



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ, ΣΤΗ
ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επίδραση της ανόργανης και της οργανικής λίπανσης στα αγρονομικά
χαρακτηριστικά της καλλιέργειας μαύρου σιναπιού (*Brassica nigra*)



Κωνσταντία Χ. Μπαλλά

Επιβλέπων Καθηγητής:
Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ
2022**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επίδραση της ανόργανης και της οργανικής λίπανσης στα αγρονομικά
χαρακτηριστικά της καλλιέργειας μαύρου σιναπιού (*Brassica nigra*)

“Effect of inorganic and organic fertilization on the agronomic
charecteristics of black mustard cultivation (*Brassica nigra*)”

Κωνσταντία Χ. Μπαλλά

Εξεταστική Επιτροπή:

Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής Γ.Π.Α (επιβλέπων)
Παπαστυλιανού Παναγιώτα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Γ.Π.Α
Τραυλός Ηλίας, Επίκουρος Καθηγητής Γ.Π.Α

Επίδραση της ανόργανης και της οργανικής λίπανσης στα αγρονομικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας μαύρου σιναπιού (*Brassica nigra*)

*ΠΜΣ Καινοτόμες Εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών και στην
Αγρομετεωρολογία
Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Γεωργίας*

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής ήταν η μελέτη των αγρονομικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας του μαύρου σιναπιού (*Brassica nigra*). Πραγματοποιήθηκε ανάλυση και σύγκριση παραγόντων λίπανσης. Η καλλιέργεια εγκαταστάθηκε σε πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας, στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Η πειραματική διαδικασία ακολούθησε το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων με δύο επαναλήψεις και τέσσερις επεμβάσεις (4 λιπάνσεις). Το πείραμα πραγματοποιήθηκε την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021.

Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν το ύψος ανά τετραγωνικό μέτρο, το ολικό ξηρό βάρος, το ξηρό και νωπό βάρος ανά τετραγωνικό μέτρο, το ξηρό και νωπό βάρος των φύλλων ανά τετραγωνικό μέτρο, ο αριθμός ταξιανθιών ανά τετραγωνικό μέτρο, ο αριθμός λοβών ανά τετραγωνικό μέτρο και η απόδοση ανά στρέμμα. Επίσης, με βάση τα προαναφερόμενα έγινε υπολογισμός του δείκτη συγκομιδής, του δείκτη αποδοτικής χρήσης αζώτου, του δείκτη αποτελεσματικότητας χρήσης αζώτου, του δείκτη συγκομιδής αζώτου καθώς και του δείκτη αζωτούχου γεωργικής αποτελεσματικότητας.

Από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι διαφορετικοί τύποι λίπανσης παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τέλος, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας από τις τρεις λιπάνσεις που εφαρμόστηκαν, οι χαμηλότερες τιμές στα αγρονομικά χαρακτηριστικά σημειώθηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα, ενώ σε κάποιες μετρήσεις εμφάνισε χαμηλές τιμές και η οργανική λίπανση. Οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν κατά κύριο λόγο στην επέμβαση της ουρίας με διπλή παρεμπόδιση, καθώς στην επέμβαση της ουρίας.

Επιστημονική περιοχή: Φυτά μεγάλης καλλιέργειας.

Λέξεις κλειδιά: Μαύρο σινάπι, Οργανική λίπανση, Αγρονομικά χαρακτηριστικά

Effect of inorganic and organic fertilization on the agronomic characteristics of black mustard cultivation (*Brassica nigra*)

Msc Innovative Applications in Sustainable Agriculture, Plant Breeding and Agrometeorology
Department of Crop Sciences
Laboratory of Agronomy

Abstract

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

The experimental procedure followed the design of the Randomized Complete Teams with two repetitions and four operations (4 lubrications). The experiment took place during the growing season 2020-2021.

The characteristics studied were height per square meter, total dry and fresh weight, dry and fresh weight per square meter, dry and fresh weight of leaves per square meter, number of inflorescences per square meter, number of pods per square meter and yield per acre. Also, based on the above, the harvest index, the nitrogen use efficiency index, the nitrogen utilization efficiency index, the nitrogen harvest index and the nitrogen Agronomic efficiency index were calculated.

From the statistical analysis of the data, the results showed that the different types of fertilization show statistically significant differences. According to the results of the present study, out of the three fertilizations applied, control shows the lowest values in all measurements as far as the agronomic characteristics are concerned, except of some measurements, where organic fertilization shows low values too. The fertilization urea with inhibitors, shows the highest values in most of the measurements. In addition, urea fertilization sows high values in some measurements too.

Scientific area: Field crops.

Key words: *Brassica nigra*, Organic fertilization, Agronomic characteristics.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Καινοτόμες εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών και στην Αγρομετεωρολογία» του Τμήματος Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2020-2021.

Πριν προχωρήσω στην ανάλυση της μελέτης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλλαν στην εκπλήρωση της. Πρωτίστως οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον σύζυγο μου, μιας και η παρότρυνση του ήταν σημαντική για την συμμετοχή μου στο εν λόγω Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών, αλλά και σε όλη την οικογένεια μου και ιδιαιτέρως στην μητέρα μου, για την βοήθεια και την συμπαράσταση τους.

Επίσης, ευχαριστώ τον καθηγητή κ. Δημήτριο Μπιλάλη για την βοήθεια και την καθοδήγηση στην παρούσα μελέτη, αλλά και για τις γνώσεις και την εμπειρία που μας μετέφερε κατά τη διάρκεια παρακολούθησης του Μεταπτυχιακού Προγράμματος.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την υποψήφια διδάκτωρ κα. Στέλλα Καρυδόγιαννη για την πολύτιμη βοήθεια της για την διεξαγωγή του πειράματος.

Περιεχόμενα

Περίληψη	3
Abstract	3
Ευχαριστίες	4
Κατάλογος Εικόνων	8
Κατάλογος Πινάκων	9
1. Εισαγωγή.....	11
1.1 Ιστορική αναδρομή	11
1.2 Βοτανική κατάταξη και καταγωγή	12
1.3 Εξάπλωση και παγκόσμια παραγωγή.....	13
1.4 Περιγραφή και βοτανικά χαρακτηριστικά	14
1.5 Βιολογικός κύκλος.....	16
1.6 Οικολογικές απαιτήσεις	17
1.6.1 Κλίμα.....	17
1.6.2 Έδαφος	17
1.7 Καλλιεργητικές Τεχνικές.....	18
1.7.1 Προετοιμασία εδάφους.....	18
1.7.2 Σπορά.....	18
1.7.3 Λίπανση.....	18
1.7.4 Λιπάσματα νέας γενιάς.....	19
1.7.5 Άρδευση.....	20
1.7.6 Διαχείριση ζιζανίων.....	20
1.7.7 Εχθροί και ασθένειες του <i>Brassica nigra</i>	20
1.7.8 Συγκομιδή.....	23
1.7.9 Αποδόσεις.....	23
1.7.10 Μετασσυλεκτική επεξεργασία και αποθήκευση.....	24
1.8 Χρήσεις	24
1.9 Τοξικότητα.....	25
2. Οργανική λίπανση και βιολογική καλλιέργεια	26

2.1 Ορισμός και αρχές της βιολογικής καλλιέργειας.....	27
2.2 Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη της βιολογικής καλλιέργειας.....	27
2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	28
3. Υλικά και Μέθοδοι.....	33
3.1 Πειραματικό πλάνο.....	33
3.2 Εδαφολογική ανάλυση εδάφους.....	36
3.3 Εγκατάσταση καλλιέργειας.....	36
3.4 Καλλιεργητικές εργασίες	37
3.4.1 Διαχείριση ζιζανίων	37
3.4.2 Άρδευση	37
3.4.3 Καταπολέμηση εχθρών και ασθενειών	37
3.5 Εφαρμογές λίπανσης	38
3.6 Μετρήσεις αγρονομικών χαρακτηριστικών.....	39
3.7 Μετεωρολογικά δεδομένα	40
3.8 Στατιστική Ανάλυση δεδομένων.....	41
4. Αποτελέσματα	42
5. Συζήτηση - Συμπέρασμα.....	44
5.1 Ύψος φυτού	45
5.2 Νωπό βάρος	45
5.3 Ξηρό βάρος.....	46
5.4 Αριθμός ταξιανθιών ανά m ²	47
5.5 Αριθμός λοβών ανά m ²	48
5.6 Απόδοση σε σπόρο.....	49
5.7 Δείκτης συγκομιδής.....	50
5.8 Δείκτης αποδοτικής χρήσης αζώτου.....	51
5.9 Δείκτης αποτελεσματικότητας χρήσης αζώτου	51
5.10 Δείκτης συγκομιδής αζώτου.....	52
5.11 Αζωτούχος γεωργική αποτελεσματικότητα	53
Βιβλιογραφία	55
Παράρτημα	66

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Η εξάπλωση της καλλιέργειας του <i>Brassica nigra</i> L.	13
Εικόνα 2. Βοτανικά χαρακτηριστικά του <i>Brassica nigra</i>	15
Εικόνα 3. Σπόρος <i>Brassica nigra</i>	15
Εικόνα 4. Βιολογικός κύκλος του <i>Brassica nigra</i>	17
Εικόνα 5. <i>Alternaria</i> symptoms in <i>Brassica</i> (broccoli)	21
Εικόνα 6. <i>Athalia proxima</i> Klug	22
Εικόνα 7. Δορυφορική εικόνα του πειραματικού αγρού του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών	33
Εικόνα 8. Το πειραματικό σχέδιο	34
Εικόνα 9. Προετοιμασία αγρού 24/10/2020.....	69
Εικόνα 10. Προετοιμασία για σπορά 24/10/2020.....	69
Εικόνα 11. Φύτρωμα του σπόρου στις 04/12/20.....	70
Εικόνα 12. Φύτρωμα του σπόρου στις 04/12/2020.....	70
Εικόνα 13. Εικόνα αγρού στις 15/12/2020.....	71
Εικόνα 14. Εικόνα αγρού στις 14/01/2020.....	71
Εικόνα 15. Στάδιο ανάπτυξης στις 14/01/21.....	72
Εικόνα 16. Εικόνα αγρού στις 22/02/2021.....	72
Εικόνα 17. Στάδιο άνθισης στις 02/04/2021.....	73

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Βοτανική κατάταξη <i>Brassica nigra</i>	122
Πίνακας 2. Στοιχεία φυτικού υλικού του πειράματος	35
Πίνακας 3. Εδαφολογική ανάλυση.....	36
Πίνακας 4. Μέση μέγιστη θερμοκρασία, μέση ελάχιστη θερμοκρασία και αθροιστική βροχόπτωση για τους μήνες που διήρκεσε η καλλιέργεια.(πηγή: www.meteo.gr).....	41
Πίνακας 5. Το ύψος των φυτών	42
Πίνακας 6. Το Νωπό βάρος /m ²	42
Πίνακας 7. Ξηρό βάρος /m ²	43
Πίνακας 8. Αριθμός ταξιανθιών /m ²	43
Πίνακας 9. Αριθμός λοβών /m ²	44
Πίνακας 10. Στρεμματική απόδοση	44

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Νωπό βάρος	46
Διάγραμμα 2. Ξηρό βάρος	47
Διάγραμμα 3. Αριθμός ταξιανθιών.....	48
Διάγραμμα 4. Αριθμός λοβών.....	49
Διάγραμμα 5. Απόδοση σπόρου/στρέμμα	50
Διάγραμμα 6. Δείκτης συγκομιδής	50
Διάγραμμα 7. Δείκτης αποδοτικής χρήσης αζώτου	51
Διάγραμμα 8. Δείκτης αποτελεσματικότητας χρήσης αζώτου	52
Διάγραμμα 9. Δείκτης συγκομιδής αζώτου	52
Διάγραμμα 10. Αζωτούχος Γεωργική αποτελεσματικότητα	53

1. Εισαγωγή

1.1 Ιστορική αναδρομή

Η ιστορία του *Brassica nigra* –γνωστού και ως κράμβη η μέλαινα, ή μαύρη μουστάρδα, ή μαύρο σινάπι- ξεκινάει από αρχαιοτάτων χρόνων. Υπάρχουν αναφορές για το σινάπι σε γραφές του 3000 π.Χ στην χώρα της Ινδίας. Αντίστοιχα, ο λαός της αρχαίας Αίγυπτου φαίνεται να χρησιμοποιεί τους σπόρους του σιναπιού ως βελτιωτικό γεύσης. Κατά τον 6^ο αιώνα π.Χ. ο Πυθαγόρας αναφέρει ότι το σινάπι αποτελεί αντίδοτο σε περιπτώσεις επίθεσης από σκορπιό, ενώ τον 7^ο αιώνα π.Χ., ο Ιπποκράτης χρησιμοποιεί καταπλάσματα σιναπιού και εντριβές σε πονεμένα σημεία του σώματος. Επίσης, οι Ρωμαίοι φαίνεται να χρησιμοποιούσαν το εν λόγω φυτό και μάλιστα να πειραματίζονται με αυτό. Μάλιστα, φαίνεται να είχαν δημιουργήσει ένα παρασκεύασμα που να μοιάζει με την μουστάρδα που γνωρίζουμε σήμερα, ανακατεύοντας το σινάπι με τον μούστο. Γι' αυτό και η λέξη «μουστάρδα» προέρχεται από τα λατινικά *mustum+ardens* (μούστος + καυτερός) καθώς η σκόνη των σπόρων του φυτού γινόταν πάντα σε ανάμειξη με τον μούστο (Thomas, 2012). Στα τέλη του 4^{ου} π.Χ αιώνα βρέθηκε ένα βιβλίο μαγειρικής «Απίκιος», όπου γίνεται για πρώτη φορά αναφορά σε συνταγή της μουστάρδας, η οποία εμπεριέχει ως βασικό συστατικό το μαύρο σινάπι.

Αργότερα το σινάπι αναφέρεται στην Βίβλο, κατά την αντίστοιχη παραβολή του Ιησού για τον «κόκκο σινάπεως» όπου πιο συγκεκριμένα αναγράφεται: «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).

Στην Κίνα φαίνεται το σινάπι να χρησιμοποιούνταν ως θεραπευτικό φυτό ενώ κατά τον Μεσαίωνα, το σινάπι αναφέρεται ως συντηρητικό τροφίμων καθώς έχει την ιδιότητα να περιορίζει τη δράση των βακτηρίων.

Με την πάροδο των χρόνων το σινάπι φαίνεται να εξαπλώνεται λόγω των ιδιοτήτων του αλλά κυρίως λόγω της χρήσης του στην παρασκευή μουστάρδας σε όλο τον κόσμο.

1.2 Βοτανική κατάταξη και καταγωγή

Η βοτανική κατάταξη του *Brassica nigra* φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1. Βοτανική κατάταξη *Brassica nigra*

Τομέας	Ευκαρυωτικά
Βασίλειο	Φυτά
Φύλο	Σπερματοφύτα
Συνομοταξία	Αγγειόσπερμα
Τάξη	Κραμβώδη (Brassicales)
Οικογένεια	Κραμβοειδή (Brassicaceae)
Γένος	<i>Brassica</i>
Είδος	<i>Brassica nigra</i>

Η οικογένεια Brassicaceae ή αλλιώς Cruciferae, περιλαμβάνει πολλά σημαντικά είδη που καλλιεργούνται σε όλο τον κόσμο και χρησιμοποιούνται στην ανθρώπινη διατροφή, από την παλιά χρόνια μέχρι σήμερα, είτε ως νωπά λαχανικά είτε ως έλαια ή μπαχαρικά. Η οικογένεια Brassicaceae συναντάται σε όλη τη γη και περιλαμβάνει 338 γένη και 3.709 είδη (Al-Shehbaz et al., 2006; Warwick et al., 2010).

Πιθανότατα το υπό μελέτη είδος προέρχεται από την περιοχή της Μικράς Ασίας και του Ιράν, ενώ εμφανίζεται με την άγρια μορφή της στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου (Bell & Muller, 1973). Σύμφωνα με τον Franzke et al (2011), η οικογένεια Brassicaceae προέρχεται από το Eocene, της Ιρανο-Τουρανικής περιοχής.

Το γένος *Brassica* της οικογένειας αυτής παρουσιάζει ιδιαίτερο γεωργικό ενδιαφέρον, διότι περιλαμβάνει είδη τόσο με ελαιούχους καρπούς και λαχανικά όσο και καλλιέργειες μπαχαρικών και φαρμακευτικών ελαίων με μακρά ιστορία ως προς τη χρήση τους (Chen et al., 2011). Το γένος *Brassica* αποτελείται από 150 είδη ετήσιων ή διετών φυτών (Feroz, 2018), εκ των οποίων τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα είναι το *Brassica oleracea*, το *Brassica rapa*, το *Brassica nigra*, το *Brassica carinata* και το *Brassica juncea* (Šamec et al, 2019).

