



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
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

**« Γεωργικοί δείκτες εκτίμησης σε καλλιέργεια σιναπιού
(*Brassica nigra* L.)»**



ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ Β. ΧΑΒΑΛΙΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΙΛΛΑΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2019



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
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

**« Γεωργικοί δείκτες εκτίμησης σε καλλιέργεια σιναπιού
(*Brassica nigra* L.) »**

**“Plant growth analysis in mustard cultivation
(*Brassica nigra* L.)”**

ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ Β. ΧΑΒΑΛΙΝΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:

ΜΠΙΛΑΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, Καθηγητής Γεωργίας και Βιολογικής Γεωργίας στο
Εργαστήριο Γεωργίας του Γ.Π.Α.

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΠΑΠΑΣΤΥΛΙΑΝΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια στο Εργαστήριο
Γεωργίας του Γ.Π.Α.

ΤΡΑΥΛΟΣ ΗΛΙΑΣ, Επίκουρος Καθηγητής στο Εργαστήριο Γεωργίας του Γ.Π.Α.

ΑΘΗΝΑ 2019

Στην οικογένεια μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή κ. Δ. Μπιλάλη, τόσο για την ανάθεση της παρούσας εργασίας, όσο και για τη βοήθεια και τις πολύτιμες συμβουλές του κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, την επεξεργασία των αποτελεσμάτων καθώς και τη συγγραφή και ολοκλήρωση της εργασίας,

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.

Ευχαριστώ θερμά 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 και ιδιαίτερα την προπτυχιακή φοιτήτρια του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών Μαριάννα Λυμπεράκου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υπομονή, την κατανόηση και τη στήριξη σε όλους τους τομείς.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη γεωργικών δεικτών εκτίμησης, καθώς και η επίδραση διαφορετικών τύπων λίπανσης (ανόργανης λίπανσης -ουρία- και οργανική λίπανση -compost-) στην ανάπτυξη και την απόδοση της καλλιέργειας σιναπιού (*Brassica nigra* L.). Η καλλιέργεια εγκαταστάθηκε σε πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας, στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, στην περιοχή του Βοτανικού.

Το πείραμα σχεδιάστηκε με βάση το πειραματικό σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων με τρεις επαναλήψεις και τρεις επεμβάσεις λίπανσης: ουρία, compost, μάρτυρας. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε κατά την καλλιεργητική περίοδο από τις 18 Ιανουαρίου έως τις 11 Ιουνίου του 2019.

Οι γεωργικοί δείκτες που μελετήθηκαν στην καλλιέργεια του σιναπιού ήταν: ο Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI), η Χρονική μεταβολή φυλλικής επιφάνειας (LAD), ο Ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας (CGR), ο Σχετικός ρυθμός ανάπτυξης (RGR), ο Απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης (AGR), ο Λόγος βάρους φύλλων (LWR), ο Λόγος μεταβολής φωτός (LTR), ο Συντελεστής παρεμπόδισης φωτός (k), ο Δείκτης αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους (DME). Για τον υπολογισμό των γεωργικών δεικτών εκτίμησης πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις πάνω σε συγκεκριμένα αγρονομικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του σιναπιού, τα οποία ήταν το ύψος των φυτών, το ξηρό βάρος των φυτών και των φύλλων, η ένταση του φωτός στο πάνω και κάτω μέρος της καλλιέργειας, η απόδοση της καλλιέργειας σε σπόρο.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι οι διαφορετικοί τύποι λίπανσης δεν παρουσίασαν σημαντικά στατιστικές διαφορές. Το ανόργανο λίπασμα (ουρία) έδωσε υψηλότερα φυτά, με μεγαλύτερο ξηρό βάρος και υψηλότερες τιμές στους δείκτες AGR, LTR και k. Το οργανικό λίπασμα (compost) έδωσε υψηλότερες τιμές στους δείκτες LAI, LAD, CGR, RGR, LWR και DME.

Λέξεις κλειδιά: *Brassica nigra* L., γεωργικοί δείκτες εκτίμησης, Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI), Χρονική Μεταβολή Φυλλικής Επιφάνειας (LAD), Ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας (CGR), Σχετικός ρυθμός ανάπτυξης (RGR), Απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης (AGR), Λόγος βάρους φύλλων (LWR), Λόγος μεταβολής φωτός (LTR), Συντελεστής

παρεμπόδισης φωτός (k), Δείκτης αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους (DME), λίπανση, ουρία, compost.

ABSTRACT

In this MSc thesis were evaluated plant growth analysis and the effect of different fertilization treatments (mineral -urea- and organic -compost-) on the growth and yield of black mustard (*Brassica nigra* L.). The cultivation took place on an experimental field of the Agricultural Laboratory, at the Agricultural University of Athens, near the region of Votanikos.

The experiment was set up according to a Randomized Complete Block Design with three replicates and three fertilization treatments: urea, compost, untreated. The experimental field was established during the cultivating period from January 18 to June 11 of 2019.

The plant growth analysis was studied in crop of black mustard by using the following indexes: the Leaf Area Index (LAI), the Leaf Area Duration (LAD), the Crop Growth Rate (CGR), the Relative Growth Rate (RGR), the Absolute Growth Rate (AGR), the Leaf Weight Ratio (LWR), the Light Transmission Ratio (LTR), the Light extinction coefficient (k), the Dry Matter Efficiency (DME). In order to determine the plant growth analysis, a series of measurements were carried out on several agronomic characteristics of the mustard crop. Those agronomic characteristics were: the height of plants, dry weight of plants and leaves, light intensity at top and bottom of the crop, yield of seeds.

The results of present study showed that the effect of fertilization didn't have any statistical differences in the measurements taken. Inorganic fertilizer (urea) gave higher plantations, higher dry weight values and higher values of AGR, LTR and k. Organic fertilizer (compost) gave higher values of LAI, LAD, CGR, RGR, LWR and DME.

Key words: *Brassica nigra* L., plant growth analysis, Leaf Area Index (LAI), Leaf Area Duration (LAD), Crop Growth Rate (CGR), Relative Growth Rate (RGR), Absolute Growth Rate (AGR), Leaf Weight Ratio (LWR), Light Transmission Ratio (LTR), Light extinction coefficient (k), Dry Matter Efficiency (DME), fertilization, urea, compost.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT	6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	14
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	17
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
1.1 Προέλευση – Διάδοση – Εξάπλωση.....	17
1.2 Ιστορία.....	18
1.3 Ετυμολογία - Κοινά ονόματα	18
1.4 Βοτανική Ταξινόμηση.....	19
1.5 Χρήσεις	22
1.6 Βοτανικά Χαρακτηριστικά.....	24
1.7 Βιολογικός κύκλος	27
1.8 Οικολογικές απαιτήσεις και Προσαρμοστικότητα.....	28
1.8.1 Κλίμα.....	28
1.8.2 Έδαφος	28
1.9 Καλλιεργητική τεχνική.....	28
1.9.1 Αμειψισπορά	28
1.9.2 Προετοιμασία εδάφους.....	28
1.9.3 Άρδευση	29
1.9.4 Λίπανση.....	29
1.9.5 Σπορά	32
1.9.6 Περιποιήσεις μετά τη σπορά	32
1.9.7 Συγκομιδή.....	32
1.9.8 Μετασυλλεκτική επεξεργασία και αποθήκευση	33
1.10 Πολλαπλασιασμός.....	33
1.11 Εχθροί και ασθένειες.....	34
1.11.1 Ασθένειες	34
1.11.2 Έντομα	37
1.11.3 Διαχείριση ζιζανίων	38
1.12 Αποδόσεις.....	39
1.13 Χημική Σύνθεση.....	39
1.14 Τοξικότητα	41
1.15 Βιολογική Γεωργία.....	42

1.15.1	Έννοια Βιολογικής Γεωργίας	42
1.15.2	Ιστορική Αναδρομή.....	42
1.15.3	Εθνική Νομοθεσία Βιολογικών Προϊόντων	43
1.15.4	Βασικές Αρχές Βιολογικής Γεωργίας	45
1.16	Δείκτες εκτίμησης στη γεωργική πρακτική.....	46
1.16.1	Γενικά περί δεικτών	46
1.16.2	Δείκτες Βιολογικού κύκλου – Δείκτης AGDD (Αθροιστικές θερμο-βαθμοημέρες ανάπτυξης) – Θερμο-βαθμοημέρες ανάπτυξης GDDs	46
1.16.3	Γεωργικοί δείκτες εκτίμησης καλλιέργειας.....	48
1.17	Σκοπός Διπλωματικής.....	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο		55
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ		55
2.1	Περιοχή μελέτης.....	55
2.2	Φυτικό υλικό	56
2.3	Πειραματικό σχέδιο.....	57
2.4	Χαρακτηριστικά αγρού – Κοκκομετρική σύσταση.....	59
2.5	Μετεωρολογικά δεδομένα.....	60
2.6	Καλλιεργητικές πρακτικές	62
2.6.1	Εδαφοκατεργασία.....	62
2.6.2	Χάραξη πειραματικού αγρού	62
2.6.3	Λίπανση.....	62
2.6.4	Σπορά	64
2.6.5	Άρδευση	65
2.6.6	Διαχείριση ζιζανίων	65
2.6.7	Καταπολέμηση εχθρών και ασθενειών	65
2.6.8	Συγκομιδή.....	68
2.7	Μετρήσεις – Προσδιορισμοί αγρονομικών χαρακτηριστικών.....	69
2.7.1	Ύψος φυτών	70
2.7.2	Ένταση του φωτός στο άνω και κάτω μέρος της φυτείας.....	70
2.7.3	Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας.....	71
2.7.4	Ξηρό βάρος φυτών	71
2.7.5	Ξηρό βάρος φύλλων.....	71
2.7.6	Απόδοση σε σπόρο.....	72
2.8	Προσδιορισμός δεικτών εκτίμησης στη γεωργική παραγωγή.....	72
2.8.1	Δείκτες Βιολογικού κύκλου – Δείκτης AGDD (Αθροιστικές θερμο-βαθμοημέρες ανάπτυξης) – Θερμο-βαθμοημέρες ανάπτυξης GDDs	73
2.8.2	Δείκτες ανάπτυξης φυτών	73
2.9	Στατιστική ανάλυση	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο		77

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	77
3.1 Αγρονομικά Χαρακτηριστικά Καλλιέργειας.....	78
3.1.1 Ύψος φυτού.....	78
3.1.2 Ξηρό βάρος φυτού.....	81
3.1.3 Ξηρό βάρος φύλλων.....	84
3.2 Γεωργικοί Δείκτες Εκτίμησης.....	87
3.2.1 Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Leaf Area Index - LAI).....	87
3.2.2 Χρονική Μεταβολή Φυλλικής Επιφάνειας (LAD).....	90
3.2.3 Ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας (CGR)	93
3.2.4 Σχετικός ρυθμός ανάπτυξης (RGR)	96
3.2.5 Απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης (AGR)	99
3.2.6 Δείκτης βάρους φύλλων (LWR)	102
3.2.7 Λόγος μεταβολής φωτός (LTR)	105
3.2.8 Συντελεστής παρεμπόδισης φωτός (k).....	108
3.2.9 Δείκτης αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους (DME)	111
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο	113
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	113
4.1 Αγρονομικά Χαρακτηριστικά Καλλιέργειας.....	113
4.1.1 Ύψος φυτών	113
4.1.2 Ξηρό βάρος φυτών	114
4.1.3 Ξηρό βάρος φύλλων.....	114
4.2 Γεωργικοί Δείκτες Εκτίμησης.....	115
4.2.1 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI).....	115
4.2.2 Χρονική Μεταβολή Φυλλικής Επιφάνειας (LAD).....	116
4.2.3 Ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας (CGR)	116
4.2.4 Σχετικός ρυθμός ανάπτυξης (RGR)	117
4.2.5 Απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης (AGR)	118
4.2.6 Δείκτης βάρους φύλλων (LWR)	118
4.2.7 Λόγος μεταβολής φωτός (LTR)	119
4.2.8 Συντελεστής παρεμπόδισης φωτός (k).....	119
4.2.9 Δείκτης αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους (DME)	120
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	122

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Βοτανική ταξινόμηση μαύρης μουστάρδας.....	19
Πίνακας 2. Σπόροι των τριών βασικών ειδών μουστάρδας	21
Πίνακας 3. Γεωργικοί δείκτες εκτίμησης καλλιέργειας (Πηγή: Pandey, 2017).....	53
Πίνακας 4. Στοιχεία φυτικού υλικού (<i>Brassica nigra</i> L.)	56
Πίνακας 5. Κοκκομετρική σύσταση πειραματικού αγρού Εργαστηρίου Γεωργίας, ΓΠΑ (Bouyoucos, 1962)	59
Πίνακας 6. Στοιχεία λιπασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία ..	63
Πίνακας 7. Τιμές για το ύψος των φυτών 60 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%)).....	79
Πίνακας 8. Τιμές για το ύψος των φυτών 83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%)).....	79
Πίνακας 9. Τιμές για το ύψος των φυτών 109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%)).....	79
Πίνακας 10. Τιμές για το ύψος των φυτών 118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	80
Πίνακας 11. Τιμές για το ύψος των φυτών 124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	80
Πίνακας 12. Τιμές για το ξηρό βάρος των φυτών 60 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	82
Πίνακας 13. Τιμές για το ξηρό βάρος των φυτών 83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	82
Πίνακας 14. Τιμές για το ξηρό βάρος των φυτών 109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	82
Πίνακας 15. Τιμές για το ξηρό βάρος των φυτών 118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	83
Πίνακας 16. Τιμές για το ξηρό βάρος των φυτών 124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	83
Πίνακας 17. Τιμές για το ξηρό βάρος των φύλλων 60 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	85
Πίνακας 18. Τιμές για το ξηρό βάρος των φύλλων 83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	85

Πίνακας 19. Τιμές για το ξηρό βάρος των φύλλων 109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	85
Πίνακας 20. Τιμές για το ξηρό βάρος των φύλλων 118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	86
Πίνακας 21. Τιμές για το ξηρό βάρος των φύλλων 124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	86
Πίνακας 22. Τιμές για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας 60 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	88
Πίνακας 23. Τιμές για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας 83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	88
Πίνακας 24. Τιμές για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας 109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%)).....	89
Πίνακας 25. Τιμές για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας 118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%)).....	89
Πίνακας 26. Τιμές για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας 124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%)).....	89
Πίνακας 27. Τιμές για τη χρονική μεταβολή φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 60-83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	91
Πίνακας 28. Τιμές για τη χρονική μεταβολή φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 83-109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	91
Πίνακας 29. Τιμές για τη χρονική μεταβολή φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 109-118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	91
Πίνακας 30. Τιμές για τη χρονική μεταβολή φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 118-124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	92
Πίνακας 31. Τιμές για το ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 60-83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%)).....	94
Πίνακας 32. Τιμές για το ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 83-109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%)).....	94

[illegible]

Πίνακας 48. Τιμές για το λόγο μεταβολής φωτός 60 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	106
Πίνακας 49. Τιμές για το λόγο μεταβολής φωτός 83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	106
Πίνακας 50. Τιμές για το λόγο μεταβολής φωτός 109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	106
Πίνακας 51. Τιμές για το λόγο μεταβολής φωτός 118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	107
Πίνακας 52. Τιμές για το λόγο μεταβολής φωτός 124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))	107
Πίνακας 53. Τιμές για το συντελεστή παρεμπόδισης φωτός 60 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%)).....	109
Πίνακας 54. Τιμές για το συντελεστή παρεμπόδισης φωτός 83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%)).....	109
Πίνακας 55. Τιμές για το συντελεστή παρεμπόδισης φωτός 109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%)).....	109
Πίνακας 56. Τιμές για το συντελεστή παρεμπόδισης φωτός 118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%)).....	110
Πίνακας 57. Τιμές για το συντελεστή παρεμπόδισης φωτός 124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%)).....	110
Πίνακας 58. Τιμές για το δείκτη αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους 145 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%)).....	111

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. Διακύμανση θερμοκρασίας (Μέγιστη-Μέση-Ελάχιστη) κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών)	60
Διάγραμμα 2. Διακύμανση κατακρημνισμάτων κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών).....	61
Διάγραμμα 3. Διακύμανση ταχύτητας ανέμου κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών).....	61
Διάγραμμα 4. Αθροιστικές θερμο-βαθμοημέρες ανάπτυξης (AGDDs) σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας του σιναπιού	77
Διάγραμμα 5. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο ύψος των φυτών στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%).....	78
Διάγραμμα 6. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο ξηρό βάρος των φυτών στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%).....	81
Διάγραμμα 7. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο ξηρό βάρος των φύλλων στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%).....	84
Διάγραμμα 8. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%).....	87
Διάγραμμα 9. Χρονική μεταβολή φυλλικής επιφάνειας (LAD) για τις επεμβάσεις λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στα χρονικά διαστήματα από 60 έως 83 ΗΑΣ, από 83 έως 109 ΗΑΣ, από 109 έως 118 ΗΑΣ και από 118 έως 124 ΗΑΣ. (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%).....	90
Διάγραμμα 10. Ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας (CGR) για τις επεμβάσεις λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στα χρονικά διαστήματα από 60 έως 83 ΗΑΣ, από 83 έως 109 ΗΑΣ, από 109 έως 118 ΗΑΣ και από 118 έως 124 ΗΑΣ. (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%)	93
Διάγραμμα 11. Σχετικός ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας (CGR) για τις επεμβάσεις λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στα χρονικά διαστήματα από 60 έως 83 ΗΑΣ, από 83 έως 109 ΗΑΣ, από 109 έως 118 ΗΑΣ και από 118 έως 124 ΗΑΣ. (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%).....	96
Διάγραμμα 12. Απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης (AGR) για τις επεμβάσεις λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στα χρονικά διαστήματα από 60 έως 83 ΗΑΣ, από 83 έως 109 ΗΑΣ, από 109 έως 118 ΗΑΣ και από 118 έως 124 ΗΑΣ. (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%)	99
Διάγραμμα 13. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο βάρος φύλλων στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%).....	102
Διάγραμμα 14. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο λόγο μεταβολής φωτός στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%).....	105
Διάγραμμα 15. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο συντελεστή παρεμπόδισης φωτός στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα	

διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%).....	108
Διάγραμμα 16. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο δείκτη αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%).....	111

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Η διάδοση της καλλιέργειας του είδους <i>Brassica nigra</i> L. (Πηγή: www.cabi.org)...	17
Εικόνα 2. Διαγραμματική απεικόνιση της προέλευσης των ειδών του γένους <i>Brassica</i> (Πηγή: After Hemingway, J. S., in Simmonds, 1976).....	22
Εικόνα 3. Είδη μουστάρδας (Πηγή: wideopeneats.com).....	23
Εικόνα 4. Ταξιανθία του είδους <i>Brassica nigra</i> L. (Πηγή: minnesotawildflowers.info)	24
Εικόνα 5. Καρπός του είδους <i>Brassica nigra</i> L. (Πηγή: luontoportti.com)	24
Εικόνα 6. Εγκάρσια τομή σπόρου <i>Brassica nigra</i> L. (Πηγή: Bagchi, 2003)	25
Εικόνα 7. Μορφολογικά χαρακτηριστικά του είδους <i>Brassica nigra</i> L.....	26
Εικόνα 8. Βιολογικός κύκλος του είδους <i>Brassica nigra</i> L. (Πηγή: grovida.us)	27
Εικόνα 9. <i>Alternaria brassicae</i> (Πηγή: Pestnet.org)	34
Εικόνα 10. <i>Albugo candida</i> (Πηγή: PaDIL)	36
Εικόνα 11. <i>Athalia proxima</i> (Hymenoptera: Tenthredinidae).....	37
Εικόνα 12. <i>Pontia protodice</i> (Lepidoptera: Pieridae).....	37
Εικόνα 13. <i>Phyllotreta nemorum</i> (Πηγή: UK Beetle Recording, Alamy).....	38
Εικόνα 14. Χημική αντίδραση στη μουστάρδα (Πηγή: Tainter and Grenis 2001)	40
Εικόνα 15. Λογότυπο της IFOAM (Πηγή: vectorlogoseek.com).....	42
Εικόνα 16. Δορυφορική αποτύπωση του πειραματικού αγρού του Εργαστηρίου Γεωργίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Πηγή: Google Maps)	55
Εικόνα 17. Σπόροι του είδους <i>Brassica nigra</i> L. (Προσωπικό αρχείο).....	56
Εικόνα 18. Χάραξη πειραματικού αγρού (Προσωπικό αρχείο)	62
Εικόνα 19. Φρεζάρισμα πειραματικού αγρού (Προσωπικό αρχείο)	63
Εικόνα 20. Πειραματικός αγρός έτοιμος για σπορά (Προσωπικό αρχείο)	64
Εικόνα 21. Σπορά πειραματικού αγρού (Προσωπικό αρχείο).....	64
Εικόνα 22. Υπερπλασίες λόγω Λευκής σκωρίασης στις 108 ΗΑΣ (804,3 GDDs).....	66
Εικόνα 23. Υπερπλασίες λόγω Λευκής σκωρίασης στις α., β.)117 ΗΑΣ (906,7 GDDs) και γ.) 123 ΗΑΣ (994,6 GDDs) (Προσωπικό αρχείο)	66
Εικόνα 24. Προσβολή από φυλλορύκτη στις 108 ΗΑΣ (804,3 GDDs) (Προσωπικό αρχείο) ...	67
Εικόνα 25. Προσβολή από <i>Meligethes aeneus</i> (Προσωπικό αρχείο)	67
Εικόνα 26. Προσβολή από <i>Eurydema ornata</i> στο στάδιο της α.) καρπόδεσης, β.γ.) ωρίμανσης (Προσωπικό αρχείο).....	68
Εικόνα 27. Πορεία εξέλιξης της καλλιέργειας. α.40 ΗΑΣ, β. 53 ΗΑΣ, γ. 60 ΗΑΣ, δ. 73 ΗΑΣ, ε. 83 ΗΑΣ, στ. 108 ΗΑΣ, ζ. 122 ΗΑΣ, η. 136 ΗΑΣ (Προσωπικό αρχείο)	69
Εικόνα 28. Συσκευή μέτρησης φωτός (PAR) και ανάλυση φάσματος (Πηγή: www.delta-t.co.uk).....	70
Εικόνα 29. Υπολογισμός ξηρού βάρους φύλλων (Προσωπικό αρχείο)	71
Εικόνα 30. Αλωνιστική μηχανή και κόσκινα (Προσωπικό αρχείο)	72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Προέλευση – Διάδοση – Εξάπλωση

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 της 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 Αυστραλασία 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).



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

1.2 Ιστορία

Η ιστορία του σιναπιού ξεκινάει από την αρχαιότητα. Στην Ελλάδα τον 6^ο αιώνα π.Χ. ο Πυθαγόρας συνιστούσε το σινάπι ως φάρμακο για τα τσιμπήματα των σκορπιών, ενώ τον 7^ο 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^{ου} ή στις αρχές του 5^{ου} αιώνα π.Χ..

Στην Ινδία, το 3000 π.Χ. υπάρχουν σανσκριτικές αναφορές που αποδεικνύουν τη χρήση του φυτού, ενώ στην Αίγυπτο πρόσθεταν σιναπόσπορο στο φαγητό για να βελτιώσουν τη γεύση. Στην Ευρώπη ήταν ίσως το μοναδικό γνωστό μπαχαρικό, πριν εισαχθούν και γίνουν γνωστά τα ασιατικά μπαχαρικά.

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).

Οι Ρωμαίοι συνήθιζαν να ανακατεύουν τους σπόρους του σιναπιού με μούστο, δημιουργώντας ένα παρασκεύασμα που έμοιαζε με τη σημερινή μουστάρδα. Εν συνέχεια 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.

Έτσι, σιγά σιγά η μουστάρδα διαδόθηκε σταδιακά στην Ευρώπη και γενικά σε όλο τον κόσμο. Εξελίχθηκε ως προς τα συστατικά της και έγινε σήμερα ένα από τα πιο αγαπητά και δημοφιλή αρτύματα.

1.3 Ετυμολογία - Κοινά ονόματα

Στην ελληνική γλώσσα το είδος *Brassica nigra* L. είναι γνωστό ως κράμβη ή μέλαινα ή κοινώς ως μαύρη μουστάρδα ή μαύρο σινάπι. Στα αγγλικά αναφέρεται ως black mustard,

brown mustard, red mustard, στα γαλλικά ως moutarde noire, στα γερμανικά schwarzer senf, senf-kohl, senfkohl, στα ιταλικά senape near, ισπανικά mostaza negra, στα πορτογαλικά mostarda-negra, στα ιαπωνικά kuro-garashi, στα σουιδικά svartsenap, στα ολλανδικά zwarte mosterd (Peter, 2004; Thomas, 2012).

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).

1.4 Βοτανική Ταξινόμηση

Η βοτανική ταξινόμηση της μαύρης μουστάρδας είναι η ακόλουθη:

Πίνακας 1. Βοτανική ταξινόμηση μαύρης μουστάρδας

Βασίλειο	Plantae
Συνομοταξία	Angiosperms
Ομοταξία	Eudicots
Υφομοταξία	Rosids
Τάξη	Brassicales
Οικογένεια	Brassicaceae
Γένος	<i>Brassica</i>
Είδος	<i>B. nigra</i>

Η οικογένεια Brassicaceae, αναφερόμενη συχνά και ως Cruciferae, περιλαμβάνει πολλά σημαντικά είδη που καλλιεργούνται παγκοσμίως. Στην ανθρώπινη διατροφή, από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα, απαντώνται είτε ως φρέσκα είτε ως κονσερβοποιημένα λαχανικά, φυτικά έλαια, και καρυκεύματα. Η οικογένεια αντιπροσωπεύει μια μονοφυλετική ομάδα που κατανέμεται σε όλο τον κόσμο (εκτός από την Ανταρκτική) και περιλαμβάνει περίπου 338 γένη και 3709 είδη (Al-Shehbaz *et al.*, 2006; Warwick *et al.*, 2010). Η οικογένεια παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον διότι περιλαμβάνει διάφορα είδη σιναπιού, όπως το *Brassica juncea*, το *Brassica nigra*, το *Sinapis alba*, το *Armoracia rusticana*, το *Raphanus sativus* και το *Brassica oleracea*, από το οποίο προέρχονται το μπρόκολο, τα λαχανάκια Βρυξελλών, το λάχανο, το κουνουπίδι, το γογγύλι (O'Kane Jr, 2001).

Τα Brassicaceae προέρχονται από το Eocene, που βρίσκεται στην Ιρανο-Τουρανική περιοχή, από όπου και εξαπλώθηκαν παγκοσμίως (Franzke *et al.*, 2011). Σύμφωνα με σανσκριτικές καταγραφές, η χρήση των σταυρανθών εμφανίζεται στην Ινδία ήδη από το 3000 π.Χ., ενώ κάποια άλλα τα στοιχεία δείχνουν ότι φυτά του γένους *Brassica* καλλιεργήθηκαν κατά μήκος της παράκτιας Ευρώπης πριν από περίπου 8000 χρόνια. Σήμερα η οικογένεια Brassicaceae έχει επεκταθεί στην Ευρώπη (στην περιοχή της Μεσογείου), την Ασία και τη Βόρεια Αμερική (Al-Shehbaz, 2011).

Ένα γένος με ιδιαίτερο γεωργικό ενδιαφέρον της οικογένειας Brassicaceae είναι το *Brassica*, το οποίο περιλαμβάνει ελαιούχους καρπούς (canola, μουστάρδα) και λαχανικά (λάχανο, μπρόκολο, κινέζικο λάχανο), καλλιέργειες με μακρά ιστορία ως προς τη γεωργική τους χρήσης σε όλες τις ηπείρους (Chen *et al.*, 2011). Το γένος *Brassica* αποτελείται από 150 είδη ετήσιων ή διετών φυτών, πολλά από τα οποία καλλιεργούνται για την παραγωγή ελαιούχων σπόρων, λαχανικών ή ζωοτροφών (Thomas, 2012; Feroz, 2018).

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 γκρίζο-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).

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 (<http://faostat.fao.org/>).

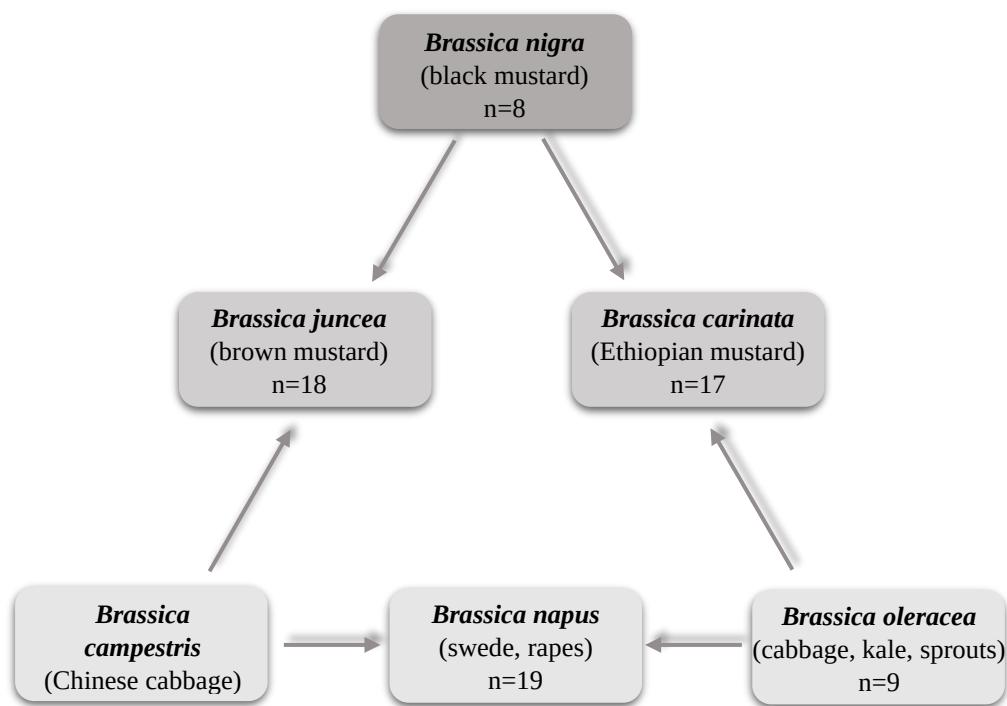
Τρεις τύποι σπόρων μουστάρδας χρησιμοποιούνται ευρέως ως καρυκεύματα: ανοικτό κίτρινο ή λευκή μουστάρδα (*Sinapsis alba* syn. *Brassica hirta* Moench ή *Brassica alba*), καφέ ή ανατολική μουστάρδα (*Brassica juncea*) και μαύρη ή σκούρα καστανή μουστάρδα (*Brassica nigra*). Εκτός από τη χρήση τους ως μπαχαρικό, τα είδη αυτά χρησιμοποιούνται ευρέως για παραγωγή λαχανικών, ελαιούχων σπόρων, green manure, ζωοτροφής και για άλλους βιομηχανικούς σκοπούς (Thomas, 2012; Feroz, 2018).

Πίνακας 2. Σπόροι των τριών βασικών ειδών μουστάρδας

Black mustard <i>Brassica nigra</i> $2n = 16$	Brown mustard <i>Brassica juncea</i> (L.) $2n = 36$	White mustard <i>Sinapis alba</i> L. $2n = 24$
		

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). Αναλυτικότερα:

- *Brassica carinata* A. Braun (Ethiopian mustard): $2n = 34$, γονιδίωμα BBCC. Το είδος είναι γνωστό μόνο ως καλλιεργημένο φυτό στις ορεινές περιοχές της Αιθιοπίας και της βόρειας Κένυας. Σπάνια χρησιμοποιούνται εκτός αυτών των περιοχών.
- *Brassica juncea* (L.) Czernjaew (brown mustard): $2n = 36$, γονιδίωμα AABB.
- *Brassica nigra* (black mustard): $2n = 16$, BB γονιδίωμα. Ένα από τα 3 βασικά καλλιεργημένα διπλοειδή είδη του γένους *Brassica* - *B. nigra* ($2n = 16$, BB γονιδίωμα), *B. oleracea* L. ($2n = 18$, CC γονιδίωμα) και *B. rapa* L. ($2n = 20$, AA γονιδίωμα) (Εικόνα 1).
- *Sinapis alba* L. (white mustard): $2n = 24$, SS γονιδίωμα. Τα είδη *Sinapis alba* L. και *Brassica juncea* (L.) αποτελούν σήμερα τα 2 πιο σημαντικά είδη μουστάρδας.



Εικόνα 2. Διαγραμματική απεικόνιση της προέλευσης των ειδών του γένους *Brassica* (Πηγή: After Hemingway, J. S., in Simmonds, 1976)

1.5 Χρήσεις

Τα διάφορα είδη της οικογένειας Brassicaceae, εκτός από τη μαγειρική τους χρήση, έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς στην παραδοσιακή ιατρική από τους αρχαίους καιρούς μέχρι σήμερα (Šamec *et al*, 2019). Τις τελευταίες δεκαετίες επιδημιολογικές μελέτες έδωσαν στοιχεία ότι διαιτολόγια που περιλάμβαναν σταυρανθή, συνδέονται με μειωμένο κίνδυνο σε διάφορους τύπους καρκίνου (Liu *et al.*, 2012; Liu & Lv, 2013; Liu *et al.*, 2013a,b; Wu *et al.*, 2013a,b,c).

Η *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.

