη αυτών σε πλαστικές σακούλες πολυσυσκευασίας. Το βάθος συλλογής ήταν 5-10cm για την πρώτη μέτρηση και 30-35cm για την δεύτερη. Το σημείο συλλογής ήταν επί της γραμμής, μετά την αφαίρεση του υπέργειου μέρους.



Εικόνα 12 Δειγματολήπτης και χρήση αυτού Γ.Π.Α. (Προσωπικό αρχείο).



Εικόνα 13 Συλλογή δείγματος σε βάθος 5-10cm αριστερά και 30-35cm δεξιά Γ.Π.Α. (Προσωπικό αρχείο).

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε διάλυμα πολυμεταφωσφορικού Na (10% κ.β.), προκειμένου να επιτευχθεί διασπορά και εύκολη απομάκρυνση των ριζών από τα εδαφικά συσσωματώματα. Παρέμειναν εντός του διαλύματος για 48 ώρες. Μετά το πέρας του απαιτούμενου χρόνου μέρος πήρε το κοσκίνισμα του εδάφους με νερό (χρησιμοποιήθηκε ψιλό κόσκινο 2mm). Στη συνέχεια ακολούθησε ο προσδιορισμός του μήκους των ριζών, όπου τα δείγματα απλώθηκαν στην επιφάνεια του σαρωτή (Scanner) και ακολούθησε σάρωση της επιφάνειας κατά τη μέγιστη δυνατή ανάλυση εικόνας σε μαύρο άσπρο (Black and White). Το αρχείο αποθηκεύτηκε ως \*.tif για να είναι δυνατή η αναγνώρισή του από το πρόγραμμα υπολογισμού το DT-Scan. Οι μετρήσεις γινόταν με τη χρήση Software της DT-Scan (Delta-T Devices Ltd., Burwell Cambridge, UK). Τέλος μέρος έλαβε η ζύγιση του ξηρού βάρους του κάθε ριζικού δείγματος ξεχωριστά.



Εικόνα 14 Ζυγός μέτρησης ξηρού βάρους Εργαστήριο Γ.Π.Α.



Εικόνα 15 Δείγμα σε διάλυμα αριστερά, κοσκίνισμα και παραλαβή ρίζας μέση, σκανάρισμα ρίζας δεξιά, Γ.Π.Α. (Προσωπικό αρχείο).

## 2.10 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με την βοήθεια του προγράμματος Statgraphics (STATGRAPHICS Centurion XVI Version 16.1.18 StatPoint Technologies, Inc.). Έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για τα δεδομένα του πειράματος και χρησιμοποιήθηκε το t-test για

να εκτιμηθούν οι διαφορές ανάμεσα στις τιμές των μετρούμενων χαρακτηριστικών της ρίζας. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές εκτιμήθηκαν με επίπεδο σημαντικότητας 5% ( $p < 0,05$ ).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### 3.1 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΡΙΖΑΣ (SAMPLE AREA)

Εξαρτημένη μεταβλητή: Sample Area

Παράγοντας N: λίπανση

Παράγοντας D: απόσταση

N1: Urea

N2: Compost

N3: Urea + Inhibitors

N4: Control

D1: 30cm

D2: 45cm

#### Analysis of Variance for Sample Area - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Fert	1.77216	3	0.59072	0.48	0.7022
B:Distance	1.73445	1	1.73445	1.40	0.2489
INTERACTIONS					
AB	14.726	3	4.90868	3.95	0.0201
RESIDUAL	29.8139	24	1.24224		
TOTAL (CORRECTED)	48.0465	31			

Πίνακας 5 Στοιχεία Στατιστικής Ανάλυσης ANOVA (Επιφάνεια ρίζας).

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση του παράγοντα «λίπανση» έχει ως εξής:

**H<sub>0A</sub>:** N1 = N2 = N3 = N4 (Η μέση απόδοση δεν διαφοροποιήθηκε ανάλογα με την λίπανση που χρησιμοποιήθηκε ή ο παράγοντας «λίπανση» δεν επιδρά)

$H_{1A}$ : τουλάχιστον κάποιο  $N_i \neq N_j$  όπου  $i, j = 1, 2, 3, 4$  (Η μέση απόδοση διαφοροποιείται ανάλογα με την λίπανση)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το  $P\text{-Value} = 0.7022 > \alpha = 0.05$  δεν απορρίπτουμε την  $H_{0A}$ , έτσι ο παράγοντας «λίπανση» δεν επιδρά στην δειγματική περιοχή.

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση του παράγοντα «απόσταση» έχει ως εξής:

$H_{0B}$ :  $D_1 = D_2$  (Η μέση απόδοση δεν διαφοροποιείται ανάλογα με την απόσταση που χρησιμοποιήθηκε ή ο παράγοντας «απόσταση» δεν επιδρά)

$H_{1B}$ : τουλάχιστον κάποιο  $D_i \neq D_j$  όπου  $i, j = 1, 2$  (Η μέση απόδοση διαφοροποιείται ανάλογα με την απόσταση που χρησιμοποιείται)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το  $P\text{-Value} = 0.2489$

$> \alpha = 0.05$  δεν απορρίπτουμε την  $H_{0B}$ . Άρα δεχόμαστε την  $H_{0B}$ , έτσι ο παράγοντας «απόσταση» δεν επιδρά στην απόδοση.

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων "απόσταση» - «λίπανση» έχει ως εξής:

$H_{0G}$ :  $(ND)_{ij} = 0$  (ΔΕΝ υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ «ποικιλίας» και «λιπάσματος»)

$H_{1G}$ :  $(ND)_{ij} \neq 0$  (υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ «ποικιλίας» και «λιπάσματος»)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το  $P\text{-Value} = 0.0201 < \alpha = 0.05$  απορρίπτουμε την  $H_{0G}$ . Άρα παρατηρούμε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ «απόστασης» και «λιπάσματος».

### Multiple Range Tests for Sample Area by Fert

Method: 95.0 percent LSD

<i>Fert</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
N1	8	4.40875	0.394057	X



N3	8	4.46	0.394057	X
N4	8	4.47625	0.394057	X
N2	8	4.98875	0.394057	X

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
N1 - N2		-0.58	1.15017
N1 - N3		-0.05125	1.15017
N1 - N4		-0.0675	1.15017
N2 - N3		0.52875	1.15017
N2 - N4		0.5125	1.15017
N3 - N4		-0.01625	1.15017

\* denotes a statistically significant difference.

Πίνακας 6 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων λίπανσης.

### Multiple Range Tests for Sample Area by Distance

Method: 95.0 percent LSD

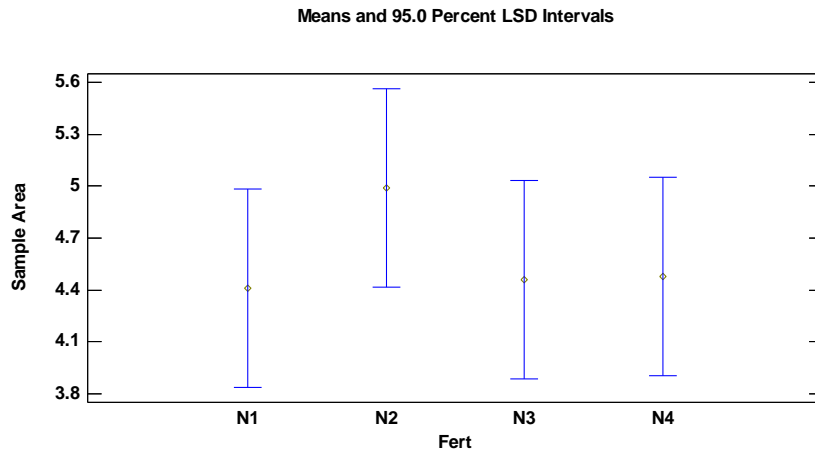
<i>Distance</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
D1	16	4.35063	0.27864	X
D2	16	4.81625	0.27864	X

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
D1 - D2		-0.465625	0.813295

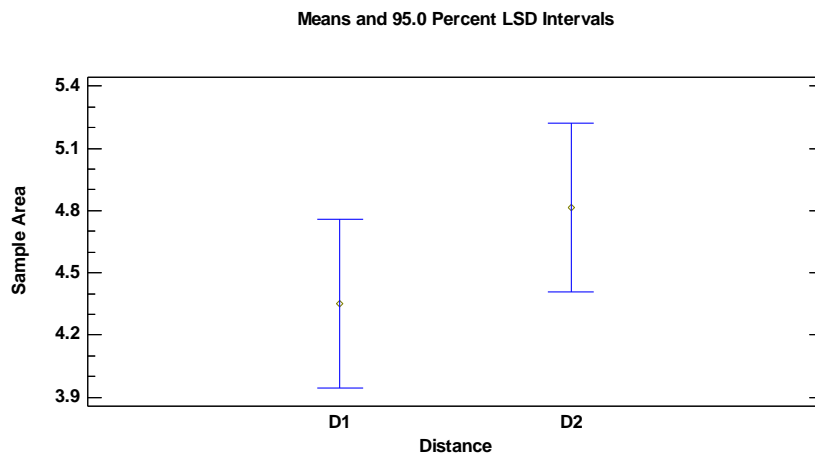
\* denotes a statistically significant difference.