1.3 Εξάπλωση και παγκόσμια παραγωγή

Το *Brassica nigra* αναπτύσσεται σε εύκρατες περιοχές σε όλο τον κόσμο (Al-Snafi, 2013). Συναντάται στην Αφρική (Αλγερία, Αίγυπτος, Λιβύη, Μαρόκο, Τυνησία, Ερυθραία, Αιθιοπία), στην Ασία (Αφγανιστάν, Κύπρος, Ιράν, Ιράκ, Παλαιστίνη, Λίβανος, Συρία, Τουρκία, Αρμενία, Καζακστάν, Κίνα), στην Ευρώπη (Ιρλανδία, Ηνωμένο Βασίλειο, Αυστρία, Βέλγιο, Τσεχία, Γερμανία, Ουγγαρία, Ολλανδία, Πολωνία, Σλοβακία, Ελβετία, Λευκορωσία, Μολδαβία, Ρωσία, Ουκρανία, Αλβανία, Βοσνία-Ερζεγοβίνη, Βουλγαρία, Κροατία, Ελλάδα, Ιταλία, Μακεδονία, Μαυροβούνιο, Ρουμανία, Σερβία, Σλοβενία, Δανία; Νορβηγία, Γαλλία, Ισπανία), στην Αυστραλία, στη Βόρεια Αμερική (ΗΠΑ, Μεξικό, Καναδάς), στη Νότια Αμερική (Εκουαδόρ, Περού, Αργεντινή και Χιλή ¹.(Peter, 2004; USDA-ARS, 2013).

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται η διάδοση της καλλιέργειας του μαύρου σιναπιού, σε όλο τον κόσμο.



Εικόνα 1. Η εξάπλωση της καλλιέργειας του *Brassica nigra* L. ²

Τα τελευταία έτη το ενδιαφέρον για την καλλιέργεια του μαύρου σιναπιού έχει αυξηθεί καθώς είναι ένα φυτό ευρείας προσαρμοστικότητας. Το αποτελεί *Brassica nigra* αποτελεί

¹ <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?7666>

² www.cabi.org

μία καλλιέργεια που έχει την ικανότητα να αναπτύσσεται κάτω από διαφορετικές αγρο-μετεωρολογικές συνθήκες, όπως σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες καθώς και διαταραγμένα εδάφη. Το μαύρο σινάπι παράγεται σε μεγάλες ποσότητες ανά τον κόσμο, καθώς αποτελεί μια από τις σπουδαιότερες καλλιέργειες ελαιούχων φυτών. Πιο συγκεκριμένα, παγκοσμίως παράγονται 12–14 mt ελαίου το χρόνο. Μεγαλύτερη ποσότητα μουστάρδας παράγεται στην Κίνα 11–12 mt. Ακολουθεί η Ε.Ε με 10–13 mt και τέλος η Ινδία με 6,7 mt (Shekhawat et al., 2012).

1.4 Περιγραφή και βοτανικά χαρακτηριστικά

Το *Brassica nigra* αποτελεί ένα ετήσιο ποώδες φυτό, που αναπτύσσεται μέχρι τα 2 μέτρα. Τα κάτω φύλλα είναι έμμισχα, οδοντωτά ή λοβωτά, κατ' εναλλαγή, αλλά με διευρυμένο τερματικό λοβό και μικρότερους πλευρικούς λοβούς. Τα πάνω φύλλα στους ανθοφόρους μίσχους είναι πιο στενά και επιμήκη. Σε αντίθεση με πολλά είδη *Brassica*, το *Brassica nigra* δεν έχει κηρώδη φύλλα.

Η ταξιανθία είναι βότρυς, και τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα, κίτρινα και σταυροειδή και συνήθως έχουν πλάτος έως 1/3 in (0,83cm), με τέσσερα πέταλα. Οι στήμονες είναι τετραδύναμοι και ο ύπερος επιφυής, με δύο καρπόφυλλα.

Τέλος, ο καρπός είναι κάψα, συνήθως μήκους 2,5 cm (1 in). Κάθε ψευδοδιάφραγμα περιέχει 2 έως 12 ή και περισσότερους κοκκινοκαφέ έως μαύρους στρογγυλούς σπόρους. Ένα και μόνο φυτό μπορεί να παράγει χιλιάδες σπόρους³. 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 (Peter, 2004; Thomas, 2012).

Στη χώρα μας η κοινή του ονομασία είναι κράμβη η μέλαινα (*Brassica nigra*) ή κοινώς μαύρο σινάπι και αποτελεί ένα ετήσιο φυτό που καλλιεργείται για τους σπόρους του, οι οποίοι συνήθως χρησιμοποιούνται ως μπαχαρικό ή για φαρμακευτική χρήση. Οι σπόροι είναι μικροί (1 mm) και σκληροί και απαντώνται σε μια μεγάλη ποικιλία αποχρώσεων, από σκούρο καφέ έως μαύρο. Οι σπόροι έχουν ισχυρή γεύση, αλλά σχεδόν καθόλου άρωμα. Η ποσότητα των 1.000 σπόρων υπολογίζεται να ζυγίζει περίπου 2-4 gr. (CABI)

³ http://eol.org/pages/583895/hierarchy_entries/46214124/overview



Εικόνα 2. Βοτανικά χαρακτηριστικά του *Brassica nigra*⁴

Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα της βοτανικής κατάταξης του φυτού, το *Brassica nigra* είναι ένα αγγειόσπερμο, δικότυλο, ετήσιο, ποώδες φυτό, το οποίο αναπτύσσεται, κατά μέσο όρο, σε ύψος 0,5-1,5 m, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να ξεπεράσει και τα 2-2,5 m (Peter, 2004; Κρίκελας, 2016).



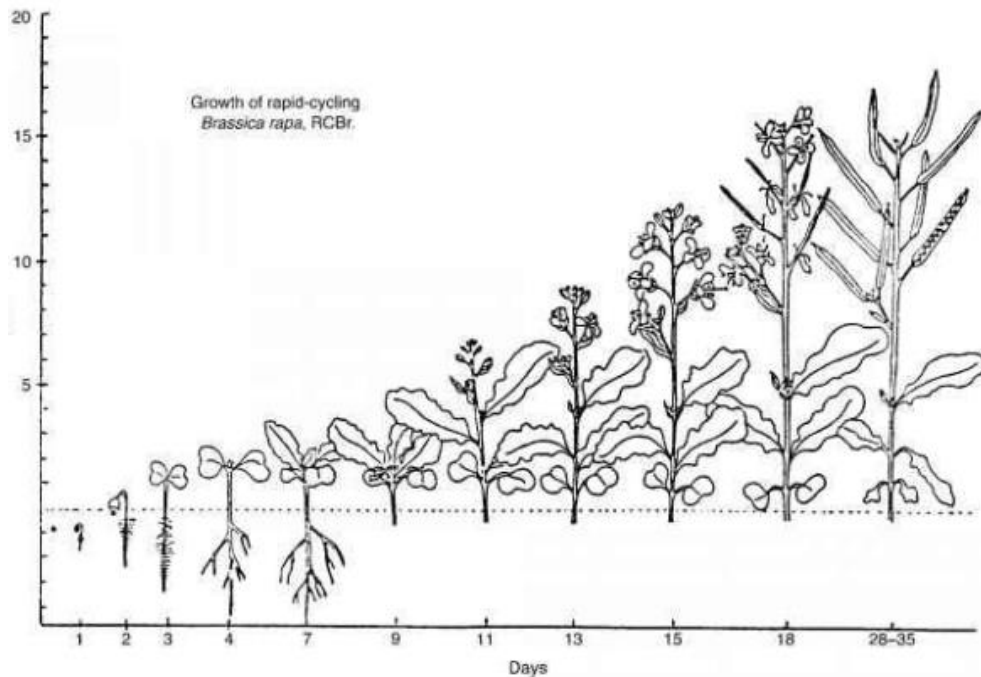
Εικόνα 3. Σπόροι *Brassica nigra* (προσωπικό αρχείο)

⁴https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%81%CE%AC%CE%BC%CE%B2%CE%B7_%CE%B7_%CE%BC%CE%AD%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BD%CE%B1#/media/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Brassica_nigra_-_K%C3%B6hler%E2%80%93s_Medizinal-Pflanzen-170.jpg

Σύμφωνα με τον φυτοχημικό έλεγχο το φυτό περιέχει αλκαλοειδή, φλαβονοειδή, γλυκοσίδες, υδατάνθρακες, σιναπίνη, μυροσίνη, σινιγρίνη, ινοσίτη, αλβουμίνες και χρωστικές ουσίες. Η περιεκτικότητα του φυτού σε ολική φαινόλη είναι 6,67 mg/g γαλικού οξέος. Επιπρόσθετα, περιέχει λιπαρό έλαιο (30-35%), πρωτεΐνες (40%), φαινύλιο και παράγωγα προπανίου: συμπεριλαμβανομένης της σιναπίνης (1%) και γλυκοζινολικά: κυρίως σινιγρίνη (1-5%). Το άλεσμα των σπόρων σε σκόνη και στη συνέχεια το τρίψιμο με χλιαρό νερό απελευθερώνει το πτητικό έλαιο της μουστάρδας, (Badrum Alam et al., 2012; Uppala et al., 2012; Vinyas et al., 2012). Η συνολική περιεκτικότητα σε φαινόλη του μεθανολικού εκχυλίσματος βρέθηκε ότι είναι $171,73 \pm 5,04$ ισοδύναμα γαλικού οξέος ενώ η συνολική περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή ήταν $7,45 \pm 0,0945$ ισοδύναμα κερκετίνη. Οι κυρίαρχες φαινολικές ενώσεις έχουν προσδιοριστεί με HPTLC είναι γαλλικό οξύ, ακολουθούμενο από κερκετίνη, φερουλικό οξύ, καφεϊκό οξύ και ρουτίνη (Rajamurugan et al., 2012).

1.5 Βιολογικός κύκλος

Ο βιολογικός κύκλος του φυτού ποικίλει ανάλογα με το κλίμα και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Σύμφωνα με τις υπάρχουσες μελέτες, η ανάδυση των φυτών πραγματοποιείται την 9^η ημέρα από τη σπορά. Έπειτα, ακολουθεί το βλαστικό στάδιο, το οποίο ξεκινά την 22^η ημέρα από τη σπορά. Εκεί, ανήκει και το στάδιο της ροζέτας, στο οποίο το φυτό διαχειμάζει, καθώς εμφανίζει μεγάλη αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες. Στη συνέχεια, το φυτό περνάει στο στάδιο της άνθησης, με την έναρξη του να πραγματοποιείται την 47^η ημέρα από τη σπορά. Το στάδιο της άνθησης ολοκληρώνεται όταν ξεκινάει το στάδιο της καρπόδεσης. Πιο συγκεκριμένα το στάδιο της καρπόδεσης ξεκινά την 66^η ημέρα από τη σπορά και ολοκληρώνεται με τη συγκομιδή. Η συγκομιδή, τέλος, πραγματοποιείται την 87^η ημέρα από τη σπορά (Medham et Salisbury, 1995).



Εικόνα 4. Ο Βιολογικός κύκλος του *Brassica nigra* (Πηγη: grovida.us).

1.6 Οικολογικές απαιτήσεις

1.6.1 Κλίμα

Το *Brassica nigra* όπως είδαμε συναντάται σε πολλά μέρη του κόσμου και παρουσιάζει μια ευρεία προσαρμοστικότητα στα ιδιαίτερα κλιματικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής. Στα τροπικά κλίματα ευδοκιμεί καλύτερα ενώ αντέχει πολύ στην ξηρασία (Thomas, 2012). Ιδανικές θερμοκρασίες για το *Brassica nigra* θεωρούνται οι 6-27 °C, με άριστη θερμοκρασία τους 12,7 °C ενώ άριστο βροχομετρικό ύψος θεωρείται τα 850 mm (Duke, 1978, 1979).

1.6.2 Έδαφος

Όσον αφορά τις εδαφικές ιδιότητες, προτιμάει εδάφη με pH 4,9 - 8,2, ενώ ιδανικό θεωρείται το pH 6,5. Το μαύρο σινάπι επίσης προτιμά ελαφριά αμμοπηλώδη ή βαθιά γόνιμα εδάφη που αερίζονται καλά (Thomas, 2012).

1.7 Καλλιεργητικές τεχνικές

Κατά την καλλιέργεια του μαύρου σιναπιού χρησιμοποιείται συχνά η αμειψισπορά και μάλιστα ιδανική θεωρείται η αμειψισπορά με σιτηρά (Mustard Production Manual, 2017).

1.7.1 Προετοιμασία εδάφους

Η προετοιμασία του εδάφους λαμβάνει χώρα κατά τους φθινοπωρινούς μήνες, με ένα ελαφρύ όργωμα (Duke, 1983) και φρεζάρισμα (Rouzet, 1995). Μετά τη σωστή προετοιμασία του εδάφους, προτείνεται να πραγματοποιηθούν δύο αρδεύσεις: ένα μήνα μετά την σπορά, στο λεγόμενο στάδιο ροζέτας και άλλη μία δύο μήνες περίπου μετά τη σπορά (Prihar *et al.*, 1981).

1.7.2 Σπορά

Η σπορά του *Brassica nigra* γίνεται επιφανειακά, διότι το μέγεθος του σπόρου είναι πολύ μικρό. Ειδικότερα, το βάθος της σποράς του μαύρου σιναπιού συνιστάται να είναι από 1,5 έως 2,5 cm και η σπορά λαμβάνει χώρα την άνοιξη. Μετά τη σπορά συνιστάται αραίωση, έτσι ώστε να φυτά να απέχουν από 10 έως 50cm (Duke, 1983).

1.7.3 Λίπανση

Όσον αφορά στη λίπανση, αφορά κυρίως το άζωτο, τον φώσφορο, το κάλιο, το θείο και κάποια ιχνοστοιχεία.

Άζωτο (N)

Το άζωτο είναι το πιο σημαντικό θρεπτικό συστατικό για το *Brassica nigra*. Χωρίς επαρκές άζωτο στο χώμα το υπό μελέτη είδος δεν μπορεί να φτάσει ικανοποιητικές ή υψηλές αποδόσεις. Αντίθετα, η σωστή και επαρκής θρέψη του φυτού με άζωτο του προσφέρει ζωηρότητα και υψηλή φωτοσυνθετική δράση. Τα κύρια συμπτώματα έλλειψης αζώτου στο μαύρο σινάπι είναι η μειωμένη βλαστική ανάπτυξη και το κιτρίνισμα του φυλλώματος. Η συνιστώμενη λίπανση με άζωτο για το *Brassica nigra* είναι 22,5 - 36,5 kg/στρ και καλό είναι να γίνεται κατά την σπορά (Mustard Production Manual, 2017).

Φώσφορο (P)

Το φώσφορο, βοηθάει στην ριζική ανάπτυξη και την υγεία του ριζικού συστήματος του *Brassica nigra*. Τα κύρια σημάδια έλλειψης φωσφόρου κατά την καλλιέργεια του μαύρου σιναπιού είναι τα καχεκτικά φυτά με μη ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα, που είναι ψηλόλιγνα ή και αποχρωματισμένα μοβ (Holmes, 1980).

Κάλιο (K)

Το κάλιο, είναι απαραίτητο για την υπό μελέτη καλλιέργεια, διότι βοηθάει στην πρόσληψη ύδατος και στην αντοχή στις καταπονήσεις. Χαρακτηριστικά συμπτώματα της έλλειψης καλίου είναι το περιφερειακό κιτρίνισμα στα φύλλα και ο νανισμός (Holmes, 1980).

Θείο (S)

Το θείο είναι επίσης απαραίτητο για την καλλιέργεια του μαύρου σιναπιού, διότι αποτελεί βασικό συστατικό των πρωτεϊνών του σπόρου. Συνεπώς οι απαιτήσεις για θείο στην υπό μελέτη καλλιέργεια είναι αυξημένες κατά την ανθοφορία και έπειτα. Κύρια συμπτώματα έλλειψης θείου είναι η μη επαρκής ανάπτυξη των λοβών ή/και των σπόρων (Mustard Production Manual, 2017).

1.7.4 Λιπάσματα νέας γενιάς

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το άζωτο αποτελεί το βασικότερο θρεπτικό για την ανάπτυξη των φυτών. Αυτός είναι και ο λόγος που πραγματοποιείται αζωτούχος λίπανση, τόσο βασικά όσο και επιφανειακά. Το άζωτο είναι στοιχείο κλειδί για πολλές διεργασίες των φυτών.

Η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων με βάση την ουρία έχει οδηγήσει σε αρκετά προβλήματα. Πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι οι απώλειες που προκύπτουν. Για να αποφευχθεί η παραπάνω κατάσταση, τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί λιπάσματα που περιέχουν παρεμποδιστές.

Οι πιο συνήθεις παρεμποδιστές είναι ο παρεμποδιστής νιτροποίησης και ο παρεμποδιστής ουρεάσης. Ο ρόλος του είναι να καθυστερήσουν την αποδόμηση του λιπάσματος στο έδαφος, μειώνοντας έτσι τις απώλειες, τόσο στο περιβάλλον όσο και τις απώλειες από έκπλυση είτε λόγω βροχής είτε λόγω άρδευσης.

Στόχος αυτών των λιπασμάτων είναι να συγχρονίσουν, χρονικά, την μέγιστη διάθεση αζώτου, όταν αυτό απαιτείται από το φυτό. Όπως γίνεται αντιληπτό, έτσι μειώνονται οι απώλειες, ενώ η αποδοτικότητα του θρεπτικού από το φυτό ανεβαίνει σε μεγάλο βαθμό (Zisi et al., 2020).