Το φυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία ρευματισμών, νευραλγιών, σπασμών καθώς και ως μέσο για τη μείωση της υπεραιμίας σε εσωτερικά όργανα (Obi *et al.*, 2009). Ακόμη, παραδοσιακά χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις αλωπεκίας, επιληψίας, περιτονίτιδας, μετά από δάγκωμα φιδιών και εντόμων και πονόδοντο. Χρησιμοποιείται επίσης για τη θεραπεία του καρκινώματος και όγκων του λάρυγγα. Με το σινάπι

βοηθούνται όσοι υποφέρουν από βρογχίτιδα, άσθμα, κρυολογήματα, πόνους αρθρώσεων και μυών, νευρίτιδες και πνευμονικές παθήσεις (Alam *et al.*, 2011; Chan *et al.*, 2014).



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

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 καταπραΰνει τον πονοκέφαλο. Έχει διαπιστωθεί ότι 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). Ακόμη, καλλιεργείται για την εξαγωγή ελαίου, την παραγωγή ζωοτροφών και υπολειμμάτων που χρησιμοποιούνται ως χλωρή λίπανση (Zafar *et al.*, 2016). Το αλεύρι του σιναπιού έχει αντισηπτική δράση, ενώ το έλαιο είναι ευεργετικό σε περιπτώσεις πλευρίτιδας και πνευμονίας (Duke, 1983).

Από τους σπόρους των ειδών *Sinapis alba*, *Brassica juncea*, *Brassica nigra*, παρασκευάζεται η μουστάρδα 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).

1.6 Βοτανικά Χαρακτηριστικά

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

Τα φύλλα είναι έμμισχα, 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 (16 cm x 5 cm), 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. Ταξιανθία του είδους *Brassica nigra* L. (Πηγή: minnesotawildflowers.info)

Η ταξιανθία είναι βότρυς και αναπτύσσεται είτε μασχαλιαία, είτε επάκρια. Τα άνθη είναι μικρά (8mm), ερμαφρόδιτα, ακτινόμορφα, σταυροειδή, φωτεινού κίτρινου χρώματος. 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: $*K_4 \Sigma_4 A_{4+2} \Gamma_{(2)}$ (Σαρλής, 1999).



Εικόνα 5. Καρπός του είδους *Brassica nigra* L. (Πηγή: luontoportti.com)

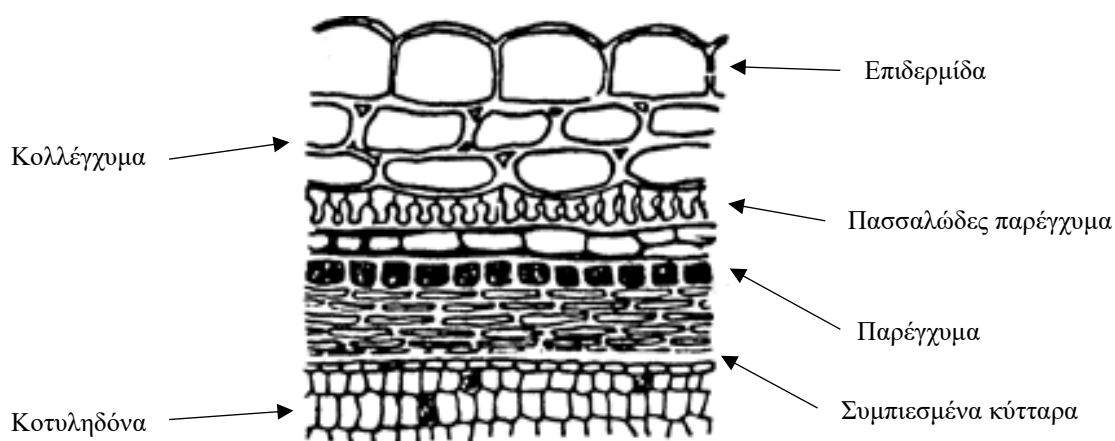
Ο καρπός είναι κέρας (2-5 cm), τετράπλευρο, ομαλό, με μικρό και κοντό άκρο (περίπου 0,6 cm) και αποτελείται από δύο καρπόφυλλα, τα οποία μετά την ωρίμανση ανοίγουν στη συρραφή από κάτω προς τα πάνω και εμφανίζεται το μεμβρανώδες ψευδοδιάφραγμα που περιέχει 2-12 ή περισσότερα σπέρματα. Το μήκος του μπορεί να φτάσει έως τα 2,5 cm (Peter, 2004).

Οι σπόροι είναι σφαιρικοί, μικρού μεγέθους, διαμέτρου περίπου 1-2mm, με σκούρο κόκκινο-καφέ έως μαύρο χρώμα, ενώ είναι καλυμμένοι (περισσότερο ή λιγότερο) με λευκό

υμένιο. Είναι ελαιούχοι, 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).

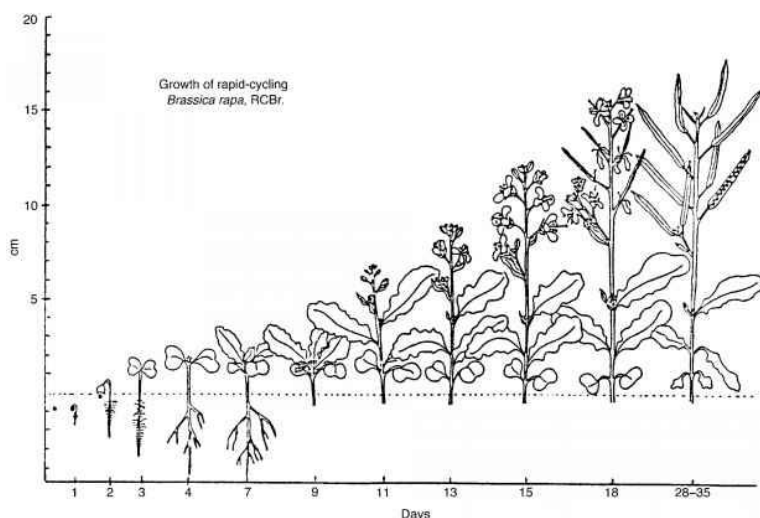
Ο σπόρος σε εγκάρσια τομή αποτελείται από μια εξωτερική επιδερμίδα πολυγωνικών, σωληνοειδών κυττάρων, μήκους 40-50 mm. Κάτω από την επιδερμίδα υπάρχει ένα στρώμα από κενά πολυγωνικά κύτταρα, 10-105 mm με 60-90 mm. Το πασσαλώδες παρέγχυμα αποτελείται από ελαφρώς λιγνοποιημένα κύτταρα (άνισα σε ύψος) ακολουθούμενα από κύτταρα που περιέχουν τανίνη. Το ενδοσπέρμιο συνίσταται από μία εξωτερική στρώση κυττάρων με λεπτά τοιχώματα, που περιέχουν έλαιο και αλευρώνη. Τα κύτταρα του εμβρύου είναι πολυεδρικά, με λεπτά τοιχώματα, που περιέχουν έλαιο και αλευρώνη (Bagchi & Srivastava, 2003).



Εικόνα 6. Εγκάρσια τομή σπόρου *Brassica nigra* L. (Πηγή: Bagchi, 2003)

1.7 Βιολογικός κύκλος

Ο βιολογικός κύκλος του σιναπιού χωρίζεται σε οκτώ αναπτυξιακές φάσεις: τη βλάστηση, την ανάπτυξη των φύλλων, 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 (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός) παρατηρείται αρχικά επιμήκυνση του ριζιδίου και στη συνέχεια εμφάνιση του υποκοτυλίου και έξοδο των κοτύλων πάνω από την επιφάνεια του εδάφους (Klebs, 1885).



Εικόνα 8. Βιολογικός κύκλος του είδους *Brassica nigra* L. (Πηγή: grovida.us)

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).

1.8 Οικολογικές απαιτήσεις και Προσαρμοστικότητα

1.8.1 Κλίμα

Η μαύρη μουστάρδα παρουσιάζει ευρεία προσαρμοστικότητα σε πλήθος κλιματικών συνθηκών. Αναπτύσσεται καλύτερα σε τροπικές 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). 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 1700 mm, με άριστη τιμή 850 mm (Duke, 1978, 1979).

1.8.2 Έδαφος

Το είδος *B. nigra* L. αναπτύσσεται σε πολλούς τύπους εδαφών με pH από 4,9 έως 8,2, με άριστο να θεωρείται το 6,5. Ευδοκιμεί σε ελαφριά αμμοπηλώδη ή βαθιά γόνιμα εδάφη. Προτιμά καλά αεριζόμενα εδάφη, που δεν συγκρατούν υγρασία και είναι ανεκτικά στην ξηρασία (Thomas, 2012). Τα πολύ αργιλώδη (βαριά) εδάφη (heavy clays) δυσχεραίνουν την ανάπτυξή της και θεωρούνται ακατάλληλα για την καλλιέργεια (Duke, 1978, 1979).

1.9 Καλλιεργητική τεχνική

1.9.1 Αμειψισπορά

Μία ιδανική περίπτωση αμειψισποράς είναι η καλλιέργεια του σιναπιού να ακολουθεί μια καλλιέργεια σιτηρών (Mustard Production Manual, 2017).

1.9.2 Προετοιμασία εδάφους

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).

Για να επιτευχθεί η βέλτιστη εμφάνιση και η επιθυμητή ζωηρότητα των φυταρίων, η σποροκλίνη θα πρέπει να είναι ομοιόμορφη και με επαρκή υγρασία. 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). Ο

σκοπός αυτός επιτυγχάνεται με εδαφοκατεργασία με χρήση σκαριφήρα και φρέζας (Pouzet,1995).

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).

1.9.3 Άρδευση

Συνιστώνται δύο αρδεύσεις για την επίτευξη υψηλότερης απόδοσης των σπόρων. 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). Τα στάδια της άνθησης και του σχηματισμού των κερατίων και των σπόρων είναι τα πιο κρίσιμα στάδια, στα οποία η καλλιέργεια του σιναπιού παρουσιάζει αυξημένες απαιτήσεις σε νερό. Η άρδευση στο στάδιο ανάπτυξης των κερατίων βοηθάει στη δημιουργία περισσότερων σπόρων με μεγαλύτερο μέγεθος.

1.9.4 Λίπανση

Η επιλογή της ορθολογικής λίπανσης με βάση της αρχές των 4K (κατάλληλος τύπος, κατάλληλη ποσότητα, κατάλληλος χρόνος και κατάλληλος τρόπος) είναι συνάρτηση των εδαφικών παραμέτρων, της ποικιλίας του σιναπιού, των κλιματικών συνθηκών και της διαθεσιμότητας της υγρασίας του εδάφους.

Άζωτο

Το άζωτο (N) αποτελεί αποδεδειγμένα το σημαντικότερο θρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη του είδους *B. nigra* L. Η επάρκειά του στο έδαφος επιφέρει έντονη και ζωνήρή ανάπτυξη, υψηλές αποδόσεις και καλή ποιότητα στην καλλιέργεια. Επίσης η επαρκής θρέψη των φυτών με άζωτο, συμβάλλει στην υψηλή φωτοσυνθετική τους δραστηριότητα. Είναι απαραίτητο για την παραγωγή των πρωτεϊνών και της χλωροφύλλης, γι' αυτό

απαιτείται σε μεγαλύτερες ποσότητες σε σύγκριση με τα άλλα μακροστοιχεία. Η πρόσληψη και χρήση του αζώτου από τα φυτά λαμβάνει χώρα καθ' όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του σιναπιού.

Σε συνθήκες έλλειψης αζώτου, τα φυτά παρουσιάζουν περιορισμένη βλαστητική ανάπτυξη και το φύλλωμα από έντονο πράσινο γίνεται πρασινοκίτρινο έως κίτρινο. Μία ένδειξη ανεπάρκειας N στα φυτά είναι το κιτρίνισμα των παλαιότερων φύλλων. Το άζωτο κατανέμεται από τα παλαιά στο νεότερα φύλλα, με αποτέλεσμα η ανεπάρκεια να γίνεται εμφανής πρώτα στα παλαιότερα. Ακόμη, σε συνθήκες έλλειψης N κατά την περίοδο της ανθοφορίας παρατηρούνται συμπτώματα παραμόρφωσης και μειωμένη απόδοση.

Η *B. nigra* L. ανταποκρίνεται έντονα στην αζωτούχο λίπανση και οι αποδόσεις αυξάνονται πάνω από 30%. Οι συνιστώμενες δόσεις κυμαίνονται από 22,5 έως 36,5 kg/στρ (50-80 lbr/acre) σε εδάφη όπου το άζωτο είναι ανεπαρκές, αλλά είναι καλύτερο να λαμβάνονται υπόψη οι αναλύσεις εδάφους και η φυλλοδιαγνωστική. Η υπέρμετρη αύξηση των επιπέδων N δεν οδηγεί πάντοτε σε αύξηση των αποδόσεων.

Για την καλύτερη απόκριση, το N θα πρέπει να εφαρμόζεται κατά τη στιγμή της σποράς. Όταν αυτό δεν είναι εφικτό, η εφαρμογή του λιπάσματος μπορεί να γίνει σε δύο στάδια, ένα μέρος το φθινόπωρο και το δεύτερο την άνοιξη πριν από την σπορά (Mustard Production Manual, 2017).

Φωσφόρος

Ο φωσφόρος (P) είναι σημαντικός για τη δημιουργία ενός υγιούς και ανθεκτικού ριζικού συστήματος. Η έλλειψη φωσφόρου οδηγεί σε καχεκτικά φυτά με μειωμένη ανάπτυξης ριζικό σύστημα.

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.

Όπως και στην περίπτωση του αζώτου, ένα σημαντικό σύμπτωμα της ανεπάρκειας K είναι το κιτρίνισμα της περιφέρειας των φύλλων. Τα φυτά με έλλειψη καλίου παρουσιάζουν μειωμένη ανάπτυξη και τα νεαρά φυτά νανισμό. Σε ακραίες περιπτώσεις τα προσβεβλημένα φύλλα ξεραίνονται εντελώς, αλλά τείνουν να παραμένουν προσκολλημένα στο στέλεχος (Holmes, 1980; Mustard Production Manual, 2017).

Θείο

Το θείο (S) αποτελεί κύριο συστατικό των πρωτεϊνών του σπόρου και ως εκ τούτου τα φυτά του σιναπιού έχουν υψηλότερες απαιτήσεις του στοιχείου κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας, αλλά το χρησιμοποιούν καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου μέχρις ότου ολοκληρωθεί το γέμισμα των σπόρων. Το σινάπι χρειάζεται σταθερή παροχή S κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, έχοντας αυξημένες απαιτήσεις κατά την ανθοφορία, καθώς το στοιχείο αποτελεί το κύριο συστατικό της πρωτεΐνης των σπόρων.

Τα συμπτώματα της ανεπάρκειας θείου παρατηρούνται σε νέα φύλλα, άνθη και λοβούς. Όταν η έλλειψη είναι σε οριακές τιμές, τα συμπτώματα μπορεί να μην είναι ορατά με γυμνό μάτι, αλλά οι απώλειες στην απόδοση μπορούν να είναι σοβαρές. Τα πιο συχνά συμπτώματα είναι η απουσία ή η μη επαρκής ανάπτυξη των λοβών ή/και των σπόρων (Mustard Production Manual, 2017).

Ιχνοστοιχεία

Η έλλειψη ιχνοστοιχείων δεν αποτελεί συνήθως πρόβλημα στην καλλιέργεια του σιναπιού. Ως εκ τούτου, η λίπανση δεν είναι αναγκαία, εκτός εάν υποδεικνύεται μετά από αναλύσεις εδάφους (Mustard Production Manual, 2017).

1.9.5 Σπορά

α. Βάθος σποράς

Επειδή ο σπόρος του είδους *B. nigra* έχει μικρό μέγεθος, η σπορά θα πρέπει να γίνεται επιφανειακά συμβάλλοντας στη γρήγορη εμφάνιση της καλλιέργειας. Συνιστάται βάθος σποράς 1,5-2,5 cm. Στην περίπτωση όπου η υγρασία του εδάφους είναι μειωμένη, το βάθος σποράς μπορεί να φτάσει τα 5 cm. Ωστόσο, αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη εμφάνιση και πυκνότητα της καλλιέργειας και δεν θα πρέπει να είναι συνήθης πρακτική εφόσον η υγρασία δεν αποτελεί μείζονα περιοριστικό παράγοντα ή έχουν προγνωσθεί τα κατακρημνίσματα λίγο μετά τη σπορά (Duke, 1983).

β. Εποχή σποράς

Συνιστάται η πρώιμη 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. Τα φυτά λόγω του ότι δεν είναι πολύ ανθεκτικά στο ψύχος, ο σπόρος είναι καλύτερο να σπέρνεται την άνοιξη, στην περίπτωση που καλλιεργείται για τους σπόρους του, ενώ μπορεί να σπαρθεί μέχρι αργά το καλοκαίρι εάν προορίζεται ως χλωρή λίπανση (Duke, 1983)

1.9.6 Περιποιήσεις μετά τη σπορά

Τα φυτά πρέπει να αραιώνονται σε απόσταση 10-50 cm μεταξύ τους (Duke, 1983).

1.9.7 Συγκομιδή

Ο χρόνος συγκομιδής της μαύρης μουστάρδας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως οι εδαφοκλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην εκάστοτε περιοχή, η καλλιεργούμενη ποικιλία, καθώς και η τελική χρήση που προορίζεται το τελικό προϊόν για το οποίο προορίζεται η καλλιέργεια.

Οι καρποί (κεράτια) της *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 καλλιέργεια συνήθως συγκομίζεται τον Αύγουστο και στη συνέχεια αφήνεται

να ωριμάσει. Για να αποφευχθεί η θραύση τους, τα κεράτια είναι προτιμότερο να συλλέγονται όταν είναι κλειστά. Ορισμένες φορές τα φυτά συγκομίζονται και αφήνονται να αποξηραθούν στο αλώνι, πριν τον αλωνισμό με χτυπήματα με τη χρήση ξύλινων κοπάνων. Θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά τον αλωνισμό καθώς το υπερβολικό αλώνισμα μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του αριθμού των ραγισμένων και σπασμένων σπόρων.

1.9.8 Μετασυλλεκτική επεξεργασία και αποθήκευση

Μετά τη συλλογή των σπόρων ακολουθεί ο διαχωρισμός του σπόρου από το φλοιό του με λίκνισμα και η τοποθέτησή τους στον ήλιο για να ξηραθούν. Οι σπόροι αποθηκεύονται εν συνεχεία σε μεγάλα δοχεία ή σακούλες για μεγάλες χρονικές περιόδους εφόσον η περιεκτικότητά τους σε υγρασία διατηρείται μικρότερη από 10%. Εάν η υγρασία των σπόρων κυμαίνεται μεταξύ 9,5 και 15%, συνιστάται η ξήρανσή τους για να εξασφαλιστεί η ασφαλής και μακροχρόνια αποθήκευσή τους. Κατά την ξήρανσή τους είναι σημαντικό να διασφαλίζεται η θερμοκρασία τους να μην υπερβαίνει τους 52 °C αλλιώς μπορεί να προκληθεί βλάβη σε ενδογενή ένζυμα με αποτέλεσμα, κατά την επεξεργασία, να μειωθεί η υδρόλυση του γλυκοσινολικού οξέος προς ισοθειοκυανικό άλας (Thomas, 2012). Η αποθήκευση του σπόρου για 12 μήνες μειώνει την περιεκτικότητα σε πτητικό (αιθέριο) έλαιο κατά 54%, αλλά στην περίπτωση όπου οι σπόροι προορίζονται για μετέπειτα σπορά η απώλεια είναι 84% (Bagchi, 2003).

1.10 Πολλαπλασιασμός

Τα άνθη του σιναπιού είναι ερμαφρόδιτα, δηλαδή έχουν και αρσενικά και θηλυκά όργανα (στήμονες και ύπερο). Το φυτό είναι αυτογονιμοποιούμενο. Πρόκειται για εντομόφιλη καλλιέργεια. Η επικονίαση γίνεται με τη βοήθεια εντόμων όπως μέλισσες και μύγες. Οι μέλισσες συλλέγουν το νέκταρ των ανθέων και παράγουν ένα ελαφρώς αρωματικό μέλι (Duke, 1983).

1.11 Εχθροί και ασθένειες

1.11.1 Ασθένειες

α) Damping-off, Wirestem, and Brown Girdling Root Rot

Παθογόνο(α): Damping-off: *Phytophthora cactorum* ή/και *Pythium spp.*

Wirestem και brown girdling root rot: *Rhizoctonia solani*

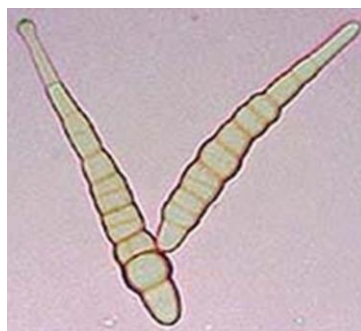
Φάσμα ξενιστών: Είδη του γένους *Brassica* και άλλα φυτικά είδη συμπεριλαμβανομένων των οσπρίων και το λινάρι.

Κίνδυνος: Υψηλός

Συμπτώματα: Αποτυχία βλάστησης των σπόρων ή εμφάνιση των φυτών, σάπισμα των ριζών, κιτρίνισμα, ξήρανση και σήψη, ιδιαίτερα στη βάση του στελέχους των φυτών.

β) Alternaria Diseases (Black spot, Gray Leaf Spot, Pod Spot)

Παθογόνο(α): *Alternaria brassicae* ή/και *Alternaria brassicola*



Εικόνα 9. *Alternaria brassicae* (Πηγή: Pestnet.org)

Φάσμα ξενιστών: Τα περισσότερα από τα οικονομικά σημαντικά κηπευτικά, ελαιούχα, κτηνοτροφικά και αρτυματικά φυτά του γένους *Brassica*, και πολλοί άγρια είδη σταυρανθών.

Κίνδυνος: Υψηλός

Συμπτώματα: Νεκρωτικά στίγματα με χλωρωτικό περιθώριο στα φύλλα. Στη συνέχεια τα νεκρωτικά στίγματα εξελίσσονται σε νεκρωτικές κηλίδες που σχηματίζουν συγκεντρικούς κύκλους.

γ) Aster Yellows

Παθογόνο(α): ***Aster Yellows Phytoplasma***

Φάσμα ξενιστών: Τα περισσότερα από τα οικονομικά σημαντικά κηπευτικά, ελαιούχα, κτηνοτροφικά και αρτυματικά φυτά του γένους *Brassica*, και πολλοί άγρια είδη σταυρανθών.

Κίνδυνος: Υψηλός

Συμπτώματα: Μπλε-πράσινα αποχρωματισμένα φυτά, με τα φύλλα να έχουν κόκκινη ή μωβ απόχρωση. Παραμορφωμένα και στείρα πολλές φορές άνθη, με πράσινες φυλλώδεις δομές και οι λοβοί αντικαθίστανται από στρογγυλές ή οβάλ μπλε-πράσινες κοίλες, πεπλατυσμένες δομές. Τα μολυσμένα φυτά μπορεί να ξυλοποιηθούν και συχνά εμφανίζονται ψηλότερα από την υπόλοιπη καλλιέργεια.

δ) Sclerotinia White Mould

Παθογόνο(α): ***Sclerotinia sclerotiorum***

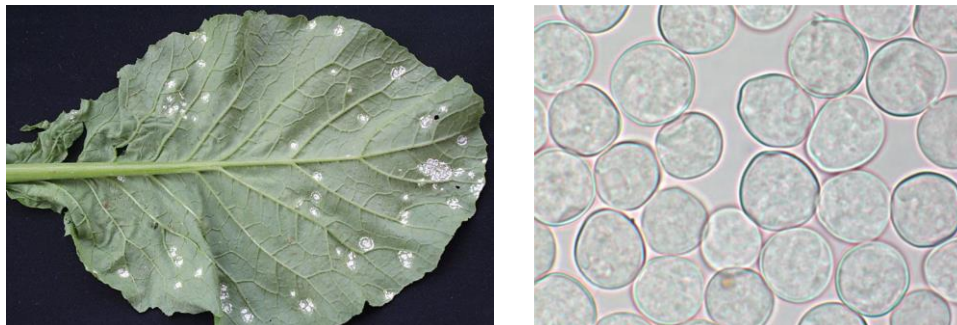
Φάσμα ξενιστών: Εξαιρετικά ευρύ φάσμα ξενιστών, συμπεριλαμβανομένων των σταυρανθών, και άλλων σημαντικών πλατύφυλλων καλλιεργειών και ζιζανίων.

Κίνδυνος: Υψηλός

Συμπτώματα: Μαλακές, υδατώδεις, λευκές έως γκρίζες κηλίδες στα φύλλα και τα στελέχη. Τα μέρη του φυτού πάνω από την προσβεβλημένη περιοχή γίνονται ανοιχτού πράσινου ή κίτρινου χρώματος, μαραίνονται και νεκρώνονται.

ε) White Rust

Παθογόνο(α): *Albugo candida*



Εικόνα 10. *Albugo candida* (Πηγή; PaDIL)

Φάσμα ξενιστών: Κοινή σε *Brassica oleracea*, *B. rapa*, *B. juncea*, *B. nigra* και *B. carinata*. Το ραπανάκι, η αγριοραπανιά, η άγρια μουστάρδα, η καψέλα και άλλα άγρια είδη

Κίνδυνος: Μέτριος

Συμπτώματα: 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.

1.11.2 Έντομα

α) *Athalia proxima* Klug. (Hymenoptera: Tenthredinidae)

Αποτελεί το σπουδαιότερο εχθρό της *B. nigra*. Οι προνύμφες τρέφονται με τα φύλλα της καλλιέργειας (Duke, 1983).



Εικόνα 11. *Athalia proxima* (Hymenoptera: Tenthredinidae) (Πηγή: nbair. res. in)

β) *Pontia protodice* (Lepidoptera: Pieridae)

Οι προνύμφες προτιμούν να τρέφονται με τα μπουμπούκια και τα άνθη του φυτού, αλλά τρέφονται επίσης και με τα φύλλα (Capinera, 2001).



Εικόνα 12. *Pontia protodice* (Lepidoptera: Pieridae) (Πηγή: en.wikipedia.org)

γ) *Euxoa ochrogaster*, *Agrotis orthogonia*, *Feltia jaculifera*, *Lacinipolia renigera* (Lepidoptera, Noctuidae)

Τα θηλυκά ενήλικα άτομα έχουν την τάση να εναποθέτουν τα ωά τους, στα τέλη του καλοκαιριού, (Αύγουστο – Σεπτέμβριο), σε περιοχές με βλάστηση (ζιζάνια ή καλλιέργεια). Ορισμένα είδη διαχειμάζουν ως ωά και εκκολάπτονται την άνοιξη. Άλλα

είδη διαχειμάζουν ως νύμφες και αρχίζουν να τρέφονται νωρίτερα την άνοιξη από τα είδη που διαχειμάζουν ως ωά.

δ) *Phyllotreta* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae)

Διαχειμάζουν ως ενήλικα άτομα και εμφανίζονται την άνοιξη, τρέφονται με τις κοτυληδόνες, τα φύλλα, τον κορυφαίο οφθαλμό και τα στελέχη των φυτών μουστάρδας. Τον Ιούλιο, οι προνύμφες τρέφονται με τα ριζικά τριχίδια. Τα ενήλικα άτομα που εμφανίζονται αργότερα μπορούν να "αποφλοιώσουν" τους σπόρους.



Εικόνα 13. *Phyllotreta nemorum* (Πηγή: UK Beetle Recording, Alamy)

ε) Νηματώδεις

Ditylenchus dipsaci, *Heterodera crucifera*, *H. schachtii*, *Meloidogyne arenaria*, *M. hapla*, *Nacobbus aberrans*, *Xiphinema indicum*, *Pratylenchus penetrans* και *P. pratensis* (Golden, p.c., 1984).

1.11.3 Διαχείριση ζιζανίων

Τα ζιζάνια, αν δε διαχειριστούν σωστά, μπορεί να αποτελέσουν σοβαρό πρόβλημα και να μειώσουν την απόδοση της καλλιέργειας του σιναπιού. 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. Ωστόσο, εάν ο πληθυσμός των ζιζανίων είναι υψηλός πριν από την εγκατάσταση της καλλιέργειας, τα ζιζάνια θα ανταγωνίζονται την κύρια καλλιέργεια στα πιο ευάλωτα στάδιά της. Η διαχείριση των

ζιζανίων θα πρέπει να περιλαμβάνει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, που να περιλαμβάνει 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*.

1.12 Αποδόσεις

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).

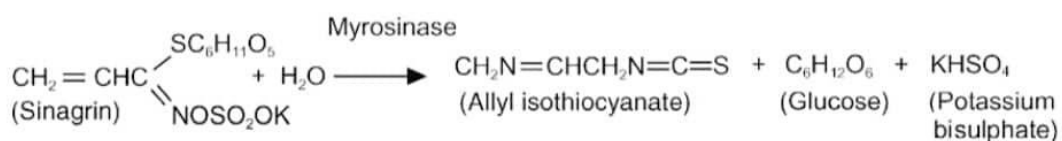
1.13 Χημική Σύνθεση

Τα οφέλη που παρέχουν τα φυτά του γένους *Brassica* στην υγεία του ανθρώπου, συνδέονται κυρίως με τις ενώσεις που περιέχουν θείο και είναι γνωστές ως γλυκοζινολικές ενώσεις καθώς και τα προϊόντα της υδρόλυσης τους (ινδόλες) (Murillo & Mehta, 2001). Εκτός από τις γλυκοζινολικές ενώσεις, τα σταυρανθή είναι πλούσια σε πολυφαινόλες και τριτερπένια, ενώσεις που προάγουν την υγεία (Jahangir *et al.*, 2009; Šamec *et al.*, 2017). Όλες αυτές οι φυτοχημικές ενώσεις έχουν πρόσθετη και συνεργιστική δράση που μπορεί να συμβάλει στην αντικαρκινική, αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη, και καρδιοπροστατευτική δραστηριότητα, που σχετίζεται με την κατανάλωση σταυρανθών λαχανικών (Šamec *et al.*, 2019).

Θειογλυκζίτες (THGs) βρέθηκαν σε δικοτυλήδονα φυτά της οικογένειας Brassicaceae (Cruciferae), τα οποία μπορούν να συνθέσουν γλυκοζινολικές ενώσεις. Αυτά που βρίσκονται στα φυτά του γένους *Brassica* είναι η σινιγρίνη (σπόρος μαύρης μουστάρδας) και η σιναλβίνη (σπόροι κίτρινης μουστάρδας). Τα πιο συνηθισμένα είναι η γλυκομπρασικίνη, η γλυκοραφανίνη ή η προγοϊτρίνη. Η περιεκτικότητα σε γλυκοζινολικές ενώσεις στα φυτά είναι εξαιρετικά ευμετάβλητη και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως οι περιβαλλοντικές συνθήκες, η γονιμότητα του εδάφους, το μικροβιακό φορτίο και οι ρυθμιστές ανάπτυξης των φυτών. Η κατανομή των γλυκοζινολικών κυττάρων ποικίλει μεταξύ των φυτικών οργάνων, με βάση ποιοτικές και ποσοτικές διαφορές μεταξύ των ριζών, των φύλλων, των στελεχών και των σπόρων και ανάλογα με την ηλικία και το φαινολογικό στάδιο των φυτών (Bartnik, 2017).

Αναλύσεις έχουν δείξει ότι η *Brassica nigra* L. περιέχει πλήθος χημικών ουσιών. Περιέχει αλκαλοειδή, φλαβονοειδή, γλυκοσίδες, υδατάνθρακες, σιναπίνη, μυροσίνη, αλβουμίνες, κόμμεα και διάφορες χρωστικές ουσίες. Η συνολική ποσότητα φαινόλης που περιέχεται στο φυτό είναι 6,67 mg/g γαλακτικού οξέος. Ακόμη περιέχει λιπαρό έλαιο (30-35%), πρωτεΐνες (40%), παράγωγα φαινυλοπροπάνιου: συμπεριλαμβανομένης της σιναπίνης (εστέρας χολίνης του σιναπικού οξέος, 1%) και των γλυκοσινολικών: κυρίως της σιγρίνης (αλλυλογλυκοσινολάτες, 1-5%). Μετά την άλεση των σπόρων της μαύρης μουστάρδας σε σκόνη και την προσθήκη σ' αυτή ζεστού νερού, απελευθερώνεται το πτητικό (αιθέριο) έλαιο το ισοθειοκυανικό αλλύλιο (Kirtikar *et al.*, 1984; Badrul *et al.*, 2012; Vinyas *et al.*, 2012; Uppala *et al.*, 2012).

Η μαύρη μουστάρδα (*B. nigra*) περιέχει κυρίως 2-προπενυλ (αλλυλ-) γλυκοσινικό (σινιγρίνη), το οποίο κατά την υδρόλυση παράγει ισοθειοκυανικό αλλύλιο (πτητικό έλαιο) γνωστό ως σιναπέλαιο (Fahey, 2003; Thomas, 2012).



Εικόνα 14. Χημική αντίδραση στη μουστάρδα (Πηγή: Tainter and Grenis 2001)

Η συνολική περιεκτικότητα σε φαινόλη εκχυλίσματος μεθανόλης βρέθηκε να είναι $171,73 \pm 5,04$ ισοδύναμο του γαλλικού οξέος και η συνολική περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή ήταν $7,45 \pm 0,0945$ ισοδύναμο κουρσετίνης. Οι κύριες φαινολικές ενώσεις που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο HPTLC ήταν το γαλλικό οξύ, ακολουθούμενο από την κουρσετίνη, το φερουλικό οξύ, το καφεϊκό οξύ και τη ρουτίνη (Rajamurugan *et al.*, 2012).

Έχει βρεθεί ότι ο κάλλος που ελήφθη από έκφυτα του υποκοτυλίου του είδους *Brassica nigra* ήταν πλούσιος σε δευτερογενείς μεταβολίτες, καθώς έδωσε θετικά αποτελέσματα στις δοκιμές πτητικών ελαίων, ανθρακινονών, φλαβονοειδών και ταννινών (Hussien *et al.*, 2010).