Πίνακας 7 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων απόστασης.

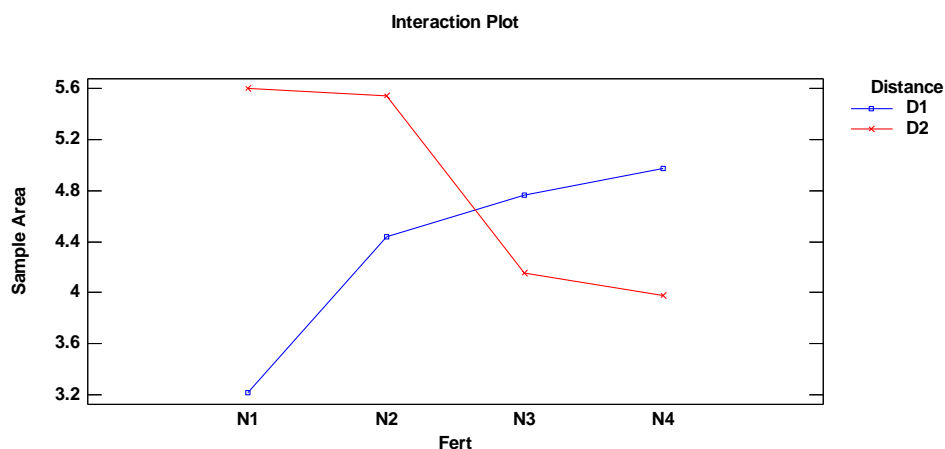
Οι πίνακες αναφέρουν τα αποτελέσματα από τον έλεγχο LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95.0%, με σκοπό τη σύγκριση μέσω τιμών προς εμφάνιση των διαφορών και της στατιστικής σημασίας των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα. Με το σύμβολο \* διακρίνονται οι διαφορές που θεωρούνται στατιστικά σημαντικές. Στη συγκεκριμένη μέτρηση δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των παραγόντων.



*Διάγραμμα 4 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα επιφάνεια ρίζας ως προς τη λίπανση*



*Διάγραμμα 5 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα επιφάνεια ρίζας ως προς την απόσταση.*



Διάγραμμα 6 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων λίπανσης και απόστασης στην επιφάνεια ρίζας.

### 3.2 ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΡΙΖΑΣ (AVERAGE DIAMETER)

Εξαρτημένη μεταβλητή: Average Diameter

Παράγοντας N: λίπανση

Παράγοντας D: απόσταση

N1: Urea

N2: Compost

N3: Urea + Inhibitors

N4: Control

D1: 30cm

D2: 45cm

#### Analysis of Variance for Average Diameter - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:Fert	0.0193094	3	0.00643646	0.07	0.9752
B:Distance	3.3735	1	3.3735	36.91	0.0000
<b>INTERACTIONS</b>					
AB	0.0308594	3	0.0102865	0.11	0.9519
RESIDUAL	2.19377	24	0.0914073		

TOTAL (CORRECTED)	5.61745	31			
-------------------	---------	----	--	--	--

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Πίνακας 8 Στοιχεία Στατιστικής Ανάλυσης ANOVA (Διάμετρος ρίζας).

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση του παράγοντα «λίπανση» έχει ως εξής:

**H<sub>0A</sub>**:  $N_1 = N_2 = N_3 = N_4$  (Η μέση απόδοση δεν διαφοροποιήθηκε ανάλογα με την λίπανση που χρησιμοποιήθηκε ή ο παράγοντας «λίπανση» δεν επιδρά)

**H<sub>1A</sub>**: τουλάχιστον κάποιο  $N_i \neq N_j$  όπου  $i, j = 1, 2, 3, 4$  (Η μέση απόδοση διαφοροποιείται ανάλογα με την λίπανση)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το P-Value = 0.9752 >  $\alpha = 0.05$  δεν απορρίπτουμε την **H<sub>0A</sub>**, έτσι ο παράγοντας «λίπανση» δεν επιδρά στην δειγματική περιοχή.

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση του παράγοντα «απόσταση» έχει ως εξής:

**H<sub>0B</sub>**:  $D_1 = D_2$  (Η μέση απόδοση δεν διαφοροποιείται ανάλογα με την απόσταση που χρησιμοποιήθηκε ή ο παράγοντας «απόσταση» δεν επιδρά)

**H<sub>1B</sub>**: τουλάχιστον κάποιο  $D_i \neq D_j$  όπου  $i, j = 1, 2$  (Η μέση απόδοση διαφοροποιείται ανάλογα με την απόσταση που χρησιμοποιείται)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το P-Value = 0.0000 <  $\alpha = 0.05$  απορρίπτουμε την **H<sub>0B</sub>**. Άρα δεχόμαστε την **H<sub>1B</sub>**, έτσι ο παράγοντας «απόσταση» επιδρά στην απόδοση.

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων "απόσταση» - «λίπανση» έχει ως εξής:

**H<sub>0Γ</sub>**:  $(ND)_{ij} = 0$  (ΔΕΝ υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ «ποικιλίας» και «λιπάσματος»)

**H<sub>1Γ</sub>**:  $(ND)_{ij} \neq 0$  (υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ «ποικιλίας» και «λιπάσματος»)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το P-Value = 0.9519 >  $\alpha = 0.05$  δεν απορρίπτουμε την  $H_0$ . Άρα παρατηρούμε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ «απόστασης» και «λίπασματος».

### Multiple Range Tests for Average Diameter by Fert

Method: 95.0 percent LSD

<i>Fert</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
N1	8	1.1025	0.106892	X
N4	8	1.115	0.106892	X
N2	8	1.15375	0.106892	X
N3	8	1.16	0.106892	X

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
N1 - N2		-0.05125	0.311996
N1 - N3		-0.0575	0.311996
N1 - N4		-0.0125	0.311996
N2 - N3		-0.00625	0.311996
N2 - N4		0.03875	0.311996
N3 - N4		0.045	0.311996

\* denotes a statistically significant difference.

Πίνακας 9 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων λίπανσης (Διάμετρος ρίζας).

### Multiple Range Tests for Average Diameter by Distance

Method: 95.0 percent LSD

<i>Distance</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
D1	16	0.808125	0.0755841	X
D2	16	1.4575	0.0755841	X

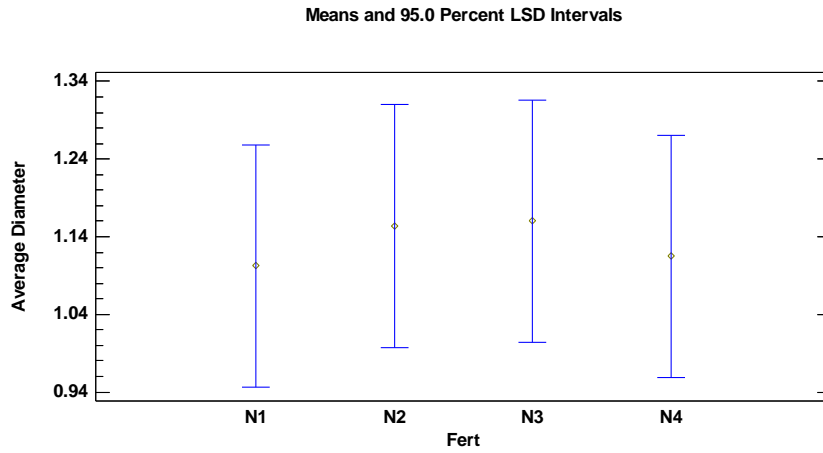
<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
D1 - D2	*	-0.649375	0.220615

\* denotes a statistically significant difference.