1.7.5 Άρδευση

Το σινάπι δε έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις σε νερό. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν περιοχές όπου η σπορά πραγματοποιείται έπειτα από άρδευση, πράγμα που οδηγεί στην εφαρμογή του πρώτου ποτίσματος αρκετά αργότερα (3-4 εβδομάδες). Για να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή απόδοση, έχει αποδειχθεί ότι χρειάζονται δύο αρδεύσεις. Η πρώτη τοποθετείται στην περίοδο που το φυτό βρίσκεται στο στάδιο της ροζέτας, ενώ η επόμενη χρονολογείται στις 50 – 60 ημέρες από τη σπορά (Prihar et. al, 1981).

1.7.6 Διαχείριση ζιζανίων

Η διαχείριση των ζιζανίων στο μαύρο σινάπι είναι ιδιαίτερα σημαντική στα πρώτα στάδια της καλλιέργειας, όπου περνάει το στάδιο της ροζέτας. Αυτό συμβαίνει καθώς η ανάπτυξη του είναι ιδιαίτερα χαμηλή σε αυτό το στάδιο, με αποτέλεσμα να το ανταγωνίζονται ιδιαίτερα τα ζιζάνια (Shekhawat et al., 2012). Έπειτα από αυτό το στάδιο ακολουθεί γρήγορη και έντονη ανάπτυξη του μαύρου σιναπιού, με αποτέλεσμα να ανταγωνίζεται με μεγάλη ικανότητα τα ζιζάνια.

1.7.7 Εχθροί και ασθένειες του *Brassica nigra*

Οι κυριότερες ασθένειες που πλήττουν την καλλιέργεια του μαύρου σιναπιού είναι οι εξής:

- Damping-off, Wirestem, and Brown Girdling Root Rot με παθογόνα (α): Damping-off: *Phytophthora cactorum* ή/και *Pythium* spp, Wirestem και brown girdling root rot: *Rhizoctonia solani*. Τα κύρια συμπτώματα είναι η αποτυχία βλάστησης των σπόρων ή

εμφάνισης των φυτών, το σάπισμα των ριζών, το κιτρίνισμα των φύλλων και γενικότερα όλου του φυτού και η ξήρανση και σήψη, ιδιαίτερα στη βάση του στελέχους των φυτών.

- Alternaria Diseases (Black spot, Gray Leaf Spot, Pod Spot) με παθογόνο(α): *Alternaria brassicae* ή/και *Alternaria brassicola*. Τα κύρια συμπτώματα είναι τα νεκρωτικά στίγματα με χλωρωτικό περιθώριο στα φύλλα, τα οποία εξελίσσονται σε νεκρωτικές κηλίδες που σχηματίζουν συγκεντρικούς κύκλους.



Εικόνα 5. Alternaria symptoms in Brassica (broccoli)⁵

- Aster Yellows με παθογόνο το Aster Yellows Phytoplasma. Τα κύρια συμπτώματα της ασθένειας περιλαμβάνουν 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

⁵ <https://ag.umass.edu/vegetable/fact-sheets/brassic-as-alternaria-leaf-spot>

ξυλοποιηθούν και συχνά εμφανίζονται ψηλότερα από την υπόλοιπη καλλιέργεια.

- Sclerotinia White Mould με παθογόνο το *Sclerotinia sclerotiorum*. Τα κύρια συμπτώματα της ασθένειας είναι οι 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.
- White Rust με παθογόνο το *Albugo candida* και κύρια 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. Σε προχωρημένο στάδιο προκαλείται πολλαπλασιασμός των πλευρικών οφθαλμών, αποχρωματισμός των ανθέων και παραμόρφωση των φυτικών μερών.

Τα κυριότερα έντομα που απειλούν την καλλιέργεια *Brassica nigra* είναι τα εξής:

- *Athalia proxima* Klug. (Hymenoptera: Tenthredinidae) που είναι και ο βασικότερος εχθρός της υπό μελέτη καλλιέργειας. Οι προνύμφες τρέφονται με τα φύλλα της καλλιέργειας (Duke, 1983).



Εικόνα 6. *Athalia proxima* Klug⁶

⁶ <https://blog.daum.net/onidiras/15872291>

- *Pontia protodice* (Lepidoptera: Pieridae), όπου οι προνύμφες τρέφονται με τα μπουμπούκια και τα άνθη του φυτού, αλλά και με τα φύλλα.
- *Euxoa ochrogaster*, *Agrotis orthogonia*, *Feltia jaculifera*, *Lacinipolia renigera* (Lepidoptera, Noctuidae), όπου 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 διαχειμάζουν ως νύμφες και αρχίζουν να τρέφονται νωρίτερα την άνοιξη από τα είδη που διαχειμάζουν ως ωά.
- *Phyllotreta* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae), τα οποία διαχειμάζουν ως ενήλικα άτομα και εμφανίζονται την άνοιξη. Τρέφονται με τις κοτυληδόνες, τα φύλλα, τον κορυφαίο οφθαλμό και τα στελέχη των φυτών σιναπιού. Τα ενήλικα άτομα που εμφανίζονται αργότερα μπορούν να "αποφλοιώσουν" τους σπόρους.
- Νηματώδεις όπως *Ditylenchus dipsaci*, *Heterodera crucifera*, *H. schachtii*, *Meloidogyne arenaria*, *M. hapla*, *Nacobbus aberrans*, *Xiphinema indicum*, *Pratylenchus penetrans* και *P. pratensis* (Capinera, 2001).

1.7.8 Συγκομιδή

Όσον αφορά στη συγκομιδή, ο χρόνος της εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως την ποικιλία, την περιοχή, τη χρήση και την καλλιεργητική τεχνική που εφαρμόστηκε. Η έναρξης της συγκομιδής σηματοδοτείται όταν το 75% των σπόρων έχει φτάσει στην πλήρη ωρίμανση και η υγρασία έχει φτάσει σχεδόν στο 9% (Bagchi, 2003; Thomas, 2012). Στις περισσότερες των περιπτώσεων η συγκομιδή λαμβάνει χώρα τον Αύγουστο.

Μετά τη συγκομιδή, διαχωρίζεται ο φλοιός του σπόρου και ακολουθεί η διαδικασία της ξήρανσης. Κατά την διαδικασία της ξήρανσης και με όποια τεχνική και αν γίνει, θα πρέπει να διασφαλιστεί η θερμοκρασία να μην υπερβεί τους 52 °C, διότι διαφορετικά μπορεί ο σπόρος να υποστεί εσωτερική βλάβη (Bagchi, 2003).

1.7.9 Αποδόσεις

Στο μαύρο σινάπι έχει υπολογισθεί πως η μέση στρεμματική απόδοση κυμαίνεται στα 150 kg/στρέμμα (Thomas, 2012).

1.7.10 Μετασυλλεκτική επεξεργασία και αποθήκευση

Κατόπιν της συλλογής των σπόρων, γίνεται το λίκνισμα, μία διαδικασία κατά την οποία διαχωρίζεται ο σπόρος από τον φλοιό και έπειτα οι σπόροι τοποθετούνται στον ήλιο προκειμένου να ξηρανθούν. Οι σπόροι αποθηκεύονται σε σακούλες ή μεγάλα δοχεία για μεγάλες χρονικές περιόδους υπό τις κατάλληλες συνθήκες και εφόσον η περιεκτικότητά τους σε υγρασία παραμένει μικρότερη από 10%. Στις περιπτώσεις όπου η υγρασία των σπόρων κυμαίνεται μεταξύ 9,5% και 15% τότε προτείνεται η ξήρανσή τους. Κατά την ξήρανση των σπόρων είναι επίσης σημαντικό να διασφαλίζεται η θερμοκρασία τους να μην υπερβαίνει τους 52 °C ειδάλλως δύναται να προκληθεί βλάβη σε ενδογενή ένζυμα με αποτέλεσμα κατά την επεξεργασία να μειωθεί η υδρόλυση του γλυκοσινολικού οξέος προς ισοεθοκυανικό άλας (Thomas, 2012). Η αποθήκευση του σπόρου για 12 μήνες μειώνει την περιεκτικότητα σε πτητικό (αιθέριο) έλαιο κατά 54%, αλλά στην περίπτωση που οι σπόροι προορίζονται για μετέπειτα σπορά η απώλεια είναι 84% (Bagchi, 2003).

1.8 Χρήσεις

Όπως προαναφέρθηκε τα περισσότερα είδη της οικογένειας Brassicaceae έχουν καλλιεργηθεί ως διατροφικά είδη για τον άνθρωπο σε όλο τον κόσμο. Πιο συγκεκριμένα το *Brassica nigra* χρησιμοποιείται κυρίως ως τροφή για τον άνθρωπο, με την παραγωγή της μουστάρδας. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι σε παγκόσμιο επίπεδο για το έτος 2018 η παραγωγή σπόρων για μουστάρδα έφτασε τους 710.349,00 τόνους⁷. Επίσης, το *Brassica nigra* χρησιμοποιείται ως φυλλώδες λαχανικό, αφού το υπέργειο τμήμα του και μάλιστα τα φύλλα του μπορούν να καταναλωθούν για βρώση. Τα νεαρά φύλλα προστίθενται σαν αρωματικό σε σαλάτες, ενώ τα μεγαλύτερα φύλλα χρησιμοποιούνται ως λαχανικό.

Πέρα όμως από την διατροφική του χρήση, τα είδη της οικογένειας Brassicaceae έχουν χρησιμοποιηθεί και ως φαρμακευτικά (Šamec *et al*, 2019). Σήμερα πολλές μελέτες επιβεβαιώνουν ότι δίαιτες πλούσιες σε σταυρανθή, συνδέονται με μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου (Liu *et al.*, 2012; Liu & Lv, 2013). Ειδικότερα, το *Brassica nigra* καλλιεργείται εκτός από τρόφιμο και ως φαρμακευτικό ή καλλυντικό. Συγκεκριμένα, έχει

⁷

<http://data.un.org/Data.aspx?d=FAO&f=itemCode:292&c=2,3,4,5,6,7&s=countryName:asc,elementCode:asc,year:desc&v=1>

χρησιμοποιηθεί για ρευματισμούς, νευραλγίες και σπασμούς καθώς και για την αντιμετώπιση της υπεραιμίας (Obi *et al.*, 2009). Επιπρόσθετα, έχει χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση της αλωπεκίας, της επιληψίας, της περιτονίτιδας, του πονόδοντου και του δαγκώματος φιδιού ή εντόμου. Συχνά αναφέρεται η φαρμακευτική του χρήση στις βρογχίτιδες, το άσθμα και γενικότερα τις πνευμονικές παθήσεις (Alam *et al.*, 2011; Chan *et al.*, 2014). Επίσης έχει χρησιμοποιηθεί ως διουρητικό, εμετικό, ως διεγερτικό νεύρων και για τα φλυκταινώδη (Anand *et al.*, 2009).

Ακόμη, έχει αναφερθεί ότι οι σπόροι του υπό μελέτη είδους τονώνουν της όρεξη και βοηθούν να γίνεται καλύτερη πέψη (Tassou, 2006). Έχει παρατηρηθεί πως έχει αντισηπτική δράση (Ghani, 2003) και θεωρείται ανακουφιστικό για την πλευρίτιδα και πνευμονία (Duke, 1983). Το *Brassica nigra* χρησιμοποιήθηκε επίσης για τη θεραπεία καρκινώματος και όγκων του λαιμού.

Επίσης, το έλαιο του εν λόγω φυτού έχει πολλές ευεργετικές ιδιότητες. Λέγεται ότι τονώνει την ανάπτυξη των μαλλιών, βοηθάει στην προστασία του δέρματος και επιπλέον θεωρείται αντισηπτικό (Ghani, 2003).

Όσον αφορά τις φαρμακολογικές επιδράσεις του, η συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα του εκχυλίσματος *Brassica nigra* βρέθηκε να είναι 97,08 mg/g ασκορβικού οξέος. Επιπρόσθετα το *Brassica nigra* έδειξε τιμή IC₅₀ 63,09μg/ml ενώ η τυπική αντιοξειδωτική τιμή IC₅₀ είναι 14,45 μg/ml με μέθοδο DPPH μέθοδος. Τα τυπικά αντιοξειδωτικά οξέα, ασκορβικό οξύ, γαλικό το οξύ και η κερκετίνη έδειξαν αναγωγική ισχύ 485,75%, 736,30% και 763,01% αντίστοιχα ενώ συνολικά το *Brassica nigra* εμφάνισε την τιμή 263,69% (Badrul Alam *et al.*, 2012).

1.9 Τοξικότητα

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

2. Οργανική λίπανση και βιολογική καλλιέργεια

2.1 Ορισμός και αρχές βιολογικής καλλιέργειας

Η Διεθνής Ομοσπονδία Κινημάτων Βιολογικής Γεωργίας (International Federation of Organic Agriculture Movements –IFOAM) δίνει τον εξής ορισμό στην βιολογική γεωργία:

«Η βιολογική γεωργία είναι ένα σύστημα παραγωγής που διατηρεί την υγεία των εδαφών, των οικοσυστημάτων και των ανθρώπων. Βασίζεται σε οικολογικές διεργασίες, βιοποικιλότητα και κύκλους προσαρμοσμένους στις τοπικές συνθήκες, παρά τη χρήση εισροών με δυσμενείς επιπτώσεις. Η βιολογική γεωργία συνδυάζει την παράδοση, την καινοτομία και την επιστήμη για να ωφελήσει το κοινό περιβάλλον και να προωθήσει δίκαιες σχέσεις και καλή ποιότητα ζωής για όλους τους εμπλεκόμενους».

Σύμφωνα με την Διεθνή Ομοσπονδία Κινημάτων Βιολογικής Γεωργίας (IFOAM), οι αρχές που εκφράζουν τη συμβολή της βιολογικής γεωργίας στον κόσμο και το όραμα για τη βελτίωση όλης της γεωργίας σε ένα παγκόσμιο επίπεδο είναι οι εξής:

- 1) Η αρχή της **υγείας**, με βάση την οποία η βιολογική γεωργία πρέπει να συντηρεί και να βελτιώνει την υγεία του εδάφους, των φυτών, των ζώων, του ανθρώπου και του πλανήτη ως ένα και αδιαίρετο.
- 2) Η αρχή της **οικολογίας**, καθώς η βιολογική γεωργία πρέπει να βασίζεται σε ζωντανά οικολογικά συστήματα και κύκλους, να συνεργάζεται μαζί τους, να τα μιμείται και να βοηθά στη διατήρησή τους.
- 3) Η αρχή της **δικαιοσύνης**, μιας και η βιολογική γεωργία θα πρέπει να βασίζεται σε σχέσεις που διασφαλίζουν δικαιοσύνη όσον αφορά το κοινό περιβάλλον και τις ευκαιρίες ζωής.
- 4) Η αρχή **φροντίδας**, αφού η διαχείριση της βιολογικής γεωργίας θα πρέπει να γίνεται με τρόπο προληπτικό και υπεύθυνο για την προστασία της υγείας και της ευημερίας των σημερινών και των μελλοντικών γενεών και του περιβάλλοντος.

Η βιολογική γεωργία συνδυάζει στοιχεία από την παραδοσιακή γεωργία και τις σύγχρονες γεωργικές τεχνολογίες. Δίνει έμφαση στην αμειψισπορά, στη διαχείριση παρασίτων και ζιζανιών με φυσικό τρόπο και στη βελτίωση του εδάφους με προσθήκες κομπόστ, κοπριάς, κατάλοιπα φυτικής ή δασικής προέλευσης. Οι βιοκαλλιεργητές χρησιμοποιούν σύγχρονο

εξοπλισμό, βελτιωμένες ποικιλίες καλλιεργειών, καλλιεργητικές πρακτικές φιλικές προς το περιβάλλον, οι οποίες δεν υποβαθμίζουν την ποιότητα του εδάφους και βασίζονται στην ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων. Οι βιοκαλλιεργητές δεν χρησιμοποιούν φάρμακα και λιπάσματα της συμβατικής γεωργίας. Μπορεί έτσι σε κάποιο βαθμό, τα συστήματα βιολογικής γεωργίας να παράγουν χαμηλότερες αποδόσεις σε σύγκριση με τη συμβατική γεωργία, ωστόσο είναι πιο κερδοφόρα και φιλικά προς το περιβάλλον σε σύγκριση με τη συμβατική γεωργία. Επιπλέον, τα βιολογικά γεωργικά συστήματα αποδίδουν μεγαλύτερες οικοσυστηματικές υπηρεσίες και κοινωνικά οφέλη τόσο στο παρόν όσο και στο μέλλον του πλανήτη και της ανθρωπότητας.