Με την μέθοδο της απόσταξης οι σπόροι του σιναπιού δίνουν ένα αιθέριο έλαιο, δηλαδή ένα παχύρρευστο υγρό, χρυσοκίτρινο, με χαρακτηριστική οσμή και δυσάρεστη ελαιώδη

γεύση. Η ιδιάζουσα γεύση της μουστάρδας οφείλεται στην μυροσίνη, ένζυμο που περιέχεται στους σιναπόσπορους. Με σύνθλιψη και στύψιμο των σπόρων παράγεται το σιναπέλαιο, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην διατροφή. Και οι σπόροι αυτοί έχουν μεγάλη περιεκτικότητα ελαίου, 20-30%.

Μελέτες έχουν δείξει ότι σε 100 g φύλλων περιέχονται 31 θερμίδες, 89,5 g H₂O, 3,0 g πρωτεΐνης, 0,5 g λιπαρά, 5,6 g ολικό υδατάνθρακα, 1,1 g ίνες, 1,4 g τέφρα, 183 mg Ca, 50 mg P, 3,0 mg Fe, 32 mg Na, 377 mg K, 4200 mg ισοδύναμο β-καροτένιο, 0,11 mg θειαμίνη, 0,22 mg ριβοφλαβίνη, 0,8 mg νιασίνη και 97 mg ασκορβικό οξύ. Σε 100 g, ο ώριμος σπόρος αναφέρεται ότι περιέχει 7,6 g H₂O, 29,1 g πρωτεΐνη, 28,2 g λίπος, 30,2 g ολικό υδατάνθρακα, 11,0 g ίνες και 0,5 g τέφρα (Matai *et al.*, 1973; Nauman, 2015). Οι σπόροι περιέχουν περίπου 4% σινιγρίνη και μυροσίνη, τα οποία παράγουν μετά από διαβροχή με νερό 0,7-1,3% πτητικό έλαιο (σιναπέλαιο). Αυτό το έλαιο περιέχει πάνω από 90% ισοθειοκυανικό αλλύλιο. Οι σπόροι περιέχουν επίσης περίπου 27% σταθερό έλαιο, 30% πρωτεΐνες, λεκιθίνη, ινοσίτη, αλβουμίνες, κόμμεα, κολλώδεις και χρωστικές ουσίες. Ένα αλκαλοειδές, το υδρόθειο της σιναπίνης υπάρχει σε ίχνη στους σπόρους. Το σταθερό έλαιο που λαμβάνεται, περιέχει γλυκερίδια ελαϊκού, στεατικού και ερουκικού οξέος. (Nadkarni, 1994; Kirtikar & Basu, 2005; Evans, 2007; Kokate *et al.*, 2007; Nauman, 2015).

1.14 Τοξικότητα

Η υπερβολική κατανάλωση σκόνης μουστάρδας ή σιναπέλαιου μπορεί να προκαλέσει γαστρεντερίτιδα (Duke, 1983).

1.15 Βιολογική Γεωργία

1.15.1 Έννοια Βιολογικής Γεωργίας

Οι ορισμοί της βιολογικής γεωργίας παγκοσμίως, είναι συγγενικοί και εστιάζουν στις οικολογικές αρχές για την καλλιέργεια φυτών και την εκτροφή αγροτικών ζώων. Οι όροι βιολογική γεωργία, οικολογική γεωργία και οργανική γεωργία είναι έννοιες ταυτόσημες.



Εικόνα 15. Λογότυπο της IFOAM
(Πηγή: vectorlogoseek.com)

Ένα οικολογικό σύστημα διαχείρισης παραγωγής που προωθεί και ενισχύει τη βιοποικιλότητα, τους βιολογικούς κύκλους και την εδαφική βιολογική δραστηριότητα. Είναι βασισμένο στην ελάχιστη χρήση των έξω-αγροτικών εισροών και στις διοικητικές πρακτικές που αποκαθιστούν, διατηρούν και ενισχύουν την οικολογική αρμονία» (ATTRA, 1995).

Η βιολογική γεωργία ή οργανική γεωργία είναι ένα ολιστικό σύστημα διαχείρισης παραγωγής που προωθεί και ενισχύει την υγεία αγροοικοσυστήματος, συμπεριλαμβανομένης της βιοποικιλότητας, τους βιολογικούς κύκλους και την εδαφική βιολογική δραστηριότητα (IFOAM, 2004).

Βιολογική θα μπορούσαμε να ονομάσουμε την ήπια και φιλική προς το περιβάλλον γεωργία, που υλοποιείται χωρίς την χρήση χημικών φυτοφαρμάκων και χημικών λιπασμάτων, γενετικά τροποποιημένων οργανισμών, ορμονών, αντιβιοτικών και συντηρητικών στα φυτά, τα ζώα και τα μεταποιημένα προϊόντα».

Ως ένα ολιστικό σύστημα διαχείρισης παραγωγής, δεν επιτρέπει τη χρήση χημικών λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και γενετικά τροποποιημένων οργανισμών, ελαχιστοποιεί τη ρύπανση του αέρα, του εδάφους και του νερού και βελτιστοποιεί την ισορροπία και την παραγωγικότητα των αλληλεξαρτώμενων κοινοτήτων των φυτών, των ζώων και των ανθρώπων.

1.15.2 Ιστορική Αναδρομή

Η Βιολογική Γεωργία πρωτοεμφανίστηκε στις αρχές του 20ου αιώνα, την ίδια περίπου εποχή που έλαβε χώρα η «Πράσινη Επανάσταση», η βιομηχανοποίηση δηλαδή της Γεωργίας. Ιδρυτής της θεωρείται ο Κοινωνιολόγος Rudolf Steiner, ο οποίος έδωσε μια σειρά διαλέξεων το 1924, με θέμα μια εναλλακτική μορφή γεωργίας. Οι θέσεις που

παρουσίασε αποτέλεσαν τις βάσεις της «Βιοδυναμικής Γεωργίας», πρόδρομο της σημερινής Βιολογικής Γεωργίας. Οι διαλέξεις αυτές εκδόθηκαν στη συνέχεια με τον τίτλο «Πνευματικά Θεμέλια για την Ανανέωση της Γεωργίας».

Το 1940, ο Βρετανός βοτανολόγος Sir Albert Howard, ανέπτυξε στην Ινδία νέες καλλιεργητικές τεχνικές και τελικά εκδόθηκε το έργο του με την ονομασία «An Agricultural Testament». Ο Sir Albert Howard θεωρείται σήμερα ο Πατέρας της Βιολογικής Γεωργίας.

Το 1942 ο J.I. Rodale εξέδωσε το πρώτο τεύχος του περιοδικού «Organic Farming and Gardening» και ένα χρόνο αργότερα, εμπνευσμένη από τη δουλειά του Sir Howard, η Lady Eve Balfour, εξέδωσε το βιβλίο «The Living Soil». Το βιβλίο αυτό ενέπνευσε ορισμένους επιστήμονες το 1946, οι οποίοι ίδρυσαν τον Οργανισμό Soil Association (Εδαφολογική Ένωση) στην Αγγλία. Το 1967 η Εδαφολογική αυτή Ένωση εξέδωσε τα πρώτα βιολογικά στάνταρ.

Το 1972 πραγματοποιήθηκε η ίδρυση του Διεθνούς Οργανισμού των Κινημάτων της Βιολογικής Γεωργίας, γνωστού ως IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements). Σήμερα η IFOAM έχει περισσότερους από 750 Οργανισμούς πλήρη μέλη, σε περισσότερες από 108 χώρες. Το 1979 ψηφίστηκε τελικά, ο πρώτος νόμος για τα βιολογικά προϊόντα, στην Καλιφόρνια.

Το 1980 πρώτη η Γαλλία υιοθέτησε το θεσμικό πλαίσιο με σκοπό την αναγνώριση της Βιολογικής Γεωργίας ως εναλλακτική μορφή καλλιέργειας σε εθνικό επίπεδο. Στη συνέχεια η IFOAM εξέδωσε το πρώτο Διεθνές Πρότυπο με κανόνες παραγωγής και ελέγχου της βιολογικής γεωργίας, το οποίο αποτέλεσε και τον κορμό του Κανονισμού της ΕΕ. Κατά το έτος 1990 ψηφίστηκε ο νόμος για την παραγωγή βιολογικών προϊόντων στην Αμερική και τον Ιούνιο του 1991 δημοσιεύτηκε ο Ευρωπαϊκός Κανονισμός (ΕΟΚ) 2092/91. Εννιά χρόνια αργότερα (2000) έγινε η έκδοση του Γιαπωνέζικου κανονισμού για τα βιολογικά προϊόντα και παράλληλα οι ΗΠΑ ψήφισαν Νομοθεσία για τη βιολογική γεωργία.

1.15.3 Εθνική Νομοθεσία Βιολογικών Προϊόντων

Η Εθνική Νομοθεσία που αφορά τα βιολογικά προϊόντα φυτικής και ζωικής προέλευσης όπως καταγράφεται από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων είναι η ακόλουθη:

- ΥΑ αριθμ.2543/103240/03-10-2017(ΦΕΚ Β΄3529/09-10-17)
«Καθορισμός των αναγκαίων συμπληρωματικών μέτρων για την εφαρμογή των διατάξεων του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου (ΕΕ L 189 της 20.7.2007, σ. 1) και των Κανονισμών 889/2008 (ΕΕ L 250 της 18.9.2008, σ. 1) και 1235/2008 (ΕΕ L 334 της 12.12.2008, σ.25) της Επιτροπής, σχετικά με τον βιολογικό τρόπο παραγωγής, την επισήμανση και τον έλεγχο των βιολογικών προϊόντων φυτικής, ζωικής παραγωγής και υδατοκαλλιέργειας, καθώς και τους όρους εισαγωγής βιολογικών προϊόντων από τρίτες χώρες».
- ΥΑ αριθμ.2289/161795/19-12-2014 (ΦΕΚ Β΄3464/23-12-2014)
«Συμπληρωματικά μέτρα εφαρμογής του άρθρου 92β του Κανονισμού (ΕΚ)889/2008 της Επιτροπής, όσον αφορά τη δημοσίευση πληροφοριών των επιχειρήσεων που είναι ενταγμένες στο σύστημα ελέγχου του Κανονισμού (ΕΚ) 834/2007 του Συμβουλίου».
- ✓ 2η Τροποποίηση της αριθμ. 2289/161795/19-12-2014 (ΦΕΚ Β΄3464/23-12-2014) απόφασης του Υπουργού Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων “Συμπληρωματικά μέτρα εφαρμογής του άρθρου 92β του Κανονισμού (ΕΚ) 889/2008 της Επιτροπής, όσον αφορά τη δημοσίευση πληροφοριών των επιχειρήσεων που είναι ενταγμένες στο σύστημα ελέγχου του Κανονισμού (ΕΚ) 834/2007 του Συμβουλίου” (ΦΕΚ Β΄3572/11.10.2017)
- ✓ 1η Τροποποίηση της αριθμ. 2289/161795/19-12-2014 (ΦΕΚ Β΄3464/23-12-2014) απόφασης του Υπουργού Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων "Συμπληρωματικά μέτρα εφαρμογής του άρθρου 92β του Κανονισμού (ΕΚ)889/2008 της Επιτροπής, όσον αφορά τη δημοσίευση πληροφοριών των επιχειρήσεων που είναι ενταγμένες στο σύστημα ελέγχου του Κανονισμού (ΕΚ) 834/2007 του Συμβουλίου" (ΦΕΚ Β'2457/09-08-2016).
- Εγκύκλιος αριθμ. 1973/138399/12-11-2013 Εισαγωγή προϊόντων βιολογικής προέλευσης από Τρίτες Χώρες.
- ΥΑ αριθμ. 563/34310/22-03-2012 "Τροποποίηση της Υπουργικής Απόφασης αριθμ.350888/01-12-2008 (ΦΕΚ 2520 Β) Έγκριση του φορέα με την επωνυμία <<ΝΑΟΥΜ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ-ΚΟΥΝΤΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Ο.Ε.>>,με δ.τ. <<GMCERT>>, ως Οργανισμού Ελέγχου και Πιστοποίησης προϊόντων βιολογικής γεωργίας όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει, για επέκταση του πεδίου δραστηριότητας του Φορέα στα ζώα υδατοκαλλιέργειας και φύκια" (Β' 1129)(26.04.12).

- ΥΑ αριθμ.296851/21-06-07 (ΦΕΚ 1114 Β) Λεπτομέρειες εφαρμογής της Κοινής Υπουργικής Απόφασης (ΚΥΑ) υπ. αριθ. 245090/11-01-2006 (ΦΕΚ 157 Β).
- ΥΑ αριθμ.336650/22-12-06 (ΦΕΚ 1927 Β) Λεπτομέρειες εφαρμογής της Κοινής Υπουργικής Απόφασης (ΚΥΑ) υπ. αριθ. 245090/11-01-2006 (ΦΕΚ 157 Β).
- ΚΥΑ αριθμ.245090/11-01-2006 (ΦΕΚ 157 Β) Καθορισμός συμπληρωματικών μέτρων για την εφαρμογή του Καν. 2092/91.

1.15.4 Βασικές Αρχές Βιολογικής Γεωργίας

Οι βασικές αρχές και οι στόχοι της βιολογικής γεωργίας – όπως περιγράφονται και από τη Διεθνή Ομοσπονδία Κινημάτων Βιολογικής Γεωργίας (IFOAM) – είναι οι ακόλουθοι:

- Η προστασία του περιβάλλοντος.
- Η διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους.
- Ο σεβασμός στην υγεία του καταναλωτή.
- Η διατήρηση της βιοποικιλότητας των οικοσυστημάτων, με τη διατήρηση της γενετικής τους ποικιλομορφίας.
- Η αποφυγή της ρύπανσης, με την επιλογή ήπιων και φιλικών με το περιβάλλον γεωργικών τεχνικών.
- Η παραγωγή γεωργικών προϊόντων υψηλής θρεπτικής αξίας.
- Η αντιμετώπιση των γεωργικών μονάδων ως συστήματα σε ισορροπία.
- Η ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων.
- Η διατήρηση των βιολογικά παραγόμενων φυτικών και ζωικών προϊόντων σε όλα τα στάδια, από την παραγωγή έως τη διάθεσή τους στην αγορά, σε αρμονία με τους νόμους της φύσης.
- Ποιότητα έναντι της ποσότητας.
- Η υποβοήθηση των βιολογικών κύκλων του αγροοικοσυστήματος με σεβασμό στους μικροοργανισμούς στο έδαφος, στη χλωρίδα, στην πανίδα, στις καλλιέργειες και στα εκτρεφόμενα ζώα.
- Η χρήση νέων τεχνολογιών για τη ζωική παραγωγή σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κάθε είδους.

1.16 Δείκτες εκτίμησης στη γεωργική πρακτική

1.16.1 Γενικά περί δεικτών

Με τον όρο «δείκτη» εννοείται συνήθως η ποσοστιαία σύγκριση ενός μεγέθους με ένα άλλο αντίστοιχο μέγεθος. Η χρήση «δεικτών» για τη σύγκριση στοιχείων σε συνδυασμό με τη γραφική αναπαράσταση της εξέλιξής τους, εξυπηρετεί την αξιολόγηση μεγάλου αριθμού στοιχείων.

Οι δείκτες χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς της ζωής του ανθρώπου, όπως στην υγεία (ποσοστό ασθένειας κ.λπ.), στο περιβάλλον (δείκτης ρύπανσης, δείκτης διάβρωσης, δείκτης ερημοποίησης κ.λπ.), στην οικονομία (δείκτης κατανάλωσης, δείκτης κόστους παραγωγής κ.λπ.). Έτσι διακρίνονται διάφορες κατηγορίες δεικτών, όπως οι προγραμματικοί δείκτες, οι δείκτες παρακολούθησης και οι δείκτες αξιολόγησης.

Ακόμη, υπάρχουν δείκτες εισροών (ποσότητες λιπάσματος/στρέμμα) και δείκτες εκροών, που αφορούν τη δραστηριότητα και μετρούνται σε φυσικές ή νομισματικές μονάδες. Υπάρχουν δείκτες αποτελεσμάτων, οι οποίοι αναφέρονται στο άμεσο αποτέλεσμα (άμεση επενέργεια) που επέφερε ένα καλλιεργητικό μέτρο. Ένα παράδειγμα δείκτη αποτελεσμάτων αποτελεί ο δείκτης συγκομιδής. Μία άλλη κατηγορία δεικτών είναι οι δείκτες επιπτώσεων, οι οποίοι αναφέρονται στις συνέπειες της παρέμβασης πέραν των άμεσων επενεργειών στους άμεσα ωφελούμενους.

Στον τομέα της γεωργίας, η κατανόηση και ο προσδιορισμός της χρονικής διάρκειας μιας καλλιέργειας, από τη στιγμή της φύτευσης έως την άνθηση ή τη συγκομιδή, είναι σημαντική για τον προσδιορισμό του χρόνου εφαρμογής των διάφορων πρακτικών διαχείρισης, όπως η εφαρμογή των διαφόρων εισροών (λιπάσματα, νερό, φυτοφάρμακα), καθώς και η διαχείριση των συντελεστών παραγωγής, όπως η εργασία, τα γεωργικά μηχανήματα και το κεφάλαιο (οικονομικά πόροι).

1.16.2 Δείκτες Βιολογικού κύκλου – Δείκτης AGDD (Αθροιστικές θερμο-βαθμοημέρες ανάπτυξης) – Θερμο-βαθμοημέρες ανάπτυξης GDDs

Η ανάλυση ανάπτυξης βασισμένη σε κάποιο δείκτη θερμοκρασίας, όπως οι θερμο-βαθμοημέρες ανάπτυξης (GDDs), και όχι ο ημερολογιακός χρόνος, είναι πιο αξιόπιστη επιτρέποντας την άμεση σύγκριση μεταξύ των ποικιλιών που έχουν διαφορετικά φαινολογικά και αναπτυξιακά στάδια τα οποία διαφορετικά μπορεί να συγχέονται από τις διαφορές στη θερμοκρασία (Russelle *et al.*, 1984).

Ο ρυθμός ανάπτυξης μιας καλλιέργειας επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία και πιο συγκεκριμένα παρουσιάζει θετική γραμμική συσχέτιση με αυτή. Ο ημερολογιακός χρόνος δεν αποτελεί τον πλέον αξιόπιστο δείκτη όταν χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει πότε μια καλλιέργεια θα ωριμάσει ή θα φτάσει σε κάποιο στάδιο ανάπτυξης σε διαφορετικά αναπτυσσόμενα περιβάλλοντα. Έτσι ο πλέον συνηθισμένος δείκτης θερμοκρασίας για την εκτίμηση της ανάπτυξης των φυτών που χρησιμοποιείται στη γεωργία είναι ο Δείκτης AGDD (Αθροιστικές θερμο-βαθμοημέρες ανάπτυξης GDDs), ο οποίος υπολογίζεται από την ημερήσια μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία αέρα.

Για τις περισσότερες καλλιέργειες, η φαινολογική ανάπτυξη σχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία βάσης (Tb) της εκάστοτε καλλιέργειας, κάτω από την οποία περιορίζεται η ανάπτυξή της. Με άλλα λόγια η ανάπτυξη της καλλιέργειας συνδέεται με το άθροισμα των τιμών θερμοκρασίας πάνω από ένα όριο.

Τα GDDs χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη των σταδίων ανάπτυξης των καλλιεργειών. Γνωρίζοντας με αυτόν τον τρόπο τα στάδια ανάπτυξης μπορεί να γίνει εύκολος ο σχεδιασμός των καλλιεργητικών επεμβάσεων (λίπανση, άρδευση κλπ.), καθώς και η εφαρμογή προληπτικών μέτρων κατά των εντόμων και των ασθενειών στις καλλιέργειες (Grigorieva *et al.*, 2010). Επιπλέον, ο δείκτης GDD θα μπορούσε να δώσει μια γενική εικόνα από το ιστορικό της εκάστοτε καλλιέργειας και να βοηθήσει στην πρόβλεψη των επιπτώσεων της κλιματικής διακύμανσης ή αλλαγής στις σημερινές γεωργικές πρακτικές (Easterling & Kates, 1995).

Οι μονάδες GDDs μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της καταλληλότητας μιας περιοχής για την παραγωγή μιας συγκεκριμένης καλλιέργειας, όπου γίνεται εκτίμηση των σταδίων ανάπτυξης της καλλιέργειας, των ζιζανίων ή ακόμη και των εντόμων. Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται η πρόβλεψη της ημερομηνίας ωρίμανσης και συγκομιδής, ο προσδιορισμός του κατάλληλου χρόνου εφαρμογής των λιπασμάτων ή φυτοπροστατευτικών προϊόντων και η εκτίμηση της θερμικής καταπόνησης των καλλιεργειών.

1.16.3 Γεωργικοί δείκτες εκτίμησης καλλιέργειας

1.16.3.1 Γενικά περί γεωργικών δεικτών εκτίμησης μιας καλλιέργειας

Οι γεωργικοί δείκτες εκτίμησης μιας καλλιέργειας αποτελούν σήμερα ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο εργαλείο σε διάφορους τομείς και κλάδους, όπως ο κλάδος της βελτίωσης των φυτών (Wilson & Cooper, 1970), της φυσιολογίας των φυτών (Rodgers & Barneix, 1988) και της οικολογίας (Grime & Hunt, 1975).

Η ανάπτυξη έχει πρωταρχική οικολογική σημασία για τα φυτά, καθώς η επιβίωση, η αναπαραγωγή και οι ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις τους εξαρτώνται από το μέγεθος, τη δομή και τη δυναμική του φυτού. Στα φυτά, η ανάπτυξη είναι ιδιαίτερα σημαντική επειδή τόσο η επιβίωση όσο και η αναπαραγωγή εξαρτώνται από το μέγεθος των φυτών και επομένως από τον ρυθμό ανάπτυξης. Η ανάπτυξη των φυτών γενικά εκφράζεται από τη βιομάζα (νωπό ή ξηρό βάρος), η οποία καθορίζεται ουσιαστικά από την αθροιστική ποσότητα ανταλλαγής αερίων (φωτοσύνθεση και αναπνοή) με την πάροδο του χρόνου. Η ανάπτυξη της φυλλικής επιφάνειας και η παρεμπόδιση του φωτός αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες της παραγωγής βιομάζας ολόκληρης της καλλιέργειας.

Η συνολική ξηρά ουσία μιας καλλιέργειας οφείλεται στη χωρική και χρονική ολοκλήρωση όλων των διαδικασιών των φυτών και ως εκ τούτου η ξηρά ουσία των καλλιεργειών είναι η πιο σημαντική παράμετρος στη μελέτη των καλλιεργειών. Ο ρυθμός συσσώρευσης ξηράς ουσίας ποικίλλει σε όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου μιας καλλιέργειας. Η ξηρά ουσία και η φυλλική επιφάνεια αξιολογούνται με βάση δείγματα που λαμβάνονται σε διαστήματα που κυμαίνονται από ημέρες έως εβδομάδες για να ποσοτικοποιηθούν οι επιδράσεις των περιβαλλοντικών επιδράσεων ή για να αναλυθούν οι γονοτυπικές διαφορές μεταξύ των καλλιεργούμενων ποικιλιών. Για τον προσδιορισμό των γεωργικών δεικτών εκτίμησης χρειάζονται οι μετρήσεις του ξηρού βάρους και της φυλλικής επιφάνειας, και από τις οποίες προκύπτει μεγάλος αριθμός παραμέτρων. Ορισμένοι από τους σημαντικότερους γεωργικούς δείκτες παρατίθενται παρακάτω.

1.16.3.2 Στόχοι γεωργικών δεικτών εκτίμησης μιας καλλιέργειας

- ✓ Ο προσδιορισμός της χωρικής και χρονικής ολοκλήρωσης όλων των διαδικασιών των φυτών
- ✓ Η γνωστοποίηση του ποσοστού της συσσώρευσης της ξηράς ουσίας καθ' όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου μιας καλλιέργειας
- ✓ Η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων των περιβαλλοντικών επιδράσεων και η ανάλυση των γονοτυπικών διαφορών μεταξύ των καλλιεργούμενων ποικιλιών
- ✓ Η γνωστοποίηση των κατάλληλων μεθόδων για τη μέτρηση της ημερήσιας απόδοσης της καλλιέργειας
- ✓ Η κατανόηση της παραλλακτικότητας μεταξύ των φυτών καθιστά τη μέτρηση της παραγωγικότητάς τους τόσο δύσκολη

1.16.3.3 Κατηγορίες γεωργικών δεικτών εκτίμησης

α) Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Leaf Area Index - LAI)

Ο Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας ορίστηκε από τον Watson ως το συνολικό άθροισμα της επιφάνειας της μιας πλευράς των φύλλων της φυτικής κόμης ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους (m^2 φυλλικής επιφάνειας/ m^2 επιφάνειας εδάφους) (Watson, 1947). Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας μιας φυτικής κόμης, εκφράζει ουσιαστικά τη συνολική επιφάνεια των φύλλων ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους.

Το LAI είναι η κύρια μεταβλητή που χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει πολλές διαδικασίες, όπως η φωτοσύνθεση και η εξατμισοδιαπνοή. Καθορίζει το μέγεθος της διεπαφής φυτού - ατμόσφαιρας και έτσι διαδραματίζει βασικό ρόλο στην ανταλλαγή ενέργειας και μάζας μεταξύ του θόλου της καλλιέργειας και της ατμόσφαιρας (Monteith, 1977).

Γενικά αντανακλά σε μεγάλο βαθμό την πραγματική παραγωγική ικανότητα της καλλιέργειας, δηλαδή την απόδοσή της. Η γνώση των μεταβολών του δείκτη, καθ' όλη την διάρκεια της καλλιέργειας, αποτελεί ένα μέτρο της παραγωγικότητάς της, καθώς και ένα τρόπο για την κατανόηση και παρακολούθηση οντογενετικών αλλαγών και χαρακτηριστικών ανάπτυξης (Λιάπη, 2006).

β) Χρονική Μεταβολή Φυλλικής Επιφάνειας (Leaf Area Duration - LAD)

Η χρονική μεταβολή φυλλικής επιφάνειας υπολογίζεται ως το ολοκλήρωμα του LAI (Power *et al.*, 1967). Το LAD λαμβάνει υπόψη τόσο τη διάρκεια και όσο και την έκταση του φωτοσυνθετικού ιστού του θόλου της καλλιέργειας.

γ) Ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας (Crop Growth Rate - CGR)

Ο ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας δείχνει τη μεταβολή του ξηρού βάρους σε μία δεδομένη χρονική περίοδο και ουσιαστικά εκφράζει το ρυθμό αύξησης βάρους ανά μέρα και ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους. (Watson, 1958). Εξαρτάται από το δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) και τον καθαρό ρυθμό αφομοίωσης (NAR), καθώς εκφράζεται από το γινόμενο των δύο αυτών μεγεθών.

Είναι καθαρός αριθμός και κυμαίνεται από το 0 (γυμνό έδαφος) έως και πάνω από 10 (πυκνά δάση κωνοφόρων), ενώ καθορίζεται από την επιφάνεια της βλάστησης.

δ) Σχετικός ρυθμός ανάπτυξης (Relative Growth Rate - RGR)

Ο όρος επινοήθηκε από τον Williams (1946). Ο σχετικός ρυθμός ανάπτυξης μιας καλλιέργειας είναι ένα μέτρο που δείχνει την αύξηση του μεγέθους, της μάζας ή του αριθμού των καλλιεργειών σε μία δεδομένη χρονική περίοδο. Η αύξηση αυτή μπορεί να παρουσιαστεί ως μία λογαριθμική ή εκθετική καμπύλη. Ο δείκτης ισούται με την κλίση της καμπύλης αυτής σε μία χρονική περίοδο. Στην φυσιολογία των φυτών, ο RGR είναι ένα μέτρο που χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση της ταχύτητας ανάπτυξης των φυτών (Hughes & Freeman, 1967; Spitters & Kramer, 1986).

Η ταχεία ανάπτυξη μιας καλλιέργειας έχει ως αποτέλεσμα την ταχεία κατάληψη ενός μεγάλου χώρου. Αυτό δίνει το πλεονέκτημα στις καλλιέργειες σε περιπτώσεις αυξημένου ανταγωνισμού (Grime & Hunt, 1975). Ένα υψηλό RGR μπορεί επίσης να διευκολύνει την ταχεία ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου ενός φυτού.

Παρά τη σπουδαιότητά του, το RGR είναι ένα σύνθετο φαινόμενο που καθορίζεται από τις διαφορές στη φυσιολογία, τη μορφολογία και την κατανομή της βιομάζας στα φυτά.

Η παραγωγή ξηρής ουσίας της καλλιέργειας μπορεί να αναλυθεί ως προς τον ρυθμό ανάπτυξης των καλλιεργειών (CGR) και το σχετικό ρυθμό ανάπτυξης (RGR), οι οποίοι

είναι δύο σημαντικοί δείκτες ανάπτυξης που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση ανάπτυξης (Watson, 1952).

ε) Απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης (Absolute Growth Rate - AGR)

Ο απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης ορίζεται ως η συνάρτηση της ποσότητας του αναπτυσσόμενου υλικού που υπάρχει και επηρεάζεται από το περιβάλλον (Radford, 1967). Δίνει απόλυτες τιμές της βιομάζας μεταξύ δύο διαστημάτων. Χρησιμοποιείται συνήθως για ένα μεμονωμένο φυτό ή ένα μεμονωμένο φυτικό όργανο, καθώς επίσης μπορεί να αναφερθεί και σε έναν αριθμό φυτικών οργάνων ή στη μεταβολή τους στη μονάδα του χρόνου.

Ο AGR είναι ο απλούστερος δείκτης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση του ρυθμού ανάπτυξης των φυτών. Ωστόσο έχει περιορισμούς καθώς χρησιμοποιείται μόνο στην περίπτωση σύγκρισης της ανάπτυξης παρόμοιων φυτών.

στ) Λόγος βάρους φύλλων (Leaf Weight Ratio - LWR)

Ο όρος επινοήθηκε από τους Kvet *et al.* (1971). Ο λόγος βάρους φύλλων ορίζεται ως ο λόγος του ξηρού βάρους των φύλλων ενός φυτού προς το ξηρό βάρος ολόκληρου του φυτού.

ζ) Λόγος μεταβολής φωτός (Light Transmission Ratio - LTR)

Ο λόγος μεταβολής φωτός ορίζεται ως ο λόγος του κβαντικού φωτός που παρεμποδίζεται από την καλλιέργεια μεταξύ του άνω και κάτω μέρους του φυλλώματός της. Η ένταση του φωτός (I) εκφράζεται σε $K\ lux$ ή $W\ m^{-2}$.

η) Συντελεστής παρεμπόδισης φωτός (Light extinction coefficient - k)

Ο συντελεστής παρεμπόδισης φωτός ορίζεται ως ο λόγος του φωτός που παρεμποδίζεται από την καλλιέργεια μεταξύ του άνω και κάτω μέρους του φυλλώματός της. Πρόκειται για ένα δείκτη που περιγράφει την αποτελεσματικότητα της παρεμπόδισης του φωτός σε μία καλλιέργεια και θεωρητικά καθορίζεται από την γωνία κλίσης του φύλλου και τη γωνία στην οποία πέφτει το ηλιακό φως (Monsi & Saeki, 1953; Campbell, 1986; Zhang *et al.*, 2014).

Η μελέτη του συντελεστή παρεμπόδισης φωτός (k) σχετίζεται με τη γωνία κλίσης του φύλλου, τη διάταξη των φύλλων, το δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI), παρέχοντας ένδειξη της αποτελεσματικότητας των φυτών στην παρεμπόδιση της ακτινοβολίας (Bernardes *et al.*, 2011). Οι Yunusa *et al.* (1993) διαπίστωσαν ότι μια υψηλότερη τιμή του k θα μπορούσε να αποδοθεί σε μια πιο ομοιόμορφη κατανομή της φυλλικής επιφάνειας και μία απλούστερη αρχιτεκτονική του θόλου της καλλιέργειας.

θ) Δείκτης αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους (Dry Matter Efficiency - DME)

Ο δείκτης αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους ορίζεται ως το ποσοστό της ξηράς ουσίας που συσσωρεύεται στους σπόρους προς τη συνολική ξηρά ουσία που παράγεται σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Πίνακας 3. Γεωργικοί δείκτες εκτίμησης καλλιέργειας (Πηγή: Pandey, 2017)

Γεωργικοί Δείκτες Εκτίμησης	Ορισμός	Μονάδα	Σημασία
LAI	Συνολική επιφάνεια των φύλλων ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους	$\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$	Δείχνει το ποσοστό της περιοχής του εδάφους που καλύπτεται από φύλλα
LAD	Προϊόν της φυλλικής επιφάνειας και της χρονικής περιόδου που διατηρείται η φυλλική επιφάνεια	days	Δείχνει τη διάρκεια «πρασίνου» της καλλιέργειας
CGR	Ρυθμός αύξησης της ξηράς ουσίας ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους	$\text{g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$	Δείχνει την παραγωγή ξηράς ουσίας ανά μονάδα επιφάνειας και την καθαρή πρωτογενή παραγωγικότητα
RGR	Ρυθμός αύξησης της ξηράς ουσίας ανά μονάδα ξηράς ουσίας	$\text{g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$	Δείχνει την ανάλογη αύξηση των φυτών ανεξάρτητα από το μέγεθός τους
AGR	Ρυθμός ανάπτυξης των φυτών	cm day^{-1} ή g day^{-1} ή no day^{-1}	Δείχνει την ανάπτυξη των φυτών
LWR	Αναλογία βάρους φύλλων με ξηρό βάρος	g g^{-1}	Δείχνει την αναλογία του ξηρού βάρους των φύλλων που εμπλέκεται στην αφομοίωση
LTR	Λόγος κβαντικού φωτός που παρεμποδίζεται από την καλλιέργεια μεταξύ του άνω και κάτω μέρους του φυλλώματός της	-	Δείχνει την αποτελεσματικότητα της παρεμπόδισης του κβαντικού φωτός σε μία καλλιέργεια
k	Λόγος φωτός που παρεμποδίζεται από την καλλιέργεια μεταξύ του άνω και κάτω μέρους του φυλλώματός της	-	Δείχνει την αποτελεσματικότητα της παρεμπόδισης του φωτός σε μία καλλιέργεια
DME	Ποσοστό ξηράς ουσίας που συσσωρεύεται στους σπόρους προς τη συνολική ξηρά ουσία	-	Δείχνει το ποσοστό της ξηράς ουσίας που συσσωρεύεται στους σπόρους προς τη συνολική ξηρά ουσία (σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου)

1.17 Σκοπός Διπλωματικής

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε με σκοπό τη μελέτη γεωργικών δεικτών εκτίμησης της καλλιέργειας και τη διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών τύπων λίπανσης (ανόργανη λίπανση με ουρία και οργανική λίπανση με compost), καθώς και βιολογικών καλλιεργητικών τεχνικών πάνω στους δείκτες αυτούς, σε καλλιέργεια σιναπιού (*Brassica nigra* L.), σε αρδευόμενο πειραματικό αγρό στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, το 2019.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Περιοχή μελέτης

Το πείραμα διεξήχθη στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του αγρού είναι Γεωγραφικό μήκος $23^{\circ} 42' 6,98''$ E και Γεωγραφικό πλάτος $37^{\circ} 59' 1,47''$ N, ενώ βρίσκεται σε υψόμετρο 170 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Ο αγρός βρίσκεται εντός του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, γεγονός που διευκόλυνε τη διεξαγωγή δειγματοληψιών και μετρήσεων, τη μεταφορά των δειγμάτων στο εργαστηριακό χώρο σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα, καθώς και γενικά την άμεση επέμβαση στην καλλιέργεια, όποτε αυτό ήταν απαραίτητο.



Εικόνα 16. Δορυφορική αποτύπωση του πειραματικού αγρού του Εργαστηρίου Γεωργίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Πηγή: Google Maps)

Στην πειραματική διαδικασία εφαρμόστηκαν οι αρχές που ορίζονται από τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό του Συμβουλίου ΕΚ 834/2007, για τη βιολογική παραγωγή και την επισήμανση των βιολογικών προϊόντων.

2.2 Φυτικό υλικό

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

Πίνακας 4. Στοιχεία φυτικού υλικού (*Brassica nigra* L.)

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

Ο πειραματικός σπόρος σπάρθηκε στις 18 Ιανουαρίου 2019. Η έναρξη του φυτρώματος σημειώθηκε στις 27 Ιανουαρίου 2019 (9 ημέρες μετά τη σπορά) και ολοκληρώθηκε στις 4 Φεβρουαρίου 2019 (17 ΗΑΣ).



Εικόνα 17. Σπόροι του είδους *Brassica nigra* L. (Προσωπικό αρχείο)

2.3 Πειραματικό σχέδιο

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

Πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις (ομάδες), με 3 επεμβάσεις ανά επανάληψη. Οι επεμβάσεις που εξετάστηκαν ήταν η οργανική λίπανση με compost, η ανόργανη λίπανση με ουρία και μία επέμβαση που δε χρησιμοποιήθηκε κανένας τύπος λίπανσης (μάρτυρας). Ο συνολικός αριθμός των επεμβάσεων για όλες τις επαναλήψεις ήταν 9 [3 (επαναλήψεις)×3 (επεμβάσεις)].

Κάθε τεμάχιο είχε έκταση 28 m² (4 m×7 m). Μεταξύ των επαναλήψεων υπήρχε διάδρομος πλάτους 1 m, για να διευκολύνονται οι καλλιεργητικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της μελέτης.

Η έκταση του πειραματικού αγρού ήταν 266 m² (38 m×7 m).

Υπόμνημα:

	Μάρτυρας
	Ουρία
	Compost

Εμβαδόν: 266 m² (38 m × 7 m)

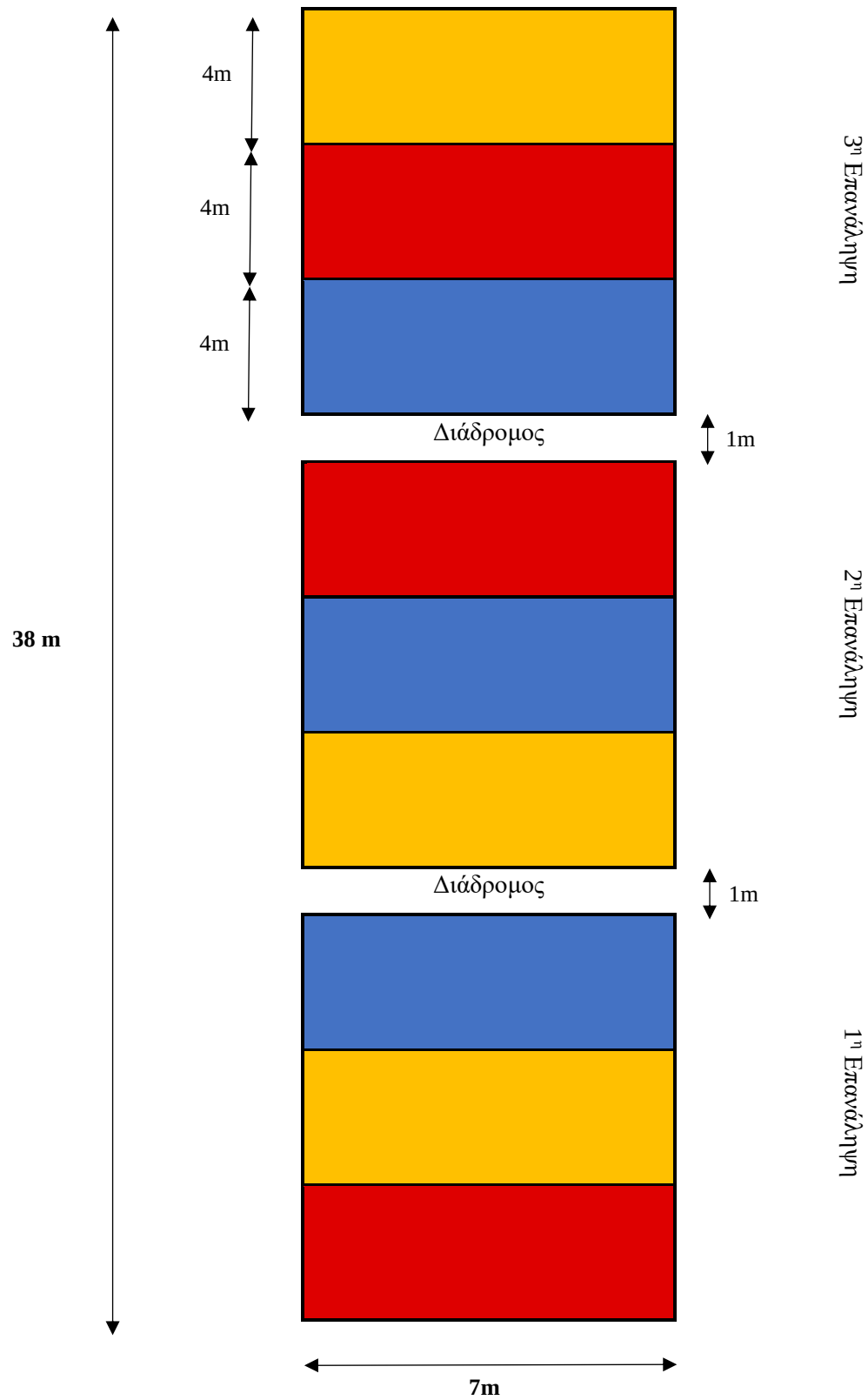
Αριθμός γραμμών: 22

Απόσταση μεταξύ των γραμμών: 30 cm

Αριθμός επαναλήψεων: 3

Αριθμός επεμβάσεων: 3

Ποσότητα σπόρου: 600 g/m²



Σχήμα 1. Κάτοψη του πειραματικού αγρού κατά την διεξαγωγή του πειράματος

2.4 Χαρακτηριστικά αγρού – Κοκκομετρική σύσταση

Πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε μία δειγματοληψία εδάφους στον πειραματικό αγρό στις 15 Ιανουαρίου 2019. Τα δείγματα του εδάφους λήφθηκαν από 3 σημεία του αγρού, βάθους 0-30 cm. Οι θέσεις των δειγματοληψιών επιλέχθηκαν τυχαία. Τα 3 δείγματα αναμείχθηκαν μεταξύ τους, ώστε το σύνθετο δείγμα που προέκυψε να είναι αντιπροσωπευτικό. Στη συνέχεια, ελήφθη περίπου 1 kg δείγματος και τοποθετήθηκε σε σακούλα. Τα δείγματα εδάφους, αφού μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, αεροξηράνθηκαν, κοσκινίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε σακουλάκια για να πραγματοποιηθούν στη συνέχεια αναλύσεις εδάφους.

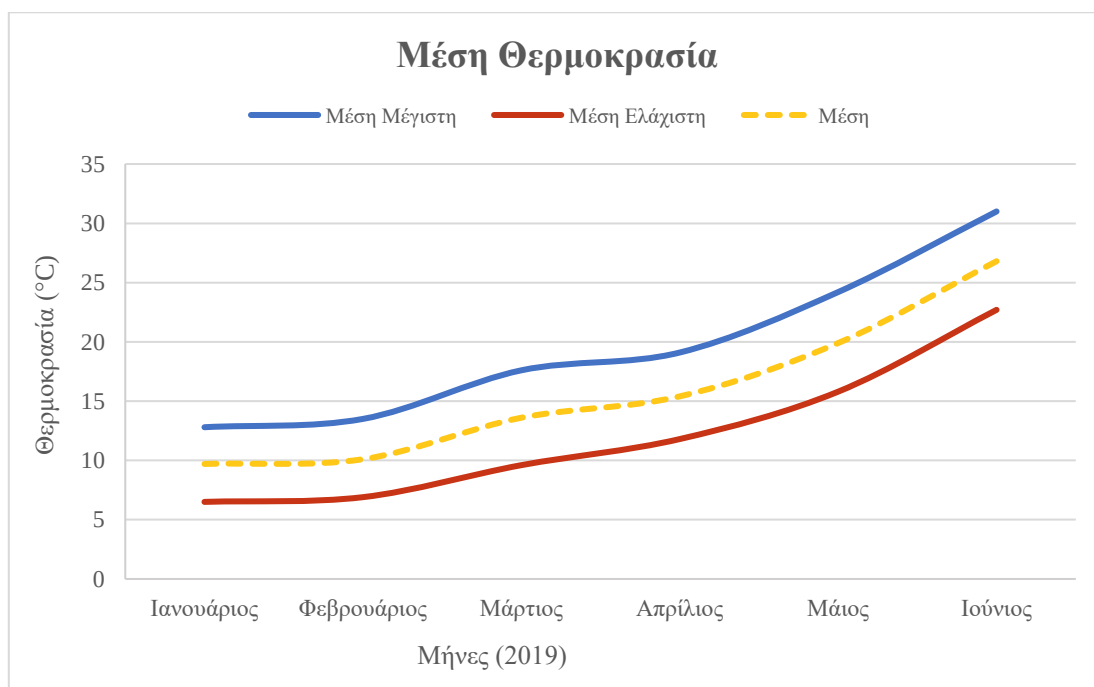
Το έδαφος του πειραματικού αγρού, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των εδαφολογικών αναλύσεων, χαρακτηρίστηκε ως αργιλλοπηλώδες (CL) με 29,8% άργιλο, 34,3% ιλύ και 35,9% άμμο (Bouyoucos, 1962), ελαφρώς αλκαλικό με pH (1:1 H₂O) 7,29, επαρκώς εφοδιασμένο με νιτρικό άζωτο (NO₃-N) 12,4 mg kg⁻¹ εδάφους, διαθέσιμο φώσφορο (P) 13,2 mg kg⁻¹ εδάφους, διαθέσιμο κάλιο (K) 201 mg kg⁻¹ εδάφους, 15,99% CaCO₃ και με ικανοποιητική περιεκτικότητα σε 1,47% οργανική ουσία 1,47% (Wakley & Black, 1934).

Πίνακας 5. Κοκκομετρική σύσταση πειραματικού αγρού Εργαστηρίου Γεωργίας, ΓΠΑ (Bouyoucos, 1962)

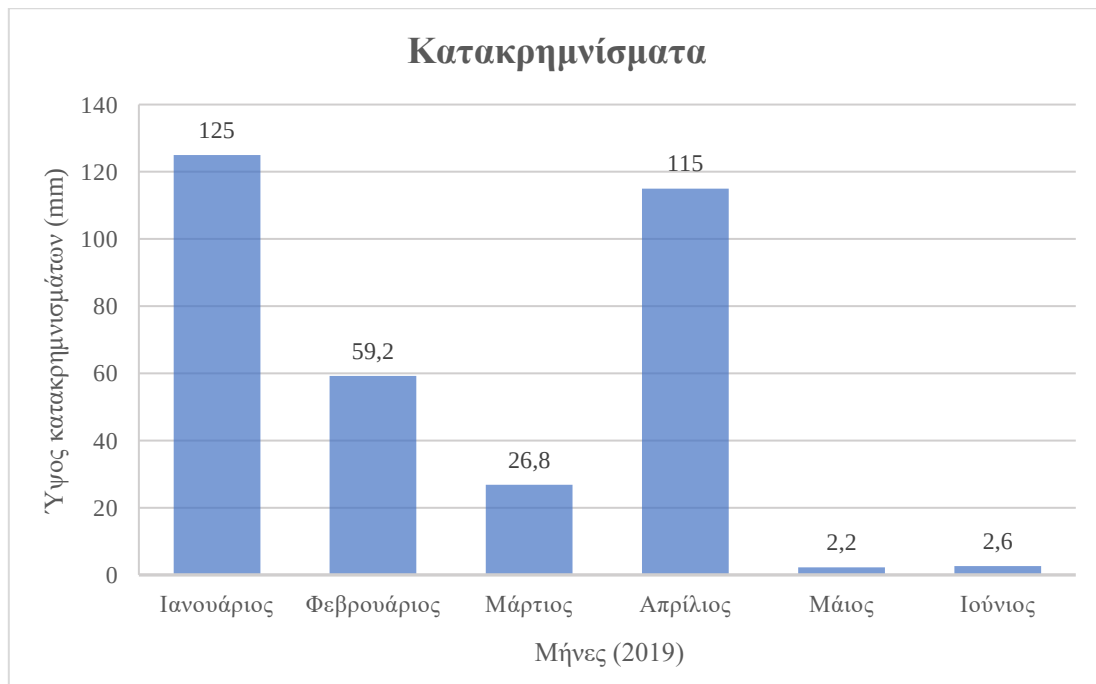
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΑΓΡΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑΣ, Γ.Π.Α.		
CaCO ₃	15,99%	Μαργώδες
Οργανική Ουσία	2,37%	Ικανοποιητική περιεκτικότητα
NO ₃ ⁻	104,3 ppm	Επαρκώς εφοδιασμένο
P (Κατά Olsen)	9,95 ppm	Οριακά εφοδιασμένο
Na ⁺	110 ppm	Υψηλή περιεκτικότητα
pH (1:1 H ₂ O)	7,29	Ελαφρώς αλκαλικό
Κοκκομετρική σύσταση	ClayLoam (CL)	Αργιλλοπηλώδες

2.5 Μετεωρολογικά δεδομένα

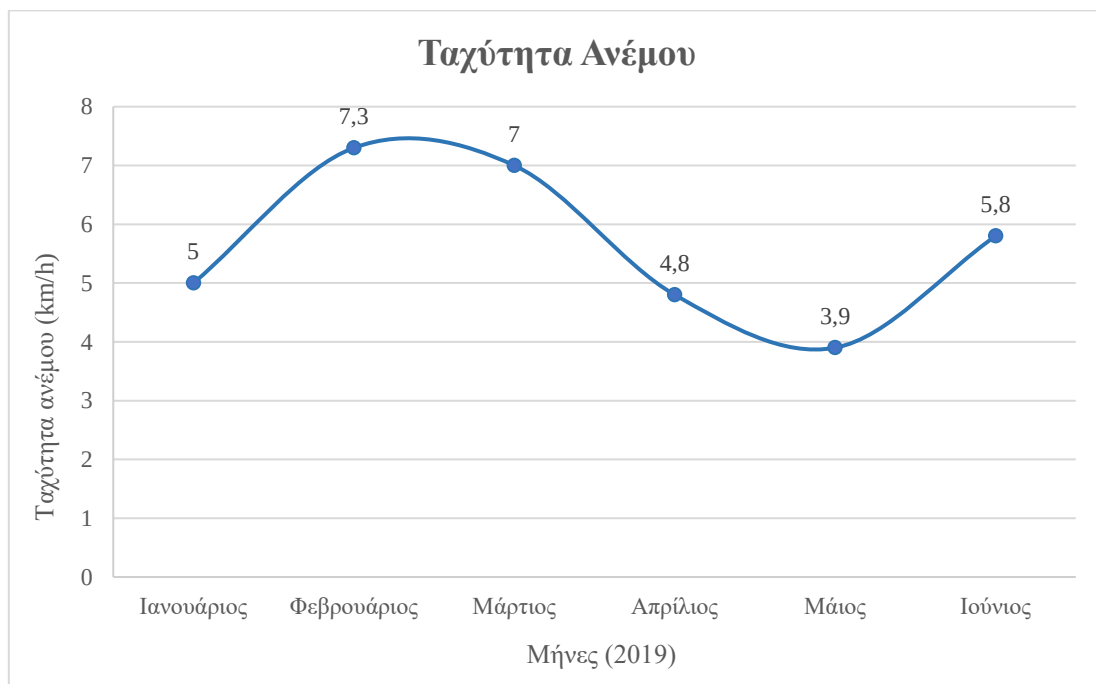
Η διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας (μέγιστης και ελάχιστης) και η κατανομή της βροχόπτωσης κατά το χρονικό διάστημα 18 Ιανουαρίου – 11 Ιουνίου 2019 παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα. Τα δεδομένα έχουν ληφθεί από το μετεωρολογικό σταθμό Αθηνών, που είναι ιδιοκτησία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ερευνητικό κέντρο στην Αθήνα και αστεροσκοπείο, αποτελεί Ν.Π.Δ.Δ. και εποπτεύεται από το Υπουργείο Παιδείας). Ο μετεωρολογικός σταθμός Αθηνών βρίσκεται στην περιοχή του Γκάζι (Γεωγραφικό πλάτος: 37° 58' 42" N, Γεωγραφικό μήκος 23° 42' 56" E, υψόμετρο 50 m). Ο σταθμός είναι δωρεά του Ιδρύματος "Σταύρος Νιάρχος".



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)

2.6 Καλλιεργητικές πρακτικές

2.6.1 Εδαφοκατεργασία

Πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας, προηγήθηκε η προετοιμασία του εδάφους του αγρού που περιλάμβανε αναμόχλευσή του με τη βοήθεια σκαριφήρα, σε βάθος 15 cm.

Η εδαφοκατεργασία πραγματοποιήθηκε στις 17 Ιανουαρίου 2019.

2.6.2 Χάραξη πειραματικού αγρού

Το εμβαδόν ολόκληρου του αγρού προσδιορίστηκε με τη βοήθεια πασσάλων και σπάγκου. Στη συνέχεια ακολούθησε η χάραξη των επαναλήψεων και των διαδρόμων, ώστε να γίνει σωστά η διασπορά των λιπασμάτων σε κάθε αγροτεμάχιο.

Η χάραξη πραγματοποιήθηκε στις 17 Ιανουαρίου 2019.



Εικόνα 18. Χάραξη πειραματικού αγρού (Προσωπικό αρχείο)

2.6.3 Λίπανση

Η εφαρμογή των λιπασμάτων πραγματοποιήθηκε μία ημέρα πριν τη σπορά, δηλαδή στις 17 Ιανουαρίου 2019. Η διασπορά των λιπασμάτων έγινε χύδην, στην επιφάνεια του εδάφους, ενώ ακολούθησε ένα ελαφρύ φρεζάρισμα σε βάθος 10 cm για την ομοιόμορφη ενσωμάτωσή τους στο έδαφος. Οι επεμβάσεις λίπανσης που έγιναν είναι οι ακόλουθες:

- Ανόργανη λίπανση: Ουρία NUTRI PLUS 40-0-0 (1 kg ανά αγροτεμάχιο)
- Οργανική λίπανση: Compost POSIDONIA (8,5 kg ανά αγροτεμάχιο)
- Μάρτυρας (M): Στα τεμάχια του μάρτυρα δε χρησιμοποιήθηκε κανένας τύπος λίπανσης

Πίνακας 6. Στοιχεία λιπασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία

Ανόργανο λίπασμα: NUTRI PLUS 40-0-0	
Ολικό άζωτο (N)	40%
Αμμωνιακό άζωτο (NH ₄)	5,3%
Ουρία (NH ₂)	34,7%
Οργανικό λίπασμα: COMPOST POSIDONIA	
Οργανική ουσία	20-35% κατά ξηρά ουσία
Υγρασία	25-35%
Αγωγιμότητα	0,5-1,0 mS/cm
pH	7-7,5



Εικόνα 19. Φρεζάρισμα πειραματικού αγρού (Προσωπικό αρχείο)

2.6.4 Σπορά

Η σπορά έγινε χύδην. Ο αριθμός των γραμμών σε κάθε επανάληψη ήταν 22, μήκους 4 m και βάθους 1 cm και χαράχτηκαν με τη βοήθεια γραμμοχαράκτη την ημέρα σποράς. Η απόσταση μεταξύ των γραμμών ήταν 30 cm.

Κάθε επανάληψη είχε έκταση 84 (12×7) m² ενώ ανάμεσά τους υπήρχε διάδρομος πλάτους 1 m για τη διευκόλυνση των επεμβάσεων κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 18 Ιανουαρίου 2019.



Εικόνα 20. Πειραματικός αγρός έτοιμος για σπορά (Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 21. Σπορά πειραματικού αγρού (Προσωπικό αρχείο)

2.6.5 Άρδευση

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.

2.6.6 Διαχείριση ζιζανίων

Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, από τη σπορά έως τη συγκομιδή, δεν πραγματοποιήθηκε καμία ενέργεια για τη διαχείριση των ζιζανίων. Λόγω του μικρού αριθμού των ζιζανίων, της γρήγορης ανάπτυξης, του σύντομου βιολογικού κύκλου και του μεγάλου ύψους των φυτών του σιναπιού, τα ζιζάνια δεν δημιούργησαν προβλήματα στην καλλιέργεια.

2.6.7 Καταπολέμηση εχθρών και ασθενειών

α) Μυκητολογικές ασθένειες

Στο στάδιο της άνθισης της καλλιέργειας παρατηρήθηκαν συμπτώματα υπερπλασίας και υπερτροφίας, ανώμαλη ανάπτυξη και παραμορφώσεις ανθέων, βλαστών, λοβών, λευκές φλύκταινες και μεταχρωματισμοί των φυτικών οργάνων. Τα συμπτώματα αυτά οφείλονταν στην 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». Ο μύκητας είναι υποχρεωτικό παράσιτο.

Δεν πραγματοποιήθηκε κάποια επέμβαση για την αντιμετώπιση της ασθένειας, καθώς δεν αξιολογήθηκε ότι θα δημιουργήσει στην απόδοση της καλλιέργειας.



Εικόνα 22. Υπερπλασίες λόγω Λευκής σκωρίασης στις 108 ΗΑΣ (804,3 GDDs) (Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 23. Υπερπλασίες λόγω Λευκής σκωρίασης στις α., β.)117 ΗΑΣ (906,7 GDDs) και γ.) 123 ΗΑΣ (994,6 GDDs) (Προσωπικό αρχείο)

β) Προσβολές από έντομα

Στο στάδιο της άνθισης της καλλιέργειας παρατηρήθηκαν στοές στα μεγαλύτερα και κατώτερα φύλλα. Οι στοές είχαν προκληθεί από **φυλλορύκτη**.

Δεν πραγματοποιήθηκε καμία επέμβαση για τη διαχείριση του εντόμου, καθώς δεν αξιολογήθηκε ότι θα προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις στην απόδοση της καλλιέργειας.



Εικόνα 24. Προσβολή από φυλλορύκτη στις 108 ΗΑΣ (804,3 GDDs) (Προσωπικό αρχείο)

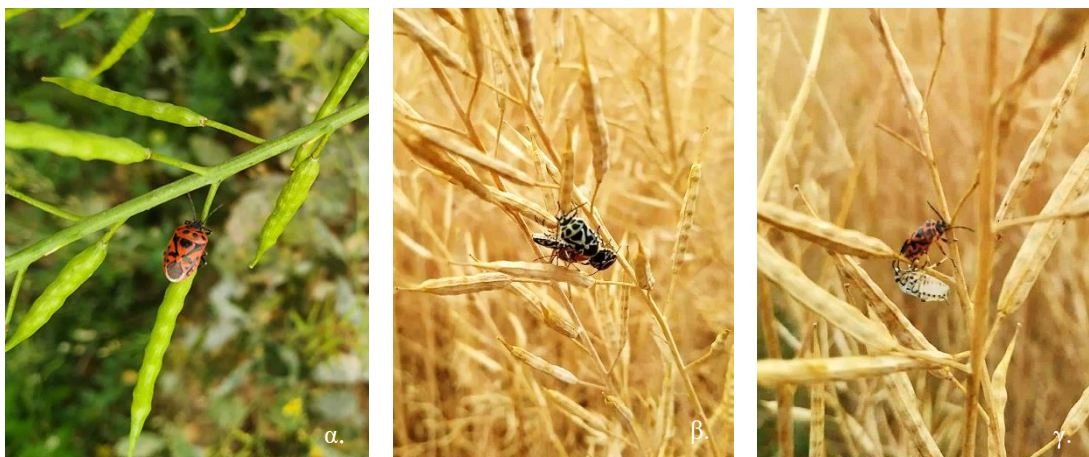
Στο στάδιο της άνθισης της καλλιέργειας παρατηρήθηκε σχετικά μεγάλος πληθυσμός του είδους ***Meligethes aeneus*** (Coleoptera: Nitidulidae). Προκειμένου να μη δημιουργηθούν προβλήματα στην καλλιέργεια, πραγματοποιήθηκε ένας ψεκασμός με υγρό που περιείχε νερό, πράσινο σαπούνι και οινόπνευμα. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 3 ψεκασμοί ανά 2 ημέρες (στις 18, 20 και 22 Απριλίου 2019).



Εικόνα 25. Προσβολή από *Meligethes aeneus* (Προσωπικό αρχείο)

Στο στάδιο της καρπόδεσης και κυρίως κατά των ωρίμανση της καλλιέργειας παρατηρήθηκε σχετικά μεγάλος αριθμός εντόμων του είδους *Eurydema ornata* (Hemiptera: Pentatomidae).

Δεν πραγματοποιήθηκε καμία επέμβαση για την αντιμετώπιση του εντόμου, καθώς δεν αξιολογήθηκε ότι θα προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις στην απόδοση της καλλιέργειας.



Εικόνα 26. Προσβολή από *Eurydema ornata* στο στάδιο της α.) καρπόδεσης, β.γ.) ωρίμανσης (Προσωπικό αρχείο)

2.6.8 Συγκομιδή

Η συγκομιδή της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε στις 11 Ιουνίου 2019, την 144^η ημέρα από τη σπορά, μετά την πλήρη ωρίμανση της καλλιέργειας.

2.7 Μετρήσεις – Προσδιορισμοί αγρονομικών χαρακτηριστικών

Καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκαν συνολικά 5 μετρήσεις. Η πρώτη πραγματοποιήθηκε στις 18 Μαρτίου 2019 (60 ΗΑΣ - 370,2 GDDs), η δεύτερη στις 10 Απριλίου 2019 (83 ΗΑΣ - 545,4 GDDs), η τρίτη στις 6 Μαΐου 2019 (109 ΗΑΣ - 804,3 GDDs), η τέταρτη στις 15 Μαΐου 2019 (118 ΗΑΣ - 906,7 GDDs) και η πέμπτη στις 21 Μαΐου 2019 (124 ΗΑΣ - 994,6 GDDs).



Εικόνα 27. Πορεία εξέλιξης της καλλιέργειας. α. 40 ΗΑΣ, β. 53 ΗΑΣ, γ. 60 ΗΑΣ, δ. 73 ΗΑΣ, ε. 83 ΗΑΣ, στ. 108 ΗΑΣ, ζ. 122 ΗΑΣ, η. 136 ΗΑΣ (Προσωπικό αρχείο)

Αναλυτικά οι μετρήσεις που διεξήχθησαν ήταν οι ακόλουθες:

2.7.1 Ύψος φυτών

Το ύψος των φυτών μετρήθηκε από το λαιμό του φυτού έως την κορυφαία ταξιανθία, με τη βοήθεια μέτρου. Στις δύο πρώτες μετρήσεις υπολογίστηκε το ύψος 5 τυχαίων φυτών από κάθε τεμάχιο και στις 3 επαναλήψεις, ενώ στις επόμενες τρεις μετρήσεις το ύψος 3 τυχαίων φυτών με τον ίδιο τρόπο.

2.7.2 Ένταση του φωτός στο άνω και κάτω μέρος της φυτείας

Ο προσδιορισμός της έντασης του φωτός έγινε με τη χρήση της φορητής συσκευής *Sun Scan type SS1* (Delta-T Devices Cambridge-England). Στις δύο πρώτες μετρήσεις η ένταση υπολογίστηκε σε τρία τυχαία σημεία κάθε τεμαχίου, και στις 3 επαναλήψεις, λαμβάνοντας τιμές από την κορυφή και τη βάση της καλλιέργειας, ενώ στις τρεις επόμενες μετρήσεις υπολογίστηκε από τρία τυχαία σημεία, όπως ακριβώς και στις δύο προηγούμενες, με μόνη διαφορά τη μέτρηση και μιας ενδιάμεσης τιμής στο κέντρο της καλλιέργειας.



Εικόνα 28. Συσκευή μέτρησης φωτός (PAR) και ανάλυση φάσματος (Πηγή: www.delta-t.co.uk)

Η λειτουργία του οργάνου της *Εικόνας 25*, βασίζεται σε έναν πολυαισθητήρα μήκους 1 μέτρου ο οποίος μετρά την PAR ακτινοβολία. Το όργανο έχει τη δυνατότητα λειτουργίας είτε τελείως αυτόνομα, με την χρήση δηλαδή ενός φορητού οργάνου που μετράει, καταγράφει και αναλύει τις μετρήσεις, είτε με απευθείας σύνδεση με υπολογιστή. Το όργανο υπολογίζει την προσπίπτουσα και τη διερχόμενη PAR ακτινοβολία που φτάνει

στην καλλιέργεια. Ακόμη διαθέτει οθόνη υγρών κρυστάλλων υψηλής ευκρίνειας (<http://www.scientact.gr/el/38E26509>).

2.7.3 Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας

Ο Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI) προέκυψε μέσω της εξίσωσης:

$$y = 0,0521x - 0,4817 (R^2 = 0,9266),$$

εφαρμόζοντας σε κάθε μέτρηση τα δεδομένα των μετρήσεων της έντασης του φωτός της φυτείας (PAR).

2.7.4 Ξηρό βάρος φυτών

Τα 5 φυτά μετά τον υπολογισμό του νωπού βάρους τοποθετούνταν σε κλίβανο σε θερμοκρασία 60°C για 48 ώρες. Εν συνεχεία, τα δείγματα ζυγίζονταν στη ζυγαριά ακριβείας για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους.

2.7.5 Ξηρό βάρος φύλλων

Παράλληλα με τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους των φυτών γινόταν και η μέτρηση του ξηρού βάρους των φύλλων κάθε ενός από τα φυτά – δείγματα ξεχωριστά στη ζυγαριά ακριβείας.



Εικόνα 29. Υπολογισμός ξηρού βάρους φύλλων (Προσωπικό αρχείο)

2.7.6 Απόδοση σε σπόρο

Το πρώτο βήμα που έγινε για τον προσδιορισμό της απόδοσης σε σπόρο της καλλιέργειας του σιναπιού, ήταν η συλλογή των φυτών που υπήρχαν σε 2 m από κάθε plot (9 συλλογές συνολικά). Στη συνέχεια από κάθε συλλογή έγινε η εξαγωγή των σπόρων από τα κεράτια, με τη βοήθεια αλωνιστικής μηχανής (βλ. *Εικόνα 28*). Για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων των κερατίων και των ξένων υλών, χρησιμοποιήθηκαν κόσκινα. Τέλος έγινε ο προσδιορισμός του βάρους των σπόρων με τη βοήθεια ζυγαριάς.



Εικόνα 30. Αλωνιστική μηχανή και κόσκινα (Προσωπικό αρχείο)

2.8 Προσδιορισμός δεικτών εκτίμησης στη γεωργική παραγωγή

Μετά το πέρας των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στον πειραματικό αγρό και στο εργαστήριο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, έγινε ο υπολογισμός των δεικτών εκτίμησης στη γεωργική παραγωγή. Οι δείκτες που προσδιορίστηκαν ήταν δείκτες βιολογικού κύκλου (AGDD, GDDs) και δείκτες ανάπτυξης φυτών (δείκτης φυλλικής επιφάνειας, ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας, σχετικός ρυθμός ανάπτυξης, λόγος βάρους φύλλων, χρονική μεταβολή φυλλικής επιφάνειας, απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης, καθαρός ρυθμός αφομοίωσης, συντελεστής παρεμπόδισης φωτός, λόγος μεταβολής φωτός, δείκτης αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους).

2.8.1 Δείκτες Βιολογικού κύκλου – Δείκτης AGDD (Αθροιστικές θερμο-βαθμοημέρες ανάπτυξης) – Θερμο-βαθμοημέρες ανάπτυξης GDDs

Οι εξισώσεις που περιγράφουν τις βαθμοημέρες ανάπτυξης (GDDs) είναι οι εξής:

$$GDD = \int (T - T_b) dt$$
$$GDD = \max (T_{\max} + T_{\min} / 2 - T_b)$$

Όπου: $T_{\max}$: μέγιστη θερμοκρασία ημέρας (°C)

$T_{\min}$: ελάχιστη θερμοκρασία ημέρας (°C)

T_b : θερμοκρασία βάσης (°C)

Ο δείκτης AGDD (Αθροιστικές θερμο-βαθμοημέρες ανάπτυξης) προκύπτει από το άθροισμα των ημερήσιων GDDs που υπολογίζονται από την ημέρα που πραγματοποιείται η σπορά έως την ημέρα συγκομιδής (λήξη της καλλιέργειας) ή του σταδίου ανάπτυξης για το οποίο ενδιαφερόμαστε. Κάθε καλλιέργεια για δεδομένη περιοχή κατέχει δικό της δείκτη AGDD (Kukal and Irmak, 2018).

2.8.2 Δείκτες ανάπτυξης φυτών

α) Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Leaf Area Index – LAI)

Η εξίσωση που περιγράφει το δείκτη φυλλική επιφάνειας είναι η εξής (Williams, 1946):

$$LAI = \frac{\text{total leaf area}}{\text{ground area}}$$

Μονάδα: m² φυλλώματος/ m² επιφάνειας εδάφους

β) Χρονική Μεταβολή Φυλλικής Επιφάνειας (Leaf Area Duration - LAD)

Η σχέση που περιγράφει το δείκτη LAD είναι η εξής (Power *et al.*, 1967):

$$LAD = (LAI_1 + LAI_2) / 2 \times (t_2 - t_1)$$

&

$$LAD = \int_{t_1}^{t_2} LAI$$

Όπου: LAI_2 : δείκτης φυλλικής επιφάνειας τη στιγμή t_2
 LAI_1 : δείκτης φυλλικής επιφάνειας τη στιγμή t_1
 t_2-t_1 : ο χρόνος μεταξύ των δειγματοληψιών (σε ημέρες)

Μονάδα: days

γ) Ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας (Crop Growth Rate - CGR)

Η εξίσωση που περιγράφει το ρυθμό ανάπτυξης καλλιέργειας είναι η εξής (Watson, 1956):

$$CGR = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$$

Όπου: W_2 : ξηρό βάρος φυτών/ m^2 τη στιγμή t_2 ,
 W_1 : ξηρό βάρος φυτών/ m^2 τη στιγμή t_1 ,
 t_2-t_1 : η χρονική περίοδος μεταξύ των δειγματοληψιών 1 και 2 (σε ημέρες)

Μονάδα: $g\ m^{-2}\ day^{-1}$

δ) Σχετικός ρυθμός ανάπτυξης (Relative Growth Rate - RGR)

Η εξίσωση που περιγράφει το σχετικό ρυθμός ανάπτυξης είναι η εξής (Williams, 1946):

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$$

Όπου: $\ln$: φυσικός λογάριθμος
 W_2 : ξηρό βάρος φυτών/ m^2 τη στιγμή t_2 ,
 W_1 : ξηρό βάρος φυτών/ m^2 τη στιγμή t_1 ,
 t_2, t_1 : οι χρονικές στιγμές των δειγματοληψιών

Μονάδα: $g\ m^{-2}\ day^{-1}$

ε) Απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης (Absolute Growth Rate - AGR)

Η εξίσωση που περιγράφει τον απόλυτο ρυθμό ανάπτυξης είναι η εξής (Reford, 1967):

$$AGR = (h_2 - h_1) / (t_2 - t_1)$$

Όπου: h_2 : ύψος φυτών τη στιγμή t_2

h_1 : ύψος φυτών τη στιγμή t_1

$t_2 - t_1$: ο χρόνος μεταξύ των δειγματοληψιών (σε ημέρες)

Μονάδα: cm day^{-1} ή g day^{-1} ή no day^{-1}

στ) Λόγος βάρους φύλλων (Leaf Weight Ratio - LWR)

Ο τύπος που περιγράφει το LWR είναι ο εξής:

$$LWR = \frac{\text{Ξηρό βάρος φύλλων}}{\text{Ξηρό βάρος φυτού}}$$

Μονάδα: g g^{-1}

ζ) Λόγος μεταβολής φωτός (Light Transmission Ratio - LTR)

Ο λόγος μεταβολής φωτός δίνεται από τη σχέση:

$$LTR = \frac{I}{I_0}$$

Όπου: I : η ένταση του φωτός που φτάνει στο έδαφος

I_0 : η ένταση του φωτός που φτάνει στην επιφάνεια του φυλλώματος στην κορυφή της φυτείας

η) Συντελεστής παρεμπόδισης φωτός (Light extinction coefficient - k)

Ο συντελεστής παρεμπόδισης φωτός συνήθως με το νόμο των Beer Lambert (Monsi & Saeki, 1953; Sampson & Allen, 1998):

$$k = \frac{\ln \frac{I_0}{I}}{LAI}$$

Όπου: I_0 και I : η ένταση του φωτός στο άνω και κάτω μέρος της φυτείας

LAI : ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας

θ) Δείκτης αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους (Dry Matter Efficiency - DME)

Η σχέση που εκφράζει το δείκτη αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους είναι η εξής:

$$DME = \frac{\text{Απόδοση σε σπόρο}}{\text{Ολικό ξηρό βάρος}} \times \frac{100}{\text{διάρκεια καλλιέργειας}}$$

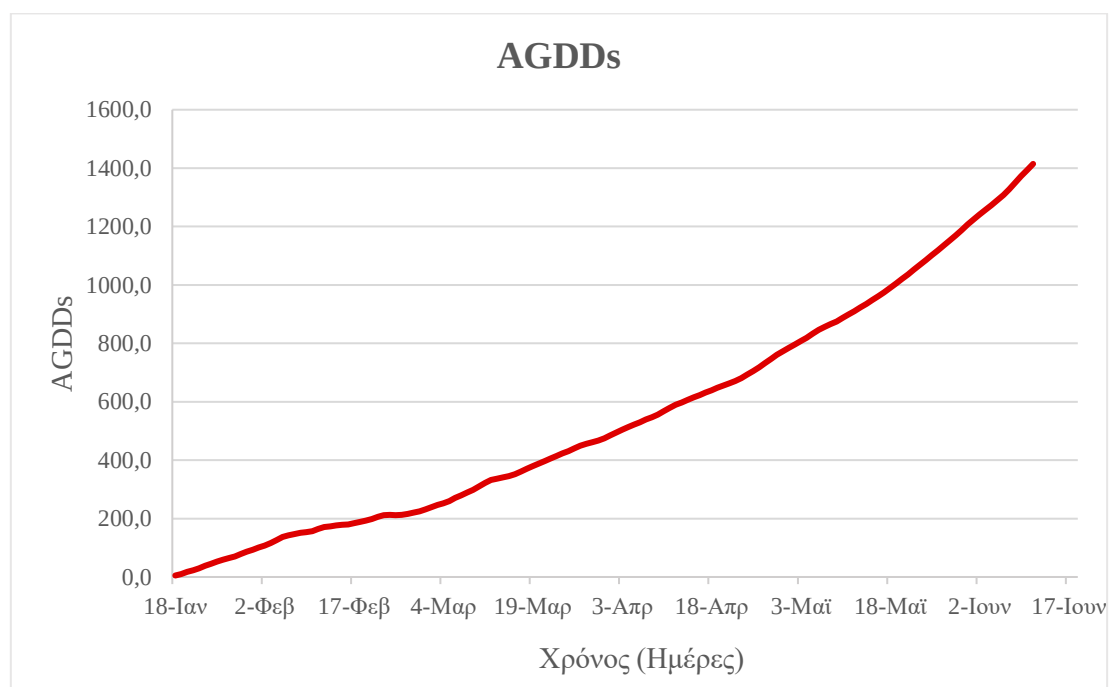
2.9 Στατιστική ανάλυση

Τα πειραματικά δεδομένα ελέγχθηκαν για την κανονικότητα και υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων. Για κάθε μέτρηση πραγματοποιήθηκε ANOVA και σύγκριση μέσω Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς με επίπεδα σημαντικότητας 5%. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα ezANOVA (version 0.98).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά πέντε μετρήσεις πάνω στα αγρονομικά χαρακτηριστικά που χρειάστηκαν για τον προσδιορισμό των γεωργικών δεικτών εκτίμησης της καλλιέργειας. Συγκεκριμένα η πρώτη μέτρηση έγινε στις 18 Μαρτίου 2019 (60 ΗΑΣ - 370,2 GDDs), η δεύτερη στις 10 Απριλίου 2019 (83 ΗΑΣ - 545,4 GDDs), η τρίτη στις 6 Μαΐου 2019 (109 ΗΑΣ - 804,3 GDDs), η τέταρτη στις 15 Μαΐου 2019 (118 ΗΑΣ - 906,7 GDDs) και η πέμπτη στις 21 Μαΐου 2019 (124 ΗΑΣ - 994,6 GDDs).



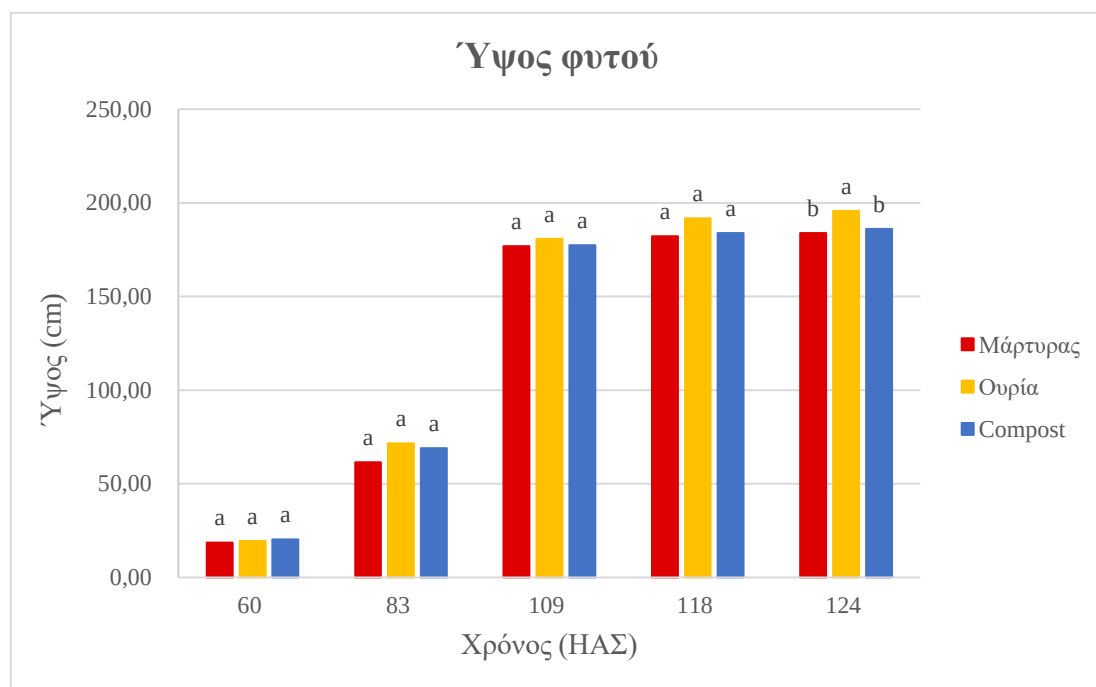
Διάγραμμα 4. Αθροιστικές θερμο-βαθμοημέρες ανάπτυξης (AGDDs) σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας του σιναιπιού

Στο *Διάγραμμα 4*, παρουσιάζονται οι αθροιστικές θερμο-βαθμοημέρες ανάπτυξης της καλλιέργειας (AGDDs) που υπολογίστηκαν σε όλη τη χρονική διάρκεια της καλλιέργειας του σιναιπιού (*Brassica nigra* L.), δηλαδή από τις 18 Ιανουαρίου έως τις 11 Ιουνίου του 2019.

3.1 Αγρονομικά Χαρακτηριστικά Καλλιέργειας

3.1.1 Ύψος φυτού

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά πέντε μετρήσεις του ύψους των φυτών. Η πρώτη μέτρηση έγινε στις 60 ημέρες από τη σπορά, ενώ ακολούθησαν οι απόμενες μετρήσεις στις 83, 109, 118 και 124 ημέρες από τη σπορά.



Διάγραμμα 5. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο ύψος των φυτών στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%)

Από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και την ανάλυση παραλλακτικότητας για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ ($p < 0,05$) παρατηρήθηκαν τα ακόλουθα για κάθε μέτρηση:

Την 60η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Η επέμβαση με compost έδωσε το μεγαλύτερο ύψος φυτών (20,33 cm) και ακολούθησαν η επέμβαση με ουρία και ο μάρτυρας (19,53 cm και 18,67 cm αντίστοιχα) (Διάγραμμα 5.).

Πίνακας 7. Τιμές για το ύψος των φυτών 60 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	18,67	10,72	6,19	114,89	9,36
Ουρία	19,53	1,92	1,11	3,69	9,36
Compost	20,33	3,63	2,10	13,17	9,36

Την 83η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Το ύψος των φυτών πήρε τη υψηλότερη τιμή του στην περίπτωση επέμβασης με ουρία (71,53 cm). Ακολούθησε η επέμβαση με compost (68,95 cm) και ο μάρτυρας (61,53 cm) (Διάγραμμα 5.).

Πίνακας 8. Τιμές για το ύψος των φυτών 83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	61,53	12,22	7,06	149,33	10,7
Ουρία	71,53	4,58	2,64	20,97	10,7
Compost	68,95	1,34	0,77	1,78	10,7

Την 109η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Σε αυτή τη μέτρηση τη μεγαλύτερη τιμή του ύψους έδωσε η επέμβαση με ουρία (180,80 cm), ενώ ακολούθησαν η επέμβαση με compost και ο μάρτυρας (177,40 cm και 176,80 cm αντίστοιχα) (Διάγραμμα 5.).

Πίνακας 9. Τιμές για το ύψος των φυτών 109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	176,8	7,32	4,23	53,56	7,73
Ουρία	180,8	3,08	1,78	9,48	7,73
Compost	177,4	5,17	2,99	26,76	7,73

Την 118η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Και σε αυτή τη μέτρηση τη

μεγαλύτερη τιμή του ύψους έδωσε η επέμβαση με ουρία (191,67 cm), και ακολούθησαν η επέμβαση με compost και ο μάρτυρας (183,89 cm και 182,11 cm αντίστοιχα) (Διάγραμμα 5.).

Πίνακας 10. Τιμές για το ύψος των φυτών 118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	182,11	3,89	2,25	15,13	16,29
Ουρία	191,67	18	10,39	324,00	16,29
Compost	183,89	7,72	4,46	59,60	16,29

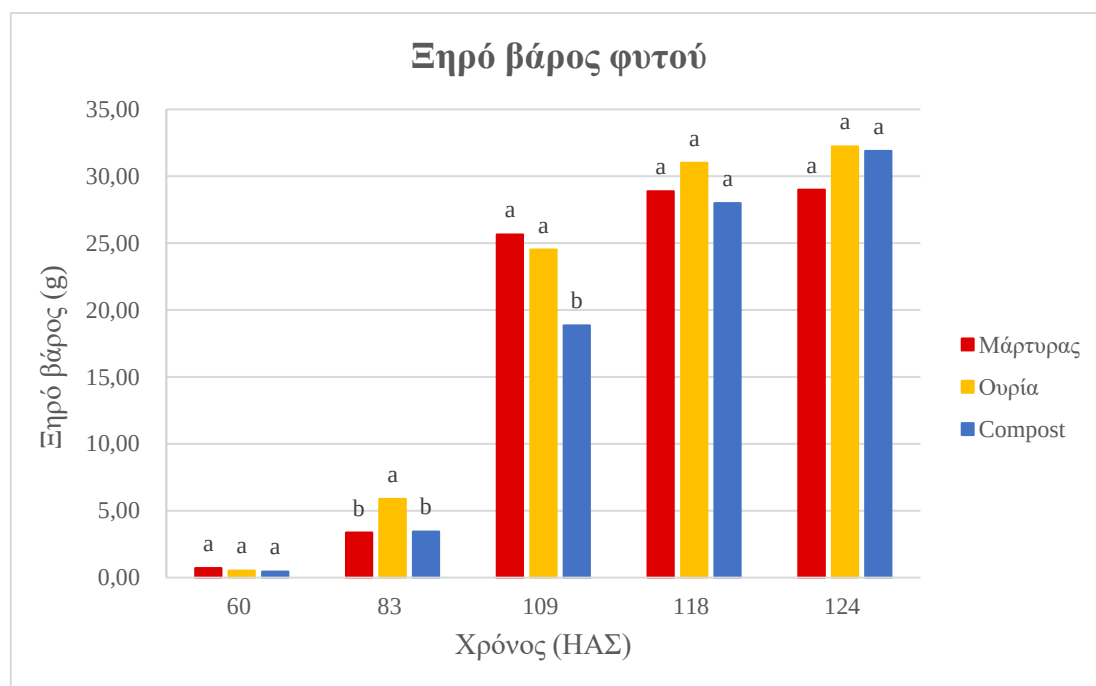
Την 124η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με compost και του μάρτυρα και της επέμβασης με ουρία και επέμβασης με compost, αλλά παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με ουρία και του μάρτυρα. Η επέμβαση με ουρία έδωσε την υψηλότερη τιμή ύψους φυτών (195,67 cm), και ακολούθησαν η επέμβαση με compost και ο μάρτυρας (186,00 cm και 183,78 cm αντίστοιχα) (Διάγραμμα 5.).

Πίνακας 11. Τιμές για το ύψος των φυτών 124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	183,78	4,03	2,33	16,24	11,14
Ουρία	195,67	5,84	3,37	34,07	11,14
Compost	186,00	11,67	6,74	136,19	11,14

3.1.2 Ξηρό βάρος φυτού

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά πέντε μετρήσεις του ξηρού βάρους των φυτών. Η πρώτη μέτρηση έγινε στις 60 ημέρες από τη σπορά, ενώ ακολούθησαν οι απόμενες μετρήσεις στις 83, 109, 118 και 124 ημέρες από τη σπορά.



Διάγραμμα 6. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο ξηρό βάρος των φυτών στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%)

Ακολούθησε η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων με ανάλυση παραλλακτικότητας για να εντοπιστούν οι στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ ($p < 0,05$).

Αναλυτικά για κάθε ΗΑΣ παρατηρήθηκαν τα ακόλουθα:

Την 60η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Ο μάρτυρας έδωσε το μεγαλύτερο ξηρό βάρος φυτών (0,71 g) και ακολούθησαν οι επεμβάσεις με ουρία και compost (0,53 g και 0,46 g αντίστοιχα) (Διάγραμμα 6.).

Πίνακας 12. Τιμές για το ξηρό βάρος των φυτών 60 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,71	0,2	0,12	0,04	0,21
Ουρία	0,53	0,12	0,07	0,01	0,21
Compost	0,46	0,11	0,06	0,01	0,21

Την 83η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με compost και του μάρτυρα και της επέμβασης με ουρία και του μάρτυρα, αλλά παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με ουρία και της επέμβασης με compost. Σε αυτή τη μέτρηση τη μεγαλύτερη τιμή του ξηρού βάρους των φυτών έδωσε η επέμβαση με ουρία (5,88 g), ενώ ακολούθησαν η επέμβαση με compost και ο μάρτυρας (3,45 g και 3,37 g αντίστοιχα) (Διάγραμμα 6.).

Πίνακας 13. Τιμές για το ξηρό βάρος των φυτών 83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	3,37	0,85	0,49	0,72	1,38
Ουρία	5,88	1,33	0,77	1,78	1,38
Compost	3,45	0,61	0,35	0,37	1,38

Την 109η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με ουρία και του μάρτυρα και της επέμβασης με ουρία και επέμβασης με compost, αλλά παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με compost και του μάρτυρα. Ο μάρτυρας έδωσε το μεγαλύτερο ξηρό βάρος φυτών (25,64 g) και ακολούθησαν οι επεμβάσεις με ουρία και compost (24,51 g και 18,85 g αντίστοιχα) (Διάγραμμα 6.).

Πίνακας 14. Τιμές για το ξηρό βάρος των φυτών 109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	27,69	3,31	1,91	10,97	5,71
Ουρία	24,51	5,17	2,98	26,73	5,71
Compost	18,85	3,36	1,94	11,3	5,71

Την 118η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Το ξηρό βάρος των φυτών πήρε την υψηλότερη τιμή του στην περίπτωση επέμβασης με ουρία (31,00 g). Ακολούθησε ο μάρτυρας (28,89 g) και η επέμβαση με compost (28,00 g) (Διάγραμμα 6.).

Πίνακας 15. Τιμές για το ξηρό βάρος των φυτών 118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	28,89	5,98	3,45	35,72	14,56
Ουρία	31,00	7,31	4,22	53,40	14,56
Compost	28,00	15,14	8,74	229,33	14,56

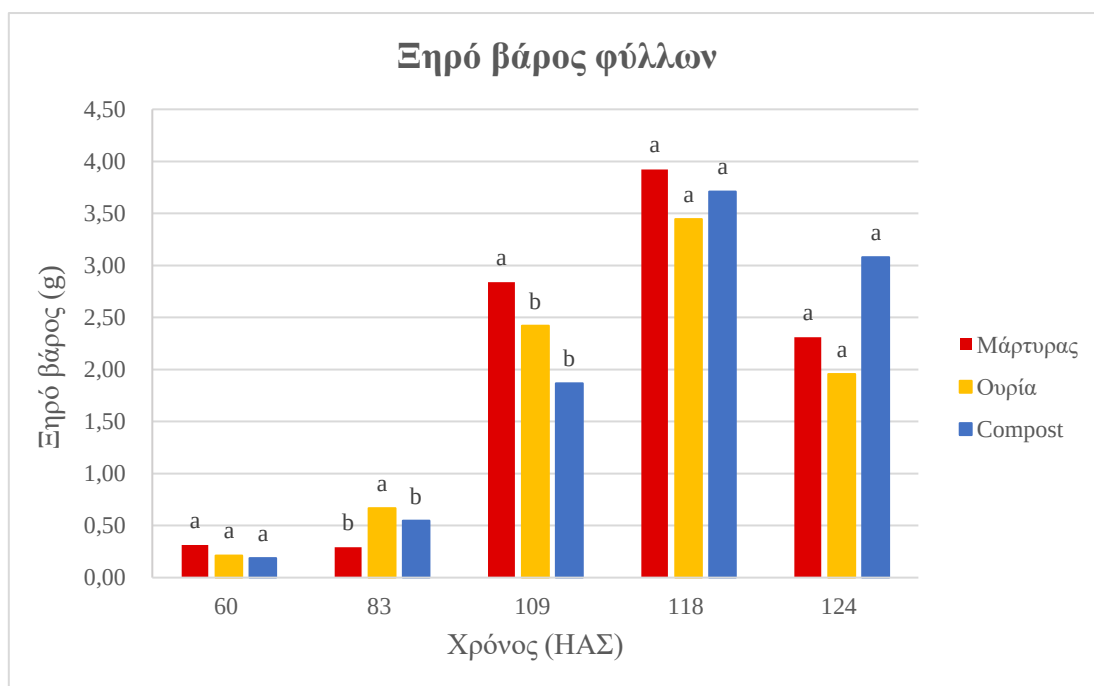
Την 124η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Στη μέτρηση αυτή τη μεγαλύτερη τιμή του ξηρού βάρους των φυτών έδωσε η επέμβαση με ουρία (32,22 g), ενώ ακολούθησαν η επέμβαση με compost και ο μάρτυρας (31,89 g και 29,00 g αντίστοιχα) (Διάγραμμα 6.).

Πίνακας 16. Τιμές για το ξηρό βάρος των φυτών 124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	29,00	2,65	1,53	7,00	14,37
Ουρία	32,22	4,91	2,84	24,13	14,37
Compost	31,89	16,71	9,65	279,19	14,37

3.1.3 Ξηρό βάρος φύλλων

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά πέντε μετρήσεις του ξηρού βάρους των φύλλων των φυτών. Η πρώτη μέτρηση έγινε στις 60 ημέρες από τη σπορά, ενώ ακολούθησαν οι απόμενες μετρήσεις στις 83, 109, 118 και 124 ημέρες από τη σπορά.



Διάγραμμα 7. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο ξηρό βάρος των φύλλων στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%)

Ακολούθησε η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων με ανάλυση παραλλακτικότητας για να εντοπιστούν οι στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ ($p < 0,05$).

Αναλυτικά για κάθε ΗΑΣ παρατηρήθηκαν τα ακόλουθα:

Την 60η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Ο μάρτυρας έδωσε το μεγαλύτερο ξηρό βάρος φύλλων (0,31 g) και ακολούθησαν οι επεμβάσεις με ουρία και compost (0,21 g και 0,19 g αντίστοιχα) (Διάγραμμα 7.).

Πίνακας 17. Τιμές για το ξηρό βάρος των φύλλων 60 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,31	0,12	0,07	0,01	0,11
Ουρία	0,21	0,05	0,03	0,01	0,11
Compost	0,19	0,03	0,02	0,01	0,11

Την 83η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με compost και του μάρτυρα και των επεμβάσεων με ουρία και compost, αλλά παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με ουρία και του μάρτυρα. Σε αυτή τη μέτρηση τη μεγαλύτερη τιμή του ξηρού βάρους των φύλλων έδωσε η επέμβαση με ουρία (0,67 g), ενώ ακολούθησαν η επέμβαση με compost και ο μάρτυρας (0,55 g και 0,29 g αντίστοιχα) (Διάγραμμα 7.).

Πίνακας 18. Τιμές για το ξηρό βάρος των φύλλων 83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,29	0,08	0,05	0,01	0,25
Ουρία	0,67	0,08	0,05	0,01	0,25
Compost	0,55	0,29	0,17	0,08	0,25

Την 109η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με ουρία και του μάρτυρα και της επέμβασης με ουρία και επέμβασης με compost, αλλά παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με compost και του μάρτυρα. Ο μάρτυρας έδωσε το μεγαλύτερο ξηρό βάρος φύλλων (2,84 g) και ακολούθησαν οι επεμβάσεις με ουρία και compost (2,42 g και 1,87 g αντίστοιχα) (Διάγραμμα 7.).

Πίνακας 19. Τιμές για το ξηρό βάρος των φύλλων 109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	2,84	0,16	0,09	0,02	0,55
Ουρία	2,42	0,60	0,35	0,36	0,55
Compost	1,87	0,25	0,14	0,06	0,55

Την 118η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Το ξηρό βάρος των φύλλων πήρε την υψηλότερη τιμή του στην περίπτωση του μάρτυρα (3,92 cm). Ακολούθησαν οι επεμβάσεις με compost (3,71 cm) και ουρία (3,44 cm) (Διάγραμμα 7.).

Πίνακας 20. Τιμές για το ξηρό βάρος των φύλλων 118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	3,92	1,43	0,82	2,03	2,11
Ουρία	3,44	0,84	0,48	0,70	2,11
Compost	3,71	1,99	1,15	3,98	2,11

Την 124η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Στην επέμβαση με compost διαπιστώθηκε υψηλότερη τιμή ξηρού βάρους φύλλων (3,08 cm) ενώ ακολούθησαν ο μάρτυρας (2,31 cm) και η επέμβαση με compost (1,96 cm) (Διάγραμμα 7.).

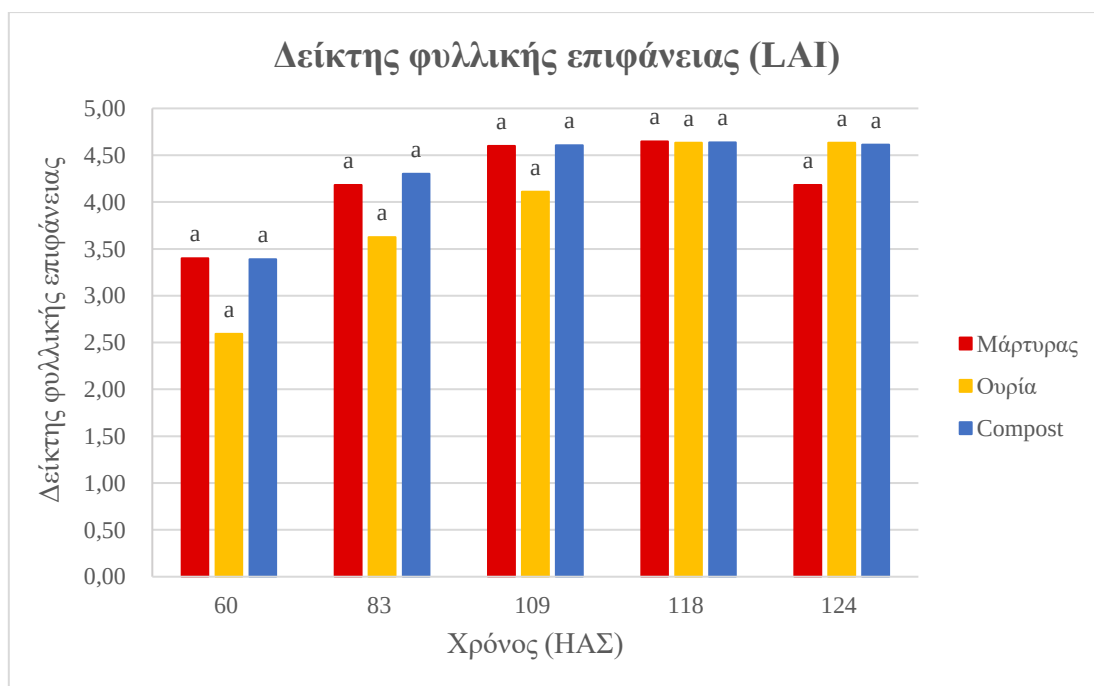
Πίνακας 21. Τιμές για το ξηρό βάρος των φύλλων 124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	2,31	1,38	0,80	1,90	1,71
Ουρία	1,96	0,94	0,54	0,88	1,71
Compost	3,08	1,27	0,74	1,62	1,71

3.2 Γεωργικοί Δείκτες Εκτίμησης

3.2.1 Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Leaf Area Index - LAI)

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας υπολογίστηκε σε 5 διαφορετικά χρονικά διαστήματα (60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά αντίστοιχα) και σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας του σιναπιού. Από το Διάγραμμα 9 παρατηρείται ότι ο δείκτης LAI αυξάνεται σταδιακά στις 4 πρώτες μετρήσεις (60, 83, 109, 118 ΗΑΣ), ενώ από τις 83 έως τις 124 ΗΑΣ παρουσιάζει σταδιακή μείωση και για τις τρεις επεμβάσεις λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost).



Διάγραμμα 8. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%)

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων με ανάλυση παραλλακτικότητας για να εντοπιστούν οι στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ ($p < 0,05$).

Αναλυτικά για κάθε ΗΑΣ παρατηρήθηκαν τα ακόλουθα:

Την 60η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Ο μάρτυρας ήταν αυτός που έφερε τα καλύτερα αποτελέσματα ως προς το δείκτη φυλλικής επιφάνειας (3,40) ενώ ακολούθησε η λίπανση με compost (3,39) και ουρία (2,59) (Διάγραμμα 8.).

Πίνακας 22. Τιμές για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας 60 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	3,40	0,71	0,41	0,51	1,06
Ουρία	2,59	1,05	0,60	1,10	1,06
Compost	3,39	0,32	0,18	0,10	1,06

Την 83η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Ο δείκτης LAI εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή του στην περίπτωση της επέμβασης με compost (4,30), ενώ ακολούθησαν ο μάρτυρας και η επέμβαση με ουρία (4,18 και 3,36 αντίστοιχα) (Διάγραμμα 8.).

Πίνακας 23. Τιμές για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας 83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	4,18	0,25	0,15	0,06	0,45
Ουρία	3,63	0,38	0,22	0,14	0,45
Compost	4,31	0,32	0,18	0,10	0,45

Την 109η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Σε αυτή τη μέτρηση η μεγαλύτερη τιμή του δείκτη LAI διαπιστώθηκε στην επέμβαση με compost (4,61), ενώ ακολούθησαν ο μάρτυρας και η επέμβαση με ουρία (4,61 και 4,11 αντίστοιχα) (Διάγραμμα 7).

Πίνακας 24. Τιμές για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας 109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	4,60	0,11	0,06	0,01	0,61
Ουρία	4,11	0,74	0,43	0,54	0,61
Compost	4,61	0,03	0,02	0,01	0,61

Την 118η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Ο μάρτυρας εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή του LAI (4,65) και ακολούθησαν οι επεμβάσεις με compost (4,64) και ουρία (4,63) (Διάγραμμα 8.).

Πίνακας 25. Τιμές για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας 118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	4,65	0,02	0,01	0,01	0,03
Ουρία	4,63	0,02	0,01	0,01	0,03
Compost	4,64	0,03	0,02	0,01	0,03

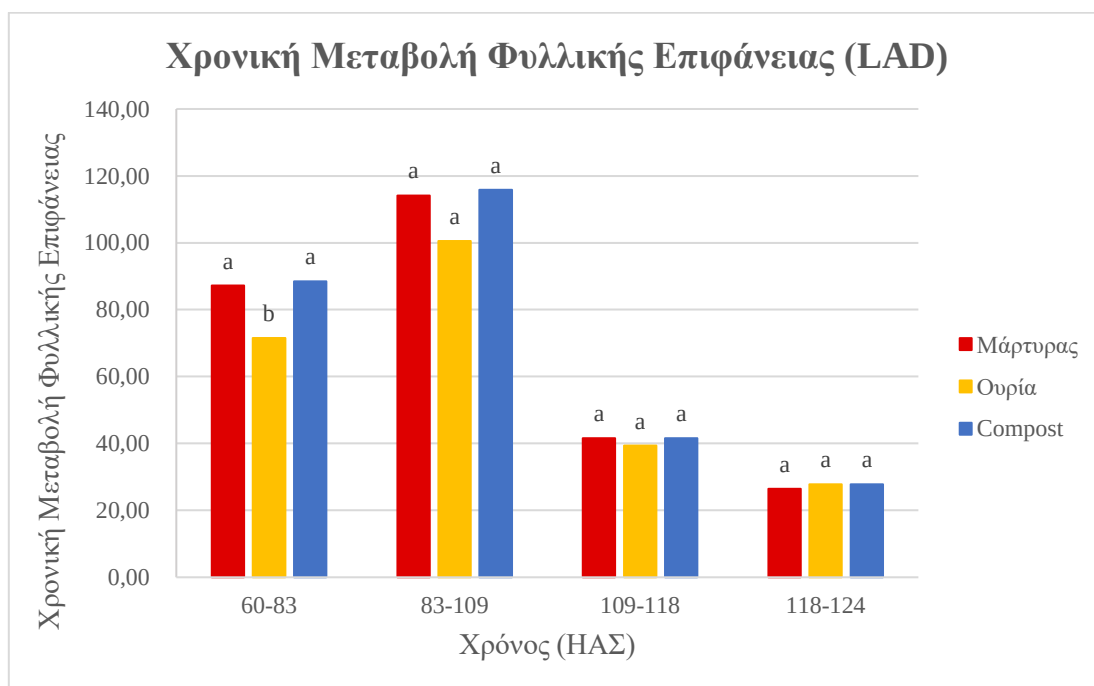
Την 124η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή του στην περίπτωση της επέμβασης με ουρία (4,63), ενώ ακολούθησαν η επέμβαση με compost και ο μάρτυρας (4,61 και 4,18 αντίστοιχα) (Διάγραμμα 8.).

Πίνακας 26. Τιμές για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας 124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	4,18	0,71	0,41	0,50	0,58
Ουρία	4,63	0,04	0,02	0,01	0,58
Compost	4,61	0,04	0,02	0,01	0,58

3.2.2 Χρονική Μεταβολή Φυλλικής Επιφάνειας (LAD)

Η χρονική μεταβολή φυλλικής επιφάνειας υπολογίζεται ως το ολοκλήρωμα του LAI. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας υπολογίστηκε σε 5 ημερομηνίες (60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά αντίστοιχα), σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας του σιναπιού. Άρα και ο δείκτης LAD υπολογίστηκε για τα χρονικά διαστήματα: 60 έως 83 ΗΑΣ, 83 έως 109 ΗΑΣ, 109 έως 118 ΗΑΣ και 118 έως 124 ΗΑΣ.



Διάγραμμα 9. Χρονική μεταβολή φυλλικής επιφάνειας (LAD) για τις επεμβάσεις λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στα χρονικά διαστήματα από 60 έως 83 ΗΑΣ, από 83 έως 109 ΗΑΣ, από 109 έως 118 ΗΑΣ και από 118 έως 124 ΗΑΣ. (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%)

Από τις 60 έως τις 83 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με compost και του μάρτυρα και της επέμβασης με ουρία και του μάρτυρα, αλλά παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με ουρία και της επέμβασης με compost. Η μεγαλύτερη τιμή της χρονικής μεταβολής φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας διαπιστώθηκε στην επέμβαση με compost (88,48 days), ενώ ακολούθησαν ο μάρτυρας (87,18 days) και η επέμβαση με ουρία (71,50 days) (Διάγραμμα 9.).

Πίνακας 27. Τιμές για τη χρονική μεταβολή φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 60-83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	87,18	8,57	4,95	73,46	10,26
Ουρία	71,51	8,56	4,94	73,27	10,26
Compost	88,48	3,41	1,97	11,6	10,26

Από τις 83 έως τις 109 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Η επέμβαση με compost εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη LAD (115,81 days) και ακολούθησαν ο μάρτυρας (114,14 days) και η επέμβαση με ουρία (100,55 days) (Διάγραμμα 9.).

Πίνακας 28. Τιμές για τη χρονική μεταβολή φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 83-109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	114,14	4,03	2,33	16,22	12,45
Ουρία	100,55	14,05	8,11	197,41	12,45
Compost	115,81	4,40	2,54	19,39	12,45

Από τις 109 έως 118 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Ο μάρτυρας έδωσε το μεγαλύτερο LAD (41,60 days), ενώ η επέμβαση με compost και ουρία εμφάνισαν αντίστοιχα 41,59 days και 39,34 days (Διάγραμμα 9.).

Πίνακας 29. Τιμές για τη χρονική μεταβολή φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 109-118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	41,60	0,50	0,29	0,25	2,71
Ουρία	39,34	3,27	1,89	10,72	2,71
Compost	41,59	0,27	0,15	0,07	2,71

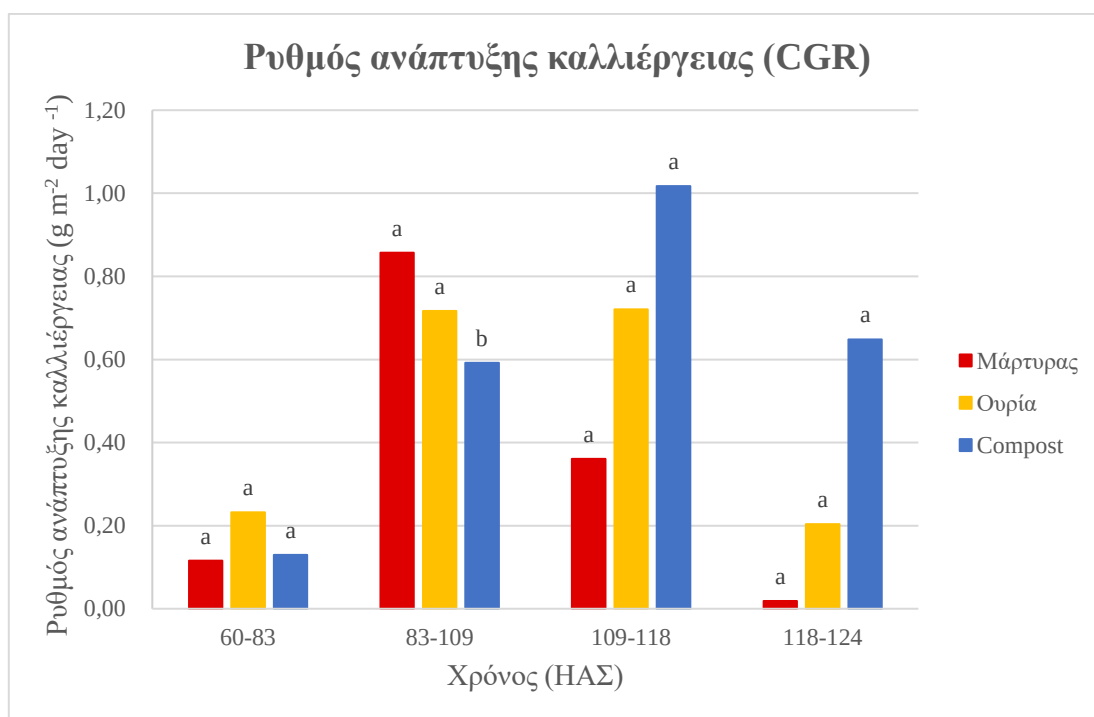
Από τις 118 έως τις 124 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Η λίπανση με ουρία έδωσε 27,80 days ενώ η λίπανση με compost και ο μάρτυρας έδωσαν αντίστοιχα 27,75 days και 26,49 days (Διάγραμμα 9.).

Πίνακας 30. Τιμές για τη χρονική μεταβολή φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 118-124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	26,49	2,10	1,21	4,42	1,72
Ουρία	27,80	0,10	0,06	0,01	1,72
Compost	27,75	0,17	0,10	0,03	1,72

3.2.3 Ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας (CGR)

Ο ρυθμός ανάπτυξης της καλλιέργειας (CGR) ισούται με το ρυθμό αύξησης του ξηρού βάρους του φυτού ανά m^2 σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα και υπολογίζεται από την κλίση της γραφικής παράστασης για τα εκάστοτε χρονικά διαστήματα. Ο δείκτης CGR υπολογίστηκε με βάση τις μετρήσεις του ξηρού βάρους των φυτών ανά m^2 στα χρονικά διαστήματα από 60 έως 83 ΗΑΣ, από 83 έως 109 ΗΑΣ, από 109 έως 118 ΗΑΣ και από 118 έως 124 ΗΑΣ.



Διάγραμμα 10. Ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας (CGR) για τις επεμβάσεις λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στα χρονικά διαστήματα από 60 έως 83 ΗΑΣ, από 83 έως 109 ΗΑΣ, από 109 έως 118 ΗΑΣ και από 118 έως 124 ΗΑΣ. (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%)

Από τις 60 έως τις 83 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Τη μεγαλύτερη τιμή του ρυθμού ανάπτυξης εμφάνισε η επέμβαση με ουρία ($0,23 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$), ενώ ακολούθησαν η επέμβαση με compost ($0,13 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) και ο μάρτυρας ($0,11 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) (Διάγραμμα 10.).

Πίνακας 31. Τιμές για το ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 60-83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,11	0,04	0,02	0,01	0,06
Ουρία	0,23	0,06	0,03	0,01	0,06
Compost	0,13	0,03	0,02	0,01	0,06

Από τις 83 έως τις 109 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με ουρία και του μάρτυρα και της επέμβασης με ουρία και επέμβασης με compost, αλλά παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με compost και του μάρτυρα. Σε αυτή την περίπτωση ο μάρτυρας εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη CGR ($0,86 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) και ακολούθησαν η λίπανση με ουρία και compost ($0,72 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ και $0,59 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ αντίστοιχα) (Διάγραμμα 10.).

Πίνακας 32. Τιμές για το ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 83-109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,86	0,04	0,02	0,01	0,18
Ουρία	0,72	0,19	0,11	0,04	0,18
Compost	0,59	0,12	0,07	0,01	0,18

Από τις 109 έως 118 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Η επέμβαση με compost έδωσε το μεγαλύτερο ρυθμό CGR ($1,02 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$), ενώ η επέμβαση με ουρία και ο μάρτυρας εμφάνισαν αντίστοιχα $0,72 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ και $0,36 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ (Διάγραμμα 10.).

Πίνακας 33. Τιμές για το ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 109-118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,36	0,58	0,34	0,34	1,96
Ουρία	0,72	1,25	0,72	1,57	1,96
Compost	1,02	1,97	1,14	3,87	1,96

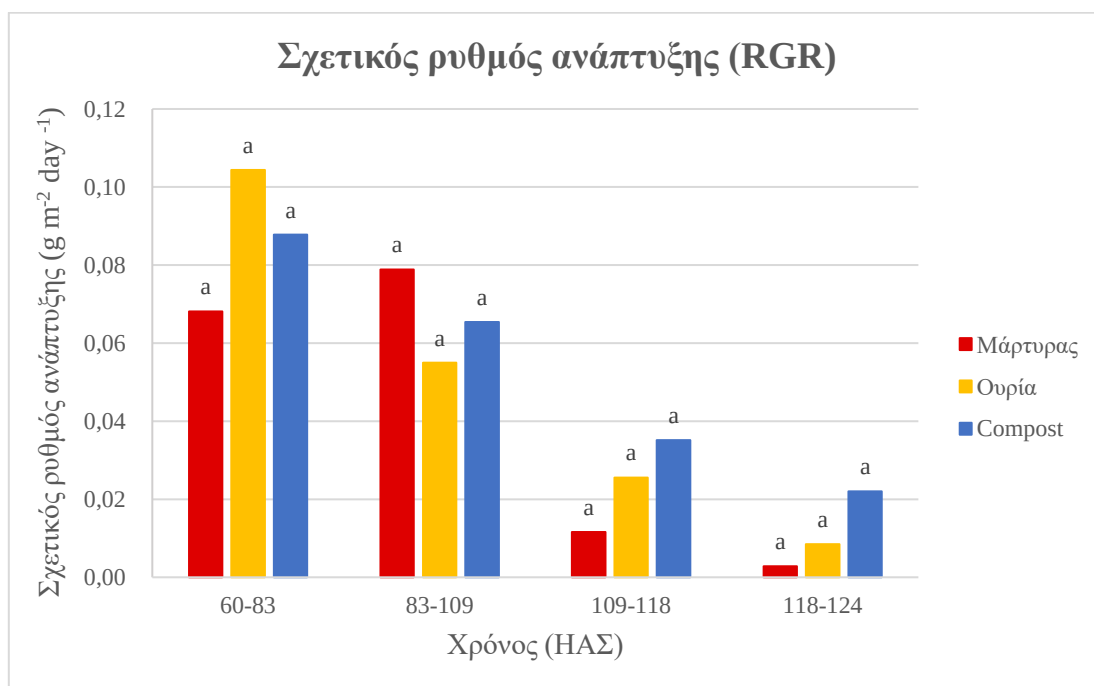
Από τις 118 έως τις 124 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Στο χρονικό διάστημα αυτό η λίπανση με compost εμφάνισε $0,65 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ενώ η λίπανση με ουρία και ο μάρτυρας εμφάνισαν αντίστοιχα $0,20 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ και $0,02 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ (Διάγραμμα 10.).

Πίνακας 34. Τιμές για το ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 118-124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,02	0,81	0,46	0,65	1,63
Ουρία	0,20	1,80	1,04	3,22	1,63
Compost	0,65	0,37	0,21	0,14	1,63

3.2.4 Σχετικός ρυθμός ανάπτυξης (RGR)

Ο σχετικός ρυθμός ανάπτυξης μιας καλλιέργειας είναι ένα μέτρο που δείχνει την αύξηση του μεγέθους, της μάζας ή του αριθμού των καλλιεργειών σε μία δεδομένη χρονική περίοδο. Ο δείκτης RGR υπολογίστηκε με βάση τις μετρήσεις του ξηρού βάρους των φυτών ανά m^2 και πιο συγκεκριμένα της διαφοράς των φυσικών λογαρίθμων του ξηρού βάρους ανά m^2 στα χρονικά διαστήματα: 60 έως 83 ΗΑΣ, 83 έως 109 ΗΑΣ, 109 έως 118 ΗΑΣ και 118 έως 124 ΗΑΣ.



Διάγραμμα 11. Σχετικός ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας (CGR) για τις επεμβάσεις λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στα χρονικά διαστήματα από 60 έως 83 ΗΑΣ, από 83 έως 109 ΗΑΣ, από 109 έως 118 ΗΑΣ και από 118 έως 124 ΗΑΣ. (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%)

Από τις 60 έως τις 83 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Ο μεγαλύτερος σχετικός ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας διαπιστώθηκε στην επέμβαση με ουρία ($0,10 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$), ενώ ακολούθησαν η επέμβαση με compost ($0,09 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) και ο μάρτυρας ($0,07 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) (Διάγραμμα 11.).

Πίνακας 35. Τιμές για το σχετικό ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 60-83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,07	0,02	0,01	0,01	0,03
Ουρία	0,10	0,03	0,01	0,01	0,03
Compost	0,09	0,02	0,01	0,01	0,03

Από τις 83 έως τις 109 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Ο μάρτυρας έδωσε τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη RGR ($0,08 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) και ακολούθησαν η λίπανση με compost και ουρία ($0,07 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ και $0,05 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ αντίστοιχα) (Διάγραμμα 11.).

Πίνακας 36. Τιμές για το σχετικό ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 83-109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,08	0,01	0,01	0,01	0,02
Ουρία	0,05	0,02	0,01	0,01	0,02
Compost	0,07	0,01	0,01	0,01	0,02

Από τις 109 έως 118 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Η επέμβαση με compost εμφάνισε το μεγαλύτερο ρυθμό CGR ($0,04 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$), ενώ η επέμβαση με ουρία και ο μάρτυρας έδωσαν αντίστοιχα $0,03 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ και $0,01 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ (Διάγραμμα 11.).

Πίνακας 37. Τιμές για το σχετικό ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 109-118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,01	0,02	0,01	0,01	0,07
Ουρία	0,03	0,05	0,03	0,01	0,07
Compost	0,04	0,07	0,04	0,01	0,07

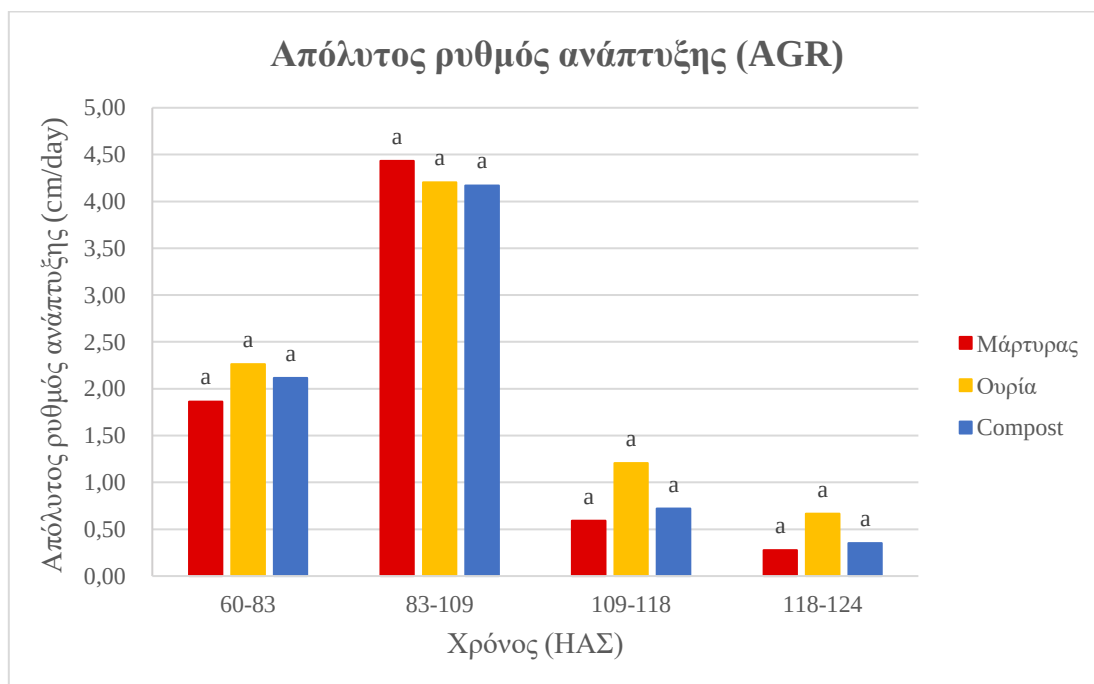
Από τις 118 έως τις 124 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Στο χρονικό διάστημα αυτό η λίπανση με compost έδωσε $0,02 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ενώ η λίπανση με ουρία και ο μάρτυρας έδωσαν αντίστοιχα $0,01 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ και $0,003 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ (Διάγραμμα 11.).

Πίνακας 38. Τιμές για το σχετικό ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 118-124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,003	0,03	0,02	0,01	0,06
Ουρία	0,01	0,06	0,04	0,01	0,06
Compost	0,02	0,02	0,01	0,01	0,06

3.2.5 Απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης (AGR)

Ο απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης της καλλιέργειας (AGR) ισούται με το ρυθμό αύξησης του ύψους του φυτού σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα και υπολογίζεται από την κλίση της γραφικής παράστασης για κάθε χρονικό διάστημα. Ο δείκτης υπολογίστηκε με βάση τις μετρήσεις του ύψους στα χρονικά διαστήματα: 60 έως 83 ΗΑΣ, 83 έως 109 ΗΑΣ, 109 έως 118 ΗΑΣ και 118 έως 124 ΗΑΣ.



Διάγραμμα 12. Απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης (AGR) για τις επεμβάσεις λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στα χρονικά διαστήματα από 60 έως 83 ΗΑΣ, από 83 έως 109 ΗΑΣ, από 109 έως 118 ΗΑΣ και από 118 έως 124 ΗΑΣ. (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%)

Από τις 60 έως τις 83 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Η μεγαλύτερη απόλυτη τιμή του απόλυτου ρυθμού ανάπτυξης διαπιστώθηκε έδωσε στην η επέμβαση με ουρία (2,26 cm/day), ενώ ακολούθησαν η επέμβαση με compost (2,11 cm/day) και ο μάρτυρας (1,86 cm/day) (Διάγραμμα 12.).

Πίνακας 39. Τιμές για το ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 60-83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	1,86	0,67	0,39	0,45	0,57
Ουρία	2,26	0,16	0,09	0,03	0,57
Compost	2,11	0,12	0,07	0,01	0,57

Από τις 83 έως τις 109 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Πιο συγκεκριμένα ο μάρτυρας εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη AGR (4,43 cm/day) και ακολούθησαν η λίπανση με ουρία και compost (4,20 cm/day και 4,17 cm/day ομοίως) (Διάγραμμα 12.).

Πίνακας 40. Τιμές για το ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 83-109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	4,44	0,57	0,33	0,32	0,5
Ουρία	4,20	0,06	0,03	0,01	0,5
Compost	4,17	0,21	0,12	0,04	0,5

Από τις 109 έως 118 ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Η επέμβαση με ουρία εμφάνισε το μεγαλύτερο ρυθμό AGR (1,21 cm/day), ενώ στις επεμβάσεις με compost και ο μάρτυρας οι τιμές του δείκτη αυτού διαμορφώθηκαν σε 0,72 cm/day και 0,59 cm/day αντίστοιχα (Διάγραμμα 12.).

Πίνακας 41. Τιμές για το ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 109-118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,59	0,51	0,30	0,26	1,97
Ουρία	1,21	2,25	1,30	5,06	1,97
Compost	0,72	0,72	0,42	0,52	1,97

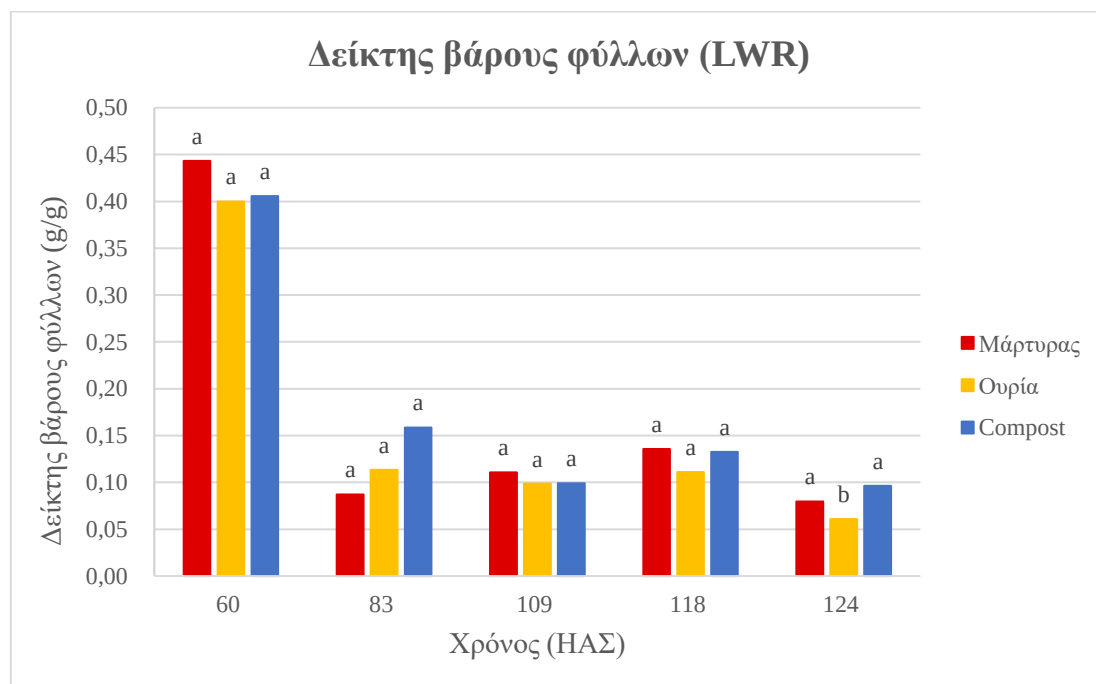
Από τις 118 έως τις 124 ημέρες από τη σπορά ο δείκτης AGR εμφάνισε τη μικρότερη τιμή και στις 3 περιπτώσεις λίπανσης. Η τιμή του δείκτη AGR στο χρονικό διάστημα αυτό, στην περίπτωση της λίπανσης με ουρία υπολογίστηκε σε 0,67 cm/day ενώ οι αντίστοιχες τιμές της λίπανσης με compost και του μάρτυρα διαμορφώθηκαν σε 0,35 cm/day και 0,28 cm/day (Διάγραμμα 12.).

Πίνακας 42. Τιμές για το ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας στο χρονικό διάστημα από τις 118-124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,28	1,19	0,69	1,41	3,57
Ουρία	0,67	3,97	2,29	15,76	3,57
Compost	0,35	1,40	0,81	1,97	3,57

3.2.6 Δείκτης βάρους φύλλων (LWR)

Ο λόγος βάρους φύλλων ισούται με το λόγο του ξηρού βάρους των φύλλων ενός φυτού προς το ξηρό βάρος ολόκληρου του φυτού. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν πέντε μετρήσεις τόσο του ξηρού βάρους των φύλλων όσο και ολόκληρου του φυτού. Η πρώτη μέτρηση έγινε στις 60 ημέρες από τη σπορά, ενώ ακολούθησαν οι απόμενες μετρήσεις στις 83, 109, 118 και 124 ημέρες από τη σπορά.



Διάγραμμα 13. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο βάρος φύλλων στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%)

Από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και την ανάλυση παραλλακτικότητας για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ ($p < 0,05$) παρατηρήθηκαν τα ακόλουθα για κάθε μέτρηση:

Την 60η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Ο μάρτυρας εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη LWR (0,44 g/g) και ακολούθησαν οι επεμβάσεις με compost και ουρία (0,41 g/g και 0,40 g/g αντίστοιχα) (Διάγραμμα 13.).

Πίνακας 43. Τιμές για το δείκτη ξηρού βάρους φύλλων 60 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,43	0,05	0,03	0,01	0,07
Ουρία	0,40	0,06	0,03	0,01	0,07
Compost	0,41	0,03	0,02	0,01	0,07

Την 83η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Η λίπανση με compost έδωσε 0,16 g/g ενώ η λίπανση με ουρία και ο μάρτυρας έδωσαν αντίστοιχα 0,11 g/g και 0,09 g/g (Διάγραμμα 13.).

Πίνακας 44. Τιμές για το δείκτη ξηρού βάρους φύλλων 83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,09	0,01	0,01	0,01	0,10
Ουρία	0,12	0,02	0,01	0,01	0,10
Compost	0,17	0,12	0,07	0,01	0,10

Την 109η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Ο δείκτης LWR έλαβε τη μεγαλύτερη τιμή του στην περίπτωση του μάρτυρα (0,11 g/g), ενώ ακολούθησαν οι επεμβάσεις με ουρία και compost (0,10 g/g ομοίως) (Διάγραμμα 13.).

Πίνακας 45. Τιμές για το δείκτη ξηρού βάρους φύλλων 109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,11	0,01	0,01	0,01	0,01
Ουρία	0,10	0,01	0,01	0,01	0,01
Compost	0,10	0,01	0,01	0,01	0,01

Την 118η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Στην περίπτωση του μάρτυρα, και σε

αυτή τη μέτρηση, διαπιστώθηκε η μεγαλύτερη τιμή του δείκτη βάρους φύλλων της καλλιέργειας (0,14 g/g) ενώ οι επεμβάσεις λίπανσης με ουρία και compost έδωσαν αντίστοιχα 0,11 g/g και 0,13 g/g (Διάγραμμα 13.).

Πίνακας 46. Τιμές για το δείκτη ξηρού βάρους φύλλων 118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,13	0,03	0,02	0,01	0,03
Ουρία	0,11	0,01	0,01	0,01	0,03
Compost	0,13	0,03	0,01	0,01	0,03

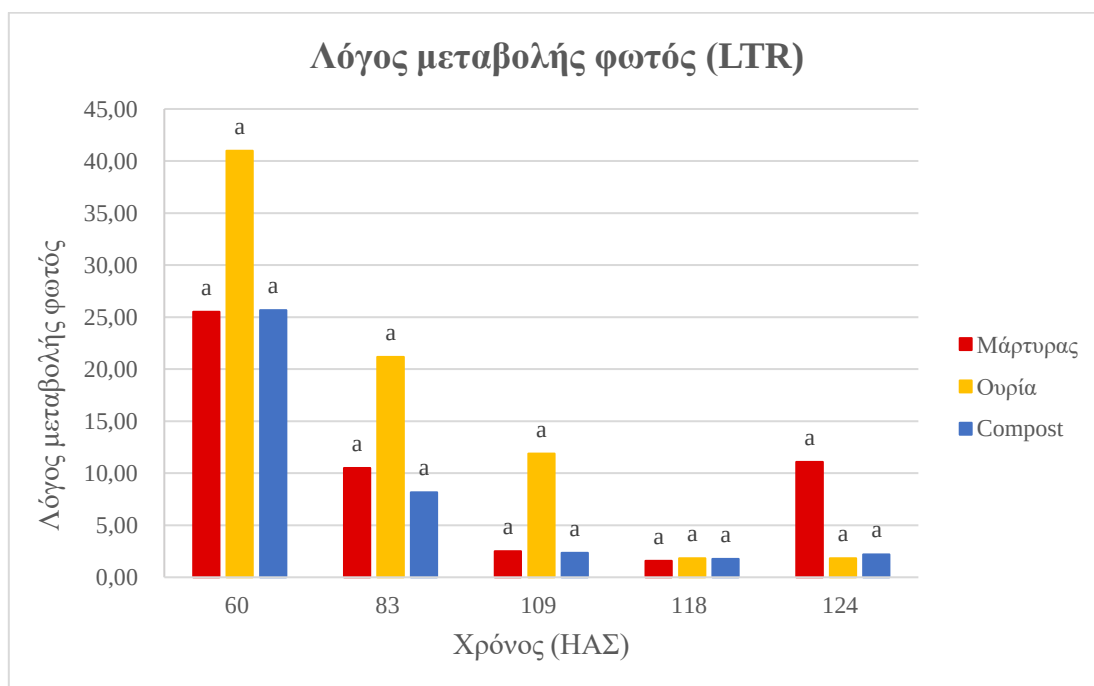
Την 124η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με compost και του μάρτυρα και της επέμβασης με ουρία και του μάρτυρα, αλλά παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με ουρία και της επέμβασης με compost. Σε αυτή τη μέτρηση τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη LWR εμφάνισε η επέμβαση με compost (0,10 g/g) και ακολούθησαν ο μάρτυρας (0,08 g/g) και η επέμβαση με ουρία (0,06 g/g) (Διάγραμμα 13.).

Πίνακας 47. Τιμές για το δείκτη ξηρού βάρους φύλλων 124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,08	0,04	0,02	0,01	0,04
Ουρία	0,06	0,02	0,01	0,01	0,04
Compost	0,10	0,01	0,01	0,01	0,04

3.2.7 Λόγος μεταβολής φωτός (LTR)

Ο λόγος μεταβολής φωτός (LTR) ισούται με το λόγο του κβαντικού φωτός που παρεμποδίζεται από την καλλιέργεια μεταξύ του άνω και κάτω μέρους του φυλλώματός της. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν πέντε μετρήσεις για την εύρεση της έντασης του φωτός στο πάνω και κάτω μέρος της καλλιέργειας. Η πρώτη μέτρηση έγινε στις 60 ημέρες από τη σπορά, ενώ ακολούθησαν οι απόμενες μετρήσεις στις 83, 109, 118 και 124 ημέρες από τη σπορά.



Διάγραμμα 14. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο λόγο μεταβολής φωτός στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%)

Πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων με ανάλυση παραλλακτικότητας για να εντοπιστούν οι στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ ($P < 0,05$).

Αναλυτικά για κάθε ΗΑΣ παρατηρήθηκαν τα ακόλουθα:

Την 60η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Η επέμβαση με ουρία εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη LTR (41,00) και ακολούθησαν η επέμβαση με compost και ο μάρτυρας (25,67 και 25,50 αντίστοιχα) (Διάγραμμα 14.).

Πίνακας 48. Τιμές για το λόγο μεταβολής φωτός 60 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	25,50	13,61	7,86	185,25	20,41
Ουρία	41,00	20,07	11,59	403,00	20,41
Compost	25,67	6,17	3,56	38,08	20,41

Την 83η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Η λίπανση με ουρία έδωσε 21,17 ενώ ο μάρτυρας και η λίπανση με compost έδωσαν αντίστοιχα τις τιμές 10,50 και 8,17 (Διάγραμμα 14.).

Πίνακας 49. Τιμές για το λόγο μεταβολής φωτός 83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	10,50	4,82	2,78	23,25	8,69
Ουρία	21,17	7,32	4,23	53,58	8,69
Compost	8,17	6,05	3,49	36,58	8,69

Την 109η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Ο δείκτης LTR έλαβε τη μεγαλύτερη τιμή του στην περίπτωση της ουρίας (11,88), ενώ ακολούθησαν ο μάρτυρας και η επέμβαση με compost (2,49 και 2,36 αντίστοιχα) (Διάγραμμα 14.).

Πίνακας 50. Τιμές για το λόγο μεταβολής φωτός 109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	2,49	2,17	1,25	4,71	11,72
Ουρία	11,88	14,20	8,20	201,55	11,72
Compost	2,36	0,60	0,35	0,36	11,72

Την 118η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Η ουρία και σε αυτή τη μέτρηση

εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή του λόγου μεταβολής φωτός της καλλιέργειας (1,82) ενώ ο μάρτυρας και η επέμβαση λίπανσης με compost εμφάνισαν αντίστοιχα 1,76 και 1,57 (Διάγραμμα 14.).

Πίνακας 51. Τιμές για το λόγο μεταβολής φωτός 118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	1,57	0,28	0,16	0,08	0,58
Ουρία	1,82	0,36	0,21	0,13	0,58
Compost	1,76	0,55	0,32	0,30	0,58

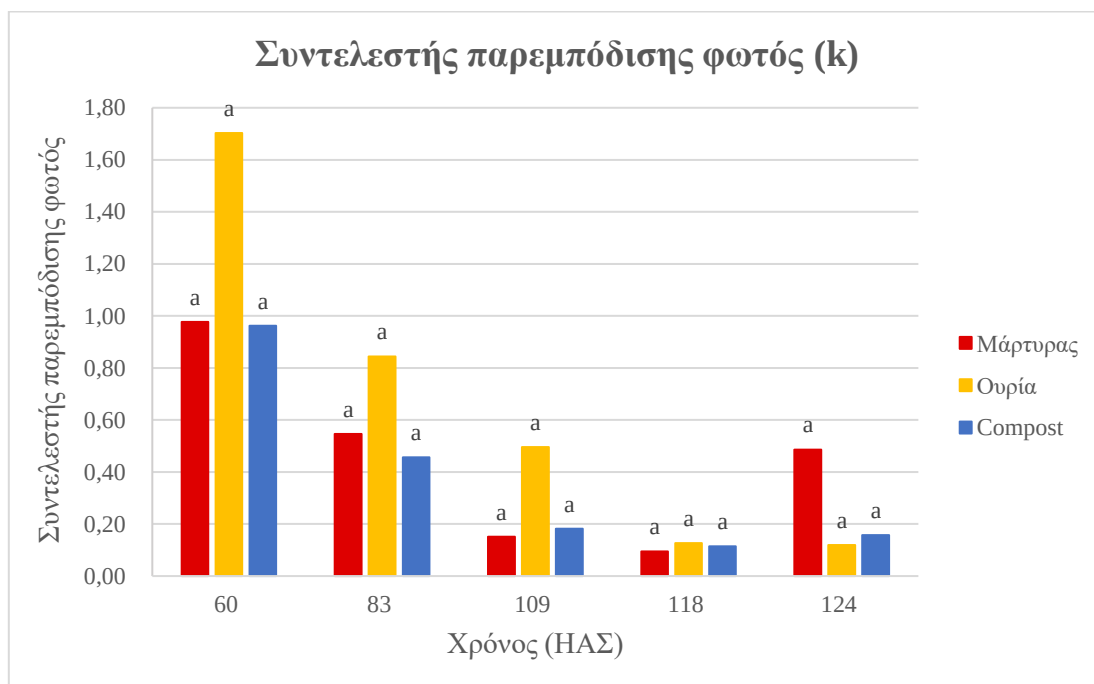
Την 124η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Σε αυτή τη μέτρηση η μεγαλύτερη τιμή του δείκτη LTR διαπιστώθηκε στην περίπτωση του μάρτυρα (11,08) και ακολούθησαν οι επεμβάσεις με compost (2,20) και ουρία (1,84) (Διάγραμμα 14.).

Πίνακας 52. Τιμές για το λόγο μεταβολής φωτός 124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	11,08	13,06	7,54	170,58	10,69
Ουρία	1,84	0,76	0,44	0,58	10,69
Compost	2,20	0,87	0,50	0,76	10,69

3.2.8 Συντελεστής παρεμπόδισης φωτός (k)

Ο συντελεστής παρεμπόδισης φωτός (k) ισούται με το λόγο του φωτός που παρεμποδίζεται από την καλλιέργεια μεταξύ του άνω και κάτω μέρους του φυλλώματός της. Για τον υπολογισμό του συντελεστή k πραγματοποιήθηκαν συνολικά πέντε μετρήσεις. Η πρώτη μέτρηση έγινε στις 60 ημέρες από τη σπορά, ενώ ακολούθησαν οι απόμενες μετρήσεις στις 83, 109, 118 και 124 ημέρες από τη σπορά.



Διάγραμμα 15. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο συντελεστή παρεμπόδισης φωτός στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%)

Από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και την ανάλυση παραλλακτικότητας για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ ($p < 0,05$) παρατηρήθηκαν τα ακόλουθα για κάθε μέτρηση:

Την 60η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Η λίπανση με ουρία εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη k (1,70) ενώ ο μάρτυρας και η λίπανση με compost έδωσαν αντίστοιχα τις τιμές 0,98 και 0,96 (Διάγραμμα 15.).

Πίνακας 53. Τιμές για το συντελεστή παρεμπόδισης φωτός 60 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,98	0,39	0,23	0,15	0,97
Ουρία	1,70	1,11	0,64	1,23	0,97
Compost	0,96	0,17	0,10	0,03	0,97

Την 83η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Ο δείκτης k έλαβε τη μεγαλύτερη τιμή του στην περίπτωση στην επέμβαση με ουρία (0,84) ενώ ακολούθησαν ο μάρτυρας (0,55) και η επέμβαση με compost (0,46) (Διάγραμμα 15.).

Πίνακας 54. Τιμές για το συντελεστή παρεμπόδισης φωτός 83 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,55	0,16	0,09	0,03	0,27
Ουρία	0,84	0,19	0,11	0,04	0,27
Compost	0,46	0,21	0,12	0,04	0,27

Την 109η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Σε αυτή τη μέτρηση η μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή παρεμπόδισης φωτός διαπιστώθηκε στην επέμβαση με ουρία (0,50) και ακολούθησαν η επέμβαση με compost (0,18) και ο μάρτυρας (0,15) (Διάγραμμα 15.).

Πίνακας 55. Τιμές για το συντελεστή παρεμπόδισης φωτός 109 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,15	0,18	0,11	0,03	0,43
Ουρία	0,50	0,49	0,28	0,24	0,43
Compost	0,18	0,06	0,04	0,01	0,43

Την 118η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Και σε αυτή την περίπτωση η

λίπανση με ουρία έδωσε την υψηλότερη τιμή k (0,13), η λίπανση με compost εμφάνισε την τιμή 0,11 και ο μάρτυρας την τιμή 0,09 (Διάγραμμα 15.).

Πίνακας 56. Τιμές για το συντελεστή παρεμπόδισης φωτός 118 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,10	0,04	0,02	0,01	0,08
Ουρία	0,13	0,04	0,02	0,01	0,08
Compost	0,11	0,08	0,04	0,01	0,08

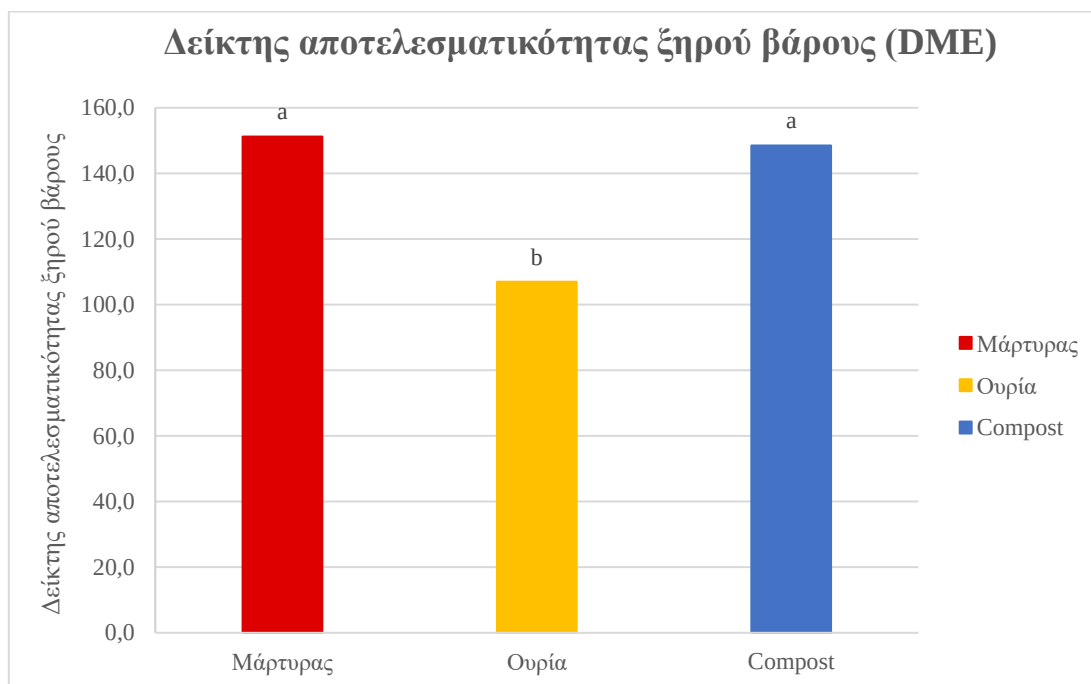
Την 124η ΗΑΣ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost). Ο μάρτυρας έδωσε τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη k (0,49) και ακολούθησαν οι επεμβάσεις με compost και ουρία (0,16 και 0,12 αντίστοιχα) (Διάγραμμα 15.).

Πίνακας 57. Τιμές για το συντελεστή παρεμπόδισης φωτός 124 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	0,49	0,44	0,25	0,19	0,37
Ουρία	0,12	0,09	0,05	0,01	0,37
Compost	0,16	0,10	0,06	0,01	0,37

3.2.9 Δείκτης αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους (DME)

Ο δείκτης αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους (DME) ισούται με το ποσοστό της ξηράς ουσίας που συσσωρεύεται στους σπόρους προς τη συνολική ξηρά ουσία που παράγεται σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Στις 145 ημέρες από τη σπορά έγινε η μέτρηση των συστατικών το δείκτη (απόδοση σε σπόρο, συνολικό ξηρό βάρος φυτών, διάρκεια καλλιέργειας).



Διάγραμμα 16. Επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) στο δείκτη αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους στις 60, 83, 109, 118, 124 ημέρες από τη σπορά (τα διαφορετικά γράμματα δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%)

Ακολούθησε στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων με ανάλυση παραλλακτικότητας για να εντοπιστούν οι στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ ($p < 0,05$).

Πίνακας 58. Τιμές για το δείκτη αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους 145 ΗΑΣ μετά από κάθε επίδραση λίπανσης (μάρτυρας, ουρία, compost) (Mean, standard deviation (StDev), standard error (SE), variance (Var), confidence interval (CI95%))

	Mean	StDev	SE	Var	CI95%
Μάρτυρας	151,23	28,62	16,52	819,18	28,74
Ουρία	107,00	5,66	3,27	32,02	28,74
Compost	148,51	19,75	11,40	390,10	28,74

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με compost και του μάρτυρα και της επέμβασης με ουρία και του μάρτυρα, αλλά παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με ουρία και της επέμβασης με compost. Ο δείκτης DME έλαβε τη μεγαλύτερη τιμή του στην περίπτωση του μάρτυρα (151,23), ενώ ακολούθησαν η επέμβαση με compost (148,51) και η επέμβαση με ουρία (107,00) (Διάγραμμα 16.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε με σκοπό τη μελέτη γεωργικών δεικτών εκτίμησης της καλλιέργειας και τη διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών τύπων λίπανσης (ανόργανη λίπανση με ουρία και οργανική λίπανση με compost) καθώς και βιολογικών καλλιεργητικών τεχνικών πάνω στους δείκτες αυτούς, σε καλλιέργεια σιναπιού (*Brassica nigra* L.). Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχουν αντίστοιχες επιστημονικές μελέτες πάνω στην καλλιέργεια του είδους *Brassica nigra* L. στην Ελλάδα και ειδικότερα πάνω στους γεωργικούς δείκτες εκτίμησης στο είδος αυτό, γι' αυτό η διεθνής και εγχώρια βιβλιογραφία είναι περιορισμένη.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδωσαν σημαντικές πληροφορίες για του δείκτες εκτίμησης της καλλιέργειας του σιναπιού. Η επίδραση της λίπανσης, όπως εμφανίζεται στα αποτελέσματα, αναλύεται ακολούθως για κάθε χαρακτηριστικό.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι δεν επηρεάζονται όλες οι παράμετροι ανάπτυξης της καλλιέργειας με τον ίδιο τρόπο από τις επεμβάσεις της λίπανσης.

4.1 Αγρονομικά Χαρακτηριστικά Καλλιέργειας

4.1.1 Ύψος φυτών

Από τη μελέτη και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων διαπιστώνεται ότι δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (ουρία, compost, μάρτυρας) των φυτών στην καλλιέργεια του σιναπιού (*Brassica nigra* L.), πέρα από την τελευταία μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 124 ημέρες από τη σπορά. Μεγαλύτερη επίδραση είχε η ανόργανη λίπανση με ουρία, ακολούθησε η οργανική λίπανση με compost και ο μάρτυρας χωρίς καμία προσθήκη λιπάσματος. Πιο συγκεκριμένα, η λίπανση με ουρία έδωσε κατά μέσο όρο φυτά ύψους 195,6 cm, η λίπανση με compost 186,0 cm, ενώ στα αγροτεμάχια στα οποία δεν έγινε προσθήκη λιπάσματος, το μέσο ύψος ήταν 183,7 cm. Η εφαρμογή ανόργανου τύπου λίπανσης και το άζωτο συγκεκριμένα συμβάλλουν στη συνολική ανάπτυξη των φυτών της καλλιέργειας του σιναπιού. Οι Keivanrad & Zandi (2012) διαπίστωσαν ότι με την αύξηση της ποσότητας αζώτου στο εκτάριο, αυξανόταν και το μέσο ύψος των φυτών. Από τα αποτελέσματα της τελευταίας

έρευνας βρέθηκε ότι η μέγιστη ποσότητα αζώτου που εφαρμόστηκε (200 kg N ha^{-1}), οδήγησε σε παραγωγή φυτών με μέσο ύψος 139,5 cm, πολύ μικρότερο από το ύψος των φυτών της παρούσας μελέτης, μετά την εφαρμογή της ουρίας (195,6 cm). Η διαφορά αυτή πιθανόν οφείλεται στις διαφορετικές εδαφοκλιματικές συνθήκες των περιοχών στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι μελέτες.

4.1.2 Ξηρό βάρος φυτών

Το συνολικό ξηρό βάρος των φυτών μετά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, φάνηκε να αυξάνεται γρήγορα από τις 109 ημέρες από τη σπορά έως τις 118 ημέρες. Η περίοδος αυτή συμπίπτει με το τέλος της άνθησης και το στάδιο της καρπόδεσης των φυτών του σιναπιού, όπου τα φυτά έχουν τη μέγιστη ανάπτυξή τους. Από τις 118 έως τις 124 ημέρες από τη σπορά το ξηρό βάρος των φυτών δεν αυξήθηκε σημαντικά, σε όλες τις επεμβάσεις λίπανσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η καλλιέργεια άρχισε να μπαίνει στο στάδιο της ωρίμανσης και έτσι άρχισε να επέρχεται η φυσική ξήρανσής της.

Ως προς τις επεμβάσεις λίπανσης, στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων της ουρίας, του compost και του μάρτυρα βρέθηκαν μόνο στις μετρήσεις που έγιναν μετά τις 83 και 109 ημέρες από τη σπορά, ενώ στις υπόλοιπες (60, 118, 124 ΗΑΣ) οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Αναλυτικότερα, στην περίπτωση της ανόργανης λίπανσης με ουρία, το ξηρό βάρος κυμάνθηκε από 0,5–32,2 g (ανά φυτό) ενώ στην περίπτωση της οργανικής λίπανσης με compost, το ξηρό βάρος κυμάνθηκε από 0,4–31,8 g (ανά φυτό). Σύμφωνα με τους Mendham & Salisbury (1995) το υψηλότερο ξηρό βάρος εμφανίστηκε στα φυτά της καλλιέργειας κατά τα τέλη Μαΐου με αρχές Ιουνίου και οι τιμές κυμάνθηκαν από 20–25 g ανά φυτό. Στη δική μας μελέτη την ίδια περίοδο το ξηρό βάρος των φυτών βρέθηκε σχετικά υψηλότερο (η λίπανση με ουρία έδωσε 32,2 g ανά φυτό, η λίπανση με compost έδωσε 31,8 g ανά φυτό και ο μάρτυρας έδωσε 29,0 g ανά φυτό). Η διαφορά αυτή πιθανόν οφείλεται στις διαφορετικές εδαφοκλιματικές συνθήκες των περιοχών στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι μελέτες και στα διαφορετικά είδη σιναπιού που χρησιμοποιήθηκαν.

4.1.3 Ξηρό βάρος φύλλων

Ως προς το ξηρό βάρος των φύλλων της καλλιέργειας του σιναπιού, από τη μελέτη των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε ότι από τις 60 έως τις 118 ημέρες από τη σπορά, η μέση

τιμή του αυξανόταν σε όλες τις επεμβάσεις λίπανσης, ενώ από τις 118 έως τις 124 ημέρες άρχισε να μειώνεται. Η μείωση αυτή οφείλεται στο γεγονός από τις 118 ΗΑΣ και έπειτα τα φυτά του σιναπιού αρχίζουν να βγαίνουν από το στάδιο της ανθοφορίας, να μπαίνουν στο στάδιο της καπρόδεσης και ωρίμανσης, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αριθμός των φύλλων και έτσι το ξηρό βάρος τους ανά φυτό.

Όπως και στην περίπτωση του συνολικού ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος των φυτών, διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων της ουρίας, του compost και του μάρτυρα μόνο στις μετρήσεις που έγιναν μετά τις 83 και 109 ημέρες από τη σπορά, ενώ στις υπόλοιπες (60, 118, 124 ΗΑΣ) οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Στην περίπτωση της ανόργανης λίπανσης με ουρία, το ξηρό βάρος των φύλλων έφτασε τα 3,4 g (ανά φυτό) ενώ στην περίπτωση της οργανικής λίπανσης με compost, η μέση τιμή του ξηρού βάρους έφτασε τα 3,7 g (ανά φυτό), διαφορά στατιστικά μη σημαντική.

4.2 Γεωργικοί Δείκτες Εκτίμησης

4.2.1 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI)

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας, όπως διαπιστώθηκε μετά την μελέτη και ανάλυση των αποτελεσμάτων και στις τρεις επεμβάσεις λίπανσης ακολούθησε από τις 60 έως τις 118 ημέρες από τη σπορά, αυξητική πορεία. Αυτό δικαιολογείται καθώς, η περίοδος αυτή περιλαμβάνει τα στάδια της βλάστησης, της ανάπτυξης των φύλλων, της επιμήκυνσης του στελέχους, της άνθισης και της ανάπτυξης των σπόρων. Από τις 118 ημέρες και έπειτα, παρατηρήθηκε μικρή μείωση του δείκτη LAI και στις τρεις επεμβάσεις λίπανσης. Με την ωριμότητα της ανάπτυξης των καλλιεργειών, το LAI αυξήθηκε λόγω των νεοεμφανιζόμενων φύλλων και στη συνέχεια μειώθηκε βαθμιαία λόγω της γήρανσης των φύλλων προς την ωριμότητα της καλλιέργειας. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν και από τους Banerjee *et al.* (2012) και Mondal *et al.* (2015).

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (ουρία, compost, μάρτυρας) των φυτών στην καλλιέργεια του σιναπιού (*Brassica nigra* L.). Από την ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων του δείκτη LAI, διαπιστώθηκε ότι η μέγιστη τιμή που σημειώθηκε ήταν της τάξης του 4,6 σε όλες τις επεμβάσεις λίπανσης (4,65 στην περίπτωση του μάρτυρα, 4,64 στην περίπτωση της λίπανσης με compost, 4,63 στην περίπτωση της λίπανσης με ουρία). Από τα αποτελέσματα της

έρευνας των Hosseini *et al.* (2006) διαπιστώθηκε ότι ανάλογα με την πυκνότητα σποράς και την ποσότητα αζώτου που εφαρμόστηκε, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας κυμάνθηκε από 3,03–3,87. Η μικρή αυτή διαφορά με τη μέση τιμή του δείκτη LAI της παρούσας μελέτης (4,6), μπορεί να οφείλεται στα διαφορετικά είδη που εξετάστηκαν στις δυο μελέτες (*Brassica nigra* L. και *Brassica napus* L.) καθώς και στις εδαφοκλιματικές συνθήκες κάτω από τις οποίες πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα.

4.2.2 Χρονική Μεταβολή Φυλλικής Επιφάνειας (LAD)

Το LAD μπορεί να οριστεί ως μέτρο της ικανότητας του φυτού να παράγει και να διατηρεί τη φυλλική επιφάνεια και τη συνολική ικανότητα αφομοίωσης (Watson, 1947). Ως προς τις επεμβάσεις λίπανσης, στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων της ουρίας, του compost και του μάρτυρα βρέθηκαν μόνο κατά το χρονικό διάστημα από τις 60 έως τις 83 ημέρες από τη σπορά, ενώ στα επόμενα οι διαφορές δεν ήταν σημαντικές. Όπως φαίνεται στο *Διάγραμμα 9*, στο διάστημα από τις 83 έως τις 109 ΗΑΣ, σημειώθηκαν οι μεγαλύτερες μέσες τιμές του δείκτη. Πιο συγκεκριμένα στα αγροτεμάχια όπου εφαρμόστηκε compost ο δείκτης LAD πήρε τη μέση τιμή 115,8, σε αυτά όπου εφαρμόστηκε ουρία τη μέση τιμή 100,5, ενώ στην περίπτωση του μάρτυρα, 114,1. Ο αυξημένος ρυθμός LAD μπορεί να αποδοθεί στην αύξηση του ποσοστού συσσώρευσης ξηράς ουσίας από τα φυτά της καλλιέργειας σε όλες τις επεμβάσεις λίπανσης. Η υψηλότερη τιμή LAD στα μεταγενέστερα στάδια της ωρίμανσης της καλλιέργειας αποδίδεται στη χρήση των λιπασμάτων σύμφωνα με τους Mondal *et al.* (2015). Από τα αποτελέσματα των ερευνών των Banerjee *et al.* (2012) παρατηρήθηκε πως η τιμή του δείκτη LAR παρουσίασε μια πτωτική πορεία στα διάφορα στάδια της ανάπτυξης της καλλιέργειας (30 ΗΑΣ-45 ΗΑΣ-60 ΗΑΣ).

4.2.3 Ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας (CGR)

Ο ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας (CGR) δείχνει τη μεταβολή του ξηρού βάρους σε μία δεδομένη χρονική περίοδο (Watson, 1958). Από τη μελέτη και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων διαπιστώνεται ότι δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης των φυτών στην καλλιέργεια του σιναπιού, πέρα από το διάστημα των 83 έως 109 ΗΑΣ, όπου βρέθηκαν στατιστικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης με compost και του μάρτυρα. Σύμφωνα με το *Διάγραμμα 10*, ο ρυθμός ανάπτυξης CGR αρχικά παρουσίασε αύξηση ενώ στη συνέχεια, με την πάροδο του

χρόνου άρχισε να μειώνεται. Αναλυτικότερα στην περίπτωση του μάρτυρα στο χρονικό διάστημα από τις 109 έως τις 118 ημέρες από τη σπορά, η τιμή του δείκτη CGR μειώθηκε, ενώ στις περιπτώσεις των επεμβάσεων με ουρία και compost, συνέχισε να αυξάνεται και μειώθηκε στο διάστημα από τις 118 έως τις 124 ΗΑΣ.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας των Mondal *et al.* (2015) διαπιστώθηκε ότι σε καλλιέργεια μουστάρδας (*Brassica campestris* cv.B9), η επέμβαση με συνδυασμό NPK και vermicompost, έδωσε τις υψηλότερες τιμές CGR σε δύο διαδοχικά πειραματικά έτη. Όταν το LAI είναι μεγάλο για να παρεμποδίσει το 95% του ηλιακού φωτός, τότε το φυτό αποκτά τον βέλτιστο ρυθμό ανάπτυξης CGR και επίσης η μεγαλύτερη παρεμπόδιση φωτός αυξάνει το CGR το οποίο με τη σειρά του αυξάνει τη συνολική ξηρά ουσία και το LAI. Μεγαλύτερο LAI προκαλεί υψηλότερη παρεμπόδιση φωτός που ενισχύει περαιτέρω το CGR και συνεπώς οδηγεί σε αύξηση της απόδοσης (Datta *et al.*, 2012).

4.2.4 Σχετικός ρυθμός ανάπτυξης (RGR)

Ο σχετικός ρυθμός ανάπτυξης των καλλιεργειών (RGR) αποτελεί μέτρο της αύξησης του μεγέθους, της μάζας ή του αριθμού των καλλιεργειών σε μια χρονική περίοδο. Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε ότι δε σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης στην καλλιέργεια. Οι μεγαλύτερες τιμές του σχετικού ρυθμού ανάπτυξης RGR παρατηρήθηκαν στο χρονικό διάστημα από τις 60 έως τις 83 ΗΑΣ για τις επεμβάσεις της ουρίας και του compost ($1,10 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ και $0,09 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ αντίστοιχα) ενώ στην περίπτωση του μάρτυρα η μεγαλύτερη μέση τιμή σημειώθηκε στο διάστημα από τις 83 έως τις 109 ΗΑΣ ($0,08 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$).

Τα αποτελέσματα των Patel *et al.* (1996) έδειξαν ότι το βέλτιστο επίπεδο αζώτου για το δείκτη RGR ήταν 50 kg ha^{-1} , ενώ παρατηρήθηκε μείωση του RGR όταν τα επίπεδα N αυξήθηκαν πέρα από αυτό. Ομοίως, το RGR μειώθηκε πέραν των 50 ΗΑΣ. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται στη σκίαση των φύλλων σε ένα μεταγενέστερο στάδιο ανάπτυξης των καλλιεργειών, η οποία επηρεάζει την παρεμπόδιση του φωτός και συνεπώς τη μείωση του RGR. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με τα αντίστοιχα της παρούσας μελέτης, καθώς (όπως φαίνεται και στο *Διάγραμμα 11.*) ο δείκτης παρουσιάζει σταδιακή μείωση από τα μέσα περίπου του βιολογικού κύκλου της καλλιέργειας και στις δύο επεμβάσεις λίπανσης (ουρία, compost).

4.2.5 Απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης (AGR)

Ο Απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης (AGR) είναι η συνάρτηση της ποσότητας της αναπτυσσόμενης φυτικής ύλης και επηρεάζεται από το περιβάλλον (Radford, 1967). Αναφέρεται στο μέγεθος ενός φυτού και αντιπροσωπεύει την αύξηση της μάζας του ανά μονάδα χρόνου. Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε ότι και στις τρεις επεμβάσεις λίπανσης (ουρία, compost, μάρτυρας) στο χρονικό διάστημα από τις 60 έως τις 109 ΗΑΣ, ο απόλυτος ρυθμός ανάπτυξης αυξανόταν με γρήγορο ρυθμό και στη συνέχεια άρχισε να μειώνεται, μέχρι τις 124 ημέρες από τη σπορά. Η πορεία αυτή της εξέλιξης του δείκτη AGR είναι απολύτως φυσιολογική καθώς το ύψος των φυτών της καλλιέργειας του σιναπιού αυξανόταν με γρήγορο ρυθμό μέχρι τις 109 ΗΑΣ (στάδια βλαστητικής ανάπτυξης και επιμήκυνσης του στελέχους) ενώ στη συνέχεια μπαίνοντας στα στάδια της άνθισης, καρπόδεσης και ωρίμανσης, ο ρυθμός αύξησης του ύψους των φυτών ήταν μικρός και έτσι και ο δείκτης.

Όσον αφορά την επίδραση των επεμβάσεων λίπανσης, όπως διαπιστώνεται από τα αποτελέσματα και το *Διάγραμμα 12.*, η λίπανση με ουρία ήταν αυτή που εμφάνισε σχετικά υψηλότερες μέσες τιμές του δείκτη AGR, ακολούθησε η λίπανση με compost και τελευταίος ήταν ο μάρτυρας. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης.

4.2.6 Δείκτης βάρους φύλλων (LWR)

Ο Δείκτης βάρους φύλλων (LWR) εκφράζεται ως ο λόγος του ξηρού βάρους των φύλλων ενός φυτού προς το ξηρό βάρος ολόκληρου του φυτού (Kvet *et al.*, 1971). Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων της ουρίας, του compost και του μάρτυρα διαπιστώθηκαν μόνο στις 124 ημέρες από τη σπορά. Στα αγροτεμάχια όπου δεν έγινε προσθήκη κάποιου λιπάσματος (μάρτυρας) ο λόγος βάρους φύλλων παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές του και ακολούθησαν οι επεμβάσεις με compost και ουρία. Στις 60 ημέρες από τη σπορά σημειώθηκαν οι υψηλότερες τιμές του δείκτη LWR και συγκεκριμένα στα αγροτεμάχια του μάρτυρα ήταν κατά μέσο όρο $0,44 \text{ g g}^{-1}$, του compost $0,41 \text{ g g}^{-1}$ και της ουρίας $0,44 \text{ g g}^{-1}$. Από την άλλη στις 124 ημέρες από τη σπορά σημειώθηκαν οι χαμηλότερες τιμές του δείκτη βάρους φύλλων (στα αγροτεμάχια του compost ήταν κατά μέσο όρο $0,10 \text{ g g}^{-1}$, του μάρτυρα $0,08 \text{ g g}^{-1}$ και της ουρίας $0,06 \text{ g g}^{-1}$). Πρέπει να σημειωθεί ότι καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας του σιναπιού, ο δείκτης μειώνεται. Αυτό συμβαίνει καθώς με την πάροδο του χρόνου, αυξάνεται το ξηρό

βάρος (βιομάζα) των φυτών και παράλληλα μειώνεται το ξηρό βάρος των φύλλων, εξαιτίας της φυσιολογικής πτώσης τους.

4.2.7 Λόγος μεταβολής φωτός (LTR)

Ο λόγος μεταβολής φωτός ορίζεται ως ο λόγος του κβαντικού φωτός που παρεμποδίζεται από την καλλιέργεια μεταξύ του άνω και κάτω μέρους του φυλλώματός της. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης των φυτών στην καλλιέργεια του σιναπιού (*Brassica nigra* L.). Από την ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων του δείκτη (Διάγραμμα 14.) παρατηρήθηκε ότι ο δείκτης LTR με την πάροδο του χρόνου άρχισε να μειώνεται και στις τρεις επεμβάσεις λίπανσης (ουρία, compost, μάρτυρας). Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι στην περίπτωση του μάρτυρα στις 124 ημέρες από τη σπορά παρατηρήθηκε μία αύξηση στη μέση τιμή του δείκτη. Η λίπανση με ουρία έδωσε κατά μέσο όρο τις υψηλότερες τιμές του δείκτη σε σχέση με το compost και το μάρτυρα (στις 60 ΗΑΣ έδωσε τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη, 41,0).

4.2.8 Συντελεστής παρεμπόδισης φωτός (k)

Ο συντελεστής παρεμπόδισης φωτός (k) ισούται με το λόγο του φωτός που παρεμποδίζεται από την καλλιέργεια μεταξύ του άνω και κάτω μέρους του φυλλώματός της. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης των φυτών στην καλλιέργεια του σιναπιού (*Brassica nigra* L.). Από την ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων (Διάγραμμα 15.) διαπιστώθηκε ότι ο δείκτης k με την πάροδο του χρόνου άρχισε να μειώνεται και στις τρεις επεμβάσεις λίπανσης (ουρία, compost, μάρτυρας). Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ερευνών των Zhang *et al.* (2014), οι οποίοι αναφέρουν ότι χαμηλές τιμές του συντελεστή παρεμπόδισης φωτός υποδηλώνουν ότι μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας μπορεί να φτάσει στο κάτω μέρος της καλλιέργειας, ενώ υψηλές τιμές του δείκτη υποδηλώνουν ότι μόνο ένα μικρό μέρος της ηλιακής ακτινοβολία μπορεί να διεισδύσει στο κάτω μέρος της. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι στην περίπτωση του μάρτυρα στις 124 ημέρες από τη σπορά παρατηρήθηκε μία αύξηση στη μέση τιμή του δείκτη. Η λίπανση με ουρία έδωσε κατά μέσο όρο τις υψηλότερες τιμές του δείκτη σε σχέση με το compost και το μάρτυρα (στις 60 ΗΑΣ έδωσε τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη, 1,70).

Μελέτες έχουν δείξει ότι ο συντελεστής παρεμπόδισης φωτός (k) σχετίζεται με τη γωνία κλίσης του φύλλου, τη διάταξη των φύλλων, το δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI), παρέχοντας ένδειξη της αποτελεσματικότητας των φυτών στην παρεμπόδιση της ακτινοβολίας (Bernardes *et al.*, 2011). Οι Yunusa *et al.* (1993) διαπίστωσαν ότι μια υψηλότερη τιμή του k θα μπορούσε να αποδοθεί σε μια πιο ομοιόμορφη κατανομή της φυλλικής επιφάνειας και μία απλούστερη αρχιτεκτονική του θόλου της καλλιέργειας. Ακόμη οι Aduloju *et al.* (2009) επισήμαναν ότι μετά τη χρήση βιολογικών λιπασμάτων το ποσοστό παρεμπόδισης της ηλιακής ακτινοβολίας από τα φυτά της καλλιέργειας αυξήθηκε, και αυτό συνέβαλε στην αειφορική ανάπτυξή τους.

4.2.9 Δείκτης αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους (DME)

Ο Δείκτης αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους (DME) ισούται με το ποσοστό της ξηράς ουσίας που συσσωρεύεται στους σπόρους προς τη συνολική ξηρά ουσία που παράγεται καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο δείκτης προσδιορίστηκε την τελευταία μέρα της καλλιεργητικής περιόδου (145 ημέρες από τη σπορά).

Από την ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων του δείκτη DME, διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης στην καλλιέργεια του σιναπιού. Πιο συγκεκριμένα, στα αγροτεμάχια στα οποία δεν έγινε προσθήκη λιπάσματος (μάρτυρας) η μέση τιμή του δείκτη αποτελεσματικότητας ξηρού βάρους υπολογίστηκε 151,2, στα αγροτεμάχια όπου εφαρμόστηκε οργανικό λίπασμα με compost η μέση τιμή υπολογίστηκε 148,5 ενώ σε αυτά όπου εφαρμόστηκε ανόργανο λίπασμα με ουρία η μέση τιμή ήταν 107,0.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη των Deban & Conrad (1974) έδειξαν ότι η εφαρμογή αζωτούχου λιπάσματος έδωσε αυξημένη συνολική παραγωγή φυτών μουστάρδας, σε σχέση με τα αγροτεμάχια στα οποία δεν είχε προστεθεί λίπανση (μάρτυρας).

Συμπερασματικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι οι διαφορετικοί τύποι λίπανσης δεν παρουσίασαν σημαντικά στατιστικές διαφορές. Συγκεκριμένα η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι δεν επηρεάζονται όλες οι παράμετροι ανάπτυξης της καλλιέργειας με τον ίδιο τρόπο από τις επεμβάσεις της λίπανσης.

Ειδικότερα, στην επέμβαση με τη χρήση του ανόργανου λιπάσματος (ουρία) παρατηρήθηκαν ότι τα φυτά ανέπτυξαν μεγαλύτερο ύψος, με μεγαλύτερο ξηρό βάρος και εμφάνισαν υψηλότερες τιμές στους δείκτες AGR, LTR και k. Στη μέτρηση του οργανικού λιπάσματος (compost) στα φυτά του σιναπιού παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές στους δείκτες LAI, CGR, RGR, LWR, LAD και DME. Ο μάρτυρας παρουσίασε γενικά χαμηλές τιμές στους δείκτες αυτούς, οι οποίες όμως σε πολλές περιπτώσεις ανταγωνίζονταν με τις δύο επεμβάσεις λίπανσης, συμβαδίζοντας ουσιαστικά με το ανόργανο και το οργανικό λίπασμα.

Αξιοσημείωτο αποτελεί το γεγονός ότι ο βιολογικός κύκλος της καλλιέργειας στην παρούσα μελέτη, διήρκεσε 144 ημέρες, ενώ στις χώρες παραγωγής του είδους *Brassica nigra* L. δεν ξεπερνούσε συνήθως τις 100 ημέρες. Η παρατήρηση αυτή μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα για περαιτέρω έρευνες, ώστε να προσδιοριστεί η καταλληλότερη ημερομηνία σποράς της καλλιέργειας στη χώρα μας και να επιτευχθεί η συντομότερη διάρκεια του βιολογικού του κύκλου.

Τέλος, ένα επιπλέον θέμα για περαιτέρω μελέτες στη χώρα μας αποτελεί ο προσδιορισμός των συστατικών του ελαίου καθώς και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες αναπτύσσεται η καλλιέργεια και πώς αυτές την επηρεάζουν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη βιβλιογραφία

- Ahmad, A., Abraham, G., Gandotra, N., Abrol, Y.P. & Abdin, M.Z., 1998. Interactive Effect of Nitrogen and Sulphur on Growth and Yield of Rape-seed-Mustard (*Brassica juncea* L. Czern. and Coss. and *Brassica campestris* L.) Genotypes. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 181(4), pp. 193-199. doi:10.1111/j.1439-037x.1998.tb00417.x
- Ahmad, L., Habib Kanth, R., Parvaze, S. & Sheraz Mahdi, S., 2017. Growing degree days to forecast crop stages. *Experimental Agrometeorology: A Practical Manual*, pp. 95-98. doi:10.1007/978-3-319-69185-5_14
- Alam, M.B., Hossain, M.S. & Haque, M.E., 2011. Antioxidant and anti-inflammatory activities of the leaf extract of *Brassica nigra*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2(2), pp. 303-310.
- Al-Shehbaz, I.A., 2011. Brassicaceae (mustard family). In: *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. Wiley, Chichester. doi:10.1002/9780470015902.a0003690.pub2
- Al-Shehbaz, I.A., Beilstein, M.A. & Kellogg, E.A., 2006. Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): an overview. *Plant Syst. Evol*, 259, pp. 89–120.
- Al-Snafi, A.E., 2015. Therapeutic properties of medicinal plants: A review of plants with antidiabetic effects (Part 1). *Journal of Pharmaceutical Biology*, 5(3), pp. 18-229.
- Amooaghaie, R., Tabatabaei, F. & Ahadi, A., 2015. Role of hematin and sodium nitroprusside in regulating *Brassica nigra* seed germination under nanosilver and silver nitrate stresses. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 113, pp. 259–270. doi:10.1016/j.ecoenv.2014.12.017
- Amooaghaie, R., Tabatabaei, F. & Ahadi, A., 2018. Alterations in *HO-1* expression, heme oxygenase activity and endogenous NO homeostasis modulate antioxidant responses of *Brassica nigra* against nano silver toxicity. *Journal of Plant Physiology*, 228, pp. 75–84. doi:10.1016/j.jplph.2018.01.012
- Anand, P., Murali, K.Y., Tandon, V., Chandra, R. & Murthy, P.S., 2007. Preliminary studies on antihyperglycemic effect of aqueous extract of *Brassica nigra* (L.) Koch in streptozotocin induced diabetic rats. *Indian Journal of Experimental Biology*. 45(8), pp. 696-701.
- Anand, P., Murali, K.Y., Tandon, V., Murthy, P.S. & Chandra, R., 2008. Insulinotropic effect of aqueous extract of *Brassica nigra* improves glucose homeostasis in streptozotocin induced diabetic rats. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*, 117(06), pp. 251–256. doi:10.1055/s-2008-1080917
- Badrul, A.M., Sarowar, H.M. & Ekramul H.M., 2012. Antioxidant and anti-inflammatory activities of the leaf extract of *Brassica nigra*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2(2), pp. 303-310.

- 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
- Banerjee, A., Datta, J.K. & Mondal, N.K., 2012. Changes in morpho-physiological traits of mustard under the influence of different fertilizers and plant growth regulator cycocel. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 11(2), pp. 89-97. doi:10.1016/j.jssas.2011.11.001
- Bartnik, M. & Facey, P.C., 2017. Glycosides. *Pharmacognosy*, pp. 101–161. doi:10.1016/b978-0-12-802104-0.00008-1
- Basha, S.N., Rekha, R., Saleh, S. & Yemane, S., 2011. Evaluation of Invitro anthelmintic activities of *Brassica nigra*, *Ocimum basilicum* and *Rumex abyssinicus*. *Pharmacognosy Journal*, 3(20), pp. 88–92. doi:10.5530/pj.2011.20.17
- Bell, D.T. & Muller, C.H., 1973. Dominance of California Annual Grasslands by *Brassica nigra*. *American Midland Naturalist*, 90(2), pp. 277. doi:10.2307/2424453
- Bernardes, C.O., Silva Martins, C.A., Lopes, F.S., Rocha, M.J.R., Xavier, T.M.T., 2011. Leaf area, leaf area index and light extinction coefficient for taro culture enciclopédia biosfera, *Centro Científico Conhecer - Goiânia*, 7(12), pp. 1-9.
- Blackman, V.H., 1919. The Compound Interest Law and Plant Growth. *Annals of Botany*, 33(3), pp. 353–360. doi: 10.1093/oxfordjournals.aob.a089727
- Blackman, V.H., 1919. The compound interest law and plant growth. *Annals of Botany*, 33, pp. 353-360.
- Bonan, G.B., 1993. Importance of leaf area index and forest type when estimating photosynthesis in boreal forests. *Remote Sensing of Environment*, 43, pp. 303-314.
- Burkill I.H., 1966. A dictionary of the economic products of the Malay Peninsula. Revised reprint of the 1935 edition. Kuala Lumpur, Malaysia: Ministry of Agriculture and Cooperatives, pp. 361-363.
- Campbell, G.S., 1986. Extinction coefficients for radiation in plant canopies calculated using an ellipsoidal inclination angle distribution. *Agric Meteorol*, 36(4), pp. 317–321.
- Capinera, J.L., 2001. Order Lepidoptera-Caterpillars, Moths and Butterflies. *Handbook of Vegetable Pests*, pp. 353–510. doi:10.1016/b978-012158861-8/50011-9
- Chan, K., Zhang, H.W. & Lin, Z.X., 2014. Treatments Used in Complementary and Alternative Medicine. *A Worldwide Yearly Survey of New Data in Adverse Drug Reactions*, pp. 717–724. doi:10.1016/b978-0-444-63407-8.00048-4
- Chen, S., Nelson, M.N., Chèvre, A.-M., Jenczewski, E., Li, Z., Mason, A.S., Meng, J., Plummer, J.A., Pradhan, A., Siddique, K.H.M., Snowden, R.J., Yan, G., Zhou, W. & Cowling, W.A., 2011. Trigenomic bridges for Brassica improvement. *Crit. Rev. Plant Sci.* 30, pp. 524–547.
- Chevre, A.M., This, P., Eber, E., Deschamps, M., Renard, M., Delseny M. & Quiros, C.E., 1991. Characterization of disomic addition lines *Brassica napus* -

Brassica nigra by isozyme, fatty acid, and RFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 81, pp. 43–49.

- Chung, S.-K., Osawa, T. & Kawakishi, S., 1997. Hydroxyl Radical-scavenging Effects of Spices and Scavengers from Brown Mustard (*Brassica nigra*). *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 61(1), pp. 118–123. doi:10.1271/bbb.61.118
- Dalgetty, D.D., Baik, B.-K. & Swanson, B.G., 2003. Pulses. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, pp. 4880–4887. doi:10.1016/b0-12-227055-x/00990-1
- Datta, J.K., Ghosh, A., Banerjee, A. & Mondal, N.K., 2012. Biochemical response of selected plant species under air pollution stress. *Ecol. Environ. Conserv.*, 18, pp. 957–962.
- DeBano, L.F. & Conrad C.E., 1974. Effect of a wetting agent and nitrogen fertilizer on establishment of ryegrass and mustard on a burned watershed. *Journal of Range Management*, 27(1).
- Dixelius, C., 1994. Presence of the pathogenesis-related proteins 2, Q and S in stressed *Brassica napus* and *B. nigra* plantlets. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 44(1), pp. 1–8. doi:10.1016/s0885-5765(05)80090-6
- 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.
- Easterling, W.E. & Kates, R.W., 1995. Indexes of leading climate indicators for impact assessment. *Climatic Change*, 31(2-4), pp. 623–648. doi:10.1007/bf01095164
- Esparza, A.M., Gowda, P.H., Baumhardt, R.L., Marek, T.H. & Howell, T.A., 2007. Agronomy and soils. Heat Unit Availability for Cotton Production in the Ogallala Aquifer Region of the United States. *The Journal of Cotton Science*, 11, pp. 110–117.
- Evans, W.C., 2007. Trease and Evans Pharmacognosy. 15th Ed. *New Delhi. Elsevier*, pp. 330.
- Fahey, J.W., 2003. Brassicas. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, pp. 606–615. doi:10.1016/b0-12-227055-x/00118-8
- Fenwick, G.R., Heaney, R.K. & Mullin, W.J., 1982. Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 18(2), pp.123–201.
- Feroz, 2018. Purification and characterization of a cystatin like thiol protease inhibitor from *Brassica nigra*.

- Fisher, R.A., 1921. Statistical method for research works. Oliver and Boyd and Co. Inc. Endinburgh, United Kingdom.
- Franzke, A., Lysak, M.A., Al-Shehbaz, I.A., Koch, M.A. & Mummenhoff, K., 2011. Cabbage family affairs: the evolutionary history of Brassicaceae. *Trends Plant Sci.*, 16, pp. 108–116.
- Genov, N., Goshev, I., Nikolova, D., Nikolova Georgieva, D., Filippi, B. & Svendsen, I., 1997. A novel thermostable inhibitor of trypsin and subtilisin from the seeds of *Brassica nigra*: amino acid sequence, inhibitory and spectroscopic properties and thermostability. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Protein Structure and Molecular Enzymology*, 1341(2), pp. 157–164. doi:10.1016/s0167-4838(97)00049-6
- Ghani, A., 2003. Medicinal Plants of Bangladesh. *Asiatic Society of Bangladesh, Dhaka*, pp. 22.
- Ghani, M.A., Li, J., Rao, L., Raza, M.A., Cao, L., Yu, N., ... Chen, L., 2015. The high-throughput sequencing of small RNAs profiling in wide hybridisation and allopolyploidisation between *Brassica rapa* and *Brassica nigra*. *Genomics Data*, 3, pp. 1–3. doi:10.1016/j.gdata.2014.10.021
- Giansoldati, V., Tassi, E., Morelli, E., Gabellieri, E., Pedron, F. & Barbafieri, M. 2012. Nitrogen fertilizer improves boron phytoextraction by *Brassica juncea* grown in contaminated sediments and alleviates plant stress. *Chemosphere*, 87(10), pp. 1119-1125. doi:10.1016/j.chemosphere.2012.02.005
- Goulding, K., Jarvis, S. & Whitmore, A., 2008. Optimizing nutrient management for farm systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), pp. 667–680. doi:10.1098/rstb.2007.2177
- Grigorieva, E.A., Matzarakis, A. & Freitas C.R., 2010. Analysis of growing degree-days as a climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude. *Climate Research*, 42, pp. 143–154. doi: 10.3354/cr00888
- Grime, J.P. & Hunt, R., 1975. Relative growth rate: its range and adaptive significance in a local flora. *Journal of Ecology*, 63, pp. 393-422.
- 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.*, *Brassica sp.*) seeds. *Journal of Agricultural Science in Finland*, 58, pp. 157-162.
- Hemingway, J.S, 1995. Mustards. In: Smartt J, Simmonds NW (Eds). Evolution of crop plants. 2nd edition. Harlow, UK: Longman Scientific & Technical, pp. 82-86.
- Holmes M.R.J., 1980. Nutrition of the Oilseed Rape Crop. Applied Science Publishers, Barking, Essex, UK.
- Hosseini, N. Majnoun, Alizadeh, H.M., Ahmadi, H. & Malek, 2006. Effects of Plant Density and Ni trogen Rates on the Competitive Ability of Canola (*Brassica napus* L.) against Weeds. *J. Agric. Sci. Technol.*, 8, pp. 281-291.
- Hughes, A.P. & Freeman, P.R., 1967. Growth Analysis Using Frequent Small Harvests. *The Journal of Applied Ecology*, 4(2), pp. 553. doi:10.2307/2401356

- Hunt, R., 1982. Plant Growth Curves: The Functional Approach to Plant Growth Analysis. Edward Arnold, London.
- Hussein, E.A., Taj-Eldeen, A.M., Al-Zubairi, A.S., Elhakimi, A.S. & Al-Dubaie, A.R., 2010. Phytochemical Screening, Total Phenolics and Antioxidant and Antibacterial Activities of Callus from *Brassica nigra* L. Hypocotyl Explants. *International Journal of Pharmacology*, 6(4), pp. 464-471.
- Jahangir, M., Kim, H.K., Choi, Y.H. & Verpoorte, R., 2009. Health-affecting compounds in Brassicaceae. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*, 8, pp. 31–43.
- Jaradat, A.A., 2016. Breeding Oilseed Crops for Climate Change. *Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production*, pp. 421-472. doi:10.1016/b978-0-12-801309-0.00018-5
- Karimi, M.M. & Siddique, K.H.M., 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42(1), pp. 13. doi:10.1071/ar9910013
- Keivanrad, S. & Zandi, P., 2014. Effect of nitrogen levels on growth, yield and oil quality of indian mustard grown under different plant densities. *Cercetari Agronomice in Moldova*, 47(1), pp. 81-95. doi:10.2478/cerce-2014-0009
- Khaling, E., Papazian, S., Poelman, E.H., Holopainen, J.K., Albrechtsen, B.R. & Blande, J.D., 2015. Ozone affects growth and development of *Pieris brassicae* on the wild host plant *Brassica nigra*. *Environmental Pollution*, 199, pp. 119–129. doi:10.1016/j.envpol.2015.01.019
- Khaliq, B., Falke, S., Negm, A., Buck, F., Munawar, A., Saqib, M., ... Akrem, A., 2017. SAXS and other spectroscopic analysis of 12S cruciferin isolated from the seeds of *Brassica nigra*. *Journal of Molecular Structure*, 1137, pp. 60–66. doi:10.1016/j.molstruc.2017.02.043
- Kirtikar, K.R. & Basu, B.D., 2005. Indian Medicinal Plants. 2nd Ed. Vol. I. Dehradun (India). *International Book Distributors*, pp. 168-170.
- Klebs, G., 1885. Beitrage zur Morphologie und Biologie der Keimung. *Untersuchungen Botanische Institut Tubingen*, 1, pp. 536-655.
- Kokate, C.K., Purohit, A.P. & Gokhale, S.B., 2007. Pharmacognosy. 39th Ed. *Pune. Nirali Prakashan*, pp. 229-230, 293-294.
- Kontadakis, G.A., Plaka, A., Fragou, D., Kymionis, G.D. & Tsatsakis, A.M., 2014. Ocular biomarkers in diseases and toxicities. *Biomarkers in Toxicology*, pp. 317-324. doi:10.1016/b978-0-12-404630-6.00019-1
- Kukal, M.S. & Irmak, S., 2018. U.S. Agro-Climate in 20th Century: Growing Degree Days, First and Last Frost, Growing Season Length, and Impacts on Crop Yields. *Scientific Reports*, 8(1). doi:10.1038/s41598-018-25212-2
- Kumar A., Kumar, D.M., Jangra, M. & Kumar, N., 2018. Growth and development of rapeseed mustard and other field crops under different sowing dates. *Department of Botany and Plant physiology*, 6(6), pp. 144-156.
- Latiri-Souki, K., Nortcliff, S. & Lawlor, D., 1998. Nitrogen fertilizer can increase dry matter, grain production and radiation and water use efficiencies for durum

wheat under semi-arid conditions. *European Journal of Agronomy*, 9(1), pp. 21–34. doi:10.1016/s1161-0301(98)00022-7

- Li, L.-F. & Olsen, K.M., 2016. To Have and to Hold. *Current Topics in Developmental Biology*, pp. 63–109. doi:10.1016/bs.ctdb.2016.02.002
- Liu, B., Mao, Q., Cao, M. & Xie, L., 2012. Cruciferous vegetables intake and risk of prostate cancer: a meta-analysis. *Int. J. Urol.*, 19, pp. 134–141.
- Liu, B., Mao, Q., Lin, Y., Zhou, F. & Xie, L., 2013a. The association of cruciferous vegetables intake and risk of bladder cancer: a meta-analysis. *World J. Urol.*, 31, pp. 127–133.
- Liu, B., Mao, Q., Wang, X., Zhou, F., Luo, J., Wang, C., Lin, Y., Zheng, X., Xie, L., 2013b. Cruciferous vegetables consumption and risk of renal cell carcinoma: a meta-analysis. *Nutr. Cancer*, 65 (5), pp. 668–676.
- Liu, X., Lv, K., 2013. Cruciferous vegetables intake is inversely associated with risk of breast cancer: a meta-analysis. *Breast*, 22, pp. 309–313.
- Loo, M., 2009. Alternative Systems. *Integrative Medicine for Children*, pp. 58–72. doi:10.1016/b978-141602299-2.10005-2
- Matai, S., Bagchi, D.K. & Chandra, S., 1973. Optimal seed rate and fertilizer dose for maximum yield of extracted protein from the leaves of mustard (*Brassica nigra* Koch) and turnip (*Brassica rapa* L.). *Indian J. Agr. Sci.*, 43(2), pp. 165–169.
- Meyer, G.A., 2000. Interactive effects of soil fertility and herbivory on *Brassica nigra*. *Oikos*, 88(2), pp. 433–441. doi:10.1034/j.1600-0706.2000.880221.x
- Miller, P., Lanier, W. & Brandt, S., 2018. Using growing degree days to predict plant stages. *Montana State University*.
- Miri, H.R., 2007. Morphophysiological basis of variation in rapeseed (*Brassica napus* L.) yield. *International Journal of Agriculture & Biology*, 9(5).
- Mondal, T., Datta, J.K. & Mondal, N.K., 2017. Chemical fertilizer in conjunction with biofertilizer and vermicompost induced changes in morpho-physiological and bio-chemical traits of mustard crop. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(2), pp. 135–144. doi:10.1016/j.jssas.2015.05.001
- Monsi, M. & Saeki, T., 1953. Über den Lichtfaktor in den P flanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jpn J Bot*, 14, pp. 22–52 (in German).
- Monteith, J.L., 1977. Climate and the efficiency of crop production. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. B* 281, pp. 277–294.
- Murillo, G. & Mehta, R.G., 2001. Cruciferous vegetables and cancer prevention. *Nutr. Cancer*, 41, pp. 17–28.
- Murren, C.J., Pendleton, N. & Pigliucci, M., 2002. Evolution of phenotypic integration in Brassica (Brassicaceae). *American Journal of Botany*, 89(4), pp. 655–663. doi:10.3732/ajb.89.4.655
- Nadkarni, K.M., 1994. Indian Materia Medica. 3rd Ed. Vol. I. Delhi. *Chaukhamba Orientalia*, pp. 216–217.

- Nauman, S.M. & Mohammad, I., 2015. Role of Khardal (*Brassica nigra*) in Non-Communicable Diseases: An Overview. *Int. J. Drug Dev. & Res*, 7 (1), pp. 137-144.
- O’Kane, S.L., 2001. Brassicaceae, *Molecular Systematics and Evolution of. Encyclopedia of Genetics*, pp. 237-238. doi:10.1006/rwgn.2001.1717
- Obi, R.K., Nwanebu, F.C., Ndubuisi, U.U. & Orji, N.M., 2009. Antibacterial qualities and phytochemical screening of the oils of *Curcubita pepo* and *Brassica nigra*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(5), pp. 429-432.
- Oduor, A.M.O., Lankau, R.A., Strauss, S.Y. & Gómez, J.M., 2011. Introduced *Brassica nigra* populations exhibit greater growth and herbivore resistance but less tolerance than native populations in the native range. *New Phytologist*, 191, pp. 536–544.
- Palle-Reisch, M., Cichna-Markl, M. & Hochegger, R., 2014. Development and validation of a duplex real-time PCR assay for the simultaneous detection of three mustard species (*Sinapis alba*, *Brassica nigra* and *Brassica juncea*) in food. *Food Chemistry*, 153, pp. 66–73. doi:10.1016/j.foodchem.2013.12.035
- Pandey, R., Paul, V., Das, M., Meena, M. & Meena, R.C., 2017. Plant Growth Analysis. Division of Plant Physiology, *Indian Agricultural Research Institute (IARI)*, pp. 103-107. doi:10.13140/RG.2.2.21657.72808
- Patel, R. H., Meisheri, T. G. & Patel, J. R., 1996. Analysis of Growth and Productivity of Indian Mustard (*Brassica juncea*) in Relation to FYM, Nitrogen and Source of Fertilizer. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 177(1), pp. 1–8. doi:10.1111/j.1439-037x.1996.tb00585.x
- 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
- Pikaard, C.S., Preuss, S., Earley, K., Lawrence, R.J., Lewis, M.S. & Chen, Z.J., 2005. Detecting Differential Expression of Parental or Progenitor Alleles in Genetic Hybrids and Allopolyploids. *Molecular Evolution: Producing the Biochemical Data*, pp. 554–569. doi:10.1016/s0076-6879(05)95029-5
- Pouzet, Kimber, D. & McGregor, D.I., 1995. Brassica Oilseeds. Production and Utilization. *CAB INTERNATIONAL*. pp. 66,71, 86.
- Power, J.F., Willis, W.O., Grunes, D.L. & Reichman, G.A., 1967. Effect of Soil Temperature, Phosphorus, and Plant Age on Growth Analysis of Barley. *Agronomy Journal*, 59(3), pp. 231. doi:10.2134/agronj1967.000219620059
- Radford, P.J., 1967. Growth Analysis Formulae-Their Use and Abuse1. *Crop Science*, 7(3), pp. 171. doi:10.2135/cropsci1967.0011183x000700030001x
- Rajamurugan, R., Selvaganabathy, N., Kumaravel, S., Ramamurthy, C., Sujatha, V. & Thirunavukkarasu, C., 2012. Polyphenol contents and antioxidant activity of *Brassica nigra* (L.) Koch. leaf extract. *Natural Product Research*, 26(23), pp. 2208–2210. doi:10.1080/14786419.2011.637215

- Rashid, M.M., Moniruzzaman, M., Masud, M.M., Biswas, P.K. & Hossain M.A. 2010. Growth parameters of different mustard (*Brassica campestris* L) varieties as effected by different levels of fertilizers. *Bull. Inst. Trop. Agr., Kyushu Univ.*, 33, pp. 73-81.
- Redford, P.J., 1967. Growth analysis formulae their use and abuse. *Crop Sci.*, 7, pp. 171-175.
- Reyes-Jurado, F., Cervantes-Rincón, T., Bach, H., López-Malo, A. & Palou, E., 2019. Antimicrobial activity of Mexican oregano (*Lippia berlandieri*), thyme (*Thymus vulgaris*), and mustard (*Brassica nigra*) essential oils in gaseous phase. *Industrial Crops and Products*, 131, pp. 90-95.
- Rodgers, C.O. & Barneix, A.J., 1988. Cultivar differences in the rate of nitrate intake by intact wheat plants as related to growth rate. *Physiologia Plantarum*, 72, pp. 121-126.
- Román-Ponce, B., Reza-Vázquez, D.M., Gutiérrez-Paredes, S., De Haro-Cruz, M. De J., Maldonado-Hernández, J., Bahena-Osorio, Y., ... Vásquez-Murrieta, M.S., 2017. Plant Growth-Promoting Traits in Rhizobacteria of Heavy Metal-Resistant Plants and Their Effects on *Brassica nigra* Seed Germination. *Pedosphere*, 27(3), pp. 511-526. doi:10.1016/s1002-0160(17)60347-3
- Rosengarten, F., 1969. The Book of Spices. Livingston Publishing Co., Wynnewood, Pennsylvania, pp. 299–305.
- Russelle, M.P., Wilhelm, W.W., Olsen, R.A. & Power, J.F., 1984. Growth analysis based on degree days. *Crop Sci.*, 24, pp. 28-32.
- 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
- Šamec, D., Pavlović, I. & Salopek-Sondi, B., 2017. White cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata f. alba): botanical, phytochemical and pharmacological overview. *Phytochem*, 16, pp. 117–136.
- Sampson, D.A. & Allen, H.L., 1998. Light attenuation in a 14-year-old loblolly pine stand as influenced by fertilization and irrigation. *Trees (Berl)*, 13(2), pp. 80-87.
- Schuster, W. & Klein, H., 1978. Ueber ökologische Einflüsse auf Leistung und Qualität der Samen einiger Sorten der Senfarten *Sinapis alba*, *Brassica juncea* und *Brassica nigra* [Ecological influences on seed yield and quality of the mustard species *Sinapis alba*, *Brassica juncea* and *Brassica nigra*]. *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau*, 147(3), pp. 204-227.
- Shukla, S.K. & Warsi, A.S., 2000. Effect of sulfur and micronutrients on growth, nutrient content and yield of wheat. *Ind. J. Agric. Res.*, 34, pp. 203–205.
- Skaugen, T.E. & Tveito, O.E., 2002. Growing degree-days – Present conditions and scenario for the period 2021-2050. KLIMA.
- Spitters, C.J.T. & Kramer, T., 1986. Differences between spring wheat cultivars in early growth. *Euphytica*, 35, pp. 273-292.

- Stroppiana, D., Boschetti, M., Confalonieri, R., Bocchi, S. & Brivio, P.A., 2006. Evaluation of LAI-2000 for leaf area index monitoring in paddy rice. *Field Crops Research*, 99(2-3), pp. 167–170. doi:10.1016/j.fcr.2006.04.002
- 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
- Tomkins, S.P. & Williams, P.H., 1990. Fast plants for finer science-an introduction to the biology of rapid-cycling *Brassica campestris (rapa)* L. *Journal of Biological Education*, 24(4), pp. 239–250. doi:10.1080/00219266.1990.9655152
- Uppala, P.K., Naga, P.K., Murali, K.B. & Swarnalatha, M., 2012. Evaluation of anti-epileptic activity of methanolic extract of *Brassica nigra* seeds in mice. *International Journal of Pharmaceutical Innovations*, 3(2), pp. 73-84.
- Vaughan, J. G., Waite, A., Boulter, D. & Waiters, S., 1966. Comparative Studies of the Seed Proteins of *Brassica campestris*, *Brassica oleracea*, and *Brassica nigra*. *Journal of Experimental Botany*, 17(2), pp. 332–343. doi:10.1093/jxb/17.2.332 \
- Vaughan, J.G. & Hemingway, J.S., 1959. The utilization of mustards. *Economic Botany*, 13(3), pp. 196-203.
- Vinyas, M., Kumar, S., Bheemachari, K., Sivaiah, G. & Reddy, A.K., 2012. Assessment of the anti-arthritic effects of *Brassica nigra* seed extracts in experimental models in albino rats. *International Journal of Experimental Pharmacology*, 2(2), pp. 59-61.
- Warwick, S.I., Mummenhoff, K., Sauder, C.A., Koch, M.A. & Al-Shehbaz, I.A., 2010. Closing the gaps: Phylogenetic relationships in the Brassicaceae based on DNA sequence data of nuclear ribosomal ITS region. *Plant Systematics and Evolution*, 285, pp. 209–232.
- Watson, D.J., 1947. Comparative physiological studies in the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Ann. Bot.* 11, pp. 41–76.
- Watson, D.J., 1958. The Dependence of Net Assimilation Rate on Leaf-area Index. *Annals of Botany*, 22(1), pp. 37–54. doi:10.1093/oxfordjournals.aob.a083596
- Weiss, M., Baret, F., Smith, G. J., Jonckheere, I. & Coppin, P., 2004. Review of methods for in situ leaf area index (LAI) determination. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121(1-2), pp. 37–53. doi:10.1016/j.agrformet.2003.08.001
- Wilson, D. & Cooper, J.P., 1970. Effect of selection for mesophyll cell size on growth and assimilation in *Lolium perenne* L. *New Phytologist*, 69, pp. 233-245.
- Ye, Q., Zhang, H., Wei, H., Zhang, Y., Wang, B., Xia, K., Zhongyang, H., Qigen, D. & Xu, K., 2007. Effects of nitrogen fertilizer on nitrogen use efficiency and yield of rice under different soil conditions. *Frontiers of Agriculture in China*, 1(1), pp. 30-36. doi:10.1007/s11703-007-0005-z
- Yunusa, I.A.M. Siddique, K.H.M., Belford, R.K. & Karime, M.M., 1993. Effect off canopy structure of efficiency of radiation interception and use in spring wheat

cultivars during pre-anthesis period in a Mediterranean type environment. *Field Crops Research*, (35), pp.113-122.

- Zafar, H., Ali, A., Ali, J.S., Haq, I.U. & Zia, M., 2016. Effect of ZnO Nanoparticles on *Brassica nigra* Seedlings and Stem Explants: Growth Dynamics and Antioxidative Response. *Frontiers in Plant Science*, 7. doi:10.3389/fpls.2016.00535
- Zhang, L., Hu, Z., Fan, J., Zhou, D. & Tang, F., 2014. A meta-analysis of the canopy light extinction coefficient in terrestrial ecosystems. *Frontiers of Earth Science*, 8(4), pp. 599–609. doi:10.1007/s11707-014-0446-7

Ελληνική βιβλιογραφία

- Κρίκελας, Χ., 2016. Τεύχος 61. Το Σινάπι και οι ιδιότητές του (<https://www.diatrofi.gr>)
- Λιάπη, Μ., 2006. Αξιοποίηση του νερού και της ηλιακής ακτινοβολίας σε καλλιέργεια γλυκού σόργου και εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς κατά FAO, (μέθοδος Penman Monteith). Διπλωματική εργασία. Πάτρα.
- Σαρλής, Γ., 1999. Συστηματική Βοτανική, Εφαρμογές Κορμοφυτών. Αθήνα. Σταμούλης.

Ιστοσελίδες

- biologydiscussion: [Online] Available: <http://www.biologydiscussion.com/fungi/albugo-habitat-symptoms-and-reproduction-mastigomycotina/23942>
- CABI: Invasive Species Compendium: [Online] Available: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/10097>
- Canola Council of Canada. 2014d. What is Canola? [Online] Available: <http://www.canolacouncil.org/oil-and-meal/what-is-canola/> [2014]
- Ethnobotanical Leaflets: [Online] Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/60545685.pdf>
- Gernot Katzer's Spice Pages: [Online] Available: http://gernot-katzers-spice-pages.com/engl/Bras_nig.html
- itrofi: [Online] Available: <https://www.itrofi.gr/diatrofi/istoria/article/361/sinapi-i-moystarda-kai-i-xehoristi-makraioni-istoria-toys>
- Mustard Production Manual-SASKATCHEWAN MUSTARD DEVELOPMENT COMMISSION: <https://saskmustard.com/production-manual/MustardProductionManual-2017.pdf>
- Plants For A Future: [Online] Available: <https://pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Brassica+nigra>
- Purdue University - *Brassica nigra* (L.) Koch: [Online] Available: https://hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Brassica_nigra.html
- Sciencedirect: [Online] Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/brassica-nigra>
- ScientAct: [Online] Available: <http://www.scientact.gr/el/38E26509>

- U.S. National Plant Germplasm System: [Online] Available: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomydetail.aspx?id=7666>
- Αρχιμ. Δανιήλ Γούβαλη: Η Παραβολή του κόκκου του σινάπεως (Ματθ. 13, 31-32): [Online] Available: <https://www.impantokratoros.gr/AB41E4F5.el.aspx>