ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ & ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΦΥΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ»

ΓΙΟΥΡΟΥΚΟΓΛΟΥ ΜΑΡΙΑ-ΤΣΑΜΠΙΚΑ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΙΑΝΝΟΥΛΗΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ

ΒΟΛΟΣ, 2023

<u>Θέμα Πτυχιακής Εργασίας:</u>

«Προσαρμοστικότητα καινοτόμων καλλιεργειών στην Ανατολική Θεσσαλία»

Αγγλικός Τίτλος: Adaptability of innovative crops in Eastern Thessally.

Τριμελής Επιτροπή:

1. Κυριάκος Γιαννούλης, Επίκουρος Καθηγητής, Επιβλέπων
2. Νικόλαος Δαναλάτος, Καθηγητής, Μέλος
3. Ανέστης Καρκάνης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Μέλος

Βόλος, 2023

Βεβαιώνω ότι είμαι η συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος (ΤΓΦΠΑΠ).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, επιθυμώ να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Γιαννούλη Κυριάκο, για την ανάθεση του θέματος της πτυχιακής μου εργασίας και την συμβολή του για την εκπόνησή της στο εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών.

Στην συνέχεια, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον Δρ. Μπαρτζιάλη Δημήτριο για την βοήθεια και καθοδήγησή που μου παρείχε τόσο κατά την διάρκεια πραγματοποίησης της πειραματικής διαδικασίας όσο και κατά την συγγραφή της παρούσας πτυχιακής διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαρίστησω θερμά τον Καθηγητή κ. Δαναλάτο Νικόλαο και τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Καρκάνη Ανέστη για τον χρόνο που διέθεσαν για την συμμετοχή τους στην αξιολόγηση της διατριβής μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ 10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή-Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας 11
1.1 Φαγόπυρο (*Fagopyrum esculentum Moench*) 11
1.1.1 Ταξινόμηση 11
1.1.2 Μορφολογία και Βοτανική Περιγραφή 11
1.1.3 Βιολογικός Κύκλος 15
1.1.4 Οικολογικές Απαιτήσεις και Έδαφος 15
1.1.4.1 Θερμοκρασία 16
1.1.4.2 Άρδευση 17
1.1.4.3 Φωτοπερίοδος 18
1.1.5 Καλλιεργητικές πρακτικές 19
1.1.5.1 Λίπανση 20
1.1.5.2 Συγκομιδή και Αποθήκευση 21
1.1.6 Εχθροί και ασθένειες 22
1.1.7 Παγκόσμια Παραγωγή και Απόδοση 23
1.2. Chia (*Salvia hispanica L.*) 24
1.2.1 Ταξινόμηση 24
1.2.2 Μορφολογία και Βοτανική Περιγραφή 24
1.2.3 Βιολογικός Κύκλος 27
1.2.4 Οικολογικές Απαιτήσεις 27
1.2.4.1 Θερμοκρασία 27
1.2.4.2 Έδαφος 28
1.2.4.3 Νερό και Άρδευση 28
1.2.5 Καλλιέργεια και καλλιεργητικές πρακτικές 29
1.2.5.1 Προετοιμασία του εδάφους 29
1.2.5.2 Σπορά 29
1.2.5.3 Λίπανση 30
1.2.5.4 Διαχείριση των ζιζανίων 30
1.2.5.5 Συγκομιδή 31
1.2.6 Εχθροί και ασθένειες 31
1.2.7 Παραγωγή Βιομάζας και Απόδοση 32
1.3. Αμάρανθος (*Amaranthus hypochondiacus*) 32
1.3.1 Ταξινόμηση 32

1.3.2 Μορφολογία και Βοτανική Περιγραφή 33
1.3.3 Βιολογικός κύκλος 34
1.3.4 Οικολογικές Απαιτήσεις 35
1.3.4.1 Θερμοκρασία 35
1.3.4.2 Νερό 36
1.3.4.3 Έδαφος 36
1.3.5 Καλλιέργεια και καλλιεργητικές πρακτικές 37
1.3.5.1 Προετοιμασία του εδάφους 37
1.3.5.2 Αποστάσεις φύτευσης και διάταξη στον αγρό 37
1.3.5.3 Σπορά 38
1.3.5.4 Λίπανση 38
1.3.5.5 Άρδευση 39
1.3.5.6 Διαχείριση ζιζανίων 39
1.3.5.7 Συγκομιδή 40
1.3.6 Εχθροί και Ασθένειες 40
1.3.7 Παραγωγή και Απόδοση 41
1.4. Κεχρί (*Panicum miliaceum*) 41
1.4.1 Εξάπλωση και Ταξινόμηση 41
1.4.2 Μορφολογία και βοτανική περιγραφή 42
1.4.3 Βιολογικός κύκλος 44
1.4.4 Οικολογικές Απαιτήσεις και Έδαφος 45
1.4.5 Καλλιεργητικές Πρακτικές 46
1.4.5.1 Πολλαπλασιασμός και σπορά 46
1.4.5.2 Λίπανση 46
1.4.5.3 Άρδευση 48
1.4.5.4 Διαχείριση ζιζανίων 48
1.4.5.5 Συγκομιδή 50
1.4.6 Εχθροί και ασθένειες 50
1.4.7 Παραγωγή και διεθνές εμπόριο 51
1.5. Μαύρο Κύμινο (*Nigella sativa*) 51
1.5.1 Εξάπλωση και Ταξινόμηση 51
1.5.2 Μορφολογία 52
1.5.3 Βιολογικός κύκλος και Ανάπτυξη 54
1.5.4 Οικολογικές Απαιτήσεις 55

1.5.4.1 Κλίμα και Θερμοκρασία 55
1.5.4.2 Έδαφος 56
1.5.5 Καλλιεργητικές Πρακτικές 56
1.5.5.1 Προετοιμασία του εδάφους 56
1.5.5.2 Σπορά 56
1.5.5.3 Λίπανση 56
1.5.5.4 Άρδευση 57
1.5.5.5 Διαχείριση ζιζανίων 58
1.5.5.6 Συγκομιδή 58
1.5.6 Εχθροί και Ασθένειες 58
1.5.7 Απόδοση και Παγκόσμια Παραγωγή 59
1.6. Άσπρο Σουσάμι (*Sesamum indicum*) 59
1.6.1 Ταξινόμηση 59
1.6.2 Μορφολογία 60
1.6.3 Βιολογικός Κύκλος 63
1.6.4 Οικολογικές Απαιτήσεις 64
1.6.4.1 Θερμοκρασία και φωτοπερίοδος 64
1.6.4.2 Νερό 64
1.6.4.3 Έδαφος 64
1.6.4.4 Άνεμος 65
1.6.5 Καλλιεργητικές πρακτικές 65
1.6.5.1 Προετοιμασία σπόρου 65
1.6.5.2 Επιλογή και προετοιμασία καλλιεργητικού αγρού 65
1.6.5.3 Σπορά 65
1.6.5.4 Λίπανση 66
1.6.5.5 Άρδευση 67
1.6.5.6 Διαχείριση ζιζανίων 67
1.6.5.7 Συγκομιδή 68
1.6.6 Εχθροί και ασθένειες 68
1.6.7 Απόδοση και παγκόσμια παραγωγή 69
1.7. Μαύρο Σουσάμι (*Sesamum radiatum*) 70
1.7.1 Ταξινόμηση 70
1.7.2 Μορφολογία 70
1.7.3 Βιολογικός Κύκλος 72

1.7.4 Οικολογικές Απαιτήσεις 72
1.7.5 Καλλιεργητικές πρακτικές 73
1.7.5.1 Άρδευση 73
1.7.5.2 Λίπανση 73
1.7.5.3 Διαχείριση ζιζανίων 74
1.7.5.4 Συγκομιδή 74
1.7.6 Εχθροί και Ασθένειες 75
1.7.7 Απόδοση 75
1.8. Άσπρη και Κόκκινη Κινόα (*Chenopodium quinoa var quinoa* και *Chenopodium quinoa var rubrum*) 76
1.8.1 Ταξινόμηση 76
1.8.2 Μορφολογία 76
1.8.3 Βιολογικός Κύκλος 80
1.8.4 Οικολογικές απαιτήσεις 81
1.8.4.1 Θερμοκρασία 81
1.8.4.2 Έδαφος 82
1.8.4.3 Ξηρασία και νερό 82
1.8.4.4 Χαλάζι 83
1.8.5 Καλλιεργητικές πρακτικές 83
1.8.5.1 Προετοιμασία εδάφους, σπορά και εγκατάσταση καλλιέργειας 83
1.8.5.2 Λίπανση 84
1.8.5.3 Άρδευση 84
1.8.5.4 Διαχείριση ζιζανίων 84
1.8.5.5 Συγκομιδή 85
1.8.6 Εχθροί και ασθένειες 85
1.8.7 Παραγωγή και αποδόσεις 86
1.9 Σκοπός 88
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Υλικά και Μέθοδοι 89
2.1 Προετοιμασία Αγρού και Σπορά 90
2.2 Πειραματικό Σχέδιο 91
..... 92
2.3 Καλλιεργητικές φροντίδες 92
2.4 Συγκομιδή και Μετρήσεις 95
2.5 Στατιστική Ανάλυση Αποτελεσμάτων 97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ 98
3.1 Περιγραφή εδαφικής σύστασης 98
3.2 Κλιματικά Δεδομένα 98
3.3 Καινοτόμες Καλλιέργειες 100
3.3.1 Φαγόπυρο (*Fagopyrum esculentum Moench*) 100
3.3.2 Chia (*Salvia hispanica L.*) 101
3.3.2.1 Ύψος Chia 103
3.3.2.2 Ολικό Χλωρό Βάρος Chia 104
3.3.2.3 Χλωρό Βάρος Στελεχών Chia 104
3.3.2.4 Χλωρό Βάρος Καρποταξιών Chia 105
3.3.2.5 Ολικό Ξηρό Βάρος Chia 106
3.3.2.6 Ξηρό Βάρος Στελεχών Chia 106
3.3.2.7 Ξηρό Βάρος Καρποταξιών Chia 107
3.3.3 Άσπρη και Κόκκινη Κινόα (*Chenopodium quinoa var quinoa* και *Chenopodium quinoa var rubrum*) 107
3.3.4. Αμάρανθος (*Amaranthus hypochondiacus*) 111
3.3.4.1 Ύψος Αμάρανθου 113
3.3.4.2 Ολικό Χλωρό Βάρος Αμάρανθου 113
3.3.4.3 Χλωρό Βάρος Στελεχών Αμάρανθου 114
3.3.4.4 Χλωρό Βάρος Καρποταξιών Αμάρανθου 115
3.3.4.5 Ολικό Ξηρό Βάρος Αμάρανθου 116
3.3.4.6 Ξηρό Βάρος Στελεχών Αμάρανθου. 116
3.3.4.7 Ξηρό Βάρος Καρποταξιών Αμάρανθου 117
3.3.5 Κεχρί (*Panicum milliaceum*) 118
3.3.6 Άσπρο Σουσάμι και Μαύρο Σουσάμι *(Sesamum indicum* και *Sesamum radiatum*) 118
3.3.6.1 Ύψος Άσπρου Σουσαμιού 120
3.3.6.2 Ολικό Χλωρό Βάρος Άσπρου Σουσαμιού 120
3.3.6.3 Χλωρό Βάρος Στελεχών Άσπρου Σουσαμιού 121
3.3.6.4 Χλωρό Βάρος Καρποταξιών Άσπρου Σουσαμιού 122
3.3.6.5 Ολικό Ξηρό Βάρος Άσπρου Σουσαμιού 122
3.3.6.6 Ξηρό Βάρος Στελεχών Άσπρου Σουσαμιού 123
3.3.6.7 Ξηρό Βάρος Καρποταξιών Άσπρου Σουσαμιού 124
3.3.6.8 Ξηρό Βάρος Σπόρου Άσπρου Σουσαμιού 124

3.3.6.9 Ύψος Μαύρου Σουσαμιού 125
3.3.6.10 Ολικό Χλωρό Βάρος Μαύρου Σουσαμιού 126
3.3.6.11 Χλωρό Βάρος Στελεχών Μαύρου Σουσαμιού 127
3.3.6.12 Χλωρό Βάρος Καρποταξιών Μαύρου Σουσαμιού 128
3.3.6.13 Ολικό Ξηρό Βάρος Μαύρου Σουσαμιού 129
3.3.6.14 Ξηρό Βάρος Στελεχών Μαύρου Σουσαμιού 129
3.3.6.15 Ξηρό Βάρος Καρποταξιών Μαύρου Σουσαμιού 130
3.3.6.16 Ξηρό Βάρος Σπόρου Μαύρου Σουσαμιού 131
3.3.7 Μαύρο Κύμινο (*Nigella sativa*) 132
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 133
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 134
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 145
6.1 Συγκεντρωτικοί Πίνακες ANOVA 145
6.1.1 Αμάρανθος (*Amaranthus hypochondiacus*) 145
6.1.2 Chia (*Salvia hispanica L.*) 146
6.1.3 Άσπρο Σουσάμι (*Sesamum indicum)* 147
6.1.4 Μαύρο Σουσάμι (*Sesamum radiatum)* 148

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο μελέτης της πτυχιακής διατριβής ήταν η διερεύνηση της προσαρμοστικότητας στις συνθήκες της Θεσσαλίας και η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην αύξηση, ανάπτυξη και απόδοση των καινοτόμων καλλιεργειών: φαγόπυρου, chia, άσπρης και κόκκινης κινόα, αμάρανθου, κεχριού, άσπρου και μαύρου σουσαμιού και μαύρου κύμινου. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήθηκε πείραμα αγρού κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2021, στο αγρόκτημα του Τμήματος Φ.Π.& Α.Π. στο Βελεστίνο. Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε, αφορούσε τυχαιοποιημένες ομάδες τεμαχίων (RCB) και περιελάμβανε για το κάθε φυτικό είδος, με εξαίρεση το μαύρο κύμινο, τέσσερις μεταχειρίσεις σε τρεις επαναλήψεις, δηλαδή συνολικά 12 πειραματικά τεμάχια για κάθε φυτό. Η σπορά του φαγόπυρου, της chia, της άσπρης και κόκκινης κινόα πραγματοποιήθηκε στις 16 Απριλίου του 2021 και στις 18 Μαΐου του 2021 διεξήχθη η σπορά του αμάρανθου, του κεχριού, του άσπρου και μαύρου σουσαμιού και του μαύρου κύμινου. Συγκομιδή πραγματοποιήθηκε μόνο για τον αμάρανθο, την chia, το άσπρο και μαύρο σουσάμι καθώς τα φυτά του φαγόπυρου ζημιώθηκαν από τις αυξημένες θερμοκρασίες των θερινών μηνών, οι ποικιλίες της άσπρης και κόκκινης κινόα δεν κατόρθωσαν να παράξουν σπόρο πιθανόν λόγω της υψηλής πυκνότητας φυτών που χρησιμοποιήθηκε και εξαιτίας της ανάπτυξης ζιζανίων. Επιπλέον το κεχρί δεν αναπτύχθηκε επειδή επικρατούσαν χαμηλές θερμοκρασίες στο στάδιο του φυτρώματος και η καλλιέργεια του μαύρου κύμινου δεν φύτρωσε καθόλου διότι η ημερομηνία σποράς δεν ήταν ενδεδειγμένη βάσει των βιβλιογραφικών δεδομένων. Επομένως μόνο για τα τέσσερα φυτικά είδη, διεξήχθη τελική συγκομιδή, κατά την οποία πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός των συγκομισθέντων φυτών σε στελέχη και καρποταξίες. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι δεν παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρηθέντων παραμέτρων (ύψους, χλωρό και ξηρό βάρος βιομάζας, καρποταξιών και σπόρων). Φαίνεται ότι αν και φυτά χαμηλών εισροών η αζωτούχος λίπανση μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των μετρηθέντων παραμέτρων (μη στατιστικώς σημαντική).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή-Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

1.1 Φαγόπυρο (*Fagopyrum esculentum Moench*)

1.1.1 Ταξινόμηση

Το φαγόπυρο είναι ένα δικοτυλήδονο φυτό, το οποίο ανήκει στην κατηγορία των ψευδοδημητριακών. Το συγκεκριμένο είδος, είναι αρκετά διαδεδομένο και αντιπροσωπεύει το 90% της παγκόσμιας παραγωγής φαγόπυρου. Η ταξινόμηση του φυτού, βάσει των δεδομένων του υπουργείου Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής είναι η εξής:

- Βασίλειο: Plantae
- Υπό-βασίλειο των φυτών με αγγεία: Tracheobionta
- Άθροισμα φυτών με σπέρματα: Spermatophyta
- Υποάθροισμα ανθοφόρων φυτών: Magnoliophyta
- Κλάση δικοτυλήδονων φυτών: Magnoliopsida
- Υποκλάση: Caryophyllidae
- Τάξη: Polygonales
- Οικογένεια: Polygonaceae
- Γένος: Fagopyrum
- Είδος: F. *esculentum Moench*

1.1.2 Μορφολογία και Βοτανική Περιγραφή

Το φαγόπυρο είναι ένα διπλοειδές, ετήσιο, πλατύφυλλο φυτό το οποίο αποτελείται από ένα μόνο κύριο στέλεχος με κόμβους το οποίο αναπτύσσει πλευρικούς βλαστούς. Γενικά, σε επίπεδο πληθυσμού φυτών, τα περισσότερα είδη αναπτύσσουν κυρίως πρωτογενείς βλαστούς. Το κύριο στέλεχος (Εικόνα 1.), είναι αυλακωτό, γενικά πράσινο αλλά ενδέχεται σε ορισμένα σημεία να είναι κόκκινο, ενώ ο μίσχος είναι λείος και χυμώδης. Το ύψος του φυτού ποικίλλει από τα 30 έως τα 120 εκατοστά ή και παραπάνω. Οι πλευρικοί βλαστοί είναι λιγότερο ή περισσότερο στρογγυλοί και κοίλοι εσωτερικά και διαθέτουν διάμετρο από 3 έως 15 χιλιοστά. Όσο πλησιάζει το στάδιο της συγκομιδής, τόσο το κύριο στέλεχος όσο και οι πλευρικοί κλάδοι κοκκινίζουν.



Εικόνα 1. Στέλεχος φαγόπυρου.

Το ριζικό σύστημα (Εικόνα 2.), αποτελείται από μία μικρή σχετικά κεντρική ρίζα η οποία διεισδύει στο έδαφος σε βάθος από 30 έως 50 εκατοστά. Παράλληλα, από την κύρια ρίζα αναπτύσσονται αρκετές πλευρικές ρίζες, το πλάτος των οποίων μπορεί να κυμανθεί από τα 25 έως 30 εκατοστά. Το ριζικό σύστημα του φυτού αποτελεί το 3% με 4% του ολικού του βάρους .



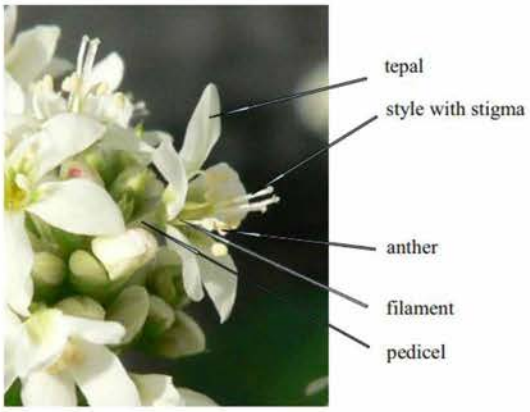
Εικόνα 2. Ριζικό σύστημα φαγόπυρου.

Τα φύλλα του φυτού (Εικόνα 3.), είναι έμμισχα, τοποθετημένα εναλλάξ στις απέναντι πλευρές του στελέχους. Ακόμη, τα φύλλα είναι κατά κύριο λόγο καρδιόσχημα ενώ ενδέχεται να παρατηρηθούν ωοειδή τριγωνικά ή τριγωνικά φύλλα σε ορισμένα φυτά με μήκος από 4 έως 8 εκατοστά. Επιπροσθέτως, το έλασμα των φύλλων είναι λείο χωρίς να καλύπτεται από τρίχες ή χνούδι.