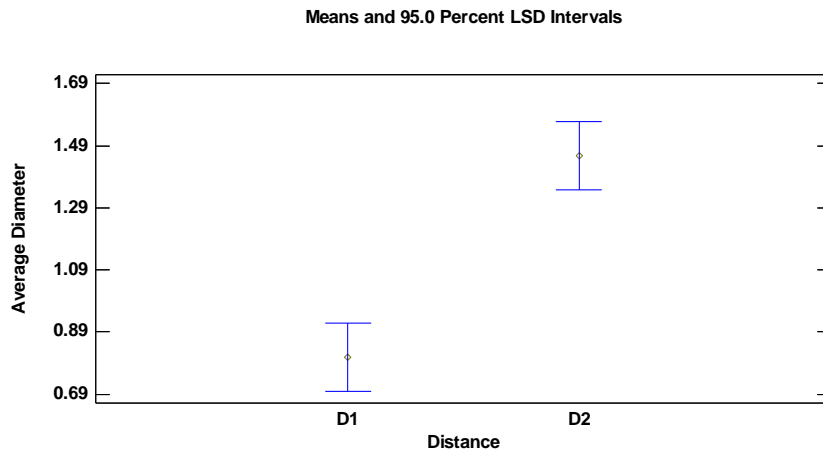
Πίνακας 10 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων απόστασης (Διάμετρος ρίζας).

Οι πίνακες αναφέρουν τα αποτελέσματα από τον έλεγχο LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95.0%, με σκοπό τη σύγκριση μέσων τιμών προς εμφάνιση των διαφορών και της στατιστικής σημασίας των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα. Με το σύμβολο \* διακρίνονται οι διαφορές

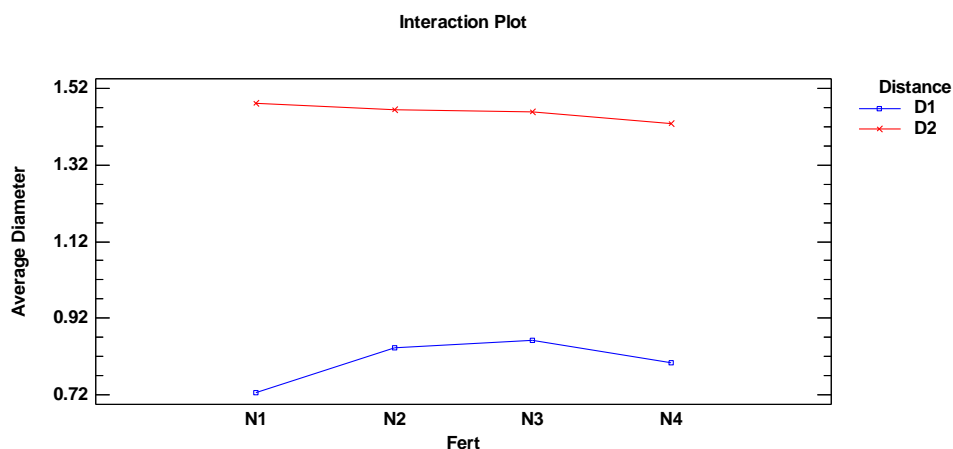
που θεωρούνται στατιστικά σημαντικές. Στη συγκεκριμένη μέτρηση παρατηρούμε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αποστάσεων φύτευσης.



Διάγραμμα 7 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα διάμετρος ρίζας ως προς τη λίπανση.



Διάγραμμα 8 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα διάμετρος ρίζας ως προς την απόσταση.



Διάγραμμα 9 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων λίπανσης και απόστασης στην διάμετρο ρίζας.

### 3.3 ΟΓΚΟΣ ΡΙΖΑΣ (SPECIMEN VOLUME)

Εξαρτημένη μεταβλητή: Specimen Volume

Παράγοντας N: λίπανση

Παράγοντας D: απόσταση

N1: Urea

N2: Compost

N3: Urea + Inhibitors

N4: Control

D1: 30cm

D2: 45cm

#### Analysis of Variance for Specimen Volume - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:Fert	2.05881	3	0.68627	0.51	0.6824
B:Distance	0.286903	1	0.286903	0.21	0.6500
<b>INTERACTIONS</b>					
AB	7.01618	3	2.33873	1.72	0.1893
RESIDUAL	32.6065	24	1.3586		
TOTAL (CORRECTED)	41.9684	31			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Πίνακας 11 Στοιχεία Στατιστικής Ανάλυσης ANOVA (Ογκος ρίζας).

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση του παράγοντα «λίπανση» έχει ως εξής:

**H<sub>0A</sub>**:  $N_1 = N_2 = N_3 = N_4$  (Η μέση απόδοση δεν διαφοροποιήθηκε ανάλογα με την λίπανση που χρησιμοποιήθηκε ή ο παράγοντας «λίπανση» δεν επιδρά)

**H<sub>1A</sub>**: τουλάχιστον κάποιο  $N_i \neq N_j$  όπου  $i, j = 1, 2, 3, 4$  (Η μέση απόδοση διαφοροποιείται ανάλογα με την λίπανση)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το P-Value = 0.6824 >  $\alpha = 0.05$  δεν απορρίπτουμε την **H<sub>0A</sub>**, έτσι ο παράγοντας «λίπανση» δεν επιδρά στην δειγματική περιοχή.

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση του παράγοντα «απόσταση» έχει ως εξής:

**H<sub>0B</sub>**:  $D_1 = D_2$  (Η μέση απόδοση δεν διαφοροποιείται ανάλογα με την απόσταση που χρησιμοποιήθηκε ή ο παράγοντας «απόσταση» δεν επιδρά)

**H<sub>1B</sub>**: τουλάχιστον κάποιο  $D_i \neq D_j$  όπου  $i, j = 1, 2$  (Η μέση απόδοση διαφοροποιείται ανάλογα με την απόσταση που χρησιμοποιείται)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το P-Value = 0.6500 >  $\alpha = 0.05$  δεν απορρίπτουμε την **H<sub>1B</sub>**. Άρα δεχόμαστε την **H<sub>0B</sub>**, έτσι ο παράγοντας «απόσταση» δεν επιδρά στην απόδοση.

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων "απόσταση» - «λίπανση» έχει ως εξής:

**H<sub>0Γ</sub>**:  $(ND)_{ij} = 0$  (ΔΕΝ υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ «ποικιλίας» και «λιπάσματος»)

**H<sub>1Γ</sub>**:  $(ND)_{ij} \neq 0$  (υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ «ποικιλίας» και «λιπάσματος»)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το P-Value = 0.1893 >  $\alpha = 0.05$  δεν απορρίπτουμε την **H<sub>0Γ</sub>**. Άρα παρατηρούμε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ «απόστασης» και «λιπάσματος».



### Multiple Range Tests for Specimen Volume by Fert

Method: 95.0 percent LSD

<i>Fert</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
N1	8	2.285	0.412099	X
N3	8	2.43125	0.412099	X
N2	8	2.83125	0.412099	X
N4	8	2.87625	0.412099	X

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
N1 - N2		-0.54625	1.20283
N1 - N3		-0.14625	1.20283
N1 - N4		-0.59125	1.20283
N2 - N3		0.4	1.20283
N2 - N4		-0.045	1.20283
N3 - N4		-0.445	1.20283

\* denotes a statistically significant difference.

Πίνακας 12 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων λίπανσης (Όγκος ρίζας).

### Multiple Range Tests for Specimen Volume by Distance

Method: 95.0 percent LSD

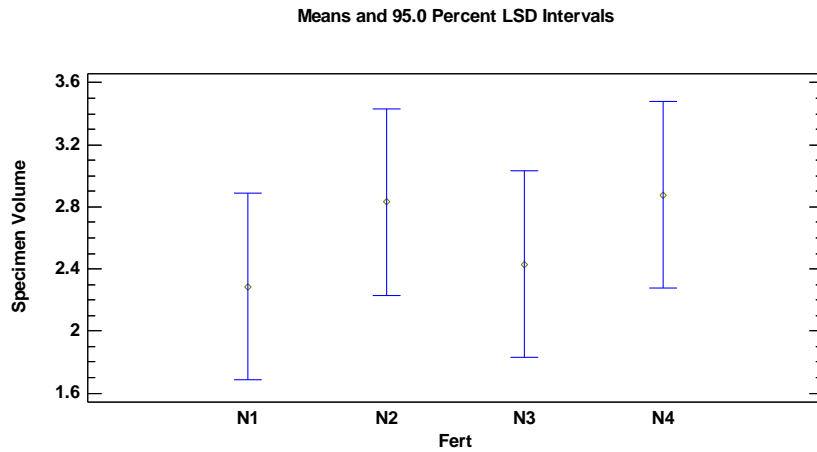
<i>Distance</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
D1	16	2.51125	0.291398	X
D2	16	2.70063	0.291398	X

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
D1 - D2		-0.189375	0.850532

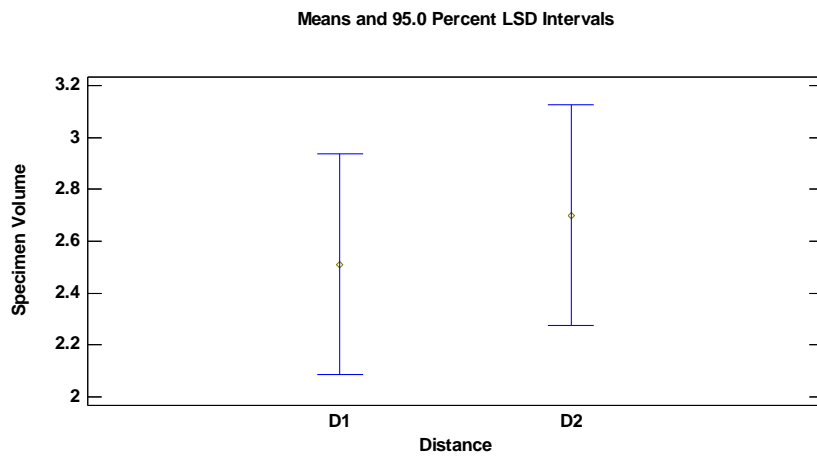
\* denotes a statistically significant difference.

Πίνακας 13 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων απόσταση (Όγκος ρίζας).

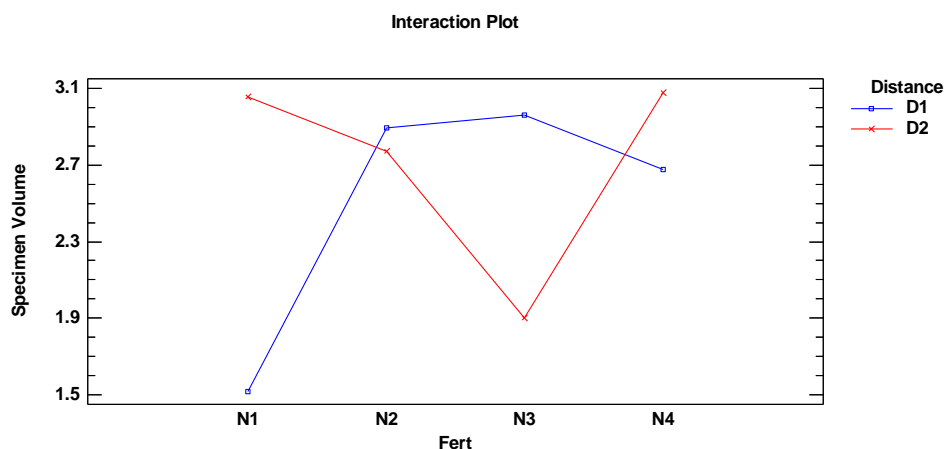
Οι πίνακες αναφέρουν τα αποτελέσματα από τον έλεγχο LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95.0%, με σκοπό τη σύγκριση μέσω τιμών προς εμφάνιση των διαφορών και της στατιστικής σημασίας των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα. Με το σύμβολο \* διακρίνονται οι διαφορές που θεωρούνται στατιστικά σημαντικές. Στη συγκεκριμένη μέτρηση δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των παραγόντων.



Διάγραμμα 10 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα όγκος ρίζας ως προς τη λίπανση.



Διάγραμμα 11 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα όγκος ρίζας ως προς την απόσταση.



Διάγραμμα 12 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων λίπανσης και απόστασης στον όγκο ρίζας.

### 3.4 ΜΗΚΟΣ ΡΙΖΑΣ (LENGTH IN SAMPLE)

Εξαρτημένη μεταβλητή: Length in sample

Παράγοντας N: λίπανση

Παράγοντας D: απόσταση

N1: Urea

N2: Compost

N3: Urea + Inhibitors

N4: Control

D1: 30cm

D2: 45cm

#### Analysis of Variance for Length in Sample - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:Fert	650.886	3	216.962	1.24	0.3185
B:Distance	2360.02	1	2360.02	13.44	0.0012
<b>INTERACTIONS</b>					
AB	829.994	3	276.665	1.58	0.2212
RESIDUAL	4213.52	24	175.563		
TOTAL (CORRECTED)	8054.42	31			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

*Πίνακας 14 Στοιχεία Στατιστικής Ανάλυσης ANOVA (Μήκος ρίζας).*

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση του παράγοντα «λίπανση» έχει ως εξής:

**H<sub>0A</sub>**:  $N_1 = N_2 = N_3 = N_4$  (Η μέση απόδοση δεν διαφοροποιήθηκε ανάλογα με την λίπανση που χρησιμοποιήθηκε ή ο παράγοντας «λίπανση» δεν επιδρά)

**H<sub>1A</sub>**: τουλάχιστον κάποιο  $N_i \neq N_j$  όπου  $i, j = 1, 2, 3, 4$  (Η μέση απόδοση διαφοροποιείται ανάλογα με την λίπανση)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το P-Value = 0.3185 >  $\alpha = 0.05$  δεν απορρίπτουμε την **H<sub>0A</sub>**, έτσι ο παράγοντας «λίπανση» δεν επιδρά στην δειγματική περιοχή.

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση του παράγοντα «απόσταση» έχει ως εξής:

**H<sub>0B</sub>**:  $D_1 = D_2$  (Η μέση απόδοση δεν διαφοροποιείται ανάλογα με την απόσταση που χρησιμοποιήθηκε ή ο παράγοντας «απόσταση» δεν επιδρά)

**H<sub>1B</sub>**: τουλάχιστον κάποιο  $D_i \neq D_j$  όπου  $i, j = 1, 2$  (Η μέση απόδοση διαφοροποιείται ανάλογα με την απόσταση που χρησιμοποιείται)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το P-Value = **0.0012** <  $\alpha = 0.05$  απορρίπτουμε την **H<sub>0B</sub>**. Άρα δεχόμαστε την **H<sub>1B</sub>**, έτσι ο παράγοντας «απόσταση» επιδρά στην απόδοση.

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων "απόσταση» - «λίπανση» έχει ως εξής:

**H<sub>0Γ</sub>**:  $(ND)_{ij} = 0$  (ΔΕΝ υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ «ποικιλίας» και «λιπάσματος»)

**H<sub>1Γ</sub>**:  $(ND)_{ij} \neq 0$  (υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ «ποικιλίας» και «λιπάσματος»)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το P-Value = 0.2212 >  $\alpha = 0.05$  δεν απορρίπτουμε την **H<sub>0Γ</sub>**. Άρα παρατηρούμε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ «απόστασης» και «λιπάσματος».

### Multiple Range Tests for Length in Sample by Fert

Method: 95.0 percent LSD

<i>Fert</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
N4	8	78.4625	4.6846	X
N1	8	82.5037	4.6846	X
N2	8	85.9425	4.6846	X
N3	8	90.735	4.6846	X

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
N1 - N2		-3.43875	13.6734
N1 - N3		-8.23125	13.6734
N1 - N4		4.04125	13.6734
N2 - N3		-4.7925	13.6734
N2 - N4		7.48	13.6734
N3 - N4		12.2725	13.6734

\* denotes a statistically significant difference.

Πίνακας 15 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων λίπανσης (Μήκος ρίζας).

### Multiple Range Tests for Length in Sample by Distance

Method: 95.0 percent LSD

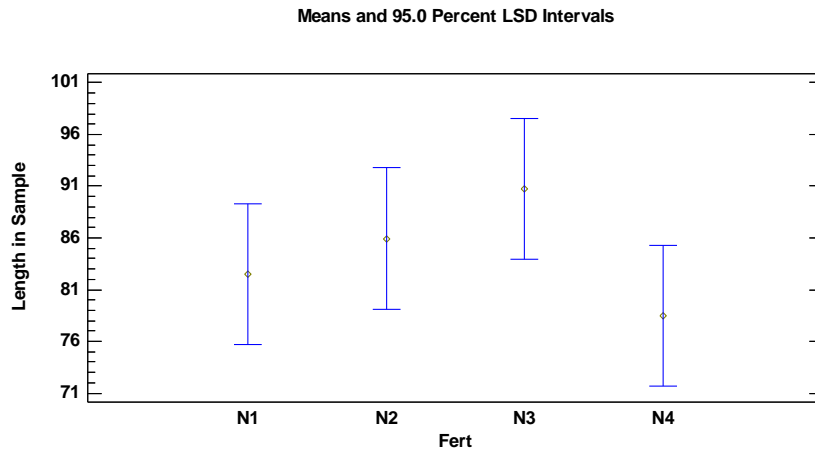
<i>Distance</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
D1	16	75.8231	3.31251	X
D2	16	92.9988	3.31251	X

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
D1 - D2	*	-17.1756	9.66855

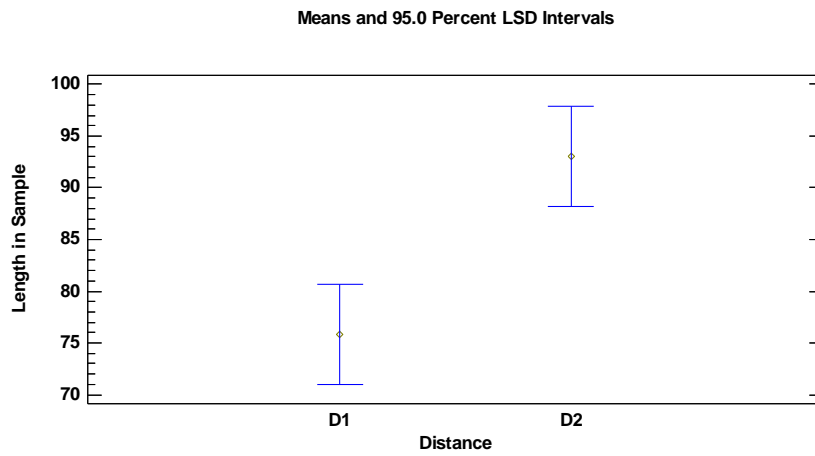
\* denotes a statistically significant difference.

Πίνακας 16 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων απόσταση (Μήκος ρίζας).

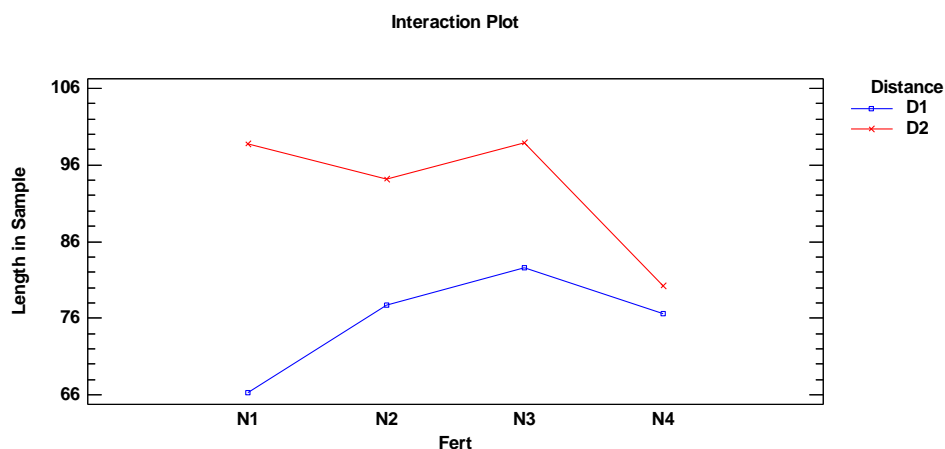
Οι πίνακες αναφέρουν τα αποτελέσματα από τον έλεγχο LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95.0%, με σκοπό τη σύγκριση μέσων τιμών προς εμφάνιση των διαφορών και της στατιστικής σημασίας των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα. Με το σύμβολο \* διακρίνονται οι διαφορές που θεωρούνται στατιστικά σημαντικές. Στη συγκεκριμένη μέτρηση παρατηρούμε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αποστάσεων φύτευσης.



Διάγραμμα 13 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα μήκος ρίζας ως προς τη λίπανση.



Διάγραμμα 14 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα μήκος ρίζας ως προς την απόσταση.



Διάγραμμα 15 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων λίπανσης και απόστασης στο μήκος ρίζας..

### 3.5 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΡΙΖΑΣ (DENSITY)

Εξαρτημένη μεταβλητή: Density

Παράγοντας N: λίπανση

Παράγοντας D: απόσταση

N1: Urea

N2: Compost

N3: Urea + Inhibitors

N4: Control

D1: 30cm

D2: 45cm

#### Analysis of Variance for Density - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Fert	0.0678344	3	0.0226115	1.28	0.3024
B:Distance	0.232903	1	0.232903	13.23	0.0013
INTERACTIONS					
AB	0.0803344	3	0.0267781	1.52	0.2345
RESIDUAL	0.422525	24	0.0176052		
TOTAL (CORRECTED)	0.803597	31			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Πίνακας 17 Στοιχεία Στατιστικής Ανάλυσης ANOVA (Πυκνότητα ρίζας).

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση του παράγοντα «λίπανση» έχει ως εξής:

**H<sub>0A</sub>**:  $N_1 = N_2 = N_3 = N_4$  (Η μέση απόδοση δεν διαφοροποιήθηκε ανάλογα με την λίπανση που χρησιμοποιήθηκε ή ο παράγοντας «λίπανση» δεν επιδρά)

**H<sub>1A</sub>**: τουλάχιστον κάποιο  $N_i \neq N_j$  όπου  $i, j = 1, 2, 3, 4$  (Η μέση απόδοση διαφοροποιείται ανάλογα με την λίπανση)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το P-Value = 0.3024 >  $\alpha = 0.05$  δεν απορρίπτουμε την **H<sub>0A</sub>**, έτσι ο παράγοντας «λίπανση» δεν επιδρά στην δειγματική περιοχή.

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση του παράγοντα «απόσταση» έχει ως εξής:

**H<sub>0B</sub>**:  $D_1 = D_2$  (Η μέση απόδοση δεν διαφοροποιείται ανάλογα με την απόσταση που χρησιμοποιήθηκε ή ο παράγοντας «απόσταση» δεν επιδρά)

**H<sub>1B</sub>**: τουλάχιστον κάποιο  $D_i \neq D_j$  όπου  $i, j = 1, 2$  (Η μέση απόδοση διαφοροποιείται ανάλογα με την απόσταση που χρησιμοποιείται)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το P-Value = **0.0013** <  $\alpha = 0.05$  απορρίπτουμε την **H<sub>0B</sub>**. Άρα δεχόμαστε την **H<sub>1B</sub>**, έτσι ο παράγοντας «απόσταση» επιδρά στην απόδοση.

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων "απόσταση» - «λίπανση» έχει ως εξής:

**H<sub>0Γ</sub>**:  $(ND)_{ij} = 0$  (ΔΕΝ υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ «ποικιλίας» και «λιπάσματος»)

**H<sub>1Γ</sub>**:  $(ND)_{ij} \neq 0$  (υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ «ποικιλίας» και «λιπάσματος»)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το P-Value = 0.2345 >  $\alpha = 0.05$  δεν απορρίπτουμε την **H<sub>0Γ</sub>**. Άρα παρατηρούμε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ «απόστασης» και «λιπάσματος».

#### Multiple Range Tests for Density by Fert

Method: 95.0 percent LSD



<i>Fert</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
N4	8	0.78375	0.0469111	X
N1	8	0.825	0.0469111	X
N2	8	0.86125	0.0469111	X
N3	8	0.90875	0.0469111	X

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
N1 - N2		-0.03625	0.136924
N1 - N3		-0.08375	0.136924
N1 - N4		0.04125	0.136924
N2 - N3		-0.0475	0.136924
N2 - N4		0.0775	0.136924
N3 - N4		0.125	0.136924

\* denotes a statistically significant difference.

Πίνακας 18 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων λίπανσης (Πυκνότητα ρίζας).

#### Multiple Range Tests for Density by Distance

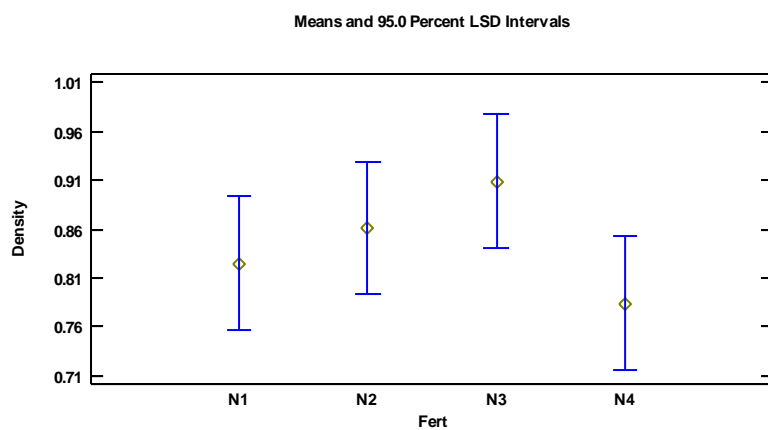
Method: 95.0 percent LSD

<i>Distance</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
D1	16	0.759375	0.0331712	X
D2	16	0.93	0.0331712	X

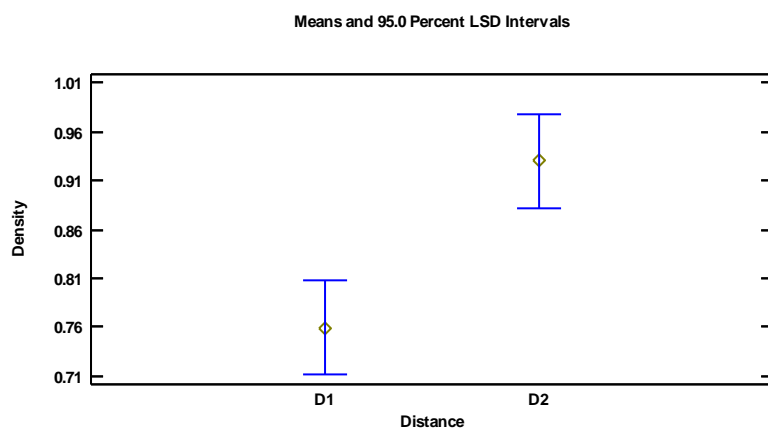
<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
D1 - D2	*	-0.170625	0.0968199

\* denotes a statistically significant difference.

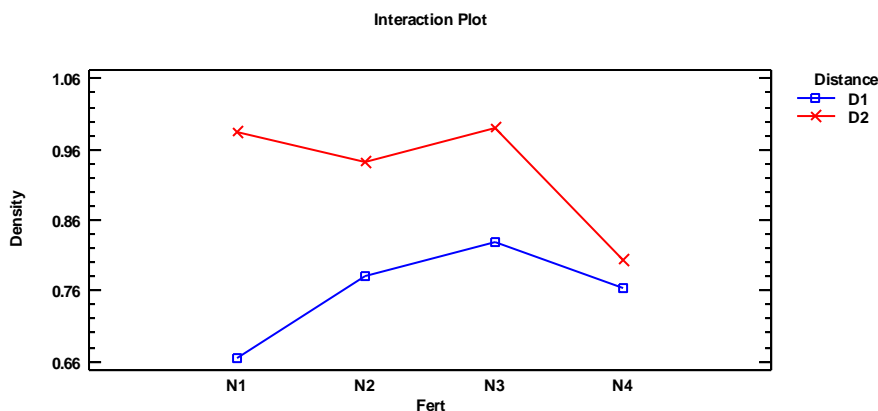
Πίνακας 19 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων απόσταση (Πυκνότητα ρίζας).



*Διάγραμμα 16 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα πυκνότητα ρίζας ως προς τη λίπανση.*



*Διάγραμμα 17 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα πυκνότητα ρίζας ως προς την απόσταση.*



Διάγραμμα 18 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων λίπανσης και απόστασης στην πυκνότητα ρίζας.

### 3.6 ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΡΙΖΑΣ (DRY ROOT WEIGHT)

Εξαρτημένη μεταβλητή: Dry root weight

Παράγοντας N: λίπανση

Παράγοντας D: απόσταση

N1: Urea

N2: Compost

N3: Urea + Inhibitors

N4: Control

D1: 30cm

D2: 45cm

#### Analysis of Variance for Dry root weight - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:Fert	0.024601	3	0.00820033	1.48	0.2460
B:Distance	0.0710645	1	0.0710645	12.80	<b>0.0015</b>
<b>INTERACTIONS</b>					
AB	0.0079985	3	0.00266617	0.48	0.6992
RESIDUAL	0.133288	24	0.00555367		
TOTAL (CORRECTED)	0.236952	31			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Πίνακας 20 Στοιχεία Στατιστικής Ανάλυσης ANOVA (Ξηρό βάρος ρίζας).

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση του παράγοντα «λίπανση» έχει ως εξής:

$H_{0A}$ :  $N_1 = N_2 = N_3 = N_4$  (Η μέση απόδοση δεν διαφοροποιήθηκε ανάλογα με την λίπανση που χρησιμοποιήθηκε ή ο παράγοντας «λίπανση» δεν επιδρά)

$H_{1A}$ : τουλάχιστον κάποιο  $N_i \neq N_j$  όπου  $i, j = 1, 2, 3, 4$  (Η μέση απόδοση διαφοροποιείται ανάλογα με την λίπανση)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το  $P\text{-Value} = 0.2460 > \alpha = 0.05$  δεν απορρίπτουμε την  $H_{0A}$ , έτσι ο παράγοντας «λίπανση» δεν επιδρά στην δειγματική περιοχή.

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση του παράγοντα «απόσταση» έχει ως εξής:

$H_{0B}$ :  $D_1 = D_2$  (Η μέση απόδοση δεν διαφοροποιείται ανάλογα με την απόσταση που χρησιμοποιήθηκε ή ο παράγοντας «απόσταση» δεν επιδρά)

$H_{1B}$ : τουλάχιστον κάποιο  $D_i \neq D_j$  όπου  $i, j = 1, 2$  (Η μέση απόδοση διαφοροποιείται ανάλογα με την απόσταση που χρησιμοποιείται)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το  $P\text{-Value} = 0.0015 < \alpha = 0.05$  απορρίπτουμε την  $H_{0B}$ . Άρα δεχόμαστε την  $H_{1B}$ , έτσι ο παράγοντας «απόσταση» επιδρά στην απόδοση.

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% η εξέταση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων "απόσταση» - «λίπανση» έχει ως εξής:

$H_{0G}$ :  $(ND)_{ij} = 0$  (ΔΕΝ υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ «ποικιλίας» και «λιπάσματος»)

$H_{1G}$ :  $(ND)_{ij} \neq 0$  (υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ «ποικιλίας» και «λιπάσματος»)

Όπως παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα, επειδή το  $P\text{-Value} = 0.6992 > \alpha = 0.05$  δεν απορρίπτουμε την  $H_{0G}$ . Άρα παρατηρούμε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ «απόστασης» και «λιπάσματος».

#### Multiple Range Tests for Dry root weight by Fert

Method: 95.0 percent LSD

Fert	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
N2	8	0.14375	0.0263478	X

N4	8	0.19125	0.0263478	X
N3	8	0.2035	0.0263478	X
N1	8	0.2175	0.0263478	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
N1 - N2		0.07375	0.076904
N1 - N3		0.014	0.076904
N1 - N4		0.02625	0.076904
N2 - N3		-0.05975	0.076904
N2 - N4		-0.0475	0.076904
N3 - N4		0.01225	0.076904

\* denotes a statistically significant difference.

Πίνακας 21 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων λίπανσης (Ξηρό βάρος ρίζας).

### Multiple Range Tests for Dry root weight by Distance

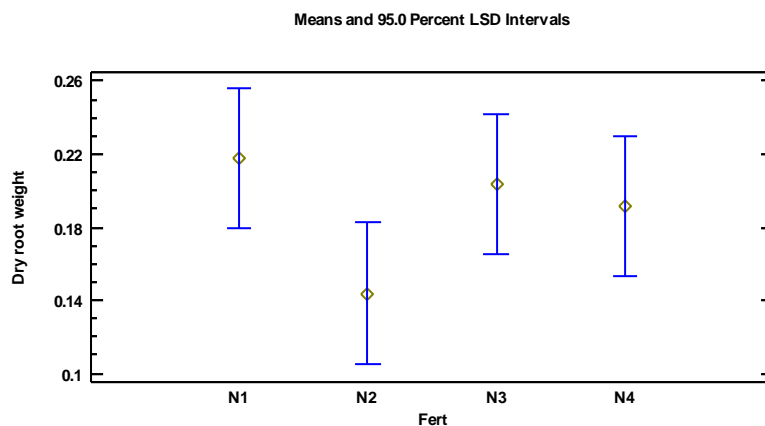
Method: 95.0 percent LSD

Distance	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
D1	16	0.141875	0.0186307	X
D2	16	0.236125	0.0186307	X

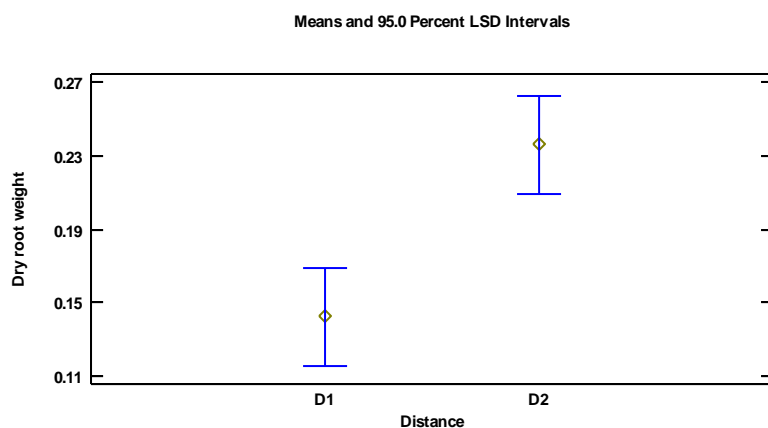
Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
D1 - D2	*	-0.09425	0.0543794

\* denotes a statistically significant difference.

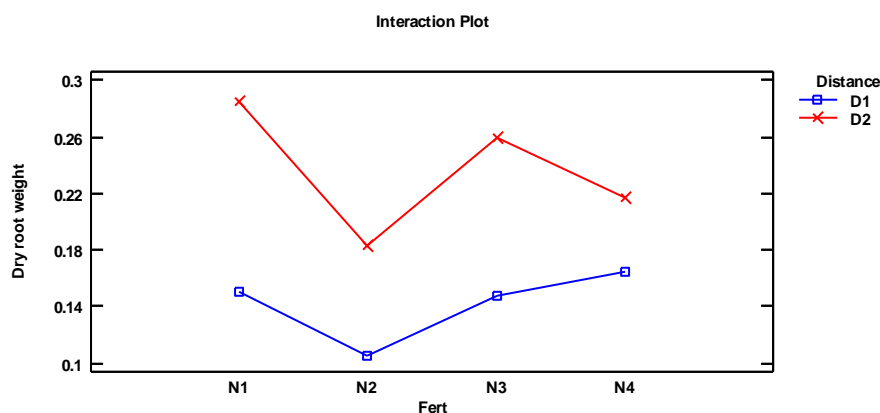
Πίνακας 22 Η στατιστική σημασία των διαφορών, που προκύπτουν από τη σύγκριση μεθόδων απόστασης (Ξηρό βάρος ρίζας).



Διάγραμμα 19 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα Ξηρού βάρους ρίζας ως προς τη λίπανση.



Διάγραμμα 20 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης του παράγοντα Ξηρό βάρους ρίζας ως προς την απόσταση.



Διάγραμμα 21 Διαγραμματική απεικόνιση για το διάστημα εμπιστοσύνης της LSD ανάλυσης της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων λίπανσης και απόστασης στο Ξηρό βάρους ρίζας

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 4.1 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΡΙΖΑΣ (SAMPLE AREA)

Με βάση την περιγραφική ανάλυση δεδομένων του πειράματος που εκτελέστηκε, παρατηρούμε πως τα δείγματα του πειράματος προέρχονται από κανονικούς πληθυσμούς με ίσες διακυμάνσεις και είναι ανεξάρτητα. Αποδεικνύεται λοιπόν πως ακολουθούν κανονική κατανομή με σταθερή

διακύμανση. Στην προκειμένη περίπτωση για τη μέτρηση της δειγματικής περιοχής (Sample area), αποδείχθηκε πως έχουμε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αλληλεπίδραση και των δύο παραγόντων και της λίπανσης και της απόστασης (το P-Value είναι  $0.0199 < \alpha = 0.05$ ). Στο διάγραμμα 6 παρατηρούμε πως υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων λίπανση και απόσταση. Όπως μας φανερώνεται από τα διαγράμματα, γίνεται αποδεκτό πως η απόσταση φύτευσης των 45cm έχει καλύτερα αποτελέσματα καθώς επίσης πως και η μέθοδος λίπανσης με οργανικό compost υπερέχει των υπολοίπων.

#### 4.2 ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΡΙΖΑΣ (AVERAGE DIAMETER)

Σύμφωνα με την περιγραφική ανάλυση δεδομένων του πειράματος που εκτελέστηκε, παρατηρούμε πως τα δείγματα του πειράματος προέρχονται από κανονικούς πληθυσμούς με ίσες διακυμάνσεις και είναι ανεξάρτητα. Αποδεικνύεται λοιπόν πως ακολουθούν κανονική κατανομή με σταθερή διακύμανση. Όσον αφορά τη μέση διάμετρο των δειγμάτων, με τις μετρήσεις που έγιναν και με βάση τις στατιστικές αναλύσεις, παρατηρούμε πως υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των αποστάσεων σποράς (το P-Value είναι  $0.0000 < \alpha = 0.05$ ) (Πίνακας 8). Στο διάγραμμα 8 βλέπουμε πως οι δύο αποστάσεις φύτευσης δεν έχουν επικαλύψεις, άρα υπάρχει σημαντική διαφορά. Ο παράγοντας λίπανση δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά, έδειξε όμως πως καλύτερα αποτελέσματα είχε η οργανική (compost) και στη συνέχεια ακολούθησαν οι ανόργανες με τον παρεμποδιστή. Στο διάγραμμα 11 παρατηρούμε πως οι γραφικές παραστάσεις αποκλίνουν και δεν τέμνονται, επομένως δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των παραγόντων.

#### 4.3 ΟΓΚΟΣ ΡΙΖΑΣ (SPECIMEN VOLUME)

Τα αποτελέσματα για τον όγκο του δείγματος διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους με αποτέλεσμα να μην υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ούτε στον παράγοντα λίπανση, ούτε στον παράγοντα απόσταση σποράς. Αυτό που παρατηρούμε από τα διαγράμματα είναι πως η οργανική λίπανση και ο μάρτυρας παρουσιάζουν ελάχιστα μεγαλύτερες αποδώσεις συγκριτικά με την ανόργανη, όπως και η αραιή φύτευση συγκριτικά με την πυκνή (διαγράμματα 10, 11). Επίσης στο διάγραμμα

12 φαίνεται πως οι γραφικές παραστάσεις τέμνονται, δεν υπάρχει όμως στατιστικά σημαντική διαφορά καθώς το  $P\text{-Value} = 0.1893 > \alpha = 0.05$  (της αλληλεπίδρασης).

#### 4.4 ΜΗΚΟΣ ΡΙΖΑΣ (LENGTH IN SAMPLE)

Η περιγραφική ανάλυση δεδομένων του πειράματος που εκτελέστηκε, έδειξε πως τα δείγματα του πειράματος προέρχονται από κανονικούς πληθυσμούς με ίσες διακυμάνσεις και είναι ανεξάρτητα. Αποδεικνύεται λοιπόν πως ακολουθούν κανονική κατανομή με σταθερή διακύμανση. Στην δειγματική ανάλυση που αφορά τη μήκος της ρίζας, τα αποτελέσματα έδειξαν πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Οι αποστάσεις φύτευσης έδειξαν να επηρεάζουν σημαντικά το μήκος (το  $P\text{-Value}$  είναι  $0.0012 < \alpha = 0.05$ ) (Πίνακας 14). Η λίπανση δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά, μπορούμε όμως να αναφέρουμε πως με βάση τα αποτελέσματα η ανόργανη λίπανση με παρεμοδιστές παρουσίασε καλύτερη πορεία (διάγραμμα 13). Στο διάγραμμα 14 βλέπουμε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των αποστάσεων φύτευσης καθώς δεν έχουμε επικαλύψεις. Και στο διάγραμμα 15 δεν τέμνονται οι γραφικές παραστάσεις επομένως δεν υπάρχει αλληλεπίδραση.

#### 4.5 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΡΙΖΑΣ (DENSITY)

Με βάση τη στατιστική ανάλυση τα δείγματα προέρχονται από κανονικούς πληθυσμούς με ίσες διακυμάνσεις και είναι ανεξάρτητα, ακολουθώντας κανονική κατανομή με σταθερή διακύμανση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως για την πυκνότητα ρίζας των δειγμάτων υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Οι αποστάσεις φύτευσης έδειξαν να επηρεάζουν σημαντικά την πυκνότητα (το  $P\text{-Value}$  είναι  $0.0013 < \alpha = 0.05$ ) (Πίνακας 19). Η λίπανση δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά, μπορούμε όμως να αναφέρουμε πως με βάση τα αποτελέσματα η ανόργανη λίπανση με παρεμποδιστές παρουσίασε καλύτερη πορεία (διάγραμμα 16). Στο διάγραμμα 17 βλέπουμε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των αποστάσεων φύτευσης καθώς δεν έχουμε επικαλύψεις. Στο διάγραμμα 18 παρατηρούμε πως οι γραφικές παραστάσεις οριακά δεν τέμνονται, σε έναν μεγαλύτερο δειγματικό χώρο πιθανόν θα είχαμε καλύτερα αποτελέσματα.



#### 4.6 ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΡΙΖΑΣ (DRY ROOT WEIGHT)

Σύμφωνα με την περιγραφική ανάλυση δεδομένων του πειράματος που εκτελέστηκε, παρατηρούμε πως τα δείγματα του πειράματος προέρχονται από κανονικούς πληθυσμούς με ίσες διακυμάνσεις και είναι ανεξάρτητα. Αποδεικνύεται λοιπόν πως ακολουθούν κανονική κατανομή με σταθερή διακύμανση. Στην τελική δειγματική ανάλυση που αφορά το ξηρό βάρος της ρίζας, τα αποτελέσματα έδειξαν πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Οι αποστάσεις φύτευσης έδειξαν να επηρεάζουν σημαντικά το μήκος (το P-Value είναι  $0.0015 < \alpha = 0.05$ ) (Πίνακας 20). Στο διάγραμμα 20 παρατηρούμε πως δεν υπάρχει καμία επικάλυψη, επομένως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Η λίπανση δεν παρουσιάζει διαφορά, όμως παρατηρώντας το διάγραμμα 19 βλέπουμε πως τα ανόργανα λιπάσματα παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές ξηρού βάρους ρίζας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξένη βιβλιογραφία

- Bagchi, G.D. & Srivastava, G.N., 2003. Spices and flavoring (flavouring) crops - Fruits and Seeds. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, pp. 5465–5477. doi:10.1016/b0-12-227055-x/01123-8
- Bell, D.T., Muller, C.H., 1973. Dominance of California annual grasslands by *Brassica nigra*. *Am. Midland Nat.* 90, 227–299
- Brown, P.D., Morra, J.M., 1993. Fate of ionic thiocyanate (SCN<sup>-</sup>) in soil. *J. Agric. Food Chem.* 41, 978–982
- Dahmani-Muller H, Van Oort F, Gelie B, Balabane M. 2000. Strategies of heavy metal uptake by three plant species growing near a metal smelter. *Environ Pollut* 109: 231-238
- Downey, R. K. and Robbelen, G. (1989) *Brassica* species. In: Robbelen, G., Downey, R. K. and Ashri, A. (eds) *Oil Crops of the world*. McGraw-Hill, New York, pp.339-362
- Duke, J.A. 1979. Ecosystematic data on economic plants. *Quart. J. Crude Drug Res.* 17(3–4), pp. 91–110
- Duke, J.A., 1978. The quest for tolerant germplasm. In: ASA Special Symposium 32, Crop tolerance to suboptimal land conditions. Am. Soc. Agron. Madison, WI, pp. 1–61
- Duke, J.A., 1983. Handbook of Energy Crops. NewCROPS web site, Purdue University.
- Geisler, G. and Kullman, A. (1991). CHANGES OF DRY MATTER, NITROGEN CONTENT AND NITROGEN EFFICIENCY IN OIL SEED RAPE IN RELATION TO NITROGEN NUTRITION. In: McGreor, D.I. (ed) *Proceedings of the Eighth International Rapessed Congress*, Saskatoon, Canada. Organizing Committee, Saskatoon, pp.1197-1201.
- Ghani, A., 2003. Medicinal Plants of Bangladesh. Asiatic Society of Bangladesh, Dhaka, pp. 22.
- Gisbert, R. Clemente, J. Navarro-Avinó, C. Baixauli, A. Ginér, R. Serrano, D.J. Walker, M.P. Bernal **Tolerance and accumulation of heavy metals by *Brassicaceae* species grown in contaminated soils from Mediterranean regions of Spain** *Environ. Exp. Bot.*, 56 (2006), pp. 19-27
- Goyal B.K, Verma P.R., Spurr D.T. and Reddy M.S. (1996). Albugo candida staghead formation in *Brassica juncea* in relation to plant age, inoculation sites, and incubation conditions. *Plant Pathology*, 45, 787-794.
- Grant, C.A. and Bailey, L.D. (1993). Fertility management in canola production. *Canadian Journal of Plant Science* 73, 651-670
- Hälvä, S., Hirvi, T. Mäkinen, S. & Honkanen, E., 1986. Yield and glucosinolates in mustard seeds and volatile oils in caraway seeds and coriander fruit: I Yield and glucosinolate contents of mustard (*Sinapis sp.*, *Brassicasp.*) seeds. *Journal of Agricultural Science in Finland*, 58, pp. 157-162.
- Hodge A, Berta G, Doussan C, Merchan F, Crespi M. Plant root growth, architecture and function. *Plant and Soil*. 2009;321:153–187
- Holanda FSR, Mengel DB, Paula MB, Carvaho JG, Bertoni JC. Influence of crop rotations and tillage systems on phosphorus and potassium stratification and root distribution in the soil profile. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 1998;29:15–16.

- Holmes M. R. J. (1980). Nutrition of the Oilseed Rape Crop. Applied Science Publishers, Barking, Essex, UK
- Josefsson, E., 1968. Method for quantitative determination of p-hydroxybenzyl isothiocyanate in digests of seed meal of *Sinapis alba* L.J.Sci.Food Agric.19, 192–194.
- Klebs, G., 1885. Beitrage zur Morphologie und Biologie der Keimung. Untersuchungen Botanische Institut Tubingen, 1, pp. 536-655.
- Lynch JP. Root architecture and plant productivity. Plant Physiology. 1995;109:7–13.
- Morrison M. J., McVetty P.B.E. and Shaykewich C.F. (1989), The determination and verification of a baseline temperature for the growth of Westar summer rape. Canadian Journal of Plant Science 69, 455-464
- Narwal, S.S., 1994. Allelopathy in crop production. Scientific Publishers, Jodhpur, p.288.
- Ogilvy, S.E. (1984). The influence of seed rate on population structure and yield of winter oilseed rape. Aspects of Applied Biology 6, 59-66
- Peter, K.V., 2004. Handbook of herbs and spices. Woodhead Publishing Limited, Abington Hall. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2, pp. 196-205. doi.org/10.1533/9781855738355.2.196
- Prihar S.S., Sandhu K.S., Sandhu B.S. and Khera K.L, (1981). Effects of Irrigation Schedules on Yield of Mustard (*Brassica Juncea*). Experimental Agriculture, 17(01)
- Puzet, (1995) Agronomy. In: Kimber D. and McGregor D.I (eds) Brassica Oilseeds. Production and Utilization. CAB INTERNATIONAL. Pg. 66, 71, 86
- Rice, E.L., 1984. Allelopathy, 2nd edition). Academic Press, New York
- Rosengarten, F., 1969. The Book of Spices. Livingston Publishing Co., Wynnewood, Pennsylvania, pp. 299–305
- S.M. Reichman **The responses of plants to metal toxicity: a review focusing on copper, manganese and zinc** Aust. Miner. Energy Environ. Found. (2002)
- Šamec, D. & Salopek-Sondi, B., 2019. Cruciferous (*Brassicaceae*) Vegetables. Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements, pp. 195–202. doi:10.1016/b978-0-12-812491-8.00027-8
- Tassou, C.C., 2006. Herbs, spices and gut health. Handbook of Herbs and Spices, pp. 151-176. doi:10.1533/9781845691717.2.151
- Thomas, J., Kuruvilla, K.M. & Hrideek, T.K., 2012. Mustard. Handbook of Herbs and Spices, pp. 388–398. doi:10.1533/9780857095671.388
- Tollsten, L., Bergstrom, G., 1988. Headscape volatiles of whole plant and macerated plant parts of *Brassica* and *Sinapis*. Phytochemistry 27, 4013–4018.
- Whiting SN, Leake JR, Mcgrath ST, Baker AJM. 2000. Positive responses to Zn and Cd by roots of the Zn and Cd hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. New Phytol 145: 199-210.
- Whittaker, D.C., Feeny, P.P., 1977. Allelochemicals: chemical interactions between species. Science 171, 757–770.

### Ελληνική βιβλιογραφία

- Κρίκελας Χ., (2016) Τεύχος 61. Το Σινάπι και οι ιδιότητές του (<https://www.diatrofi.gr>)
- Σαρλής, Γ., 1999. Συστηματική Βοτανική, Εφαρμογές Κορμοφυτών. Αθήνα. Σταμούλης.

- Κακαμπούκη Ιωάννα, Αγρίνιο, 2016, Δυνατότητα εξυγίανσης εδαφών με προβλήματα νιτρορρύπανσης με την καλλιέργεια της κουνόα, Διδακτορική διατριβή
- Στέλλα Μ. Καρυδόγιαννη, Αθήνα 2019, Η επίδραση της οργανικής και της ανόργανης λίπανσης στα αγρονομικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας μαύρου σιναπιού (*Brassica nigra*).
- Σπυριδούλα Β. Χαβαλίνα, Αθήνα 2019, Γεωργικοί δείκτες εκτίμησης σε καλλιέργεια σιναπιού (*Brassica nigra* L.).

## Πηγές

- [www.cabi.org](http://www.cabi.org)
- [www.itrofi.gr](http://www.itrofi.gr)
- [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)
- [grovida.us](http://grovida.us)
- Plants For A Future: [Online] Available:  
<https://pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Brassica+nigra>
- <http://www.fao.org/home/en/>
- <http://faostat.fao.org/>
- Canola Council of Canada. 2014d. What is Canola? [Online] Available:  
[http://www.canolacouncil.org/oil-and-meal/what-is-canola/\[2014\]](http://www.canolacouncil.org/oil-and-meal/what-is-canola/[2014]).
- <https://www.ifoam.bio/>
- [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr)
- [www.dionet.gr](http://www.dionet.gr)