2.2 Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη της βιολογικής καλλιέργειας

Η βιολογική γεωργία έχει μια αμφιλεγόμενη ιστορία. Χαρακτηριστικά αναφέρονται οι επικρατούσες συμπεριφορές πολλών αγροτών και επιστημόνων στις δεκαετίες του 1970 και του 1980 που αναφέρονται σε αποτελέσματα πείνας και λιμού, ως επιδράσεις της εφαρμογής της βιολογικής γεωργίας σε μεγάλη κλίμακα. Στο γύρισμα του 21^{ου} αιώνα, οι σκεπτικιστές θεωρούσαν τη βιολογική γεωργία ως ένα θεωρητικό μοντέλο που είναι αποτελεσματικό (Emsley, 2001; Trewavas, 2001). Τότε λοιπόν υποστηρίχθηκε ότι η βιολογική γεωργία απαιτεί πολύ περισσότερη γη για να παράξει την ίδια ποσότητα τροφής με τη συμβατική γεωργία και η υιοθέτηση της βιολογικής γεωργίας επίσης μεγάλης κλίμακας θα μπορούσε ενδεχομένως να απειλήσει τα δάση, τους υγροτόπους του κόσμου και λιβάδια (Emsley, 2001; Trewavas, 2001). Ισχυρίστηκαν επίσης ότι η βιολογική γεωργία έχει επίσης πολλές ελλείψεις και αποτελεί μια κακή λύση για τα υφιστάμενα αγροτικά προβλήματα (Kirchmann & Thorvaldsson, 2000).

Σήμερα, η βιολογική γεωργία εξακολουθεί να θεωρείται από ορισμένους ως μια αναποτελεσματική προσέγγιση για την επισιτιστική ασφάλεια (Connor & Minguez, 2012; Pickett, 2013). Ωστόσο, ο αριθμός των βιολογικών εκμεταλλεύσεων, η έκταση των βιολογικών εκμεταλλεύσεων γης, το ποσό της ερευνητικής χρηματοδότησης που διατίθεται για τη βιολογική γεωργία και το μέγεθος της αγοράς για βιολογικά τρόφιμα αυξάνεται σταθερά (Willer & Lermoud, 2015).

Τα βιολογικά προϊόντα αναπτύσσονται γρήγορα. Η ποσότητα τους στην αγορά της Αμερικής σχεδόν πενταπλασιάστηκε από το 1999 έως και το 2013 φτάνοντας το 2013 τα 72 δισεκατομμύρια δολάρια). Σήμερα, πολλές διεθνείς εκθέσεις αναγνωρίζουν τη βιολογική γεωργία ως καινοτόμο γεωργία και ένα σύστημα που εξισορροπεί πολλαπλούς στόχους βιωσιμότητας και μπορεί να συμβάλει στην παγκόσμια ασφάλεια τροφίμων και οικοσυστημάτων (De Schutter, 2010; National Research Council, 2010).

2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Αν και η συμβατική γεωργία παρέχει αυξανόμενες προμήθειες τροφίμων και άλλων προϊόντων, συμβάλλει σημαντικά στην παραγωγή των αερίων του θερμοκηπίου, στη απώλεια της βιοποικιλότητας, στην αγροχημική ρύπανση και την υποβάθμιση του εδάφους και των υδάτων (Amundson et al., 2015; Godfray et al., 2010; Rockstrom et al., 2009).

Ο αυξανόμενος πληθυσμός αναμένεται να φτάσει τα 9 με 10 δισεκατομμύρια άτομα μέχρι το 2050 ενώ η προστασία του περιβάλλοντος είναι ένα ζήτημα πλέον ιδιαίτερα ανησυχητικό. Η υιοθέτηση των βιώσιμων γεωργικών συστημάτων σε ευρεία κλίμακα είναι η καλύτερη ευκαιρία για την αντιμετώπιση αυτής της μεγάλης πρόκλησης, παράλληλα με τη διασφάλιση της παγκόσμιας σίτισης. Ανησυχίες για τη μη βιωσιμότητα των συμβατικών συστημάτων γεωργίας έχουν προωθήσει το ενδιαφέρον πλέον σε άλλα γεωργικά συστήματα, όπως η βιολογική ή η ολοκληρωμένη γεωργία. Σύμφωνα με μια έκθεση της Εθνικής Ακαδημίας Επιστημών των ΗΠΑ (National Academics, 2010), μια γεωργική εκμετάλλευση, είτε είναι βιολογική είτε συμβατική, μπορεί να θεωρηθεί ως βιώσιμη εάν παράγει επαρκείς ποσότητες τροφής υψηλής ποιότητας, ενισχύει τη βάση των φυσικών πόρων και το περιβάλλον, είναι οικονομικά βιώσιμη και συμβάλλει στην ευημερία των αγροτών και των κοινοτήτων τους.

Με την άνοδο της βιολογικής γεωργίας τις τελευταίες δύο δεκαετίες, πολλές ερευνητικές μελέτες που συγκρίνουν διαφορετικές πτυχές των βιολογικών και των συμβατικών γεωργικών εκμεταλλεύσεων έχουν δημοσιευθεί, συγκρίνοντας τόσο την παραγωγή. Η παραγωγή περιλαμβάνει τη φυτική απόδοση αλλά και την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. Πολλές μεμονωμένες μελέτες έχουν συγκρίνει την απόδοση μεταξύ οργανικών και συμβατικών συστημάτων. Σύμφωνα με αυτές τις μελέτες, οι μέσες αποδόσεις είναι από 8

έως και 25% χαμηλότερες στα βιολογικά συστήματα σε σχέση με τα συμβατικά (Badglet et al., 2007; de Ponti et al., 2012; Ponosio et al., 2015; Seufert, Ramankutty & Foley, 2012; Stanhill, 1990). Ωστόσο, με ορισμένες καλλιέργειες, συνθήκες καλλιέργειας και πρακτικές διαχείρισης, τα οργανικά συστήματα έρχονται πιο κοντά στα αντίστοιχα συμβατικά όσον αφορά τις αποδόσεις τους. Οι καλύτερες αποδόσεις παρατηρούνται στην βιολογική καλλιέργεια ρυζιού, σόγιας, καλαμποκιού και τριφυλλιού (μόλις 6 έως 11% λιγότερο από τα αντίστοιχα συμβατικά συστήματα). Από την άλλη, μεγάλες διαφορές απόδοσης παρατηρούνται στα φρούτα και το σιτάρι, που αποδίδουν 28 και 27% λιγότερη απόδοση, αντίστοιχα (de Ponti et al., 2012). Σύμφωνα με τη μελέτη των Seufert, Ramankutty & Foley (2012), τα φρούτα, η σόγια και οι ελαιούχοι σπόροι φτάνουν τις υψηλότερες αποδόσεις στις βιολογικές καλλιέργειες, ενώ το σιτάρι και τα λαχανικά τις χαμηλότερες αποδόσεις, που είναι 37 και 33% λιγότερο από τα συμβατικά συστήματα αντίστοιχα.

Κάτω από έντονες συνθήκες ξηρασίας, οι οποίες αναμένεται να αυξηθούν με την κλιματική αλλαγή σε πολλές περιοχές, οι εκμεταλλεύσεις με βιολογική διαχείριση αποδεικνύεται συχνά ότι παράγουν υψηλότερες αποδόσεις από τις συνηθισμένες των αντίστοιχων συμβατικών καλλιεργειών (Lockeretz, Shearer & Kohl, 1981; Lotter, Seider & Liebhardt, 2003), λόγω της υψηλότερης ικανότητας συγκράτησης νερού στα εδάφη της βιολογικής καλλιέργειας (Siegrist et al., 1998). Επιπλέον, οι ολοένα και περισσότερες βελτιώσεις στη διαχείριση των τεχνικών και των ποικιλιών που καλλιεργούνται στα βιολογικά συστήματα μπορεί επίσης να μειώσει ή και να εξαλείψει αυτό το χάσμα απόδοσης (Murphy et al., 2007). Στο σημείο αυτό θα πρέπει βέβαια να αναφερθεί ότι αν και τα οργανικά συστήματα αποδίδουν λιγότερα τρόφιμα, τα βιολογικά τρόφιμα έχουν σημαντικά λιγότερα έως και καθόλου υπολείμματα συνθετικών φυτοφαρμάκων σε σύγκριση με τα τρόφιμα συμβατικής παραγωγής (Baker et al., 2002; Baranski et al., 2014; Pussemier et al., 2006; Smith – Spangler et al., 2012). Επιπρόσθετα, κάποιες μελέτες διαπίστωσαν ότι τα παιδιά που τρώνε συμβατικά παραγόμενα τρόφιμα έχουν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα οργανοφωσφορικών μεταβολιτών φυτοφαρμάκων στα ούρα τους, σε σχέση με τα παιδιά που τρώνε βιολογικά παραγόμενα τρόφιμα (Curl, Fenske & Elgethun, 2003; Lu et al., 2006). Μάλιστα, το 2012, η Αμερικανική Ακαδημία Παιδιατρικής ανέφερε ότι μια βιολογική διατροφή μειώνει την έκθεση των παιδιών στα φυτοφάρμακα και παρείχε πληροφόρηση σε γονείς που αναζητούν καθοδήγηση σχετικά με το ποια τρόφιμα τείνουν να έχουν υψηλά υπολείμματα φυτοφαρμάκων (Forman et al., 2012). Σήμερα, πολλές βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις ή μετα-αναλύσεις, συγκρίνουν την διατροφική αξία των βιολογικών και συμβατικών τροφίμων (Benbrook et al., 2008;

Brandt et al., 2011; Brandt & Molgaard, 2001; Hunter et al., 2011; Lairon, 2010; Magkos et al., 2003; Palupi et al., 2012; Rembalkowska, 2007; Williams, 2002; Worthington, 2001), στις οποίες υπάρχουν ενδείξεις ότι τα βιολογικά τρόφιμα είναι πιο θρεπτικά (για παράδειγμα, έχοντας υψηλότερες συγκεντρώσεις βιταμίνη C, ολικά αντιοξειδωτικά και ολικά ωμέγα-3 λιπαρά οξέα και υψηλότερες αναλογίες ωμέγα-3 προς -6) από ότι τα αντίστοιχα συμβατικά. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν και κάποιες μελέτες που αναφέρουν ότι δεν υπάρχουν σημαντικά στατιστικές και σταθερές διαφορές στην διατροφική αξία των συμβατικών και βιολογικών προϊόντων (Bourn & Prescott, 2002; Dangour et al., 2009; Smith-Spangler et al., 2012).

Επιπρόσθετα, πολλές μελέτες υποστηρίζουν ότι τα συστήματα βιολογικής γεωργίας είναι πιο «περιβαλλοντικά φιλικά» από τα συμβατικά συστήματα γεωργίας (Crowder et al., 2010; Geiger et al., 2010; Kennedy et al., 2013; Lee et al., 2015; Lotter et al., 2003; Skinner et al., 2015; Tuck et al., 2014). Για παράδειγμα, συγκεντρωτικές μελέτες έχουν βρει ότι τα συστήματα βιολογικής γεωργίας συνδυάζουν σταθερά μεγαλύτερα επίπεδα άνθρακα στο έδαφος, καλύτερη ποιότητα εδάφους και λιγότερο διάβρωση του εδάφους σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα (Alfoldi et al., 2002; Gattinger, 2012; Gomiero et al., 2011; Kasperczyk et al., 2006; Lynch, Halberg, & Bhatta, Tuomisto et al., 2012). Επιπρόσθετα, στις βιολογικές αγροτικές εκμεταλλεύσεις υπάρχει μεγαλύτερη ποικιλία φυτών, εντόμων και ζώων και συχνά μεγαλύτερη ποικιλότητα οικοτόπων και τοπίων (Crowder et al., 2010; Lotter, 2003). Σε μια μελέτη σε οκτώ χώρες της δυτικής και ανατολικής Ευρώπης, σχετικά με τα εντομοκτόνα και τα μυκητοκτόνα, βρέθηκε ότι είχαν σταθερά αρνητικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα, με τα εντομοκτόνα να μειώνουν επίσης τη δυνατότητα βιολογικού ελέγχου στα γεωργικά συστήματα (Geiger et al., 2010).

Καθώς η βιολογική γεωργία δεν χρησιμοποιεί ουσιαστικά συνθετικά φυτοφάρμακα, υπάρχει ελάχιστος έως καθόλου κίνδυνος ρύπανσης του εδάφους και των επιφανειακών υδάτων από συνθετικά φυτοφάρμακα (Alfoldi et al., 2002). Ωστόσο, δεδομένης της χαμηλότερης απόδοσης χρήσης γης, συχνά η βιολογική γεωργία στις ανεπτυγμένες χώρες, δεν λαμβάνει τη σημασία που θα έπρεπε (Lee et al., 2015; Skinner et al., 2014).

Επιπρόσθετα, η υποβάθμιση των γλυκών και θαλάσσιων οικοσυστημάτων σε όλο τον κόσμο συνδέεται με την υπερβολική χρήση αζώτου και φωσφόρου από τα λιπάσματα (Stefen et al., 2015), οδηγώντας σε ευτροφισμό του γλυκού νερού και της παραγωγής υποξικών ζωνών στα παράκτια ύδατα. Στη βιολογική γεωργία η έκπλυση του εδάφους φαίνεται να είναι μικρότερη

και τα συστήματα αυτά συνήθως πιο ενεργειακά αποδοτικά από αντίστοιχα συμβατικά (Lee, Choe & Park, 2015). Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στη Γερμανία, την Ιταλία, τη Σουηδία και την Ελβετία, τα βιολογικά αγροκτήματα βρέθηκαν να χρησιμοποιούν σημαντική λιγότερη ενέργεια ανά εκτάριο από τα αντίστοιχα συμβατικά και είχαν σημαντικά χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας (Gattinger et al., 2015).

Βέβαια, η σύγχρονη πραγματικότητα δείχνει ότι το ενδεχόμενο η βιολογική γεωργία να μπορεί να συνεχίσει να επεκτείνεται σε παγκόσμιο επίπεδο, θα καθοριστεί πρωτίστως από τις οικονομικές της επιδόσεις σε σύγκριση με τη συμβατική γεωργία (Halberg et al., 2006). Οι κύριοι παράγοντες που προσδιορίζουν την κερδοφορία της βιολογικής γεωργίας, συμπεριλαμβανομένης της απόδοσης των καλλιεργειών, είναι το εργατικό και συνολικό κόστος, τα ασφάλιστρα των τιμών για βιολογικά προϊόντα, η δυνατότητα για μειωμένο εισόδημα κατά την μεταβατική περίοδο (συνήθως τρία χρόνια) και η πιθανή εξοικονόμηση κόστους από τη μειωμένη εξάρτηση από μη ανανεώσιμους πόρους (Zentner et al., 2011). Μια μετα-ανάλυση έχει αναλύσει τις οικονομικές επιδόσεις της βιολογικής και συμβατικής γεωργίας (Crowder & Reganold, 2015), συνδυάζοντας ευρήματα από μελέτες 40 ετών καλύπτοντας 55 καλλιέργειες που καλλιεργούνται σε πέντε ηπείρους. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η βιολογική γεωργία αποδείχθηκε σημαντικά πιο κερδοφόρα (κατά 22 έως 35% περισσότερο από τη συμβατική) και είχαν υψηλότερες αναλογίες οφέλους/κόστους (20 προς 24%).

Σήμερα, τα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν ότι τόσο η βιολογική όσο και η συμβατική γεωργία θα πρέπει να σημειώσουν σημαντική πρόοδο για να ανταποκριθούν στους στόχους της κοινωνικής βιωσιμότητας. Ωστόσο, η βιολογική γεωργία έχει αποδειχθεί ότι έχει ορισμένα κοινωνικοπολιτισμικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη συμβατική γεωργία, όπως οι θετικές αλλαγές στην κοινότητα λόγω της οικονομικής ανάπτυξης, αυξημένες κοινωνικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ αγροκτημάτων και καταναλωτών καθώς και μεγαλύτερη απασχόληση εργατών και συνεργασία μεταξύ αγροτών (MacRae et al., 2007; Gruere et al., 2009).

Η βιολογική γεωργία μειώνει την έκθεση σε φυτοφάρμακα και άλλες χημικές ουσίες. Μια τέτοια έκθεση μπορεί να είναι ιδιαίτερα επιβλαβής, ειδικά σε λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες, όπου πολλές ασθένειες και θάνατοι έχουν προέκυψε από επαγγελματική και τυχαία έκθεση στις ουσίες αυτές (Eddleston et al., 2002; Thundivil et al., 2008).

Μέχρι σήμερα, η εντονότερη κριτική που δεχόταν η βιολογική γεωργία ήταν οι χαμηλότερες αποδόσεις, κάτι που σιγά σιγά μειώνεται ή καταρρίπτεται εντελώς. Πολλοί πλέον υποστηρίζουν ότι τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα της βιολογικής γεωργίας υπερτερούν κατά πολύ των χαμηλότερων αποδόσεων (Reganold, 2011).

Συμπερασματικά, η βιολογική γεωργία μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στα μεγάλα προβλήματα της εποχής μας –ενέργεια, περιβάλλον, κλιματική αλλαγή, επισιτιστική ασφάλεια, οικονομική ασφάλεια- μιας και συμβάλλει στο κοινό καλό παράγοντας ασφαλή και καλής ποιότητας τρόφιμα -με υψηλή θρεπτική αξία- για όλους, σε αντίθεση με την συμβατική γεωργία η οποία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες απώλειας της βιοποικιλότητας, υπερθέρμανσης του πλανήτη, μόλυνσης και υποβάθμισης του εδάφους και επιπρόσθετα ενέχει κινδύνους αναφορικά με την ασφάλεια των τροφίμων και της διατροφής.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1. Πειραματικό πλάνο

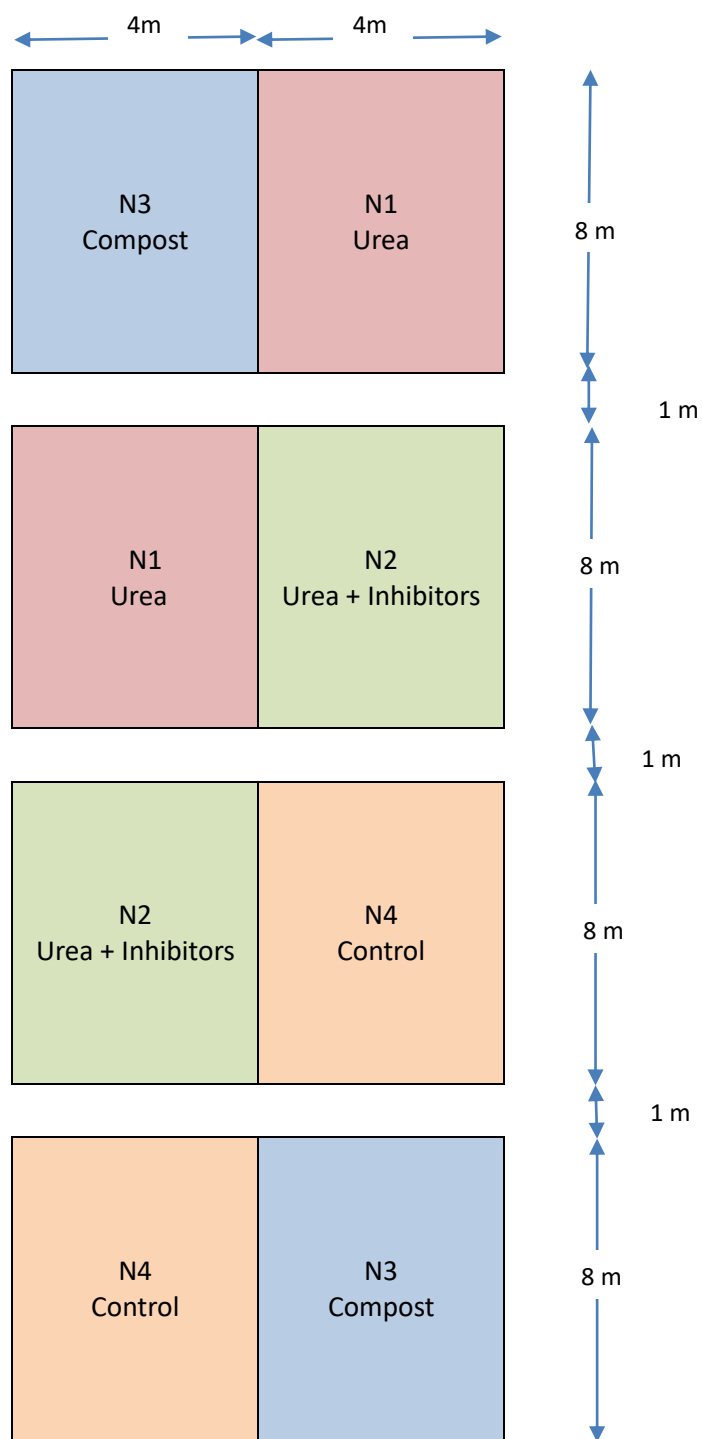
Το πεδίο της μελέτης ήταν η καλλιέργεια του *Brassica nigra* ως χειμερινή σπορά. Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης διεξήχθη ένα πείραμα όπου το *Brassica nigra* καλλιεργήθηκε με τρία (3) διαφορετικά είδη λίπανσης, με απόσταση φύτευσης 45 cm και λήφθηκαν μετρήσεις, όπως αυτές καταγράφονται στη συνέχεια.

Η καλλιέργεια πραγματοποιήθηκε στον αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, στην περιοχή του Βοτανικού. Οι ακριβείς συντεταγμένες του πειραματικού αγρού είναι: γεωγραφικό πλάτος 37° 59' 1,47" N και γεωγραφικό μήκος 23° 42' 6,98" E, ενώ το υψόμετρο του είναι στα 170 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Επισημαίνουμε ότι ο εν λόγω αγρός υφίσταται βιολογική διαχείριση από το έτος 1995.



Εικόνα 7. Δορυφορική εικόνα του πειραματικού αγρού του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών ⁸

⁸ Ελληνικό Κτηματολόγιο, www.gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/Apospasma.aspx



D = 45 cm

Εικόνα 8. Ο πειραματικός αγρός

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η μορφή του αγροτεμαχίου. Ο πειραματικός αγρός είχε εμβαδόν συνολικά 280 m² συμπεριλαμβανομένων και των διαδρόμων πλάτους 1 m έκαστος. Ο αγρός διαιρέθηκε σε 8 πειραματικά τεμάχια (plots), με διαστάσεις 4 m x 8 m και εμβαδόν 32 m² έκαστο. Οι γραμμές φύτευσης είχαν απόσταση 45 cm.

Στο παρόν πείραμα εφαρμόστηκαν δύο διαφορετικά είδη ανόργανης λίπανσης -μία με ουρία και μία με ουρία με διπλή παρεμπόδιση- καθώς και μία οργανική λίπανση με compost, , ενώ υπήρχαν και δύο (2) τεμάχια όπου δεν χρησιμοποιήθηκε κανένα είδος λίπανσης (μάρτυρες).

Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκε συνολικά 0,5 kg σπόρου *Brassica nigra* L. από το Γεωπονικό Κέντρο Αθηνών του οποίου τα στοιχεία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2. Στοιχεία φυτικού υλικού του πειράματος

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	
Φυτικό υλικό (είδος)	<i>Brassica nigra</i> L.
Σπορομερίδα	N214
Βλαστικότητα	90,00%
Καθαρότητα	99,00%
Βάρος	0,5 kgr
Προέλευση	Ιταλία

Οι σπόροι ζυγίστηκαν σε ζυγό ακριβείας και η ποσότητα διαιρέθηκε δια του 8 για να κατανεμηθούν στα plots του αγρού. Η ποσότητα σπόρου που τοποθετήθηκε σε κάθε plot ήταν 62,5 gr και αναλογεί σε 19,531kg/ha.

3.2 Εδαφολογική ανάλυση εδάφους

Το έδαφος στον πειραματικό αγρό χαρακτηρίζεται ως αργιλλοπηλώδες καθώς μετά από εδαφολογική ανάλυση προέκυψαν τα στοιχεία που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3. Εδαφολογική ανάλυση

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

3.3 Εγκατάσταση καλλιέργειας

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 24 Νοεμβρίου 2020. Η προετοιμασία εδάφους έγινε την ίδια ημέρα με την σπορά. Για την εδαφοκατεργασία χρησιμοποιήθηκε σκαριφήρας, ο οποίος αναμόχλευσε το έδαφος στα 15 cm και ενσωμάτωσε τα ζιζάνια και τα υπολείμματα προηγούμενης πειραματικής καλλιέργειας. Ακολούθησε η χάραξη του αγροτεμαχίου, έτσι ώστε να οριστούν οι σωστές διαστάσεις και να διαχωριστούν τα plots προκειμένου να γίνει η διασπορά των λιπασμάτων σε κάθε plot. Η διασπορά έγινε χύδην με το χέρι. Έπειτα

ακολούθησε φρεζάρισμα σε βάθος 10 cm για την ενσωμάτωση των λιπασμάτων και η αφρατοποίηση του εδάφους. Στην συνέχεια, με τη βοήθεια του γραμμοχαράκτη ανοίχτηκαν μικρά αυλάκια βάθους 3-5 cm σε ευδιάκριτες ευθείες γραμμές. Οι σπόροι τοποθετήθηκαν με το χέρι και έπειτα καλύφθηκαν ελαφρώς με χώμα χειρωνακτικά, προκειμένου να προστατευθούν από τις καιρικές συνθήκες (βροχή, αέρας) καθώς και τα πτηνά.

3.4 Καλλιεργητικές εργασίες

3.4.1 Διαχείριση ζιζανίων

Για την διαχείριση των ζιζανίων πραγματοποιήθηκε σκάλισμα μόνο μία φορά στο στάδιο της ροζέτας, δηλαδή στο στάδιο ανάπτυξης τεσσάρων (4) πραγματικών φύλλων. Η διαδικασία αυτή δεν χρειάστηκε να επαναληφθεί, καθώς ο αριθμός των ζιζανίων ήταν αμελητέος και το μαύρο σινάπι σημείωσε γρήγορη ανάπτυξη με αποτελέσματα ανταγωνιστεί επαρκώς τα ζιζάνια.

3.4.2 Άρδευση

Πραγματοποιήθηκε άρδευση της καλλιέργειας μία μόνο φορά, με το σύστημα τεχνητής βροχής, αμέσως μετά την σπορά, προκειμένου να βοηθηθεί η έκπτυξη των σπόρων. Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου τα νερά των βροχοπτώσεων ήταν επαρκή για την κάλυψη των αναγκών της καλλιέργειας και επομένως δεν κρίθηκε απαραίτητη άρδευση της.

3.4.3 Καταπολέμηση εχθρών και ασθενειών

Δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες προσβολές από εχθρούς και ασθένειες, συνεπώς δεν χρειάστηκε να προβούμε σε επεμβάσεις καταπολέμησης αυτών.

3.5 Εφαρμογές λίπανσης

Η λίπανση εφαρμόστηκε επιφανειακά την ημέρα της σποράς (24 Νοεμβρίου 2020). Για την λίπανση χρησιμοποιήθηκαν δύο ανόργανα και ένα οργανικό λίπασμα. Το ανόργανο λίπασμα που αφορούσε στην λίπανση με ουρία ήταν το Fertimax (46-0-0) Teofert σε κοκκώδη μορφή με σύσταση:

- Ολικό άζωτο (N) 46 %
 Ουρικό (NH₂) 46 %
- Διουρία 1 % max

Το ανόργανο λίπασμα που αφορούσε στην λίπανση με ουρία με παρεμποδιστές ήταν το Alzon Teofert (46-0-0) σε κοκκώδη μορφή με σύσταση:

- Ολικό άζωτο (N) 46,3 %
 Καρβαμικό 46,3 %
- Παρεμποδιστής νιτροποίησης 0,07 %
 MPA
- Παρεμποδιστής ουρεάσης 0,035 %
 2-NPT

Η ποσότητα που χρησιμοποιήθηκε και στα δύο ανόργανα λιπάσματα ήταν 1 kg ανά plot δηλαδή 312,5 kg/ha.

Τέλος, το οργανικό λίπασμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Compost Posidonia το οποίο περιέχει:

Οργανική ουσία: 20-35% κατά ξηρά ουσία

Υγρασία: 25-35%

Αγωγιμότητα: 0,5 -1,0 mS/cm

pH: 7-7,5

Άζωτο (N): 1,0 %-2,0 % Ξ.Ο

Το οργανικό λίπασμα εφαρμόστηκε σε ποσότητα 10 kg ανά plot που αντιστοιχεί σε 3.125 kg/ha.

3.6 Μετρήσεις αγρονομικών χαρακτηριστικών

Προκειμένου να προσδιορισθούν τα αγρονομικά χαρακτηριστικά του *Brassica nigra* έγιναν μετρήσεις που αφορούν τα υπέργεια μέρη των φυτών. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά επτά (7) μετρήσεις: την 84, 96, 110, 124, 138, 159 και 173 (ΗΑΣ) ημέρα από την ημέρα σποράς, όπου η τελευταία ήταν στο στάδιο της συγκομιδής. Κάθε φορά επιλέγονταν 5 φυτά ανά plot. Τα δείγματα των φυτών επιλέχθηκαν τυχαία από τις γραμμές του κάθε τεμαχίου και οι μετρήσεις έγιναν είτε επιτόπου στον αγρό, είτε στον εργαστήριο.

Μετρήσεις ελήφθησαν για τα παρακάτω χαρακτηριστικά του φυτού:

Ύψος: Η μέτρηση του ύψους των φυτών πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας 5 φυτά από τυχαίες γραμμές από κάθε plot.

Νωπό Βάρος: Τα φυτά που ελήφθησαν στην ανωτέρω δειγματοληψία μετρήθηκαν άμεσα ως προς το νωπό τους βάρος.

Ξηρό Βάρος: Τα ίδια φυτά μετρήθηκαν και ως προς το ξηρό τους βάρος αφού πρώτα τοποθετήθηκαν σε φούρνο του Εργαστηρίου Γεωργίας, σε θερμοκρασία 60 °C για 48 ώρες και κατόπιν ζυγίστηκαν με ζυγαριά ακριβείας.

Αριθμός Ταξιανθιών ανά τ.μ: Μετρήθηκαν ο αριθμός των ταξιανθιών σε έκταση 1 m²

Αριθμός λοβών ανά τ.μ: Μετρήθηκαν ο αριθμός των λοβών σε έκταση 1 m²

Αριθμός Λοβών: Από την έναρξη της διαδικασίας της ωρίμανσης μετρήθηκαν οι λοβοί που είχαν σχηματιστεί στα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν και στις προηγούμενες μετρήσεις. Στο σύνολο είχαμε 3 μετρήσεις λοβών. Η πρώτη έγινε στις 110 ημέρες από την σπορά και η τελευταία στις 138 ημέρες από την ημέρα σποράς.

Απόδοση του φυτού σε σπόρο, όπου μετρήθηκε ο σπόρος που παράχθηκε εκφρασμένος σε kg/στρέμμα.

Για την μέτρηση του ύψους του φυτού, πάρθηκε η απόσταση μεταξύ του λαιμού του φυτού (βάση του στελέχους), έως το ψηλότερο σημείο του φυτού.

Το τελευταίο μέρος του πειράματος αφορούσε την συλλογή του σπόρου για τον προσδιορισμό των αποδόσεων. Πριν την συγκομιδή μετρήθηκε η υγρασία των σπόρων με μετρητή υγρασίας σπόρων και βρέθηκε να είναι στο 13%, όντας κατάλληλη ένδειξη για να ακολουθήσει συγκομιδή, αφού αυτή η τιμή πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 12 – 14 %. Η συλλογή του δείγματος του σπόρου έγινε με την εξής διαδικασία: Σε κάθε plot επιλέχτηκαν οι 3 γραμμές στο κέντρο του αγρού, από τις οποίες συγκομίστηκαν όλες οι ταξιανθίες, χειροκίνητα. Έπειτα, χρησιμοποιήθηκε μικρή αλωνιστική μηχανή για την εξαγωγή του σπόρου από τα κεράτια. Οι σπόροι κοσκινίστηκαν, ούτως ώστε να είναι καθαροί για τις μετρήσεις. Ζυγίστηκε όλη η ποσότητα των σπόρων για κάθε plot ξεχωριστά και έγινε αναγωγή στο στρέμμα.

3.7 Μετεωρολογικά δεδομένα

Στον πίνακα που ακολουθεί αναγράφονται οι τιμές της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του *Brassica nigra*. Περιλαμβάνονται οι μήνες από τον Νοέμβριο του 2020 έως τον Ιούνιο του 2021. Τα δεδομένα προέρχονται από τον μετεωρολογικό σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στην περιοχή Θησείο Αθηνών.

Πίνακας 4. Μέση μέγιστη θερμοκρασία, μέση ελάχιστη θερμοκρασία και αθροιστική βροχόπτωση για τους μήνες που διήρκεσε η καλλιέργεια (πηγή: www.meteo.gr)

	Μέση μέγιστη θερμοκρασία	Μέση ελάχιστη θερμοκρασία	Αθροιστική Βροχόπτωση
	(° C)	(° C)	(mm)
Νοέμβριος 2020	18,9	12,7	5,2
Δεκέμβριος 2020	16,8	11,7	141,8
Ιανουάριος 2021	15,2	9,1	36
Φεβρουάριος 2021	16,2	8,9	29
Μάρτιος 2021	16,7	9	10
Απρίλιος 2021	20,7	12,1	14,8
Μάιος 2021	28	18,5	0
Ιούνιος 2021	31,1	21,6	23,2

3.8 Στατιστική Ανάλυση δεδομένων

Η ανάλυση δεδομένων έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα Statgraphics (STATGRAPHICS Centurion XVI Version 16.1.18 StatPoint Technologies, Inc.) Χρησιμοποιήθηκε SLD για τις συγκρίσεις των μέσων όρων και την εκτίμηση των σημαντικών διαφορών με επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p \leq 0.05$).

4. Αποτελέσματα

Η περίοδος της πειραματικής καλλιέργειας τοποθετείται χρονικά από τις 24 Νοεμβρίου 2020 έως τις 26 Μαΐου 2021. Χρειάστηκαν 173 ΗΑΣ ώστε να είναι σε κατάλληλο στάδιο οι σπόροι για συγκομιδή. Αξίζει να αναφερθεί ότι η έκπτυξη των πρώτων πραγματικών φύλλων ήταν στις 15 Δεκεμβρίου 2020, η έναρξη δημιουργίας ροζέτας ήταν στις 30 Δεκεμβρίου 2020 και η έναρξη άνθισης έλαβε χώρα στις 29 Μαρτίου 2021.

Πίνακας 5. Το ύψος των φυτών /m²

OUR	273	
COMPOST	271	F
		1,74
Urea + I	298	
CONTROL	250	

Πίνακας 6. Το Νωπό βάρος gr/m²

OUR		3781,07
COMPOST		3078,35
	P - value	
	0,000	
Urea + I		3736,01
CONTROL		2741,93

Πίνακας 7. Το ξηρό βάρος gr /m²

OUR		1224,62
COMPOST		924,84
	P – value	
Urea + I	0,000	1055,47
CONTROL		619,74

Πίνακας 8. Αριθμός ταξιανθιών /m²

OUR		1188
COMPOST		918
	P - value	
Urea + I	0,006	1255
CONTROL		661

Πίνακας 9. Αριθμός λοβών /m²

OUR		5840
COMPOST	P - value	4363
	0,005	
Urea + I	0,007	6502
CONTROL		3864

Πίνακας 10. Στρεμματική απόδοση kg/στρέμμα

OUR		147,75
COMPOST	P - value	134,75
	0,0014	
Urea + I		160
CONTROL		104

5. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Σε αυτή την ενότητα, αναλύονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων, σχολιάζονται και οδηγούν στο συμπέρασμα. Βάσει των αποτελεσμάτων, δίνονται ιδιαίτερα χρήσιμα αποτελέσματα για την καλλιέργεια του μαύρου σιναπιού στην χώρα μας, συνδυαστικά, με τις διαφορετικές λιπάνσεις.

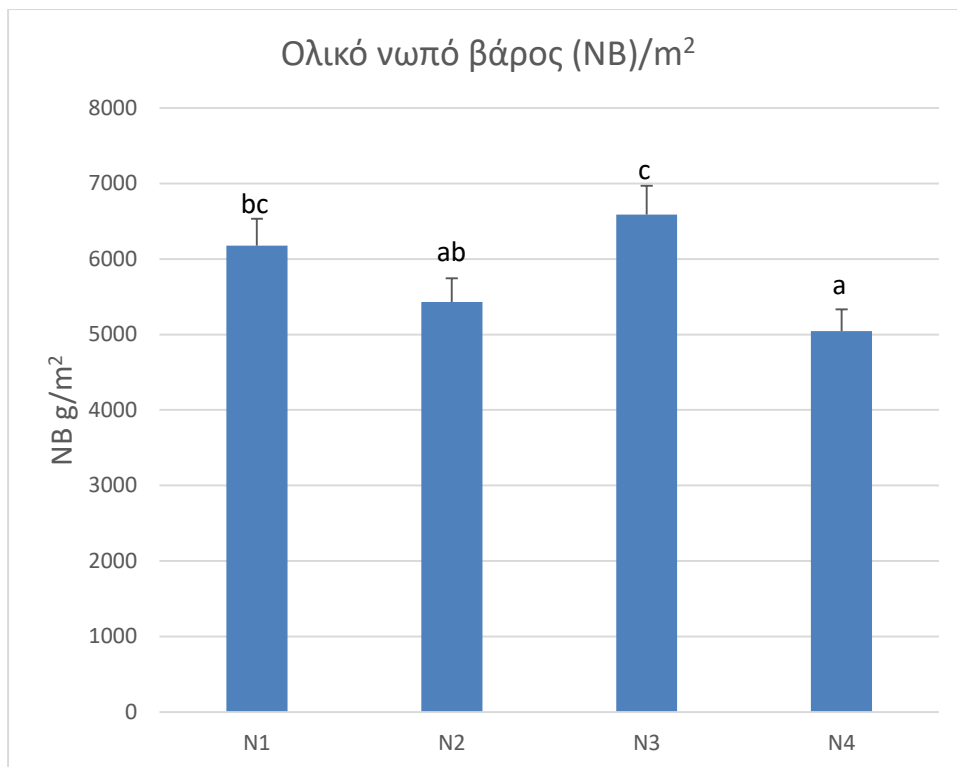
5.1 Ύψος φυτού / m²

Το ύψος του φυτού/τετραγωνικό μέτρο ξεπέρασε τα 2 m σε όλες τις επεμβάσεις. Άξιο προσοχής είναι το ύψος που έφτασαν τα φυτά στην επέμβαση της ουρίας με παρεμποδιστή. Πιο συγκεκριμένα, σε αυτή την επέμβαση τα φυτά πλησίασαν τα 3 μέτρα/τετραγωνικό μέτρο. Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες, φαίνεται πως το ύψος των φυτών κυμαίνεται από 109 – 126 εκατοστά (SASKATCHEWAN MUSTARD DEVELOPMENT COMMISSION, 2017). Σε άλλη έρευνα που αφορά την επίδραση της πυκνότητας και της λίπανσης στο ύψος των φυτών, δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα (Angadi et al., 2003). Η εν λόγω μελέτη φαίνεται να συμφωνεί με την παρούσα, καθώς δεν εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων, όσον αφορά στο ύψος των φυτών.

Γενικότερα, διαπιστώνουμε ότι το ύψος των φυτών σε όλες τις επεμβάσεις ξεπέρασε τις αναμενόμενες τιμές ύψους. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες της χώρας μας.

5.2 Νωπό βάρος

Το νωπό βάρος αφορά το βάρος του υπέργειου μέρους των φυτών εντός ενός τετραγωνικού μέτρου. Όπως προκύπτει από την στατιστική ανάλυση, το βάρος εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση της ουρίας και της ουρίας με διπλή παρεμπόδιση και ακολουθεί η επέμβαση με οργανική λίπανση. Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίστηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, πως δεν υπάρχουν βιβλιογραφικά δεδομένα για μετρήσεις νωπού βάρους στο μαύρο σινάπι.

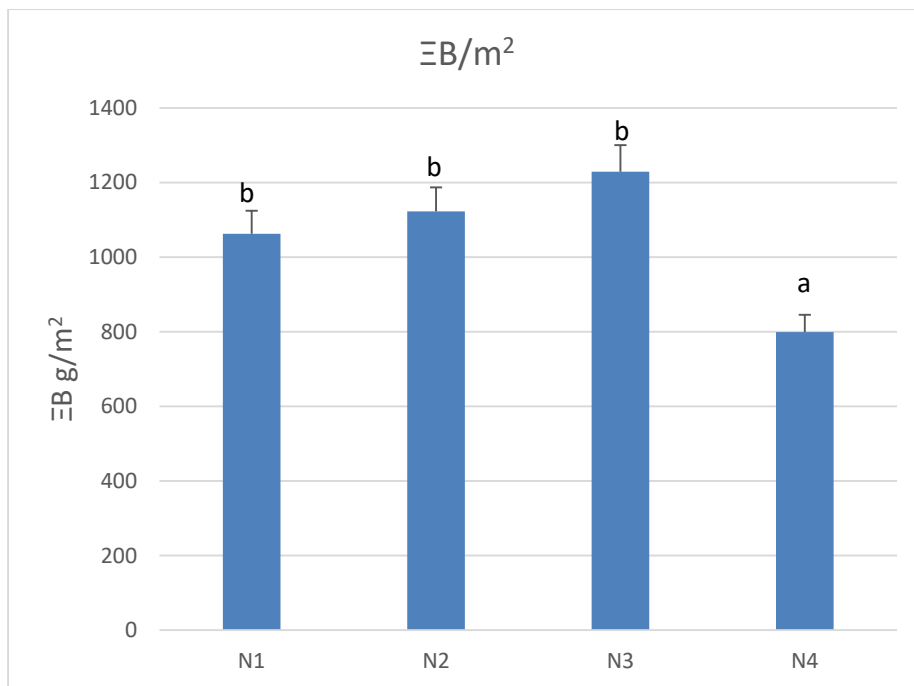


όπου N1: Urea, N2: Compost, N3: Urea + I και N4: Control.

Διάγραμμα 1: Νωπό βάρος

5.3 Ξηρό βάρος

Το ξηρό βάρος μετρήθηκε έπειτα από ξήρανση των φυτών. Αφορά στο συνολικό ξηρό βάρος των φυτών που υπήρχαν εντός ενός τετραγωνικού μέτρου. Όμοια με τις μετρήσεις του νωπού βάρους, οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση της ουρίας με διπλή παρεμπόδιση. Η επέμβαση της ουρίας με διπλή παρεμπόδιση δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές συγκριτικά με τις επεμβάσεις της ουρίας, καθώς και της επέμβασης με οργανική λίπανση. Οι χαμηλότερες μετρήσεις σημειώθηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα, που διέφεραν στατιστικά σημαντικά από όλες τις υπόλοιπες μετρήσεις. Οι μετρήσεις μας φαίνεται να συμπίπτουν με εκείνες που έγιναν από τους Mendham & Salisbury (1995) όπου αναφέρεται ότι η τιμή του ξηρού βάρους κυμαίνεται από 20 gr/φυτό έως 25gr/φυτό.

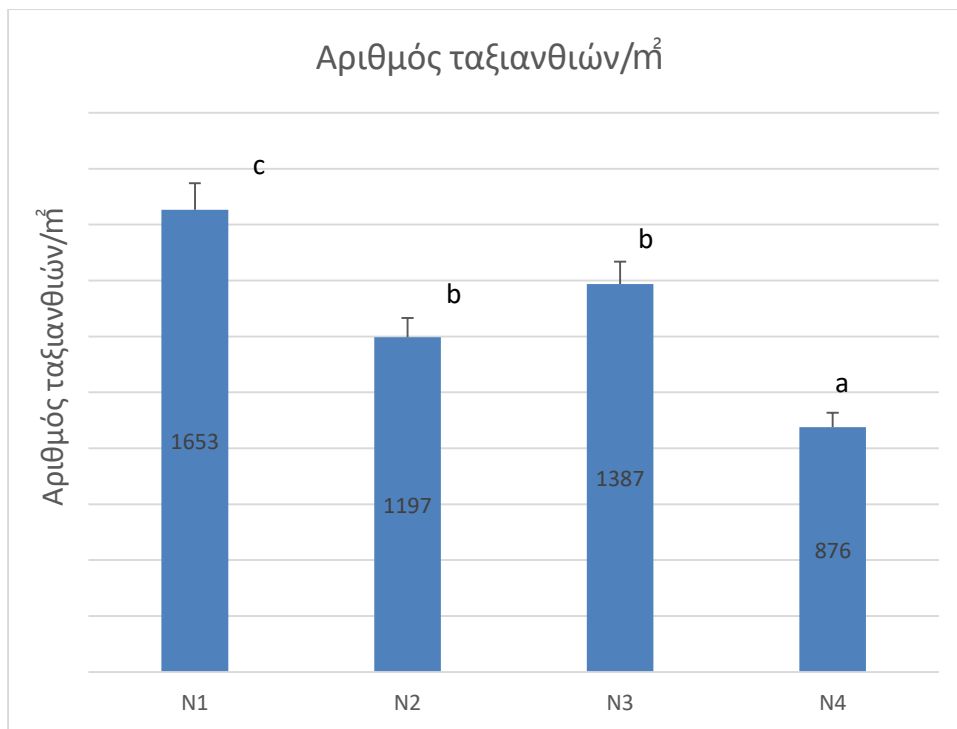


όπου N1: Urea, N2: Compost, N3: Urea + I και N4: Control.

Διάγραμμα 2: Ξηρό βάρος

5.4 Αριθμός ταξιανθιών ανά ένα τετραγωνικό μέτρο καλλιέργειας

Η μέτρηση αφορά στις ταξιανθίες που λήφθηκαν από φυτά, σε εμβαδό ενός τετραγωνικού μέτρου. Σύμφωνα με προηγούμενες έρευνες, το είδος *Brassica napus* αναλόγως την πυκνότητα εμφανίζει ακόμα και 12 ταξιανθίες ανά φυτό (Mendham et al., 1981). Οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση της ουρίας. Η επέμβαση της ουρίας με διπλή παρεμπόδιση δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά με την επέμβαση της οργανικής λίπανσης. Αυτές οι δύο επεμβάσεις διέφεραν στατιστικά από τις υπόλοιπες. Και σε αυτή τη μέτρηση οι χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στον μάρτυρα. Αυτή η επέμβαση διέφερε στατιστικά από τις υπόλοιπες.

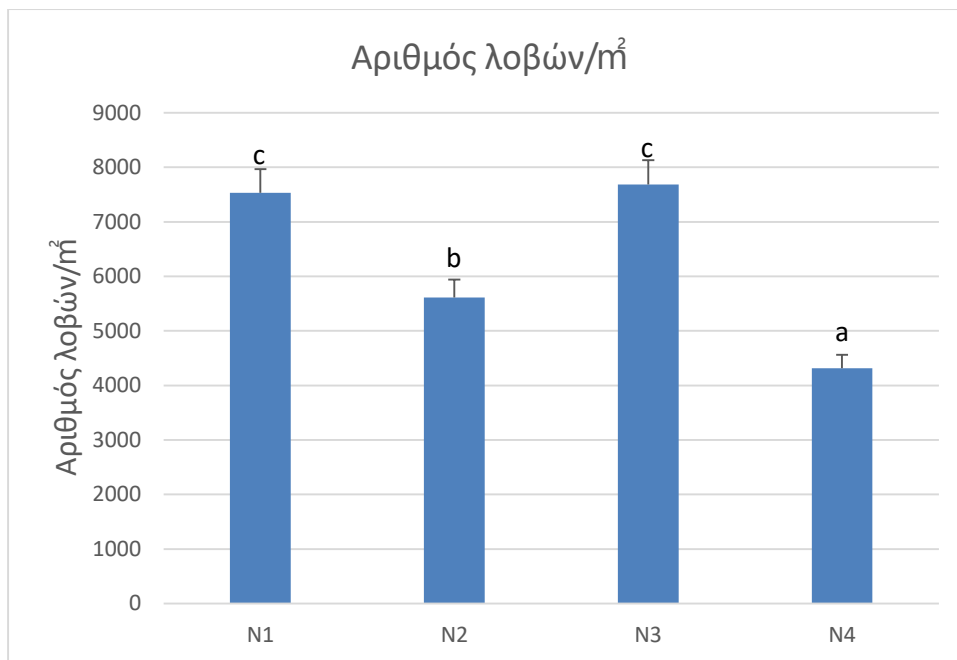


όπου N1: Urea, N2: Compost, N3: Urea + I και N4: Control.

Διάγραμμα 3: Αριθμός ταξιανθιών

5.5 Αριθμός λοβών ανά ένα τετραγωνικό μέτρο καλλιέργειας

Η συγκεκριμένη μέτρηση αφορά τους λοβούς που λήφθηκαν από κομμάτι εμβαδού ενός τετραγωνικού μέτρου καλλιέργειας και αποτελεί και έναν σημαντικό παράγοντα και για την απόδοση. Σύμφωνα με προηγούμενες έρευνες, είναι γνωστό πως ο χρόνος εφαρμογής του λιπάσματος, επηρεάζει την απόδοση σε σπόρο και κατ' επέκταση τον αριθμό των λοβών ανά φυτό (Danesh – Shahraki et al., 2007). Οι ψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση της ουρίας με διπλή παρεμπόδιση, η οποία δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από την επέμβαση της ουρίας. Οι μικρότερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα.



όπου N1: Urea, N2: Compost, N3: Urea + I και N4: Control.

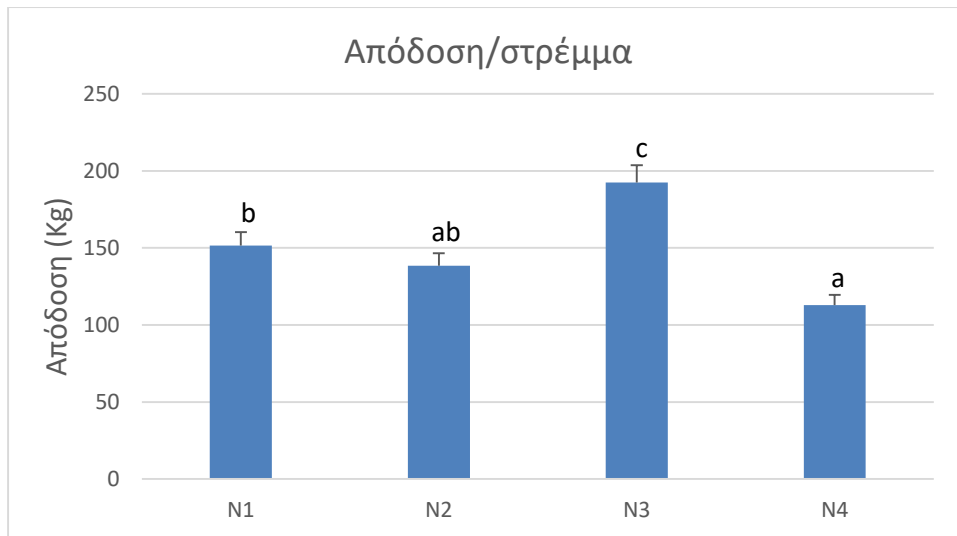
Διάγραμμα 4: Αριθμός λοβών

5.6 Απόδοση σε σπόρο

Η απόδοση εκφράστηκε σε kg/στρέμμα. Κατά μέσο όρο λήφθηκαν 127 κιλά ανά στρέμμα. Η μεγαλύτερη απόδοση ήταν στην επέμβαση με την ουρία με διπλή παρεμπόδιση η οποία ανήλθε στα 192,5 κιλά ανά στρέμμα, σε σύγκριση με την επέμβαση με την ουρία και την οργανική λίπανση με κομπόστ που ανήλθαν σε 151,5 κιλά ανά στρέμμα και 138,5 κιλά ανά στρέμμα αντίστοιχα. Η μικρότερη απόδοση μετρήθηκε στον μάρτυρα με απόδοση 113 κιλά ανά στρέμμα.

Σύμφωνα με βιβλιογραφικά στοιχεία η απόδοση του *Brassica nigra* στην χώρα του Καναδά κυμαίνεται σε 97-106 κιλά ανά στρέμμα (SASKATCHEWAN MUSTARD DEVELOPMENT COMMISSION, 2017). Επιπρόσθετα, σύμφωνα με μελέτη η απόδοση σε σπόρο της καλλιέργειας του μαύρου σιναπιού στην Ινδία κυμαίνεται σε 100-120 κιλά ανά στρέμμα και ο βιολογικός κύκλος του φυτού είναι από 70 έως 90 ημέρες (Shekhawat, et al., 2012).

Από τα ανωτέρω φαίνεται ότι η απόδοση σπόρου στο παρόν πείραμα πλησιάζει με την απόδοση που έχει καταγραφεί στην Ινδία, ενώ η απόκλιση εξαρτάται από παράγοντες όπως το κλίμα και η πυκνότητα σποράς.



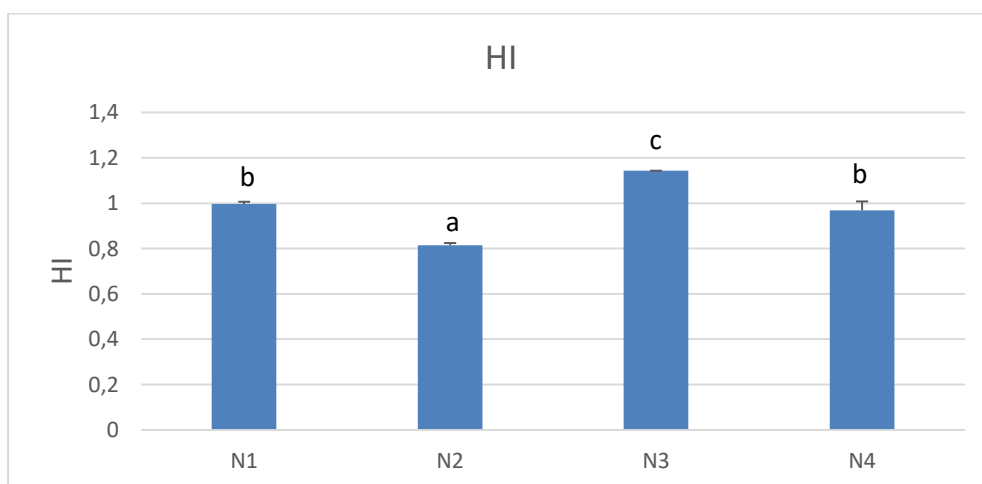
όπου N1: Urea, N2: Compost, N3: Urea + I και N4: Control.

Διάγραμμα 5: Απόδοση σπόρου

5.7 Δείκτης συγκομιδής

Ο δείκτης συγκομιδής φαίνεται πως εμφάνισε μεγαλύτερες τιμές στην επέμβαση της ουρίας με διπλή παρεμπόδιση. Η μικρότερη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση της οργανικής λίπανσης. Ο δείκτης συγκομιδής δίνεται από τον τύπο:

$$HI = \frac{\text{Ξ.Β. προϊόντος}}{\text{συνολικό ξηρό βάρος}}$$



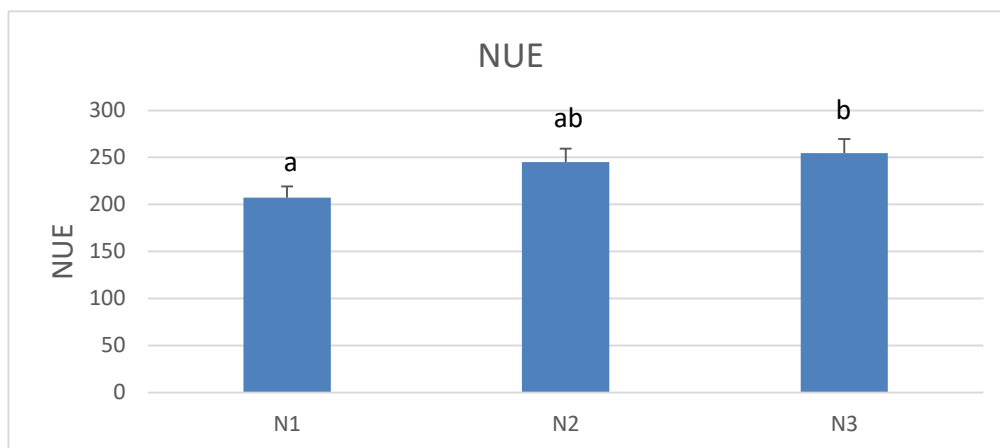
όπου N1: Urea, N2: Compost, N3: Urea + I και N4: Control.

Διάγραμμα 6: Δείκτης συγκομιδής

5.8 Δείκτης αποδοτικής χρήσης αζώτου

Με τον δείκτη αποδοτικής χρήσης αζώτου βλέπουμε την απόδοση σε σπόρο, ανά μονάδα λιπασματικού N. Η υψηλότερη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση της ουρίας με διπλή παρεμπόδιση με τιμή 264,685 ενώ οι επεμβάσεις της ουρίας και της οργανικής λίπανσης δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, με τιμές 207,176 και 245,037 αντίστοιχα. Ο εν λόγω δείκτης δίνεται από τον τύπο:

$$NUE = \text{Nuptake}_{\text{fert}} - \text{Nuptake}_{\text{control}} / \text{ποσότητα λιπασματικού N}$$



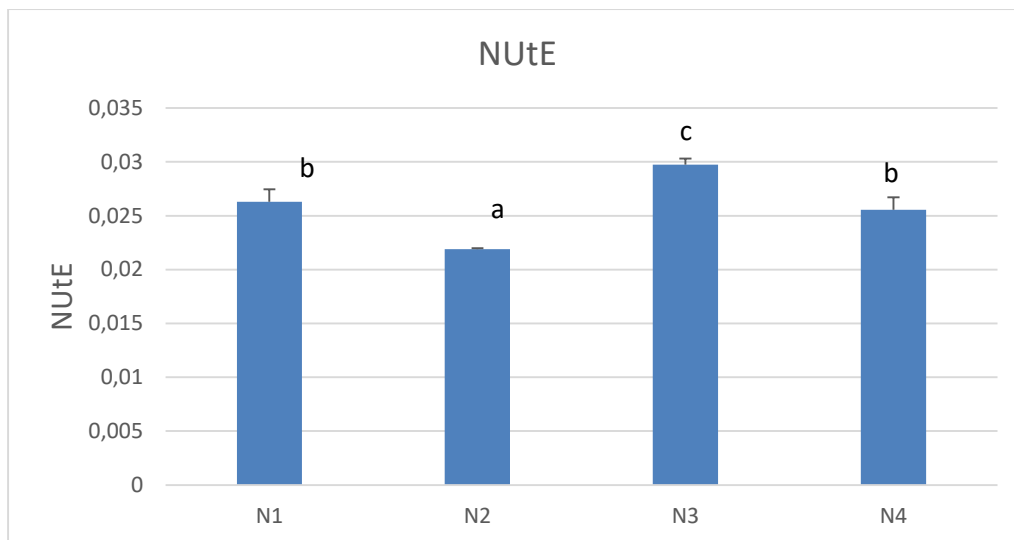
όπου N1: Urea, N2: Compost, N3: Urea + I

Διάγραμμα 7: Δείκτης αποδοτικής χρήσης αζώτου

Σύμφωνα με μελέτη που έχει διεξαχθεί στο είδος *Brassica juncea* η οποία αφορούσε την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης καθώς και του θείου κατέληγε στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή αζώτου είχε ως αποτέλεσμα αρκετά υψηλότερες αποδόσεις σε λάδι και σε σπόρους. Επίσης, η χρήση λιπασμάτων δεν είχε ως αποτέλεσμα αύξηση των ανεπιθύμητων λιπαρών οξέων, όπως λόγω χάρη των υπερχοληστεροειδών και άλλων χωρίς διατροφική αξία οξέων (Joshi et. Al, 1997).

5.9 Δείκτης αποτελεσματικότητας χρήσης αζώτου

Ο εν λόγω δείκτης δείχνει την απόδοση σε σπόρο προς τη συγκέντρωση σε N στο υπέργειο μέρος της καλλιέργειας. Η ψηλότερη τιμή υπολογίσθηκε στην επέμβαση της ουρίας με διπλή παρεμπόδιση, ενώ η χαμηλότερη τιμή υπολογίσθηκε στην επέμβαση της οργανικής λίπανσης. Δίνεται από τον τύπο: $NUtE = \text{απόδοση σε σπόρο} / \text{N υπέργειου}$

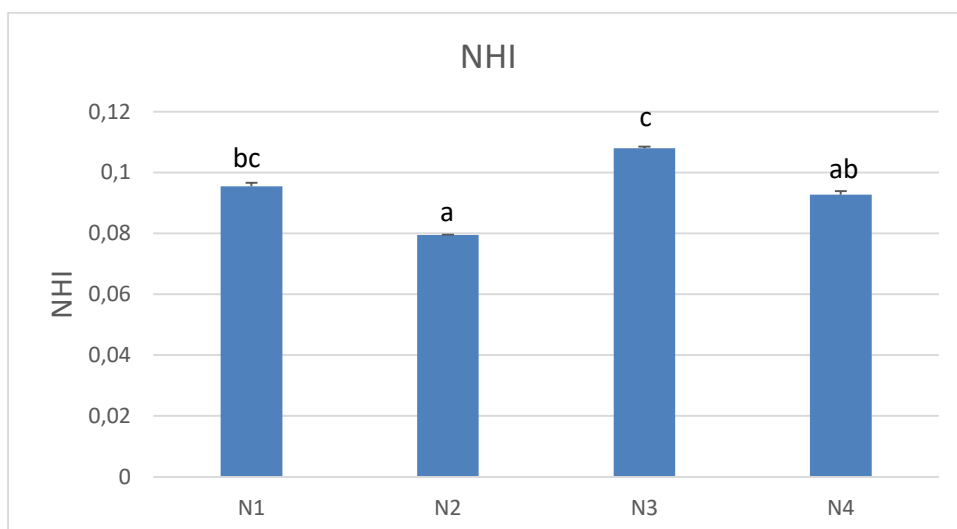


όπου N1: Urea, N2: Compost, N3: Urea + I και N4: Control.

Διάγραμμα 8: Δείκτης αποτελεσματικής χρήσης αζώτου

5.10 Δείκτης συγκομιδής αζώτου

Υπολογίζοντας τον δείκτη συγκομιδής του αζώτου φαίνεται ότι η υψηλότερη τιμή υπολογίσθηκε στην επέμβαση της ουρίας με διπλή παρεμπόδιση με τιμή 0,108, ενώ η χαμηλότερη τιμή υπολογίσθηκε στην επέμβαση της οργανικής λίπανσης με τιμή 0,078. Ο εν λόγω δείκτης δίνεται από τον τύπο: $NHI = N_{seed} / N_{uptake}$

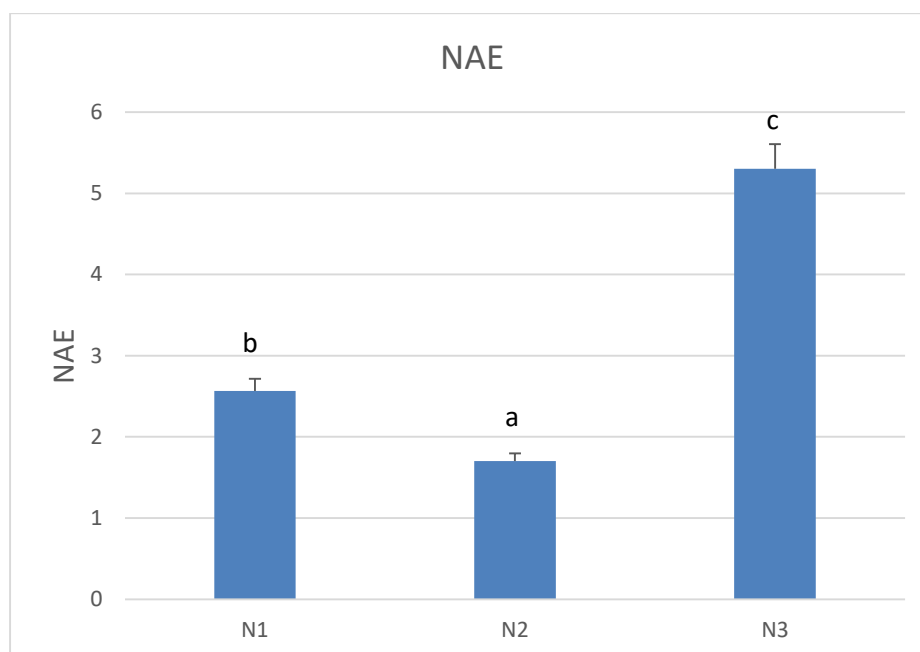


όπου N1: Urea, N2: Compost, N3: Urea + I και N4: Control.

Διάγραμμα 9: Δείκτης συγκομιδής αζώτου

5.11 Αζωτούχος γεωργική αποτελεσματικότητα

Ο συγκεκριμένος δείκτης εκφράζει την παραγόμενη ποσότητα σπόρου ανά κιλό N λίπανσης. Η υψηλότερη τιμή υπολογίσθηκε στην επέμβαση της ουρίας με διπλή παρεμπόδιση (5,3 kg σπόρου/kg N λιπάσματος), ενώ η χαμηλότερη τιμή υπολογίσθηκε στην επέμβαση της οργανικής λίπανσης (1,7 kg σπόρου/kg N λιπάσματος). Ο δείκτης αζωτούχου γεωργικής αποτελεσματικότητας δίνεται από τον τύπο: $NAE = (απόδοση\ σε\ σπόρο_{fert} - απόδοση\ σε\ σπόρο_{control}) / ποσότητα\ λιπασματικού\ N$



όπου N1: Urea, N2: Compost, N3: Urea + I

Διάγραμμα 10: δείκτης γεωργικής αποτελεσματικότητας

Τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από την συγκεκριμένη μελέτη φαίνεται να συμφωνούν με αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών (SASKATCHEWAN MUSTARD DEVELOPMENT COMMISSION, 2017 ; Angadi et al., 2003).

Συμπερασματικά λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι το ενδιαφέρον για την καλλιέργεια του μαύρου σιναπιού αυξήθηκε κατά τα τελευταία χρόνια και μάλιστα έχει εισαχθεί και σε περιοχές εκτός των γηγενών του ηπείρων, όπως η Αυστραλία και η Αμερική καθώς, όπως έγινε σαφές από την παραπάνω βιβλιογραφική ανασκόπηση, το υπό μελέτη φυτό έχει τη δυνατότητα να αναπτύσσεται κάτω από διαφορετικές αγρο-οικολογικές συνθήκες, όπως σε

σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες και σε φτωχά εδάφη. Η καλλιέργεια του μαύρου σιναπιού αναμένεται να υποστεί σημαντική ανάπτυξη τα επόμενα χρόνια λόγω της κλιματικής αλλαγής (αντέχει στην ξηρασία) και κυρίως λόγω της αυξανόμενης εφαρμογής των ελαιούχων σπόρων του σε πολλούς τομείς, όπως στα τρόφιμα και στα ποτά, στα φαρμακευτικά προϊόντα, αλλά και την χρήση του ως καλλυντικό.

Παρά τις πολυάριθμες μελέτες της πολλά υποσχόμενης καλλιέργειας παγκοσμίως του μαύρου σιναπιού, υπάρχει σαφής έλλειψη πληροφοριών για τις συνδυασμένες επιπτώσεις των διαφόρων πρακτικών λίπανσης. Η παρούσα μελέτη στόχευε στη διερεύνηση των επιπτώσεων οργανικής και ανόργανης λίπανσης στα αγρονομικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του μαύρου σιναπιού.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας διαπιστώθηκε ότι το είδος της λίπανσης επηρεάζει τα αγρονομικά χαρακτηριστικά του *Brassica nigra*. Μάλιστα, στα περισσότερα αγρονομικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα 4 plots με τη διαφορετική λίπανση. Φαίνεται επίσης ότι στα περισσότερα αγρονομικά χαρακτηριστικά τις υψηλότερες τιμές δίνει η λίπανση ουρίας με διπλή παρεμπόδιση, με μικρή διαφορά από την λίπανση με ουρία. Ο μάρτυρας έδωσε τις χαμηλότερες τιμές σε όλα τα αγρονομικά χαρακτηριστικά, ενώ το ύψος των φυτών είναι το μόνο που δεν επηρεάστηκε από το είδος της λίπανσης. Από τις τρεις λιπάνσεις που εφαρμόστηκαν η οργανική λίπανση εμφανίζει τις χαμηλότερες τιμές σε όλες τις μετρήσεις εκτός από το Νωπό Βάρος Φύλλων ανά τετραγωνικό μέτρο, όπου την χαμηλότερη τιμή παρουσιάζει το Alzon Teofert.

Είναι επίσης σημαντικό να αναφέρουμε ότι ο βιολογικός κύκλος του φυτού στο παρόν πείραμα διήρκησε 173 ΗΑΣ ενώ στις χώρες καλλιέργειας του *Brassica nigra* ο βιολογικός του κύκλος διαρκεί περίπου 100 ΗΑΣ. Ενδεχομένως να χρειάζεται περεταίρω διερεύνηση στους λόγους στους οποίους οφείλεται η καθυστέρηση στη συγκομιδή, ώστε να επιτευχθεί η μείωση του βιολογικού κύκλου.

Βιβλιογραφία

Διεθνής

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.

S. V. Angadi,* H. W. Cutforth, B. G. McConkey, and Y. Gan, 2003: Yield Adjustment by Canola Grown at Different Plant Populations under Semiarid Conditions

Alföldi, T. et al. in Organic Agriculture, Environment, and Food Security (eds Scialabba, N. E.-H. & Hattam, C.) Ch. 2 (FAO, 2002); www.fao.org/docrep/005/y4137e/y4137e00.htm.

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 AE. Encyclopedia of the constituents and pharmacological effects of Iraqi medicinal plants. Thi qar University, 2013.

Amundson, R. et al. Soil and human security in the 21st century. Science 348, 1261071 (2015).

Anand P, Murali KY, Tandon V, Chandra R, Murthy PS. Insulinotropic effect of aqueous extract of Brassica nigra improves glucose homeostasis in streptozotocin induced diabetic rats. Exp clin. Endocrino Diab, 117(6), 2009, 251-256.

Badgley, C. et al. Organic agriculture and the global food supply. Renew. Agr.Food Syst. 22, 86–108 (2007).

Badrul Alam M, Sarowar Hossain M and Ekramul Haque M. Antioxidant and anti-inflammatory activities of the leaf extract of *Brassica nigra*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2(2), 2012, 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.

Baker, B. P., Benbrook, C. M., Groth, E. III & Benbrook, K. L. Pesticide residues in conventional, integrated pest management (IPM)-grown and organic foods: insights from three US data sets. *Food Addit. Contam.* 19, 427–446 (2002).

Barański, M. et al. Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *Brit. J. Nutr.* 112, 794–811 (2014).

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.

Benbrook, C., Zhao, X., Yáñez, J., Davies, N. & Andrews, P. New Evidence Confirms the Nutritional Superiority of Plant-based Organic Foods (The Organic Center, 2008); <http://organic-center.org>.

Bourn, D. & Prescott, J. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Critical Rev. Food Sci.* 42, 1–34 (2002).

Brandt, K., Leifert, C., Sanderson, R. & Seal, C. J. Agroecosystem management and nutritional quality of plant foods: the case of organic fruits and vegetables. *Crit. Rev. Plant Sci.* 30, 177–197 (2011).

Capinera, J.L. (2001) *Handbook of Vegetable Pests*. Academic Press, New York.

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.

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., Snowdon, R.J., Yan, G., Zhou, W. & Cowling, W.A., 2011. Trigenomic bridges for Brassica improvement. *Crit. Rev. Plant Sci.* 30, pp. 524–547.

Connor, D. J. & Mínguez, M. I. Evolution not revolution of farming systems will best feed and green the world. *Glob. Food Secur.* 1, 106–113 (2012).

Crowder, D. W. & Reganold, J. P. Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 112, 7611–7616 (2015).

Crowder, D. W., Northfield, T. D., Strand, M. R. & Snyder, W. E. Organic agriculture promotes evenness and natural pest control. *Nature* 466, 109–112 (2010).

Curl, C. L., Fenske, R. A. & Elgethun, K. Organophosphorus pesticide exposure of urban and suburban preschool children with organic and conventional diets. *Environ. Health Persp.* 111, 377–382 (2003).

Dangour, A. D. et al. Nutritional quality of organic foods: a systematic review. *Am. J. Clin. Nutr.* 90, 680–685 (2009).

Danesh – Shahraki A., Kashani A., Mesgarbashi M., Mamaghani R., Nabi – pour M. :2007 :The effect of plant density and time of nitrogen application on some agronomical characteristics of rape seed (*Brassica napus* L.)

de Ponti, T., Rijk, B. & van Ittersum, M. K. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agr. Syst.* 108, 1–9 (2012).

De Schutter, O. Report Submitted by the Special Rapporteur on the Right to Food (United Nations, 2010).

Di Tomaso, J.M. (1995). Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. *Weed Science*.43(3):491–497.

Duke, J.A., 1983. Handbook of Energy Crops. NewCROPS web site, Purdue University.

Eddleston, M. et al. Pesticide poisoning in the developing world — a minimum pesticides list. *Lancet* 360, 1163–1167 (2002).

Emsley, J. Going one better than nature? *Nature* 410, 633–634 (2001).

Forman, J. et al. Organic foods: health and environmental advantages and disadvantages. *Pediatrics* 130, e1406–e1415 (2012).

Gattinger, A. et al. Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 109, 18226–18231 (2012).

Geiger, F. et al. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic Appl. Ecol.* 11, 97–105 (2010).

Ghani A. Medicinal Plants of Bangladesh. Asiatic Society of Bangladesh, Dhaka, 2003, 22.

Godfray, H. C. J. et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327, 812–818 (2010).

Gomiero, T., Pimentel, D. & Paoletti, M. G. Environmental impact of different agricultural management practices: conventional vs. organic agriculture. *Crit. Rev. Plant Sci.* 30, 95–124 (2011).

Gruère, G., Nagarajan, L. & King, E. D. I. O. The role of collective action in the marketing of underutilized plant species: lessons from a case study on minor millets in South India. *Food Policy* 34, 39–45 (2009).

Halberg, N., Sulser, T. B., Høgh-Jensen, H., Rosegrant, M. W. & Knudsen, M. T. in *Global Development of Organic Agriculture: Challenges and Prospects* (eds Halberg, N. et al.) 277–322 (CABI, 2006).

Holmes M.R.J., 1980. Nutrition of the Oilseed Rape Crop. Applied Science Publishers, Barking, Essex, UK.

Hunter, D. et al. Evaluation of the micronutrient composition of plant foods produced by organic and conventional agricultural methods. Crit. Rev. Food Sci. 51, 571–582 (2011).

Joshi N.L., Mali P.C. Anurag Saxena (1997) Effect of Nitrogen and Sulphur Application on Yield and Fatty acid Composition of Mustard (*Brassica juncea* L.) Oil. Journal of Agronomy and Crop Science

Kakabouki, I., Karydogianni, S., Roussis, I., Bilalis, D. Effect of organic and inorganic fertilization on weed flora and seed yield in black mustard [*Brassica nigra* (L.) Koch] crops, Int. J. Agric. Nat. Resour. 47(2):79-89. 2020.

Kasperczyk, N. & Knickel, K. in Organic Agriculture: A Global Perspective (eds Kristiansen, P., Taji, A. & Reganold, J.) 259–294 (CSIRO, 2006).

Kennedy C. M. et al. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. Ecol. Lett. 16, 584–599 (2013).

Kirchmann, H. & Thorvaldsson, G. Challenging targets for future agriculture. Eur. J. Agron. 12, 145–161 (2000).

Kirtikar KR and Basu BD. Indian Medicinal Plants, Vol I, 2nd ed. International Book Distributors, Dehradun, India, 1984, 168-169.

Lairon, D. Nutritional quality and safety of organic food: a review. Agron.Sustain. Dev. 30, 33–41 (2010).

Lee, K. S., Choe, Y. C. & Park, S. H. Measuring the environmental effects of organic farming: a meta-analysis of structural variables in empirical research. J. Environ. Manage. 162, 263–274 (2015).

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, X., Lv, K., 2013. Cruciferous vegetables intake is inversely associated with risk of breast cancer: a meta-analysis. *Breast*, 22, pp. 309–313.

Lockeretz, W., Shearer, G. & Kohl, D. H. Organic farming in the Corn Belt. *Science* 211, 540–547 (1981).

Lotter, D. W. Organic agriculture. *J. Sustain. Agr.* 21, 59–128 (2003).

Lotter, D., Seidel, R. & Liebhardt, W. The performance of organic and conventional cropping systems in an extreme climate year. *Am. J. Alternative Agr.* 18, 146–154 (2003).

Lu, C. et al. Organic diets significantly lower children's dietary exposure to organophosphorus pesticides. *Environ. Health Persp.* 114, 260–263 (2006).

Lynch, D. H., Halberg, N. & Bhatta, G. D. Environmental impacts of organic agriculture in temperate regions. *CAB Rev.* 7, 1–17 (2012).

MacRae, R. J., Frick, B. & Martin, R. C. Economic and social impacts of organic production systems. *Can. J. Plant Sci.* 87, 1037–1044 (2007).

Magkos, F., Arvaniti, F. & Zampelas, A. Organic food: nutritious food or food for thought? A review of the evidence. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 54, 357–371 (2003).

Mendham N.J, Salisbury P.A (1995) Physiology Crop Development, Growth and Yield. In; Kimber D and Mc Gregor D.I (eds) Brassica Oilseeds. Production and Utilization. CAB INTERNATIONAL. Pg 11,18

Mendham N.J, Shipway P.A and Scott R.K, 1981: The effects of delayed sowing and weather growth, development and yield of winter oil - seed rape (*Brassica nigra*)

Murphy C.E., & Lemerle, D. (2006). Continuous cropping systems and weed selection. *Euphytica*. 148:61–73. 10.1007/s10681-006-5941-9.

Murphy, K. M., Campbell, K. G., Lyon, S. R. & Jones, S. S. Evidence of varietal adaptation to organic farming systems. *Field Crop. Res.* 102, 172–177 (2007).

Mustard Production Manual-SASKATCHEWAN MUSTARD DEVELOPMENT COMMISSION: <https://saskmustard.com/production-manual/MustardProductionManual-2017.pdf>.

National Research Council Toward Sustainable Agricultural Systems in the 21st Century (The National Academies, 2010).

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.

Palupi, E., Jayanegara, A., Ploeger, A. & Kahl, J. Comparison of nutritional quality between conventional and organic dairy products: a meta-analysis. *J. Sci. Food. Agr.* 92, 2774–2781 (2012).

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.

Pickett, J. A. Food security: intensification of agriculture is essential, for which current tools must be defended and new sustainable technologies invented. *Food Energ. Secur.* 2, 167–173 (2013).

Ponisio, L. C. et al. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proc. R. Soc. B* 282, 20141396 (2015).

Pouzet, Kimber, D. & McGregor, D.I., 1995. Brassica Oilseeds. Production and Utilization. CAB INTERNATIONAL. pp. 66,71, 86.

Pussemier, L., Larondelle, Y., Van Peteghem, C. & Huyghebaert, A. Chemical safety of conventionally and organically produced foodstuffs: a tentative comparison under Belgian conditions. *Food Control* 17, 14–21 (2006).

Rahman, M., Khatun, A., Liu, L., & Barkla, B.J.(2018). Brassicaceae mustards: Traditional and agronomic uses in Australia and New Zealand. *Molecules*. 23:231. 10.3390/molecules23010231.

Rajamurugan R, Selvaganabathy N, Kumaravel S, Ramamurthy Ch, Sujatha V and Thirunavukkarasu C. Polyphenol contents and antioxidant activity of *Brassica nigra* (L.) Koch. leaf extract. *Nat Prod Res*, 26(23), 2012, 2208-2210.

Reganold, J. P. et al. Transforming US agriculture. *Science* 332, 670–671 (2011).

Rembialkowska, E. Quality of plant products from organic agriculture. *J. Sci.Food Agr*. 87, 2757–2762 (2007).

Rockström, J. et al. A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–475 (2009).

Sahay, S., Inam, A., Inam,A., & Iqbal, S. (2015). Modulation in growth, photosynthesis and yield attributes of black mustard (*B. nigra* cv. IC247) by interactive effect of wastewater and fly ash under different NPK levels. *Cogent Food & Agriculture*. 1:1087632.

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.

Seufert, V., Ramankutty, N. & Foley, J. A. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485, 229–232 (2012).

Shekhawat K., Rathore S.S., Premi O.P., Kandpal B. Kand Chauhan J.S. (2012) Advances in Agronomic Management Of Indian Mustard (*Brassica juncea* (L.) Czernj. Cosson) An overview. Hidawi Publishing Corporation International Journal of Agronomy Volume 2012 Article ID 408284, 14 pages

Siegrist, S., Scaub, D., Pfiffner, L. & Mäder, L. Does organic agriculture reduce soil erodability? The results of a long-term field study on loess in Switzerland. *Agr. Ecosyst. Environ*. 69, 253–264 (1998).

SASKATCHEWAN MUSTARD DEVELOPMENT COMMISSION, Mustard Production Manual, JUNE 2017

Skinner, S. et al. Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management — a global meta-analysis. *Sci. Total Environ.* 468–469, 553–563 (2014).

Smith-Spangler, C. et al. Are organic foods safer or healthier than conventional alternatives? *Ann. Intern. Med.* 157, 348–366 (2012).

Stanhill, G. The comparative productivity of organic agriculture. *Agr. Ecosyst. Environ.* 30, 1–26 (1990).

Steffen, W. et al. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science* 347, 1259855 (2015).

Sweeney, A.E., Renner, A.K., Laboski, C., & Davis, A. (2008). Effect of fertilizer nitrogen on weed emergence and growth. *Weed Science.* 56:714–721.

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.

Thundiyil, J. G., Stober, J., Besbelli, N. & Pronczuk, J. Acute pesticide poisoning: a proposed classification tool. *Bull. World Health Organ.* 86, 205–209 (2008).

Tuck, S. et al. Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *J. Appl. Ecol.* 51, 746–755 (2014).

Tuomisto, H. L., Hodge, I. D., Riordan, P. & Macdonald, D. W. Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research. *J. Environ. Manage.* 112, 309–320 (2012).

Uppala PK, Naga Phani K, Murali Krishna B, Swarnalatha M. Evaluation of anti-epileptic activity of methanolic extract of *Brassica nigra* seeds in mice. *International Journal of Pharmaceutical Innovations*, 3(2), 2012, 73-84.

Vinyas M, Kumar S, Bheemachari K, Sivaiah G and Reddy A K. Assessment of the anti-arthritic effects of *Brassica nigra* seed extracts in experimental models in albino rats. *International Journal of Experimental Pharmacology*, 2(2), 2012, 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.

Willer, H. & Lernoud, J. (eds) *The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends 2015* (FiBL-IFOAM, 2015).

Williams, C. M. Nutritional quality of organic food: shades of grey or shades of green? *Proc. Nutr. Soc.* 61, 19–24 (2002).

Worthington, V. Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. *J. Alter. Complem. Med.* 7, 161–173 (2001).

Zentner, R. P. et al. Effects of input management and crop diversity on economic returns and riskiness of cropping systems in the semi-arid Canadian Prairie. *Renew. Agr. Food Syst.* 26, 208–223 (2011).

Angelova, V., & Ivanova, K. (2009). Bioaccumulation and distribution of heavy metals in black mustard (*Brassica nigra* Koch). *Environmental Monitoring Assessment*. 153:449–459.

Brandt, K. & Mølgaard, J. P. Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? *J. Sci. Food Agr.* 81, 924–931 (2001).

Trewavas, A. Urban myths of organic farming. *Nature* 410, 409–410 (2001).

Zisi Ch., Karydogianni S., Kakabouki I., Stavropoulos P., Folina A.E., Bilalis D., 2020 Effects of nitrogen fertilizers with two different inhibitors (urease and nitrification) on the survival and activity of earthworms (*Octodrilus complanatus*). Journal of Elementology, Doi:10.5601/jelem.2020.25.2.2008.

Ελληνική

Κρικέλας, Χ., 2016. Τεύχος 61. Το Σινάπι και οι ιδιότητές του (<https://www.diatrofi.gr>)

Ιστοσελίδες

<https://www.ifoam.bio>

<https://www.cabi.org>

<https://www.meteo.gr>

Παράρτημα

Φωτογραφικό υλικό



Εικόνα 9. Προετοιμασία χωραφιού 24/10/20 (προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 10. Προετοιμασία για σπορά 24/10/2020 (προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 11. Φύτρωμα του σπόρου στις 04/12/20 *(προσωπικό αρχείο)*



Εικόνα 12. Φύτρωμα σπόρου στις 04/12/20 *(προσωπικό αρχείο)*



Εικόνα 13. Εικόνα αγρού στις 15/12/20 (προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 14. Εικόνα αγρού στις 14/01/2021 (προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 15. Στάδιο ανάπτυξης στις 14/01/21 (προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 16. Στάδιο ανάπτυξης στις 22/02/21 (προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 17. Στάδιο άνθισης 02/04/21 (προσωπικό αρχείο)