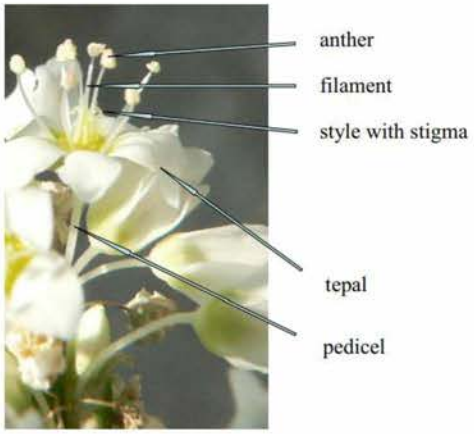


Εικόνα 3. Φύλλα φαγόπυρου.

Τα άνθη ομαδοποιούνται σε πυκνή ταξιανθία βότρυος καθώς το χρώμα τους ποικίλλει μεταξύ των ανοιχτών αποχρώσεων του ροζ ή του άσπρου ενώ επίσης χαρακτηρίζονται από αρωματική οσμή. Το χρώμα το σεπάλων μπορεί να είναι άσπρο, ροζ ή σκούρο ροζ. Τα φυτά του φαγόπυρου είναι ερμαφρόδιτα και ετερόμορφα, δηλαδή δύο τύποι ανθέων παράγονται σε ξεχωριστά φυτά (Campbell, 1997). Στον πρώτο τύπο (Εικόνα 4.), ανήκουν τα άνθη που διαθέτουν μακρύ στύλο με μικρούς σε μήκος στήμονες, ενώ στο δεύτερο (Εικόνα 5.) ανήκουν εκείνα που χαρακτηρίζονται από την ακριβώς αντίθετη διάταξη (Campbell, 1997).



Εικόνα 4 . Πρώτος τύπος άνθους φαγόπυρου.



Εικόνα 5 . Δεύτερος τύπος άνθους φαγόπυρου.

Ο καρπός (Εικόνα 6.) είναι αχαίνιο, αποτελείται από τρεις πλευρές που σχηματίζουν οξείες γωνίες, το μήκος του υπερβαίνει τα 5 χιλιοστά και ορισμένες φορές ακόμα και το συνολικό διπλάσιο μήκος του περιανθίου ενώ το χρώμα του είναι καφέ ή μαύρο με καφέ.



Εικόνα 6 . Καρπός φαγόπυρου.

Το περικάρπιο διαθέτει μία αρκετά σκληρή και ινώδη δομή, η οποία περιβάλλει το περίβλημα του σπόρου, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Στο κέντρο του ενδοσπερμίου είναι τοποθετημένο το έμβρυο, το οποίο διαθέτει δύο κοτυληδόνες. Επιπροσθέτως, τα

κύτταρα του ενδοσπερμίου διαθέτουν λεπτά κυτταρικά τοιχώματα και χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα κυρίως σε άμυλο (Pomeranz, 1983, Steadman.et al., 2000).Οι σπόροι του φυτού (Εικόνα 7.) διαθέτουν χρώμα καφέ, ανοιχτό καφέ ή μπεζ και είναι βρώσιμοι (Bonafaccia et al., 2003).



Εικόνα 7 . Σπόροι φαγόπυρου.

1.1.3 Βιολογικός Κύκλος

Το φαγόπυρο, ως ετήσιο, πλατύφυλλο φυτό θερμής εποχής διαθέτει την ικανότητα να αναπτύσσεται με ταχύ ρυθμό ενώ ταυτόχρονα διακρίνεται από μία σχετικά σύντομη βλαστική περίοδο η οποία ανάλογα με τις υπάρχουσες συνθήκες της εκάστοτε καλλιέργειας ποικίλει από τις 60 έως 100 ημέρες. Πιο συγκεκριμένα, η βλάστηση του παρατηρείται εντός τεσσάρων ημερών μετά το στάδιο της σποράς και η ανθοφορία ξεκινά 30 ημέρες μετά την σπορά. Έχει παρατηρηθεί ότι οι σπόροι του φυτού ωριμάζουν περίπου 14 ημέρες μετά την έναρξη της ανθοφορίας, η διάρκεια της οποίας κυμαίνεται στις 45 ημέρες ή και περισσότερο (Bugg and Dutcher, 1989).

1.1.4 Οικολογικές Απαιτήσεις και Έδαφος

Το *Fagopyrum esculentum Moench* ανήκει στην κατηγορία των φυτών μικρής διάρκειας φωτοπεριόδου. Πιο συγκεκριμένα, με βάση συγκεκριμένες πειραματικές διαδικασίες που διεξήχθησαν από τους Ujihara (1983), Onda και Takeuchi (1942), διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν τρεις οικότυποι του φυτού: ο καλοκαιρινός, ο φθινοπωρινός και ο ενδιάμεσος. Η συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση του φυτού προήλθε έπειτα από επιλογή διαφορετικών χρόνων σποράς των πειραματικών φυτών και από τις διαφορές ανάμεσα στις ημέρες που απαιτεί ο κάθε οικότυπος για την

ανθοφορία του. Αργότερα, ύστερα από μελέτες του Matsuoka (1956) στην περιοχή του Νεπάλ, αναφέρθηκε ότι καθοριστικός παράγοντας που ελέγχει την απόδοση και την ανάπτυξη του φυτού είναι το υψόμετρο. Ακόμα, διαπιστώθηκε ότι ο φθινοπωρινός οικότυπος θεωρείται κυριότερος όλων, εξαιτίας της δυνατότητας του να προσαρμόζεται στα χαμηλότερα υψόμετρα. Από την άλλη πλευρά, ο καλοκαιρινός οικότυπος προέρχεται από την καλλιέργεια του είδους σε διαφορετικές περιοχές, όπως για παράδειγμα η Βόρεια Κίνα και η Βόρεια Κορέα. Επιπροσθέτως για την ανάπτυξη του φαγόπυρου, απαιτείται κλίμα δροσερό, υγρό και εύκρατο. Συν τοις άλλοις, το συγκεκριμένο είδος παρουσιάζει μικρή ανοχή στο ψύχος και τον παγετό, με αποτελέσματα να καθίσταται αδύνατη η καλλιέργεια σε υψηλά υψόμετρα λόγω του κινδύνου ζημίας και καταστροφής του φυτού από τις δυσμενείς συνέπειες του ψύχους. Όσον αφορά την σύσταση του εδάφους, κατάλληλα για την ανάπτυξη της καλλιέργειας θεωρούνται τα αμμώδη και καλά στραγγιζόμενα εδάφη, ενώ σε συνθήκες έλλειψης ή περιορισμού της υγρασίας, το φυτό παρουσιάζει ευαισθησία και μπορεί να ζημιωθεί σημαντικά από την ιδιαίτερα υψηλή θερμοκρασία και από τους ισχυρούς και ξηρούς ανέμους. Μία από τις κυριότερες συνέπειες που μπορεί να υποστεί το φυτό εξαιτίας της παραπάνω κατάστασης είναι η απώλεια των ανθέων. Επίσης, η υγρασία του εδάφους καθορίζει σημαντικά και το επίπεδο των αποδόσεων του φυτού. Όταν δεν υπάρχει ικανοποιητικό και επαρκές επίπεδο υγρασίας, εύκολα μπορεί να επέλθει μαρασμός ή ο ρυθμός ανάπτυξης να είναι πολύ αργός. Σε αυτήν την περίπτωση, ακόμα και αν διαφοροποιηθούν οι συνθήκες και βελτιωθεί το επίπεδο υγρασίας, τα φυτά θα αρχίσουν να αναπτύσσονται και πάλι με κανονικό τρόπο αλλά η ωρίμανσή τους θα καθυστερήσει σημαντικά.

1.1.4.1 Θερμοκρασία

Το φαγόπυρο, απαιτεί για την ανάπτυξη του ένα ήπιο και εύκρατο κλίμα καθώς παρουσιάζει υψηλή ευαισθησία στον παγετό, καθιστώντας την καλλιέργεια του αδύνατη σε υψηλά υψόμετρα. Η σπορά, πραγματοποιείται σε μήνες όπου έχει εξαλειφθεί ο κίνδυνος των όψιμων ανοιξιάτικων παγετών, συνήθως τον Μάιο ή τον Ιούνιο στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης (Halbrecq et al. 2005). Ακόμα, το στάδιο της συγκομιδής δεν θα πρέπει να συμπέσει χρονικά με τους πρώτους φθινοπωρινούς παγετούς, διότι υπάρχει σημαντική πιθανότητα υποβάθμισης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του φυτού (Marshall και Pomeranz 1982, Bjorkman 2000,Olson

2001). Σχετικά με το επιθυμητό επίπεδο ωρίμανσης των σπόρων, αυτό αποκτάται ύστερα από περίπου 3 μήνες καλλιέργειας στις περιοχές που διαθέτουν εύκρατο κλίμα. Όταν όμως οι συνθήκες είναι λιγότερο κατάλληλες και αντίξοες για την ανάπτυξη του φαγόπυρου, το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την πλήρη εξέλιξη του είδους μπορεί να φτάσει και τους 5 μήνες (Michiyama et al. 1998a, 1998b). Ως καταλληλότερη θερμοκρασία βλάστησης θεωρούνται οι 10°C (Jakimenko 1982 και Moudry 2003) . Το πιο ευαίσθητο και ευάλωτο στάδιο ανάπτυξης έναντι των ισχυρών παγετών, θεωρείται εκείνο στο οποίο το φυτό διαθέτει ένα με δύο φύλλα. Συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι εξαιρετικά επιζήμια είναι η έκθεση του φυτού για 4 έως 6 ώρες σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από -1°C έως -3°C καθώς μπορεί να προκληθεί ολοκληρωτική θανάτωση (Moudry 2003). Κατά το στάδιο της ανθοφορίας, τα επίπεδα των θερμοκρασιών είναι καθοριστικά και επηρεάζουν την ανάπτυξη και γονιμότητα των αναπαραγωγικών οργάνων (Marshall και Pomeranz 1982, Adachi et al. 1983,Oplinger et al.1989,Bjorkman 2000). Την συγκεκριμένη περίοδο, καταλληλότερη κρίνεται η θερμοκρασία μεταξύ 18°C με 23°C. Ωστόσο, αν στην περιοχή επικρατεί θερμοκρασία χαμηλότερη από τους 15°C, το αποτέλεσμα θα είναι η καθυστέρηση στην ανθοφορία και ο περιορισμένος αριθμός ανθέων μετέπειτα, ενώ στους 10°C θα επέλθει πρόωρος μαρασμός των ανθέων (Tahir και Farooq 1988, Lachman και Adachi 1990,Jessop et al.1998,Gang και Yu 1998, Slawinska και Obendorf 2001). Επιπροσθέτως, οι υψηλές θερμοκρασίες πάνω από τους 30°C σε συνδυασμό με τους ξηρούς ανέμους είναι επιζήμιες διότι προκαλούν έντονο μαρασμό, αποβολή των αναπαραγωγικών οργάνων και δυσπλασίες στα εμβρυακά στάδια του φυτού (Krotov 1963,Negatomo και Adachi 1985,Guan και Adachi 1992,1994, Gang and Yu 1998).

1.1.4.2 Άρδευση

Οι ανάγκες της καλλιέργειας του φαγόπυρου για νερό είναι αρκετά υψηλές (Tahir και Farooq 1988,Lakhanov 1991,Gang and Yu 1998). Για παράδειγμα, για την παραγωγή ενός 1 κιλού σπόρου, η ποσότητα νερού που χρειάζεται κυμαίνεται περίπου στα 225 με 315 κιλά (Gang και Yu 1998). Το ρηχό ριζικό σύστημα του φυτού, το καθιστά ευάλωτο σε συνθήκες ξηρασίας με αποτέλεσμα να προκληθεί ο μαρασμός του (Marshall και Pomeranz 1982, Myers και Meinke 1994, Burgland και Campbell 1997). Παρ' όλα αυτά, εάν διαταραχθούν οι συνθήκες άρδευσης, το φυτό θα

μπορέσει να απορροφήσει αποτελεσματικά νερό και να ενυδατωθεί όταν επανέλθει το νερό στο επίπεδο που ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της καλλιέργειας (Lakhanov 1991, Campbell 1997, Delperee et al.2003). Ο περιορισμός του νερού άρδευσης κατά την διάρκεια της βλάστησης του φυτού θα είναι λιγότερο επιβαρυντικός και επιζήμιος σε σχέση με αυτόν που θα εφαρμοστεί στα φυτά που βρίσκονται στην φάση αναπαραγωγής (Cawoy et al.2006a). Κατά το στάδιο της ανθοφορίας και του σχηματισμού των σπόρων, η περιορισμένη άρδευση θεωρείται επιζήμια για την ανάπτυξη του ενδοσπερμίου και ίσως οδηγήσει στην καταστροφή ολόκληρου του εμβρύου (Marshall και Pomeranz 1982, Lakhanov 1991,Kalinova et al.2002). Εξαιτίας της παραπάνω κατάστασης, η απόδοση της καλλιέργειας μπορεί να μειωθεί σε ποσοστό έως και 50%.Εάν το έδαφος που έχει επιλεγεί για την καλλιέργεια του φαγόπυρου, είναι αρκετά εμπλουτισμένο με άζωτο και στην περιοχή εμφανίζονται συχνές και ισχυρές βροχοπτώσεις και δυνατοί άνεμοι , ελλοχεύει ο κίνδυνος θανάτωσης του φυτού (Marshall και Pomeranz 1982, Burgland 1997, Schulte et al.2005). Όταν κάμπτεται το φυτό, η κορυφή έχει την δυνατότητα να επανέλθει αλλά το κύριο στέλεχος βρίσκεται ακόμα σε επαφή με το έδαφος, κάτι το οποίο το καθιστά ευάλωτο σε ασθένειες και σήψεις (Campbell 1997,Sangma και Chrungoo 2010). Η υπερβολική άρδευση είναι επίσης επιβλαβής για την απόδοση και τη ποιότητα του φαγόπυρου είτε δημιουργηθεί περίσσεια και κορεσμός του νερού στην επιφάνεια του εδάφους είτε λίγα εκατοστά πιο κάτω από αυτήν (Marshall και Pomeranz 1982, Bjorkman 2000, Sugimoto και Sato 2000, Sakata και Ohsawa 2005). Όταν κατά το στάδιο του πρώτου φύλλου ή κατά την ανθοφορία, υπάρχει υπερβολική ποσότητα νερού στον αγρό, τότε μειώνεται ο αριθμός των ανθέων του φυτού και η παραγωγή που προκύπτει δεν είναι η αναμενόμενη. Τέλος, αν υπάρχει περίσσεια νερού για πάνω από 10 συνεχόμενες ημέρες στο στάδιο της ανθοφορίας ή για πάνω από 3 ημέρες κατά την ωρίμανση, θα επηρεαστεί αρνητικά το βάρος των σπόρων του φυτού (Sugimoto και Sato 2000).

1.1.4.3 Φωτοπερίοδος

Το φαγόπυρο μπορεί να αναπτυχθεί και να ανθίσει σε περιοχές όπου επικρατεί σχετικά μεγάλη φωτοπερίοδος και το φως είναι συνεχές κατά την διάρκεια της ημέρας (Nagatomo και Adachi 1985). Ωστόσο, με βάση τις διαφορετικές ποικιλίες που υπάρχουν, ποικίλει και η επίδραση που έχει η φωτοπερίοδος στην ανάπτυξη του

φυτού. Εστιάζοντας στις ασιατικές ποικιλίες, στις οποίες ανήκει το είδος *Fagopyrum esculentum Moench*, υπάρχουν στοιχεία που υποστηρίζουν ότι είναι περισσότερο φωτοευαίσθητες σε σχέση με τις ρωσικές ποικιλίες (Romanova και Koshkin 2010). Τα φυτά που είναι ευαίσθητα στο φως του ήλιου, δημιουργούν τα άνθη τους αρχικά στους χαμηλότερους κόμβους και εάν δεν εκτίθενται σε αρκετό φως έχουν περισσότερες ταξιανθίες και περισσότερα φύλλα ανά ταξιανθία. Συν τοις άλλοις, οι αυξημένες φωτοπερίοδοι μειώνουν το ποσοστό των γονιμοποιημένων ανθέων αλλά δεν επηρεάζουν το βάρος των σπόρων (Inoue et al.1998, Michiyama et al.2003). Γενικότερα, ακόμα και τα πιο ευαίσθητα φυτά στο φως του ήλιου θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν σε περιοχές με μεγάλες φωτοπεριόδους, αλλά κρίνεται αναγκαία η έκθεση τους σε φωτοπεριόδους χαμηλής διάρκειας, προκειμένου να μην μειωθεί σημαντικά η απόδοσή τους.

1.1.5 Καλλιεργητικές πρακτικές

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό, ο αγρός ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για την καλλιέργεια του φαγόπυρου να διατηρεί ένα κατάλληλο επίπεδο υγρασίας, καθώς το φυτό δεν μπορεί να αναπτυχθεί σε ξηροθερμικές συνθήκες και ταυτόχρονα να υπάρχει δυνατότητα εφαρμογής μεθόδων σε αυτόν που αποσκοπούν στην διαχείριση και τον έλεγχο των ζιζανίων. Πρέπει να αναφερθεί, ότι στην συγκεκριμένη καλλιέργεια, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλά ζιζανιοκτόνα και επομένως ως επί το πλείστον η διαχείριση των ζιζανίων γίνεται με καλλιεργητικές τεχνικές. Σε ορισμένες χώρες, αμέσως μετά την προετοιμασία και κατεργασία του εδάφους του αγρού, πραγματοποιείται η σπορά έτσι ώστε να επιτευχθεί γρήγορη ανάπτυξη των φυτών. Η ποσότητα του σπόρου που χρησιμοποιείται κυμαίνεται από τα 3,5 κιλά ανά στρέμμα έως τα 4 κιλά ανά στρέμμα. Παρόλο που υπάρχει η περίπτωση τα φυτά να έχουν μικρής έκτασης ταξιανθίες αλλά με έντονη διακλάδωση, εάν εφαρμοστεί μεγαλύτερη ποσότητα σπόρου κατά την σπορά θα μπορούσαν να αναπτυχθούν περισσότερα στελέχη τα οποία θα καταλάμβαναν περισσότερη έκταση, παρεμποδίζοντας την ανάπτυξη των ζιζανίων. Εάν όμως στον αγρό εξακολουθούν να υπάρχουν ζιζάνια τα οποία είναι περισσότερο ανεπτυγμένα από τα φυτά του φαγόπυρου, τότε θα δημιουργηθεί πρόβλημα στην ανάπτυξη της καλλιέργειας διότι το φαγόπυρο δεν θα μπορεί να ανταγωνιστεί τα ήδη ανεπτυγμένα ζιζάνια. Για τον λόγο αυτό, ευρέως διαδεδομένη είναι η χρήση μεγαλύτερης ποσότητας σπόρου, περίπου 8 κιλά ανά

στρέμμα, ώστε να επέλθει νωρίτερα η ωρίμανση του φυτού. Η ίδια τεχνική χρησιμοποιείται και σε αρδευόμενες καλλιέργειες.

1.1.5.1 Λίπανση

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του φαγόπυρου είναι η γρήγορη ανάπτυξη του. Σύμφωνα με μελέτες των Valenzuela και Smith το 2002, αναφέρεται ότι το φυτό παρουσιάζει αρκετά χαμηλή απαίτηση σε άζωτο λόγω του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού του. Ακόμα, σε σύγκριση με άλλα είδη, το φυτό απορροφά από το έδαφος αρκετά μεγάλες ποσότητες φωσφόρου κυρίως μέσω των ριζών του, οι οποίες καθώς αναπτύσσονται παράγουν ουσίες, κυρίως την φωσφατάση, οι οποίες διαλυτοποιούν τα στερεά φωσφορικά άλατα και αξιοποιούνται έτσι από το φυτικό στέλεχος. Επίσης, οι ρίζες ταυτόχρονα μπορούν να αποθηκεύσουν σημαντικές ποσότητες ανόργανου φωσφόρου, με αποτέλεσμα μετά το πέρας της καλλιέργειας τα φυτά του φαγόπυρου να ενσωματώνονται στο έδαφος, απελευθερώνοντας μεγάλες ποσότητες φωσφόρου και άλλων θρεπτικών στοιχείων που θα χρειαστούν για την επόμενη καλλιέργεια (Valenzuela και Smith 2002). Το γεγονός ότι οι απαιτήσεις του φυτού σε άζωτο είναι χαμηλές και ότι το φαγόπυρο αποθηκεύει αρκετό φώσφορο μέσω των ριζών, καθιστά δυνατή την καλλιέργεια του και σε φτωχά εδάφη (Edwardson 1996, Omidbaigi και Zakirzadeh 2002b). Τέλος, το άζωτο και ο φώσφορος επηρεάζουν καταλυτικά την απόδοση και την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του σπόρου του φαγόπυρου (Hagel et al. 1995, Daniel et al. 1995, Horiuchi et al. 1989,Baburkova et al. 1999, Saini and Negi 1998). Σύμφωνα με μελέτες που έχουν διενεργηθεί προς αυτόν τον σκοπό, έχει αποδειχτεί ότι εξαιτίας της ταχείας ανοργανοποίησης του αζώτου που πραγματοποιείται όταν η καλλιέργεια φαγόπυρου αναπτύσσεται με γρήγορο ρυθμό, η προσθήκη ποσότητας αζώτου πέρα από την αναγκαία, θεωρείται περιττή για το φυτό. Η υπερβολική ποσότητα αζώτου θεωρείται επιζήμια για το φαγόπυρο διότι ενθαρρύνει την ανάπτυξη ζιζανίων που ανταγωνίζονται τα φυτά, προάγει την υπερβολική βλαστική ανάπτυξη, προκαλεί πλάγιασμα των στελεχών και μειώνει την τελική απόδοση. Εάν υπάρχει έλλειψη φωσφόρου, τότε οι αποκρίσεις περίσσειας ποσότητας αζώτου είναι πιο αισθητές. Η εφαρμογή κατάλληλης ποσότητας λιπάσματος θα πρέπει να βασίζεται στα αποτελέσματα εδαφικών δοκιμών. Ως εκ τούτου, οι εφαρμογές πάνω από 4,48 κιλά ανά στρέμμα αζώτου και K_2O καθώς και πάνω από 11,21 κιλά ανά στρέμμα P_2O_5

θεωρούνται αντιοικονομικές. Στους παρακάτω πίνακες ακολουθεί ένα γενικό πρόγραμμα λίπανσης ανάλογα με την γονιμότητα του εδάφους και το εδαφικό pH.

Πίνακας 1 . Πρόγραμμα λίπανσης σε έδαφος υψηλής γονιμότητας**.**

	ph > 6	pH < 6
N(kg/στρέμμα)	0	0
P_2O_5(kg/στρέμμα)	0-1,68	2,24
K_2O(kg/στρέμμα)	0	0

Πίνακας 2 . Πρόγραμμα λίπανσης σε έδαφος μέτριας γονιμότητας**.**

	ph > 6	pH < 6
N(kg/στρέμμα)	0-1,68	0-2,24
P_2O_5(kg/στρέμμα)	2,80	3,36
K_2O(kg/στρέμμα)	0-1,68	0-2,24

Πίνακας 3 . Πρόγραμμα λίπανσης σε άγονο έδαφος.

	ph > 6	pH < 6
N(kg/στρέμμα)	1,68-2,80	2,8-3,92
P_2O_5(kg/στρέμμα)	3,92	4,48
K_2O(kg/στρέμμα)	2,24-2,80	3,36-3,92

1.1.5.2 Συγκομιδή και Αποθήκευση

Η ανθοφορία του φαγόπυρου είναι αρκετά απροσδιόριστη και για αυτό τον λόγο, οι σπόροι του ωριμάζουν για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Έτσι, πάνω στο φυτό συνυπάρχουν ταυτόχρονα άνθη, άγουροι πράσινοι σπόροι και ώριμοι σπόροι. Εάν δεν δοθεί η απαραίτητη προσοχή και καθυστερήσει σημαντικά η διαδικασία της συγκομιδής, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα οι σπόροι να υποστούν ζημία και να σπάσουν, λόγω των ισχυρών ανέμων υπό ξηρές κλιματικές συνθήκες. Η συγκομιδή μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε χειρωνακτικά είτε μηχανικά και εν συνεχεία αφού

στεγνώσουν τα φυτά και αποξηραθούν τότε αποθηκεύονται. Το επίπεδο υγρασίας του σπόρου πριν από την αποθήκευση του πρέπει να κυμαίνεται στο 16% ή λιγότερο. Στην περίπτωση που η ξήρανση των σπόρων γίνει με τεχνητά μέσα, η θερμοκρασία ξήρανσης δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τους 43°C. Τέλος, οι σπόροι αποθηκεύονται μαζί με τον φλοιό, ο οποίος λίγο πριν την χρήση θα αποκοπεί για να μην υπάρχει ο κίνδυνος τάγγισης.

1.1.6 Εχθροί και ασθένειες.

Παρόλο που το φαγόπυρο σαν καλλιέργεια δεν προσβάλλεται από αρκετές ασθένειες και έντομα, υπάρχει ένας αριθμός αυτών που προκαλούν σημαντικά προβλήματα και υποβαθμίζουν τις αποδόσεις.

Οι κυριότερες μυκητολογικές ασθένειες κατά Joshi και Paroda είναι:

- Sphacelotheca fagopyri: καπνιά
- Septoria polygonicola: κηλίδωση των φύλλων
- Phytophthora fagopyri: σήψη ρίζας και στελέχους.
- Erysiphe polygoni: ωίδιο
- Ascochyta italica: καφέ κηλίδωση των φύλλων
- Puccinia fagopyri: εμφάνιση σκουριάς
- Sclerotinia libertiana: σηψιρριζία
- Botrytis cinerea: σήψη στελέχους
- Fusarium spp.: σηψιρριζία
- Alternaria alternata: χλωρωτικές κηλίδες φύλλων
- Bipolaris sorokiniana: στίγματα
- Peronospora dudumeti: περονόσπορος

Τα κυριότερα έντομα, μικροοργανισμοί και παράσιτα που προσβάλουν την καλλιέργεια είναι (Joshi και Paroda):

- Acanthoscelides obtectus
- Cirphis spp.
- Cephitineu spp.

- Mycetoplagus sp.

1.1.7 Παγκόσμια Παραγωγή και Απόδοση

Οι καταγραφές σε σχέση με την παραγωγή και απόδοση του φαγόπυρου τοποθετούνται από το 1961 (FAOSTAT 2012). Συγκριτικά με την καλλιέργεια του σιταριού, οι καλλιεργούμενες εκτάσεις που χρησιμοποιήθηκαν για το φαγόπυρο συνολικά και σε παγκόσμιο επίπεδο ήταν 44 φορές λιγότερες σε σχέση με εκείνες του σιταριού στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Στο διάστημα των επόμενων χρόνων και δεκαετιών, η διαφορά αυτή αυξήθηκε περισσότερο, σχεδόν διπλασιάστηκε ως απόρροια της μείωσης των καλλιεργούμενων εκτάσεων για το φαγόπυρο κατά 59,4% και της μη ενασχόλησης με την συγκεκριμένη καλλιέργεια, ενώ την ίδια στιγμή οι εκτάσεις που χρησιμοποιούνταν για το σιτάρι παρέμειναν οι ίδιες. Αξίζει να αναφερθεί, ότι η πιο σημαντική υποβάθμιση της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε στην Κίνα όπου η παραγωγή μειώθηκε κατά 22% στο χρονικό διάστημα από το 1981 έως το 2010. Όσον αφορά τις χώρες της Δυτικής Ευρώπης, κατά τον $20^{ο}$ αιώνα δεν υπήρχαν ίχνη καλλιέργειας φαγόπυρου και το είδος έτεινε να εξαφανιστεί. Όμως τα τελευταία χρόνια ξεκίνησε και πάλι η ενασχόληση με το συγκεκριμένο φυτό στις χώρες αυτές. Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής ένωση, το 2006 τα κράτη μέλη συνέβαλαν στο 6,7% της παγκόσμιας παραγωγής φαγόπυρου, ενώ το 2010 το επίπεδο συμβολής έφτασε το 14,7% (FAOSTAT 2012). Σχετικά με τις καλλιεργούμενες εκτάσεις φαγόπυρου, το 2000 υπολογίζονταν σε 350.000 στρέμματα ενώ το 2010 σε 190.000 στρέμματα καθώς ταυτόχρονα η παραγωγή σπόρου τις ίδιες χρονιές άγγιζε τους 3,8 εκατομμύρια τόνους και τους 1,5 εκατομμύρια τόνους αντίστοιχα (FAOSTAT 2012). Τέλος, σχετικά με την απόδοση της καλλιέργειας, στην πρώτη θέση βρίσκεται η Κίνα αντιπροσωπεύοντας το 37,6% της παγκόσμιας παραγωγής. Ακολουθεί η Ρωσία η οποία συμβάλλει με ποσοστό 22,4% και η Ουκρανία με 9%. Λίγο χαμηλότερα στην παγκόσμια κατάταξη των χωρών ως προς το επίπεδο απόδοσης βρίσκεται η Γαλλία με 8,3% της παγκόσμιας παραγωγής, οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής με 5,7%, η Πολωνία με 5,4%, η Βραζιλία με 3,5% και η Ιαπωνία με 1%.

1.2. Chia (*Salvia hispanica L.*)

1.2.1 Ταξινόμηση

Το φυτό chia, είναι ένα ετήσιο, ποώδες φυτό που εμφανίστηκε αρχικά σε ορεινές περιοχές της Νότιας Αμερικής, του Μεξικό και της Γουατεμάλας (Ixtaina et al.2008). Στη σύγχρονη εποχή, το Μεξικό αναγνωρίζεται ως η κυριότερη χώρα παραγωγής του φυτού αλλά το συγκεκριμένο είδος καλλιεργείται και παράγεται και σε άλλες χώρες όπως τη Γουατεμάλα, την Αυστραλία, τη Βολιβία, το Περού, την Αργεντινή, την Αμερική και σε χώρες της Ευρώπης. Η ταξινόμηση του φυτού, σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών είναι η εξής:

- Βασίλειο: Plantae
- Υπό-βασίλειο των φυτών με αγγεία: Tracheobionta
- Άθροισμα φυτών με σπέρματα: Spermatophyta
- Υποάθροισμα ανθοφόρων φυτών: Magnoliophyta
- Κλάση δικοτυλήδονων φυτών: Magnoliopsida
- Υποκλάση: Asteridae
- Τάξη: Lamiales
- Οικογένεια: Lamiaceae
- Γένος: Salvia
- Είδος: S. *hispanica L* .

1.2.2 Μορφολογία και Βοτανική Περιγραφή

Το φυτό *Salvia hispanica* όταν βρίσκεται αυτοφυές στην φύση το ύψος του κυμαίνεται περίπου στο 1 μέτρο, ενώ όταν καλλιεργείται μπορεί να αναπτυχθεί έως το 1,5 μέτρο, ανάλογα με την γεωγραφική θέση και τις κλιματικές συνθήκες ανάπτυξης που επικρατούν. Οι βλαστοί (Εικόνα 8.) είναι τετραγωνικοί, παρουσιάζουν διακλάδωση και είναι χνουδωτοί.



Εικόνα 8 . Στέλεχος φυτού *Salvia hispanica L.*

Τα φύλλα (Εικόνα 9.), είναι αντίθετα, λογχοειδή ή ωοειδή, με οδοντωτό περίγραμμα, μήκος από 3 έως 6 εκατοστά και πλάτος 1-2 εκατοστά. Στην περίπτωση που το φυτό καλλιεργείται συστηματικά , οι διαστάσεις των φύλλων διαφέρουν και κυμαίνονται σε μήκος από 8 έως 10 εκατοστά και σε πλάτος από 4 έως 6 εκατοστά. Επιπροσθέτως, τα φύλλα είναι οξύληκτα στην άκρη και στρογγυλεμένα στην βάση τους , η πάνω επιφάνειά τους καλύπτεται από σκληρές άκαμπτες τρίχες ενώ η κάτω από πιο μαλακές τρίχες. Ο μίσχος έχει πάχος περίπου 4 χιλιοστά.



Εικόνα 9 . Φύλλα *Salvia hispanica L.*

Τα άνθη (Εικόνα 10.) βρίσκονται πάνω σε πυκνές κορυφές, που σχηματίζουν ακραίες ή αξονικές αιχμές . Ο κάλυκας παρουσιάζει ποικιλία ως προς το μήκος του το οποίο κυμαίνεται από 6 έως 7 χιλιοστά ενώ σε πλάτος κατά μέσο όρο βρίσκεται περίπου στα 3 χιλιοστά. Είναι γραμμωτός, καλύπτεται από τρίχες και έχει μεγάλους λοβούς.

Η στεφάνη του άνθους γενικά διαθέτει μπλε χρώμα. Το πάνω χείλος έχει κατά μέσο όρο 2 χιλιοστά μήκος και πλάτος ενώ το κάτω είναι περίπου 2,5 χιλιοστά και στις δύο διαστάσεις του. Υπάρχουν ακόμα τέσσερεις ανθήρες με μήκος περίπου 1,2 χιλιοστά εκ των οποίων οι δύο είναι μεγαλύτεροι και άγονοι. Ο στύλος είναι βλεννώδης στην βάση, λείος με μήκος περίπου 7 χιλιοστά, το στίγμα είναι δισχιδές και η ωοθήκη δισκοειδής.



Εικόνα 10 . Άνθος *Salvia hispanica L.*

Οι σπόροι του φυτού (Εικόνα 11.) έχουν σχήμα καρυδιού, με ελλειπτική μορφή και αναπτύσσονται σε ομάδες των τεσσάρων. Το χρώμα τους ποικίλλει ανάλογα με τις συνθήκες και μπορεί να είναι γκριζωπό, καστανόχρωμο σε συνδυασμό με μαύρο ή σκούρο κόκκινο έως και ιβουάρ.



Εικόνα 11 . Σπόροι *Salvia hispanica L.*

1.2.3 Βιολογικός Κύκλος

Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου και τα διάφορα στάδια αυτού για το φυτό *Salvia hispanica L.* ποικίλλουν ανάλογα με την τοποθεσία και το υψόμετρο της περιοχής καλλιέργειας. Ακόμη, η περίοδος ανάπτυξης και καρποφορίας του φυτού επηρεάζεται άμεσα από το γεωγραφικό πλάτος του καλλιεργητικού αγρού. Η καλλιέργεια είναι ετήσια με βλαστικό κύκλο που διαρκεί κατά μέσο όρο 90 με 150 ημέρες. Στις περιοχές προέλευσης του, δηλαδή το Μεξικό και την Κεντρική Αμερική η έναρξη της καλλιέργειας λαμβάνει χώρα στα μέσα Μαΐου ή Ιουνίου με το στάδιο της σποράς. Επίσης, εάν το φυτό καλλιεργηθεί σε περιοχές του Βορείου Ημισφαιρίου η ανθοφορία θα πραγματοποιηθεί τον Οκτώβριο, ενώ στο Νότιο Ημισφαίριο η έναρξη της ανθοφορίας τοποθετείται τον Απρίλιο. Επιπροσθέτως, πηγές αναφέρουν ότι σε καλλιέργειες που πραγματοποιούνται σε εκτάσεις της Βολιβίας, της Αργεντινής και του Εκουαδόρ, ο βιολογικός κύκλος κυμαίνεται από 100 έως 150 ημέρες. Ιδιαίτερα για την Αργεντινή, τονίζεται ότι για την καλλιέργεια του φυτού που γίνεται στο βορειοδυτικό τμήμα και σε υψόμετρο από 900 έως 1500 μέτρα, απαιτούνται 120 με 180 ημέρες από τη φύτευση έως την συγκομιδή.

1.2.4 Οικολογικές Απαιτήσεις

Η καλλιέργεια του φυτού θεωρείται αρκετά ανεκτική στην ξηρασία και αποτελεί ιδανική λύση για περιοχές που διαθέτουν ημίξηρο κλίμα (Ayerza και Coates 2009a,b). Το φυτό μπορεί να αναπτυχθεί επαρκώς ακόμα και σε άνυδρα περιβάλλοντα και δημιουργεί μια πρωτοποριακή και εναλλακτική προοπτική που μπορεί να δοκιμαστεί στον τομέα των κτηνοτροφικών καλλιεργειών (Peiretti και Gai 2009).

1.2.4.1 Θερμοκρασία

Τα επίπεδα θερμοκρασιών επηρεάζουν καταλυτικά την τελική απόδοση και ποιότητα των σπόρων. Είναι γνωστό ότι τα περισσότερα είδη φυτών αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 20°C έως 25°C. Όμως το φυτό μπορεί να αναπτυχθεί σε ελαφρώς υψηλότερες θερμοκρασίες από τις προαναφερθείσες. Η ανάπτυξη του φυτού είναι δυνατή από τους 11°C έως τους 36°C, ενώ βέλτιστο για την συγκεκριμένη καλλιέργεια θεωρείται το εύρος θερμοκρασιών από 16°C έως 26°C.

Ακόμα, το συγκεκριμένο είδος είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στον παγετό διότι θανατώνεται και δεν μπορεί να παράξει σπόρους, πριν καν εμφανιστούν τα άνθη (Ayerza και Coates 2005). Συν τοις άλλοις, για την διατήρηση ενός ικανοποιητικού επιπέδου θερμοκρασίας της καλλιέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικές θερμάστρες χώρου ή σύστημα θέρμανσης γύρω από τα φυτά κατά την διάρκεια βλάστησης και ανάπτυξης.

1.2.4.2 Έδαφος

Για την ανάπτυξη του φυτού chia, θεωρούνται καταλληλότερα τα αμμώδη, καλά στραγγιζόμενα εδάφη με μέτρια αλατότητα και με pH που κυμαίνεται από 6 έως 8,5 (Yeboah et al.2014). Σύμφωνα με ορισμένες μελέτες και στοιχεία, το φυτό παρουσιάζει χαμηλή ανοχή στην αλατότητα και υπάρχει ο κίνδυνος υποβάθμισης και μείωσης της απόδοσης του λαδιού που λαμβάνεται από τους σπόρους, εάν στο έδαφος υπάρχει μεγάλο ποσοστό αλατότητας (Heuer et al. 2002). Ωστόσο, το συγκεκριμένο είδος διαθέτει την ικανότητα να προσαρμόζεται σε εδάφη με διαφορετική σύσταση από εκείνη που απαιτεί με την προϋπόθεση να υπάρχει καλή αποστράγγιση και όχι υπερβολική υγρασία (Mu~noz et al. 2013, Lobo Zavalia et al.2011, Baginsky et al.2014). Τέλος, όσον αφορά τα όξινα εδάφη και την ξηρασία, το φυτό παρουσιάζει ημι-ανεκτικότητα (Mu~noz et al. 2013, Baginsky et al. 2014).

1.2.4.3 Νερό και Άρδευση

Η ανάπτυξη του φυτού μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ξηρές συνθήκες (Baginsky et al. 2014), αλλά πειραματικά δεδομένα αποδεικνύουν ότι θεωρούνται επωφελείς οι βροχοπτώσεις που κυμαίνονται από 300 έως 1000 χιλιοστά καθόλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (Yeboah et al.2014, Coates και Ayerza 1996). Η ομοιόμορφη κατανομή του νερού της βροχής επιτρέπει την καλύτερη παροχή του νερού γενικότερα κατά την διάρκεια των αρχικών φαινολογικών σταδίων, όπως του σταδίου της βλαστικής ανάπτυξης, ενώ για τα επόμενα στάδια και ιδιαίτερα σε αυτό όπου πραγματοποιείται η ωρίμανση των σπόρων, απαιτούνται ξηρότερες συνθήκες (Yeboah et al.2014). Γενικότερα, η καλλιέργεια αναπτύσσεται τόσο με το νερό της βροχής όσο και με το αρδευτικό (Coates και Ayerza 1996), αλλά εκλείπουν

επιστημονικά πειραματικά δεδομένα ώστε να υπολογιστεί η ακριβής ποσότητα αρδευτικού νερού που χρειάζεται το φυτό και να καθοριστεί το επίπεδο εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

1.2.5 Καλλιέργεια και καλλιεργητικές πρακτικές

1.2.5.1 Προετοιμασία του εδάφους.

Η προετοιμασία του καλλιεργητικού αγρού μπορεί να γίνει με συμβατικό τρόπο χρησιμοποιώντας άροτρο ή σβάρνα ή ακόμα και με ελάχιστη άροση και όργωμα για απευθείας σπορά, κάτι το οποίο συνιστάται σε μεγαλύτερο βαθμό προκειμένου να διατηρηθεί η συνοχή και συνεκτικότητα του εδάφους.

1.2.5.2 Σπορά

Αρκετές μελέτες που έχουν διεξαχθεί,, αποδεικνύουν ότι η ημερομηνία σποράς επηρεάζει σημαντικά την απόδοση και ειδικότερα η πρώιμη σπορά έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερες αποδόσεις, ενδεχομένως λόγω της μεγαλύτερης περιόδου βλαστικής ανάπτυξης (Coates 2011). Ακόμα, ο συνολικός αριθμός των φυτών και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αυτών εξαρτώνται σημαντικά από την μέθοδο και την πυκνότητα σποράς . Επιπλέον, στοιχεία αποδεικνύουν ότι η απευθείας σπορά με σπόρο επιφέρει μεγαλύτερες αποδόσεις σε σχέση με την μεταφύτευση των σποροφύτων (Yeboah et al.2014). Ειδικότερα, η εγκατάσταση της καλλιέργειας πραγματοποιείται κυρίως τον μήνα Μάιο έως τα μέσα του Ιουνίου με σκοπό να επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες και να αποφεύγονται οι παγετοί. Ο σπόρος του φυτού έχει αρκετά μικρό μέγεθος και απαιτείται μικρό βάθος φύτευσης για να αναδυθεί επιτυχώς. Το μέγιστο βάθος σποράς, έχει υπολογιστεί περίπου στα 10 χιλιοστά και θεωρείται ικανό ώστε να καλύψει ολόκληρο τον σπόρο (Rojas 2013). Για την εκβλάστηση του σπόρου απαιτείται υγρασία, όμως το φυτό μπορεί να αναπτυχθεί ακόμα και όταν το κλίμα είναι ημι-ξηρικό και άνυδρο διότι το είδος διαθέτει χαμηλή κατανάλωση νερού και ευρεία προσαρμοστικότητα σε τέτοια περιβάλλοντα (Ayerza και Coates 2006). Η σπορά γίνεται σε σειρές από 0,7 έως 0,8 μέτρα διαχωρισμού και η πυκνότητα σπόρου υπολογίζεται στα 0,6 κιλά ανά στρέμμα (Busilacchi et al. 2013).

1.2.5.3 Λίπανση

Τα φυτό chia αναπτύσσεται σε εδάφη που διαθέτουν επαρκή ποσότητα θρεπτικών στοιχείων. Στην περίπτωση που υπάρχει χαμηλή περιεκτικότητα σε άζωτο στο έδαφος, το φυτό θα ζημιωθεί και θα μειωθεί σε μεγάλο βαθμό η συνολική απόδοση (Coates 2011). Οι ποσότητες των στοιχείων που απαιτούνται για την καλλιέργεια εναλλάσσονται ανάλογα με τα διάφορα πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί. Το 1996, υπολογίστηκε από τους Coates και Ayerza ότι οι απαραίτητες ποσότητες αζώτου που πρέπει να εφαρμόζονται κυμαίνονται από 21 έως 45 μονάδες ενώ το 2010, μέσω πειραματικής διαδικασίας, οι ποσότητες αυτές προσδιορίστηκαν περίπου στις 115 μονάδες από τον Pozo Pozo. Ωστόσο το 2013,ο Kartzow πραγματοποίησε πείραμα και παρουσίασε μία νέα πρόταση για τις ποσότητες των θρεπτικών που απαιτεί η καλλιέργεια του φυτού. Έτσι, τόνισε ότι απαιτούνται 51 μονάδες αζώτου, 43 μονάδες P_2O_5 και 60 μονάδες K_2O. Επίσης, στο ίδιο πείραμα, αναφέρθηκε ότι επωφελής θα ήταν η εφαρμογή 50 μονάδων θειϊκού ασβεστίου. Το 2015, ύστερα από πειράματα και έρευνες που έγιναν στην περιοχή Bascilata της Νότιας Ιταλίας, αναφέρθηκε ότι η οργανική λίπανση κατά την σπορά δεν αύξησε το άζωτο στην καλλιέργεια και επομένως ούτε και την απόδοση αντίστοιχα (Bochicchio et al. 2015). Ακόμα, στοιχεία αναφέρουν ότι η ανόργανη λίπανση αυξάνει την ελεύθερη οξύτητα, το ποσοστό της χλωροφύλλης και των καροτενοειδών στου σπόρους, μειώνει την τιμή της π-ανισιδίνης, των φαινολών και την οξειδωτική σταθερότητα και φάνηκε να επηρεάζει την ποσότητα των δευτερογενών μεταβολιτών στα φύλλα (Amato et al. 2015). Επίσης, κρίνεται απαραίτητη η αποφυγή εφαρμογής χλωριωμένων λιπασμάτων.

1.2.5.4 Διαχείριση των ζιζανίων

Όπως και σε πολλές άλλες καλλιέργειες, έτσι και στην καλλιέργεια του φυτού chia τα αρχικά στάδια ανάπτυξης κρίνονται ιδιαίτερα κρίσιμα για τον ανταγωνισμό των ζιζανίων, διότι δεν έχει ανακαλυφθεί έως τώρα ζιζανιοκτόνο το οποίο να μπορεί να ελέγξει ικανοποιητικά τα διάφορα ζιζάνια. Πιο συγκεκριμένα, οι πρώτες 45 ημέρες από την έναρξη της καλλιέργειας θεωρούνται σημαντικές γιατί σε εκείνο το χρονικό διάστημα το φυτό αναπτύσσεται με σχετικά αργό ρυθμό, ενώ τα ζιζάνια μπορούν να

αναπτυχθούν γρηγορότερα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, το φυτό να δέχεται υπερβολική πίεση και ανταγωνισμό από τα ανεπτυγμένα ζιζάνια με κίνδυνο για την επιβίωση της καλλιέργειας (Coates 2011). Αφού εγκατασταθεί σε ικανοποιητικό βαθμό η καλλιέργεια, η διαχείριση των ζιζανίων μπορεί να γίνει χειρωνακτικά ή μηχανικά (Coates 2011). Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές δοκιμές σχετικά με την αποτελεσματικότητα διάφορων ζιζανιοκτόνων στην καλλιέργεια του φυτού chia. Μεταξύ πολλών, το linuron έδειξε ικανοποιητική δράση για τον έλεγχο των ζιζανίων (Villegas et al.2012) όπως επίσης το metribuzin και το haloxyfopmethyl-R (Pozo Pozo 2010).

1.2.5.5 Συγκομιδή

Οι σπόροι του φυτού συλλέγονται κυρίως με μηχανικό τρόπο. Στην περίπτωση που υπάρχουν μειωμένες εισροές στην καλλιέργεια, η μέση απόδοση κυμαίνεται περίπου από 60 έως 120 κιλά ανά στρέμμα , ενώ όταν υπάρχει υψηλό ποσοστό εισροών σε άρδευση και λίπανση, η απόδοση αυξάνεται και μπορεί να φτάσει έως και 250 κιλά ανά στρέμμα (Coates 2011). Το μεγαλύτερο πρόβλημα στο στάδιο της συγκομιδής είναι ότι η κεντρική κεφαλή των ανθέων ωριμάζει και στεγνώνει ενώ οι υπόλοιπες ταξιανθίες στους βλαστούς και στους κλάδους είναι ακόμα χλωρές. Έτσι, κατά το χρονικό διάστημα που απαιτείται προκειμένου να ωριμάσουν και να αποβάλλουν την υγρασία όλοι οι σπόροι, αυξάνεται ο κίνδυνος απωλειών σπόρων εξαιτίας της βροχής, του ανέμου ή των πτηνών (Jamboonsri 2010).

1.2.6 Εχθροί και ασθένειες

Τα φύλλα του φυτού chia, έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο, το οποίο έχει απωθητική δράση έναντι πολλών εντόμων (Pascual-Villalobos et al. 1997). Ωστόσο, σε αρκετές περιπτώσεις έχουν παρατηρηθεί προσβολές από έντομα και συγκεκριμένα έχουν γίνει αναφορές για σκαθάρια που προσβάλλουν το φύλλωμα τα οποία είναι ικανά να προκαλέσουν σημαντική ποιοτική υποβάθμιση του φυτού (Yeboah et al. 2014). Επιπροσθέτως, σε καλλιέργειες στην περιοχή της Νότιας Ιταλίας έχουν παρατηρηθεί προσβολές από αφίδες και λευκές μύγες. Ακόμα, το φυτό μπορεί να προσβληθεί από την μυκητολογική ασθένεια που ονομάζεται φουζαρίωση και έχει ως συνέπεια τον μαρασμό του (Yeboah et al. 2014). Επίσης, μέσω των εντόμων μπορούν να μεταδοθούν και αρκετοί ιοί που θα προκαλέσουν σημαντικές

ζημιές στην καλλιέργεια. Οι συνηθέστεροι φορείς τέτοιων ιών είναι είδη της οικογένειας Aleyrodidae (Celli et al. 2014).

1.2.7 Παραγωγή Βιομάζας και Απόδοση

Η χώρα που αποτελεί το κέντρο παραγωγής του φυτού είναι το Μεξικό από όπου εξάγονται σημαντικές ποσότητες σπόρου στην Ιαπωνία, στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (Alenbrant et al. 2014). Το φυτό επίσης καλλιεργείται στην Αργεντινή, τη Βολιβία, την Κολομβία, την Γουατεμάλα, το Περού, την Αυστραλία, την Αφρική και την Νοτιοανατολική Ασία (Epling 1940, Perry και Metzger 1980,Jansen et al. 1991). Αρκετές μελέτες αποδεικνύουν ότι οι αποδόσεις του φυτού ποικίλουν ανάλογα με τις διαφορετικές συνθήκες ανάπτυξης που επικρατούν και τις γεωργικές πρακτικές που εφαρμόζονται και έτσι μπορούν να κυμαίνονται από 17,5 έως 160,2 κιλά ανά στρέμμα (Coates και Ayerza 1996,). Ακόμα, η πρώιμη σπορά επηρεάζει σημαντικά την παραγωγή και διπλασιάζει τουλάχιστον την απόδοση σε 88,2 κιλά ανά στρέμμα έναντι των 43,7 κιλών ανά στρέμμα και 45 κιλά ανά στρέμμα που θα προέκυπταν αν η σπορά πραγματοποιούνταν 46 και 27 μέρες αργότερα κατά αντιστοιχία (Coates και Ayerza 1996). Επίσης, είναι δυνατόν να παρατηρηθούν ακόμα υψηλότερες αποδόσεις οι οποίες μπορούν να φτάσουν και τα 250 κιλά ανά στρέμμα (Ayerza και Coates 2009). Επιπροσθέτως, σύμφωνα με μελέτες σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη της Ευρώπης και της Χιλής (Silva et al. 2016) έχουν καταγραφεί μικρές αποδόσεις με υψηλότερη τιμή τα 51,8 κιλά ανά στρέμμα, χωρίς σημαντική επίδραση της αζωτούχου λίπανσης (Amato et al. 2015, Bochicchio et al. 2015b). Τέλος στην Αργεντινή, η απόδοση μπορεί να φτάσει τα 49,2 κιλά ανά στρέμμα (Coates και Ayerza 1996) ενώ στην Ελλάδα τα 1,53 κιλά ανά στρέμμα,(Bilalis et. al. 2016).

1.3. Αμάρανθος (*Amaranthus hypochondiacus*)

1.3.1 Ταξινόμηση

Ο αμάρανθος προέρχεται από την Αμερική και θεωρείται μια από τις παλαιότερες καλλιέργειες καθώς υπάρχουν αναφορές για την ύπαρξη του φυτού από το 6700 π.Χ. Επίσης, έχει καλλιεργηθεί συστηματικά στην Αφρική, την Ινδία, το Νεπάλ και το Μεξικό. Ανάλογα με την περιοχή στην οποία καλλιεργείται το φυτό, μπορεί να

καταναλωθεί ως λαχανικό, ως δημητριακό, κυρίως μέσω των σπόρων του, ή να χρησιμοποιηθεί για καλλωπιστικούς σκοπούς. Σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, η ταξινόμηση του φυτού είναι η εξής:

- Βασίλειο: Plantae
- Υπό-βασίλειο των φυτών με αγγεία: Tracheobionta
- Άθροισμα φυτών με σπέρματα: Spermatophyta
- Υποάθροισμα ανθοφόρων φυτών: Magnoliophyta
- Κλάση δικοτυλήδονων φυτών: Magnoliopsida
- Υποκλάση: Caryophyllidae
- Τάξη: Caryophyllales
- Οικογένεια: Amaranthaceae
- Γένος: Amaranthus
- Είδος: A. *hypochondiacus*

1.3.2 Μορφολογία και Βοτανική Περιγραφή

Ο αμάρανθος (Εικόνα 12.) αποτελεί ένα δικότυλο, ετήσιο φυτό με όρθιο ή διακλαδιζόμενο στέλεχος και διαθέτει τραχιά ή ακανθώδη εμφάνιση. Το ύψος του φυτού κυμαίνεται από τα 0,3 έως τα 2 μέτρα, ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στην συγκεκριμένη καλλιέργεια. Κατά το στάδιο της ωρίμανσης , το ύψος του φυτού κυμαίνεται από τα 1,524 μέτρα έως τα 2,134 μέτρα. Το στέλεχος του φυτού είναι πράσινο ή μωβ, το μήκος του ποικίλλει από 10 έως 80 εκατοστά και ενδέχεται να καλύπτεται ελαφρώς κατά μήκος με τρίχες ή και όχι. Οι μίσχοι των φύλλων διαθέτουν μήκος από 1 έως 7,5 εκατοστά και δεν περιβάλλονται από τρίχες. Τα φύλλα μπορεί να είναι ρομβοειδή, ωοειδή ή επιμήκη, λογχοειδή με διαστάσεις σε μήκος και πλάτος 3-10 εκατοστά και 1,5-3,5 εκατοστά αντίστοιχα και η επιφάνεια τους δεν καλύπτεται από τρίχες. Η βάση των φύλλων είναι στενή, το περίγραμμά τους μπορεί να είναι είτε ολόκληρο είτε κυματιστό και η άκρη τους είναι μυτερή και μακρόστενη. Η κύρια ταξιανθία του φυτού βρίσκεται στις άκρες των στελεχών, είναι ευθεία, κυλινδρική, μήκους 25 εκατοστών και με διάμετρο 1 έως 2,5 εκατοστά. Ενδεχομένως μπορεί να υπάρξει διακλάδωση στην ταξιανθία και έτσι να αποτελείται από πολλές βοτρυώδεις κατά μέρους ταξιανθίες. Όμως οι πλευρικές

ταξιανθίες έχουν μήκος κοντά στα 6 εκατοστά και είναι αρκετά μικρότερες από την κύρια. Τα βράκτια είναι ωοειδή, οβελοειδή, πράσινου ή πορφυρού χρώματος, διαθέτουν μήκος 4 με 5 χιλιοστά και η άκρη τους είναι ευδιάκριτη, μακριά και μυτερή. Τα πέταλα του άνθους είναι πράσινα ή μωβ, και επιμήκη ενώ τα στίγματα είναι 2 ή 3. Τέλος, οι σπόροι του φυτού (Εικόνα 13.) είναι λευκοί, σχετικά στρογγυλοί και με διάμετρο περίπου 1 χιλιοστό.



Εικόνα 12 . Αμάρανθος.



Εικόνα 13 . Σπόροι αμάρανθου.

1.3.3 Βιολογικός κύκλος

Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου του φυτού υπολογίζεται στους 5 με 6 μήνες με την ανθοφορία και την δημιουργία των καρπών να τοποθετείται κυρίως τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Παρόλα αυτά υπάρχουν ελάχιστα επιστημονικά δεδομένα για την περιγραφή των σταδίων ανάπτυξης του φυτού. Το 2016 στο ερευνητικό κέντρο Εφαρμοσμένης Βιοτεχνολογίας του Εθνικού Πολυτεχνικού Ινστιτούτου του Μεξικό στην πόλη Τλαξκάλα, πραγματοποιήθηκε πείραμα με τρία είδη αμάρανθου, εκ των οποίων το ένα ήταν το *Amaranthus hypochondiacus*, για την περιγραφή του βιολογικού κύκλου του φυτού. Στοιχεία της πειραματικής διαδικασίας έδειξαν ότι για

την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου του φυτού απαιτήθηκαν συνολικά 120 ημέρες ενώ για την μετάβαση από την φυτική στην αναπαραγωγική φάση χρειάστηκαν 40 ημέρες μετά την σπορά. Αρχικά, 3 ημέρες μετά την σπορά παρατηρήθηκε η εκβλάστηση, ο σχηματισμός ριζών και η εμφάνιση των κοτυληδόνων. Έπειτα μετά από 4 με 5 ημέρες από την σπορά και στην διάρκεια μιας ημέρας πραγματοποιήθηκε το άνοιγμα των κοτυληδόνων. Η εμφάνιση των πρώτων αληθινών φύλλων συνέβη 8 με 10 ημέρες μετά την σπορά και για την ανάπτυξή τους απαιτήθηκαν συνολικά 4 με 5 ημέρες. Το στάδιο της εκτεταμένης βλαστικής ανάπτυξης, που περιελάμβανε φυτά με 5 ή 6 αληθινά φύλλα πραγματοποιήθηκε ύστερα από 21 ημέρες μετά την σπορά. Εν συνεχεία, 40 ημέρες μετά την σπορά, παρατηρήθηκε η εμφάνιση της κορυφαίας ταξιανθίας του φυτού. Έπειτα, η περίοδος την άνθησης και την μασχαλιαίας ανάπτυξης των πλευρικών ταξιανθιών ξεκίνησε 69 ημέρες μετά την σπορά. Επιπροσθέτως , παρατηρήθηκαν τρία στάδια ανάπτυξης των σπόρων με το πρώτο να τοποθετείται 85 ημέρες μετά την σπορά, το δεύτερο μετά από 100 με 110 ημέρες από την σπορά και το τρίτο 110 με 120 ημέρες μετά την σπορά. Η ωρίμανση των σπόρων ξεκίνησε από την 120^{η} ημέρα και έπειτα.

1.3.4 Οικολογικές Απαιτήσεις

1.3.4.1 Θερμοκρασία

Για να βλαστήσουν οι σπόροι του φυτού, απαιτούνται θερμοκρασίες εδάφους από 18^{o}C έως 25^{o}C ενώ για μία βέλτιστη ανάπτυξη η θερμοκρασία του αέρα θα πρέπει να είναι πάνω από 25^{o}C. Ο ρυθμός με το οποίο αναπτύσσεται το φυτό σταματά εφόσον η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από 18^{o}C. Ο αριθμός των αυξανόμενων βαθμοημερών κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου είναι ένα σημαντικός και καθοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη του φυτού. Εάν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες και η διάρκεια της ημέρας είναι περιορισμένη, θα προκληθεί ανθοφορία αλλά ταυτόχρονα η απόδοση των φύλλων θα είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Η ζημιά από τον παγετό, δεν κρίνεται πολύ σοβαρή διότι το φυτό αναπτύσσεται κατά την διάρκεια του καλοκαιριού με την έναρξη των βροχών. Ωστόσο, ο παγετός ενδέχεται να προκαλέσει ζημιά κατά το στάδιο της συγκομιδής. Επειδή ο αμάρανθος είναι μία ετήσια καλλιέργεια, ενδέχεται να μην ωριμάζει πλήρως σε περιοχές με σύντομες καλλιεργητικές περιόδους. Έτσι ο παγετός είναι απαραίτητος για τον

τερματισμό της καλλιέργειας.

1.3.4.2 Νερό

Το φυτό αντέχει ικανοποιητικά σε περιβάλλον με ξηρασία σε σύγκριση με άλλα είδη, χωρίς ακόμα όμως να υπάρχουν επαρκή στοιχεία που να παρουσιάζουν τον ακριβή μηχανισμό που προσδίδει στο φυτό το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Ωστόσο, αναφέρεται ότι το φυτό είναι ανθεκτικό σε αρκετά ξηρές συνθήκες διότι έχει την ικανότητα να μαραίνεται προσωρινά και έπειτα να αναβιώνει όταν εμφανιστούν οι πρώτες βροχοπτώσεις. Επιπροσθέτως, θα πρέπει να δίνεται αρκετή προσοχή κατά την παροχή του αρδευτικού νερού καθώς στην περίπτωση υπερχείλισης του καλλιεργητικού αγρού, ο αμάρανθος θα ζημιωθεί και θα υποβαθμιστεί λόγω της χαμηλής κατανάλωσης νερού από την καλλιέργεια. Συν τοις άλλοις, η έκθεση του φυτικού είδους σε ξεροθερμικό περιβάλλον θα προκαλέσει πρώιμη ανθοφορία με αποτέλεσμα να σταματήσει η παραγωγή των φύλλων.

1.3.4.3 Έδαφος

Γενικά ο αμάρανθος μπορεί να προσαρμοστεί σε πολλούς τύπους εδαφών, αλλά συνήθως προτιμώνται γόνιμα, καλά στραγγιζόμενα εδάφη που διαθέτουν αρκετό βάθος. Τα χαλαρά και εύθρυπτα εδάφη που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία θεωρούνται κατάλληλα για μία πρώιμη και υψηλή παραγωγή και απόδοση. Η επιλογή εδαφών με χαμηλό ποσοστό αργίλου και η διαχείριση του σπόρου με στόχο την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας σχηματισμού "κρούστας", βοηθά σημαντικά την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Επίσης, απαιτείται καλή και άμεση επαφή του σπόρου με το έδαφος για γρήγορη εκβλάστηση και ανάπτυξη του φυτού ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να είναι επαρκής η υγρασία του εδάφους στο βάθος σποράς καθ'όλη την διάρκεια της αρχικής εγκατάστασης της καλλιέργειας. Το φυτό επηρεάζεται αρνητικά, όταν το pH κυμαίνεται από 4,7 έως 5,3. Σε ένα έδαφος το οποίο θα είχε τιμή pH κοντά στο 6,4, η απόδοση θα μπορούσε να είναι αρκετά υψηλή.

1.3.5 Καλλιέργεια και καλλιεργητικές πρακτικές

Ο αμάρανθος συναντάται ως αυτοφυές φυτό αλλά μπορεί να πολλαπλασιαστεί και με σπόρο. Τα σπορόφυτα είναι ευαίσθητα και εύθραυστα για αυτό είναι σημαντικό το σπορείο να είναι σταθερό και να προετοιμάζεται με προσοχή. Η εκβλάστηση των σποροφύτων ενδέχεται να παρεμποδιστεί από την ανάδυση μιας λεπτής κρούστας του εδάφους, η οποία σχηματίζεται μετά από βροχοπτώσεις.

1.3.5.1 Προετοιμασία του εδάφους

Είναι αρκετά σημαντικό να πραγματοποιηθεί καλή ανάδευση του εδάφους και εμπλουτισμός αυτού με κοπριά ή με ορυκτά λιπάσματα προκειμένου να δημιουργηθεί μία λεπτή και συμπαγής σποροκαλλιέργεια που θα είναι κατάλληλη για την ανάπτυξη του φυτού. Η προετοιμασία του σπόρου γίνεται με δίσκο η σβάρνα με οδοντώσεις και έπειτα χρησιμοποιείται μηχανή σποράς που διαθέτει τροχούς που ασκούν πίεση στην επιφάνεια του εδάφους. Το μέγιστο βάθος σποράς δεν θα πρέπει κατά γενικό κανόνα να ξεπερνά τα 1,25 εκατοστά, ανάλογα με την υφή του εδάφους και την επιφανειακή υγρασία που επικρατεί. Στην περίπτωση δημιουργίας σκληρής κρούστας στην επιφάνεια του εδάφους, η περιστροφική σκαπάνη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως λύση για την διάλυση της.

1.3.5.2 Αποστάσεις φύτευσης και διάταξη στον αγρό

Δεν υπάρχει συγκεκριμένη ποσότητα σπόρου που πρέπει να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να επιτευχθεί ένας ικανοποιητικός πληθυσμός φυτών. Ωστόσο, σύμφωνα με τελευταία στοιχεία, κρίνεται σκόπιμο να χρησιμοποιούνται 0,22 κιλά σπόρου ανά στρέμμα. Το πλάτος των σειρών θα πρέπει να κυμαίνεται στα 762 χιλιοστά έτσι ώστε να παρέχεται πλούσια σκιά για το έδαφος και ευκολότερη πρόσβαση από τον καλλιεργητή για τον έλεγχο και την καταπολέμηση των ζιζανίων. Εάν, το πλάτος των σειρών είναι μικρότερο από το όριο και η απόσταση μεταξύ των φυτών είναι μικρότερη, υπάρχει αυξημένος κίνδυνος ανταγωνισμού των φυτών του αμάρανθου. Συνέπεια αυτού, είναι η δημιουργία μικρότερων και λιγότερο ζωηρών φυτών. Η απόσταση της κάθε σειράς από την επόμενη, υπολογίζεται περίπου στο 1 μέτρο.

1.3.5.3 Σπορά

Το στάδιο της σποράς διεξάγεται, όταν η θερμοκρασία του εδάφους είναι τουλάχιστον 18^{o}C και η πρώιμη ανάπτυξη των ζιζανίων έχει αντιμετωπιστεί με άροση ή με ζιζανιοκτόνο επαφής. Στην περίπτωση που ο αμάρανθος εγκατασταθεί νωρίς την περίοδο, θα αρχίσει να αναπτύσσεται και να ανθίζει αφού έχει συσσωρεύσει ικανοποιητικές μονάδες θερμότητας, ενώ όταν υπάρχει καθυστέρηση στην φύτευση, η ανθοφορία θα ενεργοποιηθεί από την φωτοπεριόδο (μήκος της ημέρας). Υπάρχουν συνολικά τρεις τρόποι πολλαπλασιασμού και είναι οι εξής:

- Απευθείας σπορά των σπόρων στο έδαφος. Απαιτείται καλή ανάδευση του εδάφους, σε όσο μεγαλύτερο βάθος είναι δυνατό. Οι σπόροι του αμάρανθου είναι αρκετά μικροί και εξαιτίας αυτού θα πρέπει να αναμειγνύονται από πριν με άμμο ώστε να γίνει ομοιόμορφα η κατανομή τους στην σποροκλίνη. Αμέσως μετά, οι σπόροι πρέπει να καλύπτονται ελαφριά με χώμα.
- Σπορά σε ρηχές σειρές, οι οποίες πρέπει να απέχουν μεταξύ τους 1,5 μέτρο. Αφού πραγματοποιηθεί η τοποθέτηση των σπόρων, απαιτείται να καλυφθούν ελαφρά με χώμα. Οι σπόροι πρέπει να αρδεύονται δύο φορές την ημέρα μέχρις ότου να αναδυθούν τα σπορόφυτα.
- Μεταφύτευση των σποροφύτων σε δίσκους. Τα φυτά μεταφυτεύονται μετά από περίπου τέσσερις εβδομάδες από την σπορά, όταν το ύψος τους έχει φτάσει στα 15 εκατοστά. Έπειτα θα τοποθετηθούν σε σειρές που απέχουν 1,5 μέτρο μεταξύ τους και με απόσταση 30 εκατοστά στην κάθε σειρά.

1.3.5.4 Λίπανση

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που επηρεάζει την πορεία των φυτών της καλλιέργειας και αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την πλήρη και ομαλή ανάπτυξη του αμάρανθου είναι το άζωτο. Αμέσως μετά το στάδιο της συγκομιδής, κρίνεται απαραίτητη η παρουσία υψηλών επιπέδων αζώτου για την εκ νέου ανάπτυξη των φύλλων. Για τον λόγο αυτό θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε μηνιαία διαστήματα μία ποσότητα νιτρικού αμμωνίου (LAN, 28 κιλά). Το άζωτο αποτελεί ένα από τα πιο περιοριστικά στοιχεία σε διάφορα περιβάλλοντα με απαιτήσεις που κυμαίνονται από 5 έως 20 κιλά ανά στρέμμα. Εναλλακτική μέθοδος λίπανσης, αποτελεί η κοπριά από βοοειδή, η οποία υπολογίζεται περίπου στα 600 κιλά ανά στρέμμα. Ακόμη μπορούν

να χρησιμοποιηθούν εμπορικά λιπάσματα με υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο. Εάν χρησιμοποιηθούν περίπου 4,44 με 8,89 κιλά αζώτου ανά στρέμμα, με την χαμηλότερη τιμή να απορροφάται μετά από καλλιέργεια σόγιας, μπιζελιού ή άλλων λαχανικών σε ένα σύστημα αμειψισποράς, η ανάπτυξη του φυτού θα είναι δυσμενής και θα επηρεαστεί σημαντικά αν το εδαφικό pH κυμαίνεται από 4,7 έως 5,3. Εάν το pH του εδάφους ήταν για παράδειγμα 6,4 θα μπορούσαν να επιτευχθούν υψηλές αποδόσεις και με σωστές καλλιεργητικές πρακτικές θα ήταν δυνατή η συγκομιδή των φύλλων κάθε δύο εβδομάδες. Τέλος, ο φώσφορος και το κάλιο θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε επίπεδα που θα προκύψουν μετά από αντίστοιχες δοκιμές στο εκάστοτε έδαφος που χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια.

1.3.5.5 Άρδευση

Παρόλο που ο αμάρανθος είναι ανθεκτικός σε συνθήκες ξηρασίας, μπορεί να αποδώσει σημαντικά σε αρδευόμενη καλλιέργεια. Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, εφόσον παρέχεται ποσότητα νερού για άρδευση, η συχνότητα συγκομιδής των φύλλων του φυτού μπορεί να αγγίξει και τις δύο εβδομάδες. Στα αμμώδη εδάφη, η άρδευση θα πρέπει να πραγματοποιείται κάθε τέσσερις έως πέντε ημέρες τους καλοκαιρινούς μήνες ενώ κατά τις περιόδους των βροχοπτώσεων η καλλιέργεια αρδεύεται με βάση το επίπεδο υγρασίας του εδάφους.

1.3.5.6 Διαχείριση ζιζανίων

Τα πρώιμα ζιζάνια μπορούν να καταπολεμηθούν με άροση ή με ζιζανιοκτόνο επαφής πριν από την σπορά του φυτού. Ο αμάρανθος, συνήθως αναπτύσσεται με αργό ρυθμό τις πρώτες εβδομάδες μετά από την εγκατάσταση της καλλιέργειας, οπότε ίσως χρειαστούν τρεις έως τέσσερις επεμβάσεις για τον έλεγχο των ζιζανίων τη συγκεκριμένη περίοδο. Όταν το φυτό αναπτυχθεί και το ύψος του είναι περίπου 15,24 με 25,4 εκατοστά, θα αρχίσει να αναπτύσσεται γρήγορα και έτσι θα μπορέσει να ανταγωνιστεί τα ζιζάνια που αναδύονται αργά.

1.3.5.7 Συγκομιδή

Ο αμάρανθος σαν φυτό αναπτύσσεται με τέτοιο ρυθμό έτσι ώστε να μπορεί να συγκομιστεί έπειτα από 30 έως 55 ημέρες από την σπορά του, όταν έχει φτάσει περίπου το ύψος του τουλάχιστον στα 0,6 μέτρα. Κατά το κρίσιμο αυτό στάδιο πρέπει να δοθεί προσοχή, ώστε να μην χαθεί σημαντική ποσότητα σπόρου. Εάν πριν από το στάδιο της συγκομιδής υπάρξει παγετός, θα πρέπει να μεσολαβήσει μία εβδομάδα με καλό και ξηρό καιρό, προκειμένου να υπάρξουν όσο το δυνατόν πιο ξηρές συνθήκες για να μην αυξηθεί υπερβολικά το επίπεδο υγρασίας του σπόρου. Η συγκομιδή πραγματοποιείται μόνο χειρωνακτικά. Τα νεαρά φυτά μπορούν να εκριζωθούν ή να κοπούν μετά από έξι έως οκτώ εβδομάδες μετά από την σπορά όταν θα έχουν ύψος περίπου 20 εκατοστά, στην περίπτωση που η εγκατάσταση έγινε με σπόρο. Στην περίπτωση που επιθυμείται διαδοχική συγκομιδή, τα φυτά μπορούν να κοπούν έως 15 εκατοστά για να αυξηθεί η πλευρική ανάπτυξη.

1.3.6 Εχθροί και Ασθένειες

Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα εντόμων που προσβάλλει τα φυτά του αμάρανθου, όπως διάφορα ρυγχοφόρα σκαθάρια, προνύμφες σκώρων, ψύλλοι και μύγες. Ωστόσο, ο λύγκος και ορισμένα κουρκουλιονειδή σκαθάρια θεωρούνται οι κυριότεροι εχθροί της καλλιέργειας. Πιο συγκεκριμένα, ο λύγκος επηρεάζει τις αποδόσεις, αφού αποτελεί ένα έντομο που μπορεί να φτάσει αρκετά ψηλά στην κεφαλή του φυτού και να ζημιώσει τον αμάρανθο κατά το κρίσιμο στάδιο πλήρωσης του σπόρου. Επίσης, οι ψύλλοι μπορούν να βλάψουν τον ιστό των νεαρών φύλλων. Ακόμα, τα κουρκουλιονειδή σκαθάρια κατά το ενήλικο τους στάδιο τρέφονται με τα φύλλα, ενώ οι προνύμφες θεωρούνται περισσότερο επιζήμιες διότι διατρυπούν το κεντρικό ιστό των ριζών και περιστασιακά και τα στελέχη, οδηγώντας πιθανά σε σήψη. Δεν υπάρχουν συνθετικά εντομοκτόνα για την καταπολέμηση των συγκεκριμένων εντόμων, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ορισμένα οργανικά, όπως πυρεθροειδή και εντομοκτόνα ΒΤ.

Όσον αφορά τις μυκητολογικές ασθένειες, ένα πιθανό πρόβλημα είναι οι μύκητες που προκαλούν σήψη στα σπορόφυτα και τα νεαρά δενδρύλλια. Για τον λόγο αυτό, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σπόροι που είναι απαλλαγμένοι από μύκητες και θα πρέπει να αποφεύγεται η υπερβολική άρδευση και η πυκνή φύτευση.

1.3.7 Παραγωγή και Απόδοση

Οι αποδόσεις του φυτού, όπως και σε όλες τις υπόλοιπες καλλιέργειες ποικίλλουν και εξαρτώνται από τις εκάστοτε συνθήκες καλλιέργειας. Κατά γενικό κανόνα, καλές θεωρούνται οι αποδόσεις που κυμαίνονται κοντά στα 100 κιλά ανά στρέμμα ή και παραπάνω οι οποίες έχουν επιτευχθεί σε διάφορες περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (Myers 1994). Επιπροσθέτως, σύμφωνα με έρευνες υπάρχει δυνατότητα επίτευξης αποδόσεων της τάξεως των 300 κιλών ανά στρέμμα, οι οποίες μπορούν να είναι και επαναλαμβανόμενες.

1.4. Κεχρί (*Panicum miliaceum*)

1.4.1 Εξάπλωση και Ταξινόμηση

Το κεχρί θεωρείται μία από τις παλαιότερες καλλιέργειες φυτών που εξημερώθηκαν αρχικά στην κεντρική και ανατολική Ασία, πριν από περίπου 5000 χρόνια. Έπειτα, το φυτό διαδόθηκε στην Βόρεια Κίνα και στην Ευρώπη. Στην σύγχρονη εποχή, το κεχρί καλλιεργείται κυρίως στην κεντρική και Ανατολική Ασία, λιγότερο στην ανατολική Ευρώπη και από την Δυτική Ασία μέχρι το Πακιστάν και την Ινδία. Η ταξινόμηση του φυτού είναι η εξής:

- Βασίλειο: Plantae
- Υπό-βασίλειο των φυτών με αγγεία: Tracheobionta
- Άθροισμα φυτών με σπέρματα: Spermatophyta
- Υποάθροισμα ανθοφόρων φυτών: Magnoliophyta
- Κλάση μονοκοτυλήδονων φυτών: Liliopsida
- Υποκλάση: Commelinidae
- Τάξη: Cyperales
- Οικογένεια: Poaceae

- Γένος: Panicum
- Είδος: P.*miliaceum L.*

1.4.2 Μορφολογία και βοτανική περιγραφή

Το κεχρί είναι ποώδες, ανεμόφιλο, σταυρογονιμοποιούμενο και ετήσιο φυτό με ύψος που κυμαίνεται από 30 έως 100 εκατοστά κατά μέσο όρο ανάλογα με τις ιδιαίτερες κλιματικές και περιβαλλοντικές συνθήκες της εκάστοτε καλλιέργειας. Το φυτό διαθέτει σχετικά ρηχό και επιπόλαιο ριζικό σύστημα (Εικόνα 14.). Πιο συγκεκριμένα, στο κεχρί συναντώνται δύο ομάδες ριζών, οι σπερματικές και οι τυχαίες ή δευτερεύουσες. Αυτές της πρώτης κατηγορίας αναδύονται από τον σπόρο και βοηθούν τα νεαρά σπορόφυτα να εδραιωθούν και να αναπτυχθούν. Επομένως, οι ρίζες αυτές παράγονται αποκλειστικά σε νεαρά φυτά. Υπάρχει η πιθανότητα να παραμείνουν λειτουργικές καθ' όλη την διάρκεια ζωής του φυτού, όμως συνήθως αποτελούν μικρό κομμάτι του συνολικού ριζικού συστήματος. Οι τυχαίες ή δευτερεύουσες ρίζες, προέρχονται από τον βασικό κόμβο που σχηματίζεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και τελικά θα αποτελέσουν το μόνιμο ριζικό σύστημα.



Εικόνα 14 . Ριζικό σύστημα *Panicum miliaceum L.*

Όσον αφορά τα στελέχη (Εικόνα 15.), στο εσωτερικό τους είναι κοίλα και η διάμετρός τους ποικίλλει από 20 έως 50 χιλιοστά. Ορισμένες φορές, από το κύριο στέλεχος ενδέχεται να αναπτυχθούν πλευρικά αρκετά στελέχη με διακλάδωση σε μεγάλο ύψος, τα οποία ενδεχομένως να αρχίσουν από την επιφάνεια του εδάφους. Τα φύλλα (Εικόνα 16.) είναι απλά, κατ' εναλλαγή, λογχοειδή, με μήκος περίπου στα 30

εκατοστά και διαθέτουν μικρή γλωσσίδα αλλά όχι ωτία. Τόσο τα στελέχη του φυτού όσο και τα φύλλα, περιβάλλονται από χνούδι.



Εικόνα 15 . Στέλεχος *Panicum miliaceum L.*



Εικόνα 16 . Φύλλα *Panicum miliaceum L.*

Η ταξιανθία στο κεχρί (Εικόνα 17.) είναι φόβη και εντοπίζεται στην άκρη κάθε στελέχους. Υπάρχει περίπτωση η φόβη να συναντάται με τρεις διαφορετικούς τρόπους, ως εξής:

- Μεγάλη, χαλαρή με βραχίονες προς όλες τις κατευθύνσεις
- Χαλαρή, γυρτή προς την μία πλευρά
- Όρθια και συμπαγής

Στα άκρα της φόβης, υπάρχουν τα σταχύδια, το καθένα από τα οποία αποτελείται από δύο άνθη, εκ των οποίων πιο γόνιμο είναι το ανώτερο.



Εικόνα 17 . Ταξιανθία *Panicum miliaceum L.*

Τέλος ο καρπός είναι καρύοψη, διαθέτει σφαιρικό σχήμα, μήκος 3 χιλιοστά και πλάτος 2 χιλιοστά ενώ οι σπόροι διαθέτουν, λευκό, ελαφρώς καφέ ή κίτρινο χρώμα (Εικόνα 18.).



Εικόνα 18 . Καρύοψη και σπόροι *Panicum miliaceum L.*

1.4.3 Βιολογικός κύκλος

Το κεχρί θεωρείται κυρίως μία όψιμη καλοκαιρινή καλλιέργεια (Rao 1989, Baltensperger 2002, Williams et al. 2007), με κύκλο ζωής που κυμαίνεται από 45 έως 90 ημέρες. Το δενδρύλλιο εμφανίζεται συνήθως, έπειτα από 4 με 8 ημέρες από την σπορά. Στην συνέχεια ακολουθεί το στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης, το οποίο ολοκληρώνεται σε 16 έως 20 ημέρες μετά την σπορά. Από εκείνο το σημείο και έπειτα, απαιτούνται άλλες 20 με 25 ημέρες για την κύρια ανθοφορία , αλλά πιθανόν σε περιοχές με υψηλότερες θερμοκρασίες το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα να είναι μικρότερο. Κατά την περίοδο αυτήν, αυξάνεται η επιφάνεια των φύλλων και μεγαλώνουν τα μεσογονάτια διαστήματα, ενώ η ανθοφορία εξελίσσεται από πάνω προς τα κάτω. Από την περίοδο της ανθοφορίας μέχρι και την ωρίμανση, μεσολαβούν περίπου 20 με 30 ημέρες.

1.4.4 Οικολογικές Απαιτήσεις και Έδαφος

Το κεχρί καλλιεργείται κυρίως σε περιοχές όπου επικρατεί εύκρατο κλίμα. Όμως, το φυτό διαθέτει την ικανότητα να προσαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα από περιοχές με πολύ ζεστά και ξηρά κλίματα καθώς και σε εδάφη που είναι φτωχά σε θρεπτικά στοιχεία και σχετικά ρηχά σε σχέση με τις απαιτήσεις άλλων καλλιεργειών. Καλλιεργείται κυρίως σε βορειότερες χώρες, με όριο την ισόθερμη του Ιουνίου στους 17°C και την ισόθερμη του Ιουλίου στους 20°C. Όσον αφορά το υψόμετρο, δεν υπάρχουν σημαντικοί περιορισμοί, αφού σύμφωνα με αναφορές το κεχρί έχει καλλιεργηθεί σε υψόμετρο 3000 μέτρων στην περιοχή των Ιμαλάϊων. Επίσης, παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία στον παγετό με συνέπεια την σοβαρή ζημία του εάν εκτεθεί σε ανάλογες συνθήκες. Οι απαιτήσεις του φυτού σε νερό θεωρούνται αρκετά χαμηλές και ανέρχονται περίπου στα 200 με 450 χιλιοστά βροχόπτωσης ετησίως, εκ των οποίων το 35% με 40% θα πρέπει να λαμβάνεται κατά την περίοδο της ανάπτυξης. Τέλος, το κεχρί μπορεί να προσαρμοστεί στους περισσότερους τύπους εδαφών, με μοναδική εξαίρεση τα εδάφη που διαθέτουν χοντρή άμμο. Το φυτό προκειμένου να αναπτυχθεί ικανοποιητικά, απαιτεί θερμές θερμοκρασίες, οι οποίες κυμαίνονται από 20°C έως 30°C για την βλάστηση των σπόρων (Baltensperger et al. 1995a, McDonald και Copeland 1997, Amadou et al. 2013). Θεωρείται μία C_4 καλλιέργεια με χαμηλά επίπεδα διαπνοής και έτσι μπορεί να σταθεροποιήσει σημαντικά τα επίπεδα του άνθρακα στην ατμόσφαιρα υπό συνθήκες ξηρασίας, υψηλών θερμοκρασιών, περιορισμένου αζώτου και διοξειδίου του άνθρακα. Σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τους 30°C, σταματάει η βλαστική ανάπτυξη και άνθιση του φυτού ενώ ταυτόχρονα το κύριο στέλεχος διατηρείται σε χαμηλότερο ύψος ώστε να ανταπεξέλθει καλύτερα στις συνθήκες ξηρασίας (Herdrich 2001, Sateesh 2010, Changmei και Dorothy 2014). Ακόμα, η καλλιέργεια είναι εφικτή σε αμμοπηλώδη, ελαφρώς όξινα, αλατούχα και χαμηλής γονιμότητας εδάφη (Riley et al. 1989, Changmei και Dorothy 2014). Επιπροσθέτως, το φυτό ευδοκιμεί σε περιοχές με χαμηλό εδαφικό pH και οι σπόροι αναδύονται και αυξάνονται ικανοποιητικά σε pH που κυμαίνεται από 5,5 έως 6,5 (Baltensperger et al. 1995a, Lyon et al. 2008b). Όμως, στην περίπτωση που το εδαφικό pH ξεπεράσει το 7,8, θα εμφανιστούν συμπτώματα χλωρίωσης σιδήρου στα φυτά.

1.4.5 Καλλιεργητικές Πρακτικές

Το κεχρί θεωρείται φυτό θερμής εποχής και για αυτόν τον λόγο η εγκατάσταση της καλλιέργειάς του λαμβάνει χώρα συνήθως κατά τα τέλη Μαΐου με αρχές Ιουνίου όπου επικρατούν σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Ακόμα, η καλλιέργεια του κεχριού μπορεί να πραγματοποιηθεί μέχρι τις αρχές Ιουλίου προκειμένου να αντικαταστήσει το χειμερινό σιτάρι ή άλλες καλλιέργειες που έχουν ζημιωθεί ή καταστραφεί εξαιτίας του παγετού, της αιολικής διάβρωσης, της ξηρασίας ή του χαλαζιού.

1.4.5.1 Πολλαπλασιασμός και σπορά

Το κεχρί πολλαπλασιάζεται με σπόρο. Το βάρος 1000 σπόρων υπολογίζεται περίπου κοντά στα 5 γραμμάρια. Οι πιο κατάλληλες θερμοκρασίες για την βλάστηση των σπόρων θεωρούνται εκείνες μεταξύ των 10°C με 45°C, ενώ βέλτιστες με το μεγαλύτερο ποσοστό εκβλάστησης είναι οι θερμοκρασίες από 35°C έως 40°C. Η σπορά πραγματοποιείται σε σειρές, των οποίων η μεταξύ τους απόσταση είναι ίση με 20 έως 25 εκατοστά και η απόσταση επί της σειράς υπολογίζεται στα 7,5 εκατοστά. Το αντίστοιχο ποσοστό σπόρου που χρησιμοποιείται για την παραπάνω διαδικασία αντιστοιχεί από 0,8 έως 1,2 κιλά σπόρου ανά στρέμμα. Ακόμα, είναι σημαντικό ο σπόρος να μην είναι ξηρός αλλά να διαθέτει ένα ορισμένο επίπεδο υγρασίας, να είναι σταθερός και απαλλαγμένος από ζιζάνια και ασθένειες. Για βέλτιστη βλάστηση και παραγωγή, οι σπόροι θα πρέπει να εμποτίζονται σε νερό για 24 ώρες και στην συνέχεια να γίνεται η σπορά τους σε βάθος όχι μεγαλύτερο των 4 εκατοστών. Τέλος, το κεχρί είναι σύνηθες να καλλιεργείται χωρίς άλλες καλλιέργειες την ίδια στιγμή, όμως η καλλιέργειά του μπορεί να συνδυαστεί με άλλα όσπρια και δημητριακά, όπως το σιτάρι και ο ηλίανθος.

1.4.5.2 Λίπανση

Για την ορθή πρακτική λίπανσης στην καλλιέργεια του κεχριού, απαιτείται η λήψη μίας μικρής ποσότητας εδάφους, η οποία θα χρησιμοποιηθεί για δοκιμές με στόχο να διαπιστωθεί ένα υπάρχουν ή όχι απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία. Έτσι, στο δείγμα που

θα ληφθεί, κρίνεται σκόπιμο να πραγματοποιηθεί ανάλυση των οργανικών στοιχείων, του επιπέδου pH, του φωσφόρου, του καλίου και του αζώτου που περιέχεται σε αυτό.

- Άζωτο

Το κεχρί για να αναπτυχθεί επαρκώς, απαιτεί επιπλέον ποσότητα αζώτου. Ιδιαίτερα, εάν η σπορά έχει πραγματοποιηθεί αμέσως μετά από μία άλλη καλλιέργεια όπως το σιτάρι, χρειάζονται υψηλότερα επίπεδα αζώτου σε σχέση με την περίπτωση που μεσολαβούσε θερινή αγρανάπαυση στον αγρό. Γενικότερα, θεωρούνται κατάλληλες όλες οι πηγές αζωτούχων λιπασμάτων. Σημαντική κρίνεται η ενσωμάτωση αζωτούχων λιπασμάτων με βάση την ουρία για την αποφυγή της εξάτμισης του αζώτου, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν ασβεστούχα εδάφη. Στην περίπτωση που εφαρμόζεται αζωτούχος λίπανση κατά το στάδιο της σποράς, η ποσότητα του εφαρμοζόμενου λιπάσματος δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 2,24 κιλά ανά στρέμμα. Εάν επικρατούν εξαιρετικά ξηρές συνθήκες ή οι αποστάσεις των σειρών είναι 2,54 εκατοστά ή μεγαλύτερες, η ποσότητα του χορηγούμενου αζώτου θα πρέπει να μειωθεί στα 1,12 κιλά ανά στρέμμα. Προκειμένου να μην εντοπιστούν υπολείμματα αζώτου στον σπόρο, η μεγαλύτερη ποσότητα του λιπάσματος θα πρέπει να εφαρμόζεται τουλάχιστον 5 εκατοστά μακριά από το φυτό. Τέλος, το θειοθειϊκό αμμώνιο κρίνεται ακατάλληλο να τοποθετείται στο αυλάκι που έχει γίνει η σπορά.

- Φώσφορος και Κάλιο

Στην περίπτωση του φωσφόρου, δεν παρατηρείται σημαντικό πρόβλημα διότι το κεχρί καλλιεργείται κυρίως σε εκτάσεις με υψηλό φώσφορο ή σε ασβεστούχα εδάφη. Σε αυτούς τους τύπους εδαφών, προτείνεται η δοκιμή Olsen ενώ σε ουδέτερα έως όξινα εδάφη συνιστάται η δοκιμή εδάφους Bray-P-1 ή Mehlich 3. Ο τρόπος εφαρμογής του φωσφόρου επηρεάζει σημαντικά την πρόσληψη του από το φυτό και την μετέπειτα ανάπτυξη αυτών. Η εφαρμογή του φωσφόρου με την μέθοδο του αυλακιού δίπλα από τη σειρά, καθιστά το στοιχείο άμεσα διαθέσιμο από τις ρίζες σε σχέση με την απλή εφαρμογή του. Όσον αφορά, το κάλιο συνήθως στο έδαφος υπάρχει ικανοποιητική ποσότητα αυτού για την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Όσον αφορά για τις συνιστώμενες ποσότητες φωσφόρου και καλίου, λίγα στοιχεία είναι

γνωστά. Σύμφωνα με πηγές, τα προγράμματα λίπανσης της καλλιέργειας στην Ινδία περιλαμβάνουν 2 κιλά ανά στρέμμα φώσφορο και 0 έως 2 κιλά ανά στρέμμα κάλιο.

- Λοιπά Στοιχεία

Σπανίως μπορεί να εμφανιστούν αυξήσεις από θείο ή από άλλα μικροθρεπτικά στοιχεία, ενώ η έλλειψη ψευδαργύρου μπορεί να αντιμετωπιστεί με δοκιμές εδάφους. Όταν, ύστερα από την δοκιμή DPTA, διαπιστωθεί ότι στο έδαφος υπάρχει ποσότητα ψευδαργύρου μικρότερη από 0,5 ppm, συνιστάται η εφαρμογή από 0,22 έως ένα 0,45 κιλών φωσφόρου ανά στρέμμα με λίπασμα 10-34-0.

1.4.5.3 Άρδευση

Το κεχρί, συγκριτικά με άλλες καλλιέργειες, ανήκει στα φυτά με τις πιο ρηχές ρίζες. Για τον λόγο αυτόν, μπορεί να εκμεταλλευτεί επαρκώς τις ποσότητες αποθηκευμένου νερού του εδάφους που βρίσκονται στα 3 πρώτα στρώματα της επιφάνειας του εδάφους. Περίπου το 90% της συνολικής χρήσης του νερού προέρχεται από τις βροχοπτώσεις στην καλλιεργητική περίοδο ενώ το 10% από το αποθηκευμένο νερό του εδάφους. Επίσης, το φυτό είναι ανθεκτικό και εξίσου παραγωγικό σε συνθήκες χαμηλής διαθεσιμότητας νερού, όμως η απόδοση μπορεί να αυξηθεί στην περίπτωση της αρδευόμενης καλλιέργειας. Η ποσότητα νερού που απαιτείται να χορηγηθεί πριν από την έναρξη σχηματισμού του σπόρου, υπολογίζεται περίπου στα 101,6 χιλιοστά. Ακόμα, ο έντονες συνθήκες ξηρασίας αμέσως μετά την σπορά μπορούν να οδηγήσουν σε εξαιρετικά χαμηλούς πληθυσμούς φυτών και σε χαμηλότερες αποδόσεις, ενώ οι έγκαιρες κατακρημνίσεις κατά το στάδιο της ανθοφορίας, μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερες από τις αναμενόμενες αποδόσεις.

1.4.5.4 Διαχείριση ζιζανίων

Η μέθοδος διαχείρισης των ζιζανίων, βασίζεται κυρίως σε τρεις πρακτικές:

1. Μη χημική καταπολέμηση
2. Χρήση ζιζανιοκτόνων
3. Εφαρμογή ζιζανιοκτόνων πριν από την καύση των ζιζανίων, ακολουθούμενη από χρήση ζιζανιοκτόνου εντός της καλλιέργειας

1. Απαραίτητη προϋπόθεση για να εφαρμοστεί αυτός ο τρόπος ελέγχου των ζιζανίων, είναι η ύπαρξη ενός αγρού απαλλαγμένου από ζιζάνια, το όργωμα αυτού ακριβώς πριν από την σπορά η οποία θα πρέπει να πραγματοποιείται αργότερα μέσα στην περίοδο, τυπικά μετά τις 10 Ιουνίου, ώστε να εξασφαλίζονται ικανοποιητικά επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας της σποροκλίνης και να προωθείται η ταχεία ανάπτυξη. Η καθυστέρηση στην σπορά, διεγείρει την έξαρση των ζιζανίων, κυρίως του Ρώσικου γαϊδουράγκαθου και του νεροκυπάρισσου και έτσι με την εφαρμογή οργώματος μπορεί να γίνει άμεσα η καταπολέμηση τους πριν την έναρξη της σποράς. Η στενότερη απόσταση μεταξύ των σειρών, παρέχει αυξημένη σκίαση και εντονότερο ανταγωνισμό μεταξύ του κεχριού και των ζιζανίων.

2. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, οι σπόροι που φυτού που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι απαλλαγμένοι από ζιζάνια, αλλά υπάρχει η δυνατότητα σποράς νωρίτερα μέσα στην περίοδο, συνήθως από 25 Μαΐου έως 5 Ιουνίου, καθώς πολλά ετήσια, πλατύφυλλα ζιζάνια μπορούν να καταπολεμηθούν στην καλλιέργεια με κατάλληλα ζιζανιοκτόνα μετά την ανάδυσή τους. Το κυριότερο χημικό ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται στο κεχρί είναι το 2,4 D. Όμως πρέπει να δίνεται προσοχή στην ετικέτα του εκάστοτε ζιζανιοκτόνου, διότι δεν είναι όλα τα προϊόντα κατάλληλα για το κεχρί. Συνήθως εφαρμόζεται από το ζιζανιοκτόνο 2,4 D ποσότητα 4 λίτρων με ρυθμό 117 mL ανά στρέμμα όταν το φυτό βρίσκεται στο στάδιο των 3 έως 5 φύλλων. Εάν τα φυτά δεν βρίσκονται στην συγκεκριμένη κατάσταση ή έχουν υποστεί καταπόνηση από αυξημένες συνθήκες θερμοκρασίας ή ξηρασίας, υπάρχει ο κίνδυνος κακής ανάπτυξης των ριζών και θανάτωσης των φυτών.

3. Απαιτείται η χρήση ενός μη εκλεκτικού ζιζανιοκτόνου, όπως το glyphosate πριν από την σπορά για την καταπολέμηση των αναδυόμενων ζιζανίων. Ο αριθμός των απαραίτητων εφαρμογών, δεν είναι σταθερός και ποικίλλει χρόνο με τον χρόνο. Η αμειψισπορά μπορεί να συνεισφέρει αποτελεσματικά στην διαχείριση και καταπολέμηση πολλών σημαντικών και προβληματικών ζιζανίων στην καλλιέργεια όπως είναι διάφορα είδη γαϊδουράγκαθου, το νεροκυπάρισσο και ο αγκαθωτός αμάρανθος. Στην περίπτωση που η προηγούμενη καλλιέργεια στον αγρό ήταν το σιτάρι, απαιτείται ο έλεγχος των ζιζανίων αμέσως μετά την συγκομιδή , διότι θα ωφεληθεί σημαντικά η καλλιέργεια του κεχριού που θα ακολουθήσει.

1.4.5.5 Συγκομιδή

Το κεχρί, είναι έτοιμο να συγκομιστεί όταν το ποσοστό υγρασίας του σπόρου ανέρχεται στο 14% έως 15%. Η καθυστερημένη συγκομιδή, έχει δυσμενή αποτελέσματα και κρίνεται σκόπιμο να αποφεύγεται γιατί εάν ο σπόρος ωριμάσει περισσότερο, θα μειωθεί η υγρασία στο εσωτερικό του και θα θρυμματίζεται πολύ εύκολα. Από την άλλη πλευρά και η πρώιμη συγκομιδή δεν θα πρέπει να προτιμάται γιατί έχει ως συνέπεια την μειωμένη απόδοση και ποιότητα. Τα φυτά συγκομίζονται κυρίως με εκρίζωση και αμέσως θα πρέπει να αλωνιστούν προκειμένου να μην χαθεί ο σπόρος. Στην περίπτωση που η συγκομιδή πραγματοποιηθεί σε περίοδο έντονων βροχοπτώσεων και με υψηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας , ο σπόρος θα πρέπει να υποβληθεί σε διαδικασία ξήρανσης ώστε το τελικό ποσοστό υγρασίας του να είναι στο 14%.

1.4.6 Εχθροί και ασθένειες

Το κεχρί προσβάλλεται από λίγες ασθένειες και εχθρούς. Η κυριότερη μυκητολογική ασθένεια που συναντάται στην καλλιέργεια είναι η καπνιά και οφείλεται στα γένη και είδη μυκήτων Sphacelotheca destruens και Ustilago spp. Τα μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν για τον έλεγχο και τον περιορισμό της ασθένειας είναι η αμειψισπορά και ο ψεκασμός των σπόρων με θειϊκό χαλκό. Επίσης έχουν παρουσιαστεί και άλλες ασθένειες στην συγκεκριμένη καλλιέργεια, όπως ανθράκωση (Colletotrichum graminicola), άσπρη κηλίδωση των φύλλων (Pyricularia grisea), ο περονόσπορος (Sclerospora graminicola) και η σκωρίαση (Puccinia και Uromyces spp.). Ακόμη, το βακτήριο Xanthomonas holcicola προσβάλλει το κεχρί και προκαλεί μαύρη κηλίδωση κυρίως του ενδοσπερμίου.

Αναφορικά με τα έντομα που ζημιώνουν το κεχρί, αναφέρεται ότι οι προνύμφες του είδους Atherigona miliaceae προσβάλλουν στο στάδιο της ανάπτυξης και θεωρούνται σημαντικοί εχθροί για την καλλιέργεια. Η προσβολή ξεκινά συνήθως στο στάδιο του σποροφύτου, αλλά ενδεχομένως μπορεί να εμφανιστεί και σε παλαιότερα φυτά. Άλλα έντομα που παρεμποδίζουν την ανάπτυξη του φυτού είναι τα είδη Chilo partellus, Chilo suppressalis και Sesamia inferens που τρυπούν του μίσχους και τα στελέχη του φυτού, ορισμένες σκνίπες, ακρίδες και τερμίτες. Τέλος, τα πουλιά και οι αρουραίοι μπορούν να καταστρέψουν ένα σημαντικό μέρος της συγκομιδής.

1.4.7 Παραγωγή και διεθνές εμπόριο

Σχετικά λίγα είναι τα στοιχεία σε σχέση με την παραγωγή του κεχριού. Τα έτη 1981 με 1985, η μέση ετήσια παγκόσμια παραγωγή είχε φτάσει στους 4,9 εκατομμύρια τόνους με κύριους παραγωγούς τη Σοβιετική Ένωση (2,3 εκατομμύρια τόνοι), την Κίνα (1,6 εκατομμύρια τόνοι) και την Ινδία (0,5 εκατομμύρια τόνοι). Κατά την περίοδο από το 1992 έως το 1994, η ετήσια παγκόσμια παραγωγή υπολογίστηκε κοντά στους 4 εκατομμύρια τόνους. Η μέση απόδοση για το κεχρί σε συνθήκες επαρκούς βροχόπτωσης έχει υπολογιστεί στα 40 με 70 κιλά ανά στρέμμα. Επίσης, υπάρχουν αναφορές ότι σε γόνιμες εκτάσεις όπου εφαρμόστηκαν ορθές πρακτικές άρδευσης και λίπανσης, οι αποδόσεις έφτασαν τα 200 κιλά ανά στρέμμα. Όσον αφορά την παγκόσμια παραγωγή του κεχριού, στοιχεία αναφέρουν ότι το ποσοστό παραγωγής στην Ασία και Αφρική ανέρχεται στο 48%, στην Ευρώπη στο 3% και στην Αμερική στο 1%.

1.5. Μαύρο Κύμινο (*Nigella sativa*)

1.5.1 Εξάπλωση και Ταξινόμηση

Το μαύρο κύμινο είναι ένα ετήσιο, ποώδες, δικότυλο φυτό που καλλιεργείται ευρέως στην Νότια Ευρώπη, την Μέση Ανατολή, την Βόρεια Αφρική και την Νότια και Νοτιοδυτική Ασία. Στην Ινδία, το φυτό καλλιεργείται στο βόρειο και ανατολικό κομμάτι. Οι σπόροι του φυτού περιέχουν ποικίλα θρεπτικά συστατικά, τα οποία εντοπίζονται κυρίως στο έλαιο που παράγεται από αυτούς ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία. Ακόμη, οι σπόροι του φυτού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μπαχαρικό αλλά ταυτόχρονα το μαύρο κύμινο θεωρείται πολύτιμο φάρμακο με πολυάριθμα οφέλη στον τομέα της ιατρικής. Η ταξινόμηση του φυτού είναι η εξής:

- Βασίλειο: Plantae
- Υπο-βασίλειο: Tracheobionta
- Άθροισμα φυτών με σπέρματα: Spermatophyta
- Υποάθροισμα ανθοφόρων φυτών: Magnoliophyta
- Κλάση μονοκοτυλήδονων φυτών: Magnoliopsida
- Υποκλάση: Magnoliidae
- Τάξη: Ranunculales

- Οικογένεια: Ranunculaceae
- Γένος: Nigella
- Είδος: N. *sativa*

1.5.2 Μορφολογία

Το μαύρο κύμινο είναι ένα ετήσιο φυτό με ύψος που κυμαίνεται από τα 30 έως 68 εκατοστά, με μέσο όρο τα 52 εκατοστά κατά το στάδιο της ωρίμανσης (Benkaci-Ali et al. 2007). Το ριζικό σύστημα του φυτού αποτελείται από μία κύρια, κεντρική ρίζα που αναπτύσσεται προς τα κάτω καθώς και από πλευρικές ρίζες μικρότερου βάθους. Κατά το αρχικό στάδιο ανάπτυξης του φυτού, τα θρεπτικά στοιχεία λαμβάνονται μέσω της κύριας ρίζας αλλά όσο προχωράει η ανάπτυξη του φυτού οι πλευρικές και τυχαίες ρίζες αντλούν τα περισσότερα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά που θα χρειαστεί το μαύρο κύμινο (Ramsey 1987). Το στέλεχος του φυτού (Εικόνα 19.) είναι αρκετά λεπτό, όρθιο, λείο, με μήκος από 20 έως 50 εκατοστά. Ορισμένες φορές, ενδέχεται να παρουσιάζει ελαφριά και αραιή διακλάδωση κυρίως στο επάνω μέρος του. Καθώς αναπτύσσεται το φυτό και πλησιάζει προς το στάδιο της ωρίμασης, ο βλαστός γίνεται κοίλος και το χρώμα του μεταβάλλεται από ανοιχτό σε σκούρο πράσινο (KOkdil et al. 2006). Επίσης, ο αριθμός των πρωταρχικών στελεχών ποικίλει από 4 έως 10.



Εικόνα 19 . Στέλεχος *Nigella sativa*.

Το μαύρο κύμινο διαθέτει λαμπερά και πράσινα, κατά εναλλαγή φύλλα (Εικόνα 20.) (Nergiz και Otles 1993). Το μήκος των φύλλων κυμαίνεται από τα 2,5 έως 5 εκατοστά και το σχήμα τους είναι γραμμικό έως λογχοειδές.



Εικόνα 20 . Φύλλα *Nigella sativa.*

Τα άνθη (Εικόνα 21.) είναι ερμαφρόδιτα και διαθέτουν καθορισμένα σχέδια ανθοφορίας. Ειδικότερα, στο τέλος κάθε κύριου άξονα υπάρχει ένα και μόνο άνθος με διαστάσεις 2,74 x 2,78 εκατοστά. Το χρώμα των ανθέων ποικίλει και μπορεί να είναι λευκό, κίτρινο, ροζ, ανοιχτό μπλε ή ανοιχτό μωβ. Ο αριθμός των πετάλων κυμαίνεται από 5 έως 10 (Ahmad et al.2013, Kooti et al. 2016). Επιπροσθέτως, τα σέπαλα είναι ωοειδή και ποικίλουν σε αριθμό. Στην βάση του άνθους υπάρχουν βράκτια και ο μίσχος των φύλλων είναι αρκετά μακρύς (Benkaci-Ali et al. 2007).



Εικόνα 21 . Άνθος *Nigella Sativa.*

Όσον αφορά το ανδρείο, οι στήμονες βρίσκονται διατεταγμένοι σε 3 με 4 στροβιλοειδής διατάξεις, είναι πολυάριθμοι και ρίχνουν την γύρη καθώς το νήμα λυγίζει προς τα έξω (Kumar 2009). Συν τοις άλλοις, τα νήματα είναι αρκετά μακριά και οι ανθήρες είναι κίτρινοι. Από την άλλη πλευρά το γυναικείο, έχει 5 έως 12

ενωμένα καρπόφυλλα, από τα οποία το κάθε ένα διαθέτει ένα μακρύ στύλο ο οποίος αποτελείται από έναν μεταβλητό αριθμό πολλαπλών ωοθηκών, που εξελίσσονται σε ωοθυλάκια μετά την επικονίαση (Kumar 2009). Ο καρπός (Εικόνα 22.) έχει την μορφή μίας ενιαίας, μεγάλης και φουσκωμένης κάψουλας με μήκος από 0,4 έως 1,7 εκατοστά, η οποία απαρτίζεται από πολυάριθμους σπόρους (Hassanien et al. 2015, Rajsekhar και Kuldeep 2011). Οι σπόροι που βρίσκονται εντός της κάψουλας, είναι μικροί, ωοειδείς, τετραγωνικοί, με οξείες γωνίες και κωνικό άκρο. Οι σπόροι εξωτερικά είναι μαύροι, εσωτερικά άσπροι, έχουν ελαφριά οσμή και πικρή γεύση (Rajsekhar και Kuldeep 2011). Η μέση παραγωγή σπόρου είναι 59,3 γραμμάρια ανά φυτό.



Εικόνα 22 . Κάψουλα με σπόρους *Nigella sativa*.

1.5.3 Βιολογικός κύκλος και Ανάπτυξη

Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν πολλά ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τα στάδια ανάπτυξης του βιολογικού κύκλου του φυτού. Στις 8 Νοεμβρίου του 2016 πραγματοποιήθηκε πείραμα στο Τμήμα Αγροτικών Καλλιεργειών του Πανεπιστημίου Çukurova στην πόλη Άδανα της Νότιας Τουρκίας, με σκοπό να περιγραφεί ο κύκλος ζωής του μαύρου κύμινου. Σύμφωνα με τις αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας, η εκβλάστηση πραγματοποιήθηκε 9 ημέρες μετά την σπορά ενώ έπειτα από 11 ημέρες από το στάδιο της σπορά είχε εκβλαστήσει τουλάχιστον το 50% των σπόρων του πειράματος. Εν συνεχεία, το πρώτο αληθινό φύλλο εμφανίστηκε 27 ημέρες μετά την σπορά. Μέχρι την 61^{η} ημέρα, είχαν εμφανιστεί 7 φύλλα, το 8^{ο} και 9^{ο} φύλλο εμφανίστηκαν στην διάρκεια των επόμενων επτά ημερών. Την 118^{η} μετά την σπορά, τα φυτά διέθεταν 23 πραγματικά φύλλα, που είναι και ο ανώτερος αριθμός πρωταρχικών φύλλων που μπορεί να διαθέσει το μαύρο κύμινο σε αυτό το στάδιο.

Όταν τα φυτά διέθεταν 16 με 17 πρωταρχικά φύλλα, ταυτόχρονα άρχιζε η παραγωγή και διαμόρφωση των δευτερογενών φύλλων. Επίσης, 138 μέρες μετά την σπορά, προέκυψαν συνολικά 16 δευτερεύοντα φύλλα. Τέλος ακολούθησε η αναπαραγωγική περίοδος η οποία αποτελείται από συνολικά πέντε στάδια. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4) αναφέρεται το κάθε στάδιο καθώς και η ημέρα του βιολογικού κύκλου του φυτού που αντιστοιχεί στην έναρξη του κάθε σταδίου:

Πίνακας 4 . Αναπαραγωγικά στάδια βιολογικού κύκλου και ημέρα έναρξής τους.

Στάδιο Ανάπτυξης.	Ημέρες μετά την σπορά.
Κλειστά άνθη.	138
Ανθοφορία.	152
Δημιουργία δομής της κάψουλας.	160
Ωρίμανση σπόρου.	189
Συγκομιδή	225

1.5.4 Οικολογικές Απαιτήσεις

1.5.4.1 Κλίμα και Θερμοκρασία

Το μαύρο κύμινο καλλιεργείται κυρίως στις βόρειες και κεντρικές περιοχές της Ινδίας όπου επικρατούν θερμοκρασίες από 20°C έως 25°C κατά την σπορά και ο καιρός είναι ζεστός και ηλιόλουστος κατά το στάδιο σχηματισμού των σπόρων. Γενικότερα, το φυτό μπορεί να αναπτυχθεί ικανοποιητικά σε περιοχές όπου επικρατεί δροσερό και ξηρό κλίμα. Ακόμα, υπάρχει ιδιαίτερη ευαισθησία του συγκεκριμένου είδους στον παγετό σε οποιοδήποτε στάδιο ανάπτυξης. Η περίοδος σποράς εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση όπου εγκαθίσταται η καλλιέργεια και έτσι στο Βόρειο Ημισφαίριο το φυτό σπέρνεται την άνοιξη ή στις αρχές του καλοκαιριού αλλά στις περιοχές με μουσώνες, η σπορά λαμβάνει χώρα κατά την περίοδο των πρώιμων βροχοπτώσεων. Ακόμα, ο δροσερός και υγρός καιρός ευνοεί σημαντικά την ανθοφορία και την σύνθεση του σπόρου, ενώ η ανάπτυξη παρεμποδίζεται όταν υπάρχει έντονη σκίαση.

1.5.4.2 Έδαφος

Το φυτό μπορεί να καλλιεργηθεί αποτελεσματικά σε καλά στραγγιζόμενα ελαφριά, μεσαία και βαριά εδάφη. Πιο κατάλληλα για το μαύρο κύμινο θεωρούνται τα ελαφρώς όξινα ή βασικά, ουδέτερα αμμώδη και αργιλώδη εδάφη με πλούσια μικροβιακή δραστηριότητα. Για μεγαλύτερη απόδοση, ευνοϊκότερο θεωρείται το pH εδάφους από 7 έως 7,5.

1.5.5 Καλλιεργητικές Πρακτικές

1.5.5.1 Προετοιμασία του εδάφους

Απαιτείται καλό όργωμα με σβάρνα ή ισοπέδωση του εδάφους για την εγκατάσταση της καλλιέργειας.

1.5.5.2 Σπορά

Μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε σπορά με σπόρο είτε αναφύτευση των αποθεμάτων των ριζών από φυτά του προηγούμενου έτους. Η σπορά γίνεται κατά τους μήνες Οκτώβριο με Νοέμβριο με μηχανή διασκόρπισης του σπόρου με τυχαίο τρόπο ή σε γραμμές διατηρώντας χώρο μεταξύ των γραμμών 30, 40 ή 50 εκατοστά και σε βάθος 2 εκατοστών. Μετά το πέρας 20 ημερών από την σπορά, πραγματοποιείται αραίωση των φυτών σε απόσταση περίπου 20 εκατοστών. Η σπορά με βολβούς, δηλαδή με ριζικά αποθέματα του προηγούμενου έτους, είναι εφικτή όταν η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία είναι ευνοϊκή, δηλαδή το έδαφος δεν θα πρέπει να είναι ούτε στεγνό αλλά ούτε να διαθέτει υπερβολική υγρασία.

1.5.5.3 Λίπανση

Τόσο οι υπερβολικές όσο και οι ανεπαρκείς ποσότητες των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις στο φυτό. Πιο συγκεκριμένα, εάν

εφαρμοστούν υψηλά επίπεδα αζώτου στην καλλιέργεια, θα μειωθεί η ενεργοποίηση διάφορων ενζύμων όπως η φωσφοενολοπυρουβική καρβοξυλάση και η διφωσφορική καρβοξυλάση μειώνοντας έτσι το φωτοσυνθετικό επίπεδο. Όμως, αν υπάρχει έλλειψη αζώτου πάλι θα μειωθεί η φωτοσύνθεση με συνέπεια την μειωμένη ανάπτυξη και απόδοση του φυτού(Greef 1994, Ashraf et. al. 2006, Dietz και Harris 1997). Τα επίπεδα λιπάνσεως με άζωτο και φώσφορο έχουν μελετηθεί σε διάφορα πειράματα και έχουν ληφθεί διάφορα αποτελέσματα που μπορούν να συνδράμουν ώστε να εφαρμοστεί η κατάλληλη πρακτική. Έτσι προέκυψε ότι εάν εφαρμοστούν 6 κιλά αζώτου ανά στρέμμα και 4 κιλά φωσφόρου ανά στρέμμα στην καλλιέργεια, τα φυτά που θα παραχθούν θα είναι περισσότερο ανεπτυγμένα και ψηλότερα, θα έχουν υψηλότερο ποσοστό σπόρου και επομένως θα υπάρχει μεγαλύτερο ποσοστό συγκομιδής. Επίσης, κατάλληλος κρίνεται και ο συνδυασμός των 4,5 κιλών αζώτου ανά στρέμμα και 4 κιλών φωσφόρου ανά στρέμμα καθώς και ο συνδυασμός των 1,5 κιλών αζώτου ανά στρέμμα και 2 κιλών P_2O_5 ανά στρέμμα. Άλλες αναφορές, υποστηρίζουν ότι, κρίνεται απαραίτητη η ενσωμάτωση 100 με 150 κιλών ανά στρέμμα αποσυντιθέμενης κοπριάς, όπου με σωστή ανάμιξη θα ενσωματωθούν στο έδαφος 3 κιλά αζώτου, 6 κιλά P_2O_5 και 2 κιλά K_2O ανά στρέμμα. Τα 3 κιλά αζώτου θα πρέπει να εφαρμόζονται σε δύο δόσεις και 4 κιλά έως 60 ημέρες μετά την σπορά.

1.5.5.4 Άρδευση

Το φυτό, συνήθως, καλλιεργείται σε περιοχές όπου δεν εφαρμόζεται συστηματικά άρδευση. Όμως, υπάρχουν αναφορές που υποστηρίζουν ότι όταν το νερό εφαρμόζεται σωστά και με βέλτιστο τρόπο, το μαύρο κύμινο επωφελείται σημαντικά και οι αποδόσεις του αγγίζουν το βέλτιστο επίπεδο (Senyigit και Arslan 2018). Συγκεκριμένα, ο Ghamarnia το 2010, απέδειξε ότι εάν εφαρμοστούν 414 με 1461 χιλιοστά νερού, η αποτελεσματικότητα της χρήσης νερού ανέρχεται στα 0,049 με 0,139 κιλά ανά στρέμμα ανά χιλιοστό ενώ με την εφαρμογή 193 με 645 χιλιοστών νερού, σύμφωνα με τους Ghamarnia και Jalili το2013, η αποτελεσματικότητα του νερού κυμαίνεται από 0,011 έως 0,187 κιλά ανά στρέμμα ανά χιλιοστό (Senyigit και Arslan 2018).

1.5.5.5 Διαχείριση ζιζανίων

Η αντιμετώπιση των ζιζανίων της καλλιέργειας βασίζεται κυρίως στο ξεβοτάνισμα, το οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με χειροκίνητη σκαπάνη είτε με κατάλληλες συσκευές του εμπορίου. Η σωστή και έγκαιρη αντιμετώπιση και διαχείριση των ζιζανίων μειώνει τον ανταγωνισμό αυτών με τα φυτά της καλλιέργειας και δημιουργείται έτσι ένα περιβάλλον που προάγει την υψηλή αύξηση και ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών. Η διαδικασία κρίνεται αναγκαίο να επαναληφθεί από 3 έως 5 φορές στην διάρκεια μεσοδιαστήματος των 20 έως 25 ημερών.

1.5.5.6 Συγκομιδή

Το στάδιο της συλλογής και συγκομιδής του φυτού απαιτεί εξαιρετική προσοχή διότι η κάψουλα που περιλαμβάνει του σπόρους τείνει να αποσπάται από το φυτό, όταν ωριμάζει. Η συγκομιδή πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο με το χέρι και πριν από την απόρριψη, όταν παρατηρείται ελαφρώς πρασίνισμα του φυτού καθώς τότε υπάρχει η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε αρωματικά έλαια στους σπόρους. Η βιωσιμότητα των σπόρων διατηρείται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, όταν το φυτό είναι πλήρως ώριμο. Τέλος, σύμφωνα με τις ανάγκες της εκάστοτε καλλιέργειας, η διαδικασία της συγκομιδής μπορεί να επαναληφθεί 2 έως 3 φορές.

1.5.6 Εχθροί και Ασθένειες

Το μαύρο κύμινο, προσβάλλεται κυρίως από ένα ευρύ φάσμα πολυφάγων εντόμων. Ειδικότερα, οι προνύμφες του είδους Spodoptera litura, μπορούν να προκαλέσουν απώλειες έως 40% σε μία συγκεκριμένη καλλιεργητική περίοδο. Συχνά τα καρπόφυλλα είναι άδεια στο εσωτερικό τους, το οποίο πιθανόν να οφείλεται στην δράση της λάρβας ή άλλων ξυλοφάγων σκαθαριών. Ακόμα, έχουν καταγραφεί κηλίδες στα φύλλα του φυτού που προκαλούνται από τον μύκητα Cereospora nigellae και σήψεις ριζών που οφείλονται στο είδος Macrophomina phaseolina και στα γένη Rhizoctonia και Fusarium. Ανάμεσα στα περισσότερο ορατά συμπτώματα, ανήκει το κιτρίνισμα και ξήρανση των φύλλων και η πρόωρη ξήρανση των φυτών με

αποτέλεσμα την χαμηλή απόδοση της παραγωγής. Για την πρόληψη και την καταστολή των παραπάνω, αποτελεσματικό κρίνεται να πραγματοποιείται επεξεργασία του σπόρου πριν την σπορά, βαθύ καλοκαιρινό όργωμα του εδάφους και να εφαρμόζεται η αμειψισπορά όσο το δυνατόν περισσότερο.

1.5.7 Απόδοση και Παγκόσμια Παραγωγή

Η χώρα με την μεγαλύτερη παραγωγή και κατανάλωση μαύρου κύμινου είναι η Ινδία, αφού παράγει το 70% παγκοσμίως και ταυτόχρονα καταναλώνει το 90%. Άλλες χώρες που συνδράμουν στην παγκόσμια παραγωγή είναι η Συρία με 7%, το Ιράν με 6%, η Τουρκία με 6% και το υπόλοιπο 11% προέρχεται από άλλες χώρες. Ακόμα, έχει υπολογιστεί ότι παγκοσμίως κάθε χρόνο παράγονται περίπου 300.00 τόνοι.

1.6. Άσπρο Σουσάμι (*Sesamum indicum*)

1.6.1 Ταξινόμηση

Η καλλιέργεια του άσπρου σουσαμιού, θεωρείται μία από τις μεγαλύτερες και σημαντικότερες καλλιέργειες σε παγκόσμιο επίπεδο. Η χώρα στην οποία καλλιεργήθηκε αρχικά το φυτό ήταν η Ινδία ενώ ταυτόχρονα από εκεί η καλλιέργεια του άσπρου σουσαμιού επεκτάθηκε στην Μέση Ανατολή, την Αφρική και την Ασία. Στο τέλος του 17ου αιώνα το φυτό καλλιεργήθηκε συστηματικά σε κράτη των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής. Στην σύγχρονη εποχή, η κύρια εμπορική παραγωγή του άσπρου σουσαμιού προέρχεται από την Ινδία, την Κίνα και το Μεξικό. Τα κύρια εμπορεύσιμα προϊόντα του φυτού είναι οι σπόροι, το λάδι από τους σπόρους και το άλευρο. Η ταξινόμηση του φυτού είναι η εξής:

- Βασίλειο: Plantae
- Υπο-βασίλειο των φυτών με αγγεία: Tracheobionta
- Άθροισμα φυτών με σπέρματα: Spermatophyta
- Υποάθροισμα ανθοφόρων φυτών: Magnoliophyta
- Κλάση δικοτυλήδονων φυτών: Magnoliopsida
- Υποκλάση: Asteridae
- Τάξη: Scrophulariales/ Lamiales
- Οικογένεια: Pedaliaceae
- Γένος: Sesamum

- Είδος: S. *indicum*

1.6.2 Μορφολογία

Το άσπρο σουσάμι είναι ένα ετήσιο φυτό με ύψος που μπορεί να φτάσει τα 2 μέτρα, αλλά το συνηθέστερο ύψος κυμαίνεται από το 1 μέτρο έως το 1 μέτρο και 40 εκατοστά. Το ριζικό σύστημα (Εικόνα 23.) αποτελείται από μία κύρια ρίζα από την οποία αναπτύσσονται αρκετές λεπτές, δευτερεύουσες ρίζες με βοηθητικό ρόλο (Langham 2007). Οι ρυθμοί ανάπτυξης των ριζών κυμαίνονται κατά μέσο όρο στα 21,6 χιλιοστά ανά ημέρα κατά την διάρκεια των 11 πρώτων ημερών μετά την σπορά (Lea 1961). Το μέγιστο μήκος της κύριας ρίζας παρουσιάζεται την 75^{η} ημέρα μετά το στάδιο της σποράς και το μεγαλύτερο κομμάτι του ριζικού συστήματος εντοπίζεται σε βάθος 30 εκατοστών στο έδαφος (El Naim 2003). Ακόμη, σημαντική επίδραση στην ενίσχυση της ανάπτυξης των ριζών των νεαρών φυτών, έχει η θερμοκρασία αφού θερμοκρασίες από 20^{o}Cέως 30^{o}C, ευνοούν την αυξημένη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος ενώ βέλτιστη θεωρείται η διακύμανση από 30^{o}C έως 35^{o}C (Khan 1992).



Εικόνα 23 . Ριζικό σύστημα Άσπρου σουσαμιού.

Το στέλεχος (Εικόνα 24.) του φυτού είναι όρθιο χωρίς να παρατηρείται πλάγιασμα, χνουδωτό, ξυλώδες και δεν θεωρείται εύγεστο για την τροφή των ζώων. Σε διατομή ο βλαστός είναι στρογγυλός ή τετράγωνος.



Εικόνα 24 . Στέλεχος άσπρου σουσαμιού.

Τα πρώτα πραγματικά φύλλα που εμφανίζονται είναι σχετικά μικρά, επίπεδα και τρίλοβα ενώ αργότερα αυξάνονται σε μέγεθος, με το τέταρτο και πέμπτο φύλλο να είναι τα μεγαλύτερα. Καθώς εξελίσσεται αναπτυξιακά το φυτό, τα νεαρά φύλλα που σχηματίζονται αποκτούν μικρότερο μέγεθος, έχουν σχήμα ωοειδές έως λογχοειδές και τα περιθώριά τους είναι ολόκληρα ή οδοντωτά (Εικόνα 25.). Ακόμη, τα φύλλα είναι χνουδωτά και στην πάνω και στην κάτω επιφάνειά τους.



Εικόνα 25 . Φύλλα άσπρου σουσαμιού.

Τα άνθη (Εικόνα 26.) βρίσκονται πάνω σε ποδίσκους που εκφύονται στις μασχάλες των φύλλων. Ένα είναι το κυρίαρχο αλληλόμορφο το οποίο καθορίζει την παρουσία ενός ή παραπάνω από δύο άνθη σε κάθε μασχάλη φύλλου. Στην περίπτωση όπου υπάρχουν δύο ή και τρία άνθη, παρατηρείται ότι πρώτα ανθίζει και ωριμάζει το κεντρικό άνθος και έπειτα ακολουθούν τα υπόλοιπα πλευρικά άνθη. Ακόμη, ο κάλυκας είναι μικρός, διαιρεμένος σε πέντε μέρη και η στεφάνη είναι σωληνοειδής, καμπανοειδής, πεντάλοβη και έχει μήκος περίπου 3 εκατοστά. Ο κάτω λοβός της στεφάνης είναι μακρύτερος και σχηματίζει ένα κάτω χείλος. Η στεφάνη τόσο εσωτερικά όσο εξωτερικά είναι χρωματισμένη με διάφορα χρώματα τα οποία

ποικίλουν και μπορεί να είναι λευκό, ροζ, βιολετί, κόκκινο και βυσσινί. Συνολικά υπάρχουν πέντε στήμονες σε κάθε άνθος εκ των οποίων οι τέσσερις είναι λειτουργικοί και ο ένας άγονος. Ακόμη η ωοθήκη είναι επιφυής και βρίσκεται πάνω από τα υπόλοιπα τμήματα του άνθους. Κάθε καρπόφυλλο διαθέτει δύο κοιλότητες, επομένως ο τελικός αριθμός τους ανά φυτό μπορεί να είναι τέσσερις ή οχτώ αλλά ενδέχεται να προκύψουν και διαφορετικοί αριθμοί. Επιπροσθέτως τα πέταλα έχουν χρώμα που ποικίλλει από υπόλευκο έως μωβ. Τα άνθη, ανοίγουν την αυγή ενώ σε συννεφιασμένες ή δροσερές ημέρες ενδέχεται να ανοίξουν έως και 3 ώρες μετά την ανατολή του ηλίου.



Εικόνα 26 . Άνθη άσπρου σουσαμιού.

Ο καρπός (Εικόνα 27.) του φυτού είναι μία κάψουλα, με τετραγωνικό σχήμα που περιβάλλεται από τρίχες και μέχρι την ωρίμανση ενδέχεται να υπάρχει άνοιγμα μέχρι την μέση.



Εικόνα 27 . Καρπός άσπρου σουσαμιού.

Οι σπόροι (Εικόνα 28.) είναι επίπεδοι, άσπροι, έχουν οβάλ σχήμα και μήκος από 2 έως 4 χιλιοστά ενώ η μία τους άκρη είναι πιο μυτερή. Κάθε φυτό μπορεί να παράξει συνολικά 15 με 20 κάψουλες με την καθεμία να περιέχει από 70 έως 100 σπόρους.



Εικόνα 28 . Σπόροι άσπρου σουσαμιού.

1.6.3 Βιολογικός Κύκλος

Το άσπρο σουσάμι θεωρείται φυτό μικρής διάρκειας ημέρας. Στοιχεία αναφέρουν, ότι σε περιοχές της Νοτιοανατολικής Ασίας η σπορά μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων τον Μάιο και η συγκομιδή να γίνει τον Αύγουστο. Ακόμη, η εγκατάσταση της καλλιέργειας μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά την ζεστή περίοδο από τον Φεβρουάριο έως τον Ιούνιο υπό την προϋπόθεση να υπάρχουν ικανοποιητικά επίπεδα άρδευσης ή κατά το τέλος της περιόδου βροχοπτώσεων του Σεπτεμβρίου έως του Δεκεμβρίου μέσω της χρήσης της υπολειπόμενης υγρασίας από το νερό της βροχής. Σύμφωνα με μελέτες, εάν η διάρκεια ημέρας είναι 10 ώρες, το φυτό μπορεί να ανθίσει κανονικά σε 42 έως 45 ημέρες μετά την σπορά. Όμως, η θερμοκρασία και η υγρασία επιδρούν και καθορίζουν σημαντικά τον αριθμό των ημερών που απαιτούνται για την έναρξη της ανθοφορίας. Για το στάδιο της συγκομιδής απαιτούνται περίπου 90 έως 150 ημέρες μετά την σπορά, συνήθως 100 με 110 ημέρες. Ο ιδανικός χρόνος που απαιτείται για την συγκομιδή διαφέρει και ποικίλει για κάθε περιοχή. Για παράδειγμα, ο Thandar τόνισε ότι μέσω της συγκομιδής 52 ημέρες μετά την σπορά, προέκυψε υψηλότερη απόδοση σε σπόρο στην περιοχή της Βιρμανίας ενώ ο Sarkar πρότεινε η συγκομιδή να γίνεται 40 ημέρες μετά την ανθοφορία στο Μπαγκλαντές.

1.6.4 Οικολογικές Απαιτήσεις

Το άσπρο σουσάμι καλλιεργείται κυρίως σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές από το επίπεδο της θάλασσας έως και σε υψόμετρο 1500 μέτρων.

1.6.4.1 Θερμοκρασία και φωτοπερίοδος.

Για την βέλτιστη ανάπτυξη και παραγωγή απαιτούνται σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Οι θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 25°C έως 26,6°C θεωρούνται βέλτιστες ενώ αν η θερμοκρασία είναι κάτω από 20°C η ανάπτυξη του φυτού θα μειωθεί. Επίσης, η βλάστηση και ανάπτυξη αναστέλλονται στους 10°C. Ακόμη, για να μην ζημιωθεί η καλλιέργεια, απαιτούνται 90 έως 120 ημέρες χωρίς παγετό. Στοιχεία αναφέρουν ότι η έναρξη της ανθοφορίας επηρεάζεται από την φωτοπερίοδο ενώ η περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι τείνει να αυξάνεται με την αύξηση της φωτοπεριόδου.

1.6.4.2 Νερό

Το φυτό είναι ανθεκτικό στην ξηρασία, κυρίως λόγω του εκτεταμένου ριζικού του συστήματος. Ωστόσο, απαιτείται επαρκής ποσότητα νερού για να επιτευχθεί το κατάλληλο επίπεδο υγρασίας για την βλάστηση και πρώιμη ανάπτυξη. Οι βροχοπτώσεις που κυμαίνονται από τα 508 έως τα 660,4 χιλιοστά θεωρούνται ικανοποιητικές για να προκύψουν αποδόσεις σε λογικά επίπεδα. Τα επίπεδα υγρασίας λίγο πριν την σπορά και την ανθοφορία, συμβάλλουν περισσότερο στην τελική απόδοση. Σε περίπτωση υπερχείλισης το φυτό ζημιώνεται σημαντικά ενώ οι βροχοπτώσεις στο τέλος της περιόδου επεκτείνουν την ανάπτυξη και αυξάνουν τις απώλειες.

1.6.4.3 Έδαφος

Το φυτό μπορεί να προσαρμοστεί σε διάφορους τύπους εδαφών, αλλά καταλληλότερα κρίνονται τα καλά στραγγιζόμενα, γόνιμα εδάφη, μέτριας υφής και σχετικά ουδέτερου pH το οποίο κυμαίνεται από 5,5 έως 8. Εξαιτίας του εκτενώς διακλαδισμένου ριζικού συστήματος του, το σουσάμι φαίνεται ότι βελτιώνει την

δομή του εδάφους. Ακόμη, παρουσιάζει ευαισθησία στην αλατότητα και συχνά υποβαθμίζεται η ανάπτυξή του εξαιτίας αυτής.

1.6.4.4 Άνεμος

Τα υπερβολικά επίπεδα ανέμου βλάπτουν την καλλιέργεια του σουσαμιού ιδιαίτερα κατά το στάδιο της συγκομιδής, λόγω της υψηλής απώλειας του σπόρου από το εσωτερικό της κάψουλας. Στην Γαλλία, ο άνεμος θεωρείται ο κύριος λόγος για την αποτυχία της εμπορικής παραγωγής σουσαμιού.

1.6.5 Καλλιεργητικές πρακτικές

1.6.5.1 Προετοιμασία σπόρου

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή σπορά και εγκατάσταση της καλλιέργειας, είναι η χρήση ενός καθαρού και χωρίς ασθένειες σπόρου. Για τον λόγο αυτό, συχνά πριν την σπορά προτείνεται η εφαρμογή ποσότητας μυκητοκτόνου όπως το Captan 75% ώστε να μην εξασθενήσει αρχικά ο σπόρος και έπειτα το σπορόφυτο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι συνηθισμένη πρακτική ο σπόρος του σουσαμιού να αναμειγνύεται με άμμο πριν από την σπορά.

1.6.5.2 Επιλογή και προετοιμασία καλλιεργητικού αγρού

Ο αγρός θα πρέπει να είναι απαλλαγμένος από ζιζάνια και να διαθέτει ικανοποιητικά επίπεδα υγρασίας. Επίσης, κρίνεται αναγκαίο να υπάρχει καλή αποστράγγιση στο έδαφος διότι το φυτό είναι εξαιρετικά ευαίσθητο στην υπερχείλιση και κατακράτηση νερού σε όλα τα στάδια ανάπτυξής του. Επομένως, πριν από την σπορά, απαιτείται επαναλαμβανόμενη κατεργασία για να θανατωθούν αρκετές γενιές ζιζανίων. Επιπροσθέτως, η ισοπέδωση του εδάφους προ της σποράς παρουσιάζει πλεονεκτήματα, αφού εξασφαλίζει ομοιόμορφο βάθος φύτευσης αλλά εξίσου ωφέλιμη είναι και η ύπαρξη αυλακώσεων για καλύτερη αποστράγγιση ιδιαίτερα σε περιοχές όπου καταγράφονται υψηλά επίπεδα βροχοπτώσεων.

1.6.5.3 Σπορά

Η έναρξη της σποράς, υπολογίζεται όταν η θερμοκρασία του εδάφους πλησιάσει τους 21,1^{o}C, περίπου ένα μήνα μετά από τον τελευταίο θανατηφόρο παγετό. Η σπορά

μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε μηχανικά είτε χειρωνακτικά. Στην πρώτη περίπτωση, χρησιμοποιείται ειδικό εξάρτημα γραμμικής σποράς. Υψηλότερες αποδόσεις προκύπτουν από πληθυσμούς από 25000 έως 30000 φυτά ανά στρέμμα σε σειρές από 45,7 έως 76,2 εκατοστά. Η αναγκαία ποσότητα σπόρου υπολογίζεται στα 0,045 κιλά ανά στρέμμα για σειρές 76,2 εκατοστών. Στην δεύτερη περίπτωση η ποσότητα σπόρου που χρησιμοποιείται κυμαίνεται από τα 0,2 κιλά ανά στρέμμα έως το 1 κιλό ανά στρέμμα και οι συνιστώμενες αποστάσεις φύτευσης προσδιορίζονται από τα 35 έως τα 75 εκατοστά μεταξύ των σειρών, με ένα φυτό κάθε 6 έως 12 εκατοστά κάτω από την σειρά. Ακόμη, το βάθος σποράς υπολογίζεται στα 2 έως 5 εκατοστά ενώ μπορεί να είναι και 10 εκατοστά σε έδαφος με χαλαρή δομή. Είναι σημαντική η επιλογή του βάθους σποράς διότι εξασφαλίζει ομοιόμορφη εμφάνιση και ανάπτυξη της καλλιέργειας, γεγονός που θα βοηθήσει στις μετέπειτα εργασίες άροσης και συγκομιδής. Μέσα σε διάστημα 2 εβδομάδων μετά την εκβλάστηση και ανάδυση, τα σπορόφυτα πρέπει να αραιωθούν σε πυκνότητα 10 εκατοστών μεταξύ τους. Ακόμη, αναγκαίος είναι ο πρώιμος έλεγχος για ζιζάνια γιατί τα νεαρά φυτά αναπτύσσονται αργά και δεν μπορούν να ανταγωνιστούν τα ζιζάνια. Το μηχανικό βοτάνισμα στην αρχή πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο ρηχά για να μην δημιουργηθεί ζημιά στις ρίζες των φυτών. Τέλος, στοιχεία αναφέρουν ότι η στενή απόσταση μεταξύ των σειρών μπορεί να μειώσει την όψιμη ανάπτυξη των ζιζανίων, η οποία μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα κατά την συγκομιδή.

1.6.5.4 Λίπανση

Οι απαιτήσεις για λίπανση του άσπρου σουσαμιού είναι παρόμοιες με το κεχρί και υπολογίζονται στα 3,62 κιλά ανά στρέμμα αζώτου, 0,9 κιλά ανά στρέμμα P_2O_5 και 0,9 κιλά ανά στρέμμα K_2O. Η παραπάνω προτεινόμενη ποσότητα αζώτου ισχύει για εδάφη με λιγότερο από 2% οργανική ουσία. Εάν το ποσοστό της οργανικής ουσίας στο έδαφος κυμαίνεται από 2% έως 5%, η ποσότητα αζώτου πρέπει να μειωθεί στα 2,72 κιλά ανά στρέμμα ενώ αν το έδαφος διαθέτει περισσότερο από 5% οργανική ουσία το άζωτο που απαιτείται είναι 1,81 κιλά ανά στρέμμα. Οι προτεινόμενες ποσότητες P_2O_5 και K_2O αφορούν δοκιμές εδάφους στα οποία δεν παρουσιάστηκε κάποια υπερβολική έλλειψη ή περίσσεια των παραπάνω στοιχείων και οι τιμές τους σε αυτά βρίσκονταν μέσα σε βέλτιστο εύρος. Ακόμη, το P_2O_5 ,K_2O και η μισή ποσότητα του συνιστώμενου αζώτου μπορούν να εφαρμοστούν σε μία ταινία κατά

μήκος της σειράς κατά την σπορά. Ωστόσο, η παραπάνω πρακτική δεν φαίνεται ότι επιτυγχάνει γρηγορότερη εκκίνηση της καλλιέργειας, εάν η θερμοκρασία του εδάφους δεν φτάσει τους 21,1°C.

1.6.5.5 Άρδευση

Κατά το στάδιο της σποράς, απαιτείται πότισμα προκειμένου το φυτό να διατηρηθεί ικανοποιητικά σε διάστημα 7 ημερών ανάλογα με τις εδαφικές και κλιματικές συνθήκες, ενώ η περίσσεια ποσότητα νερού θα διηθηθεί. Ακόμη, 25 ημέρες πριν την ανθοφορία, πρέπει να εφαρμοστεί ποσότητα νερού. Το κρισιμότερο στάδιο όπου αφορά την άρδευση, κυμαίνεται από την 35η έως την 45η ημέρα μετά την σπορά, δηλαδή κατά την φάση της ανθοφορίας. Κατά την ωρίμανση, η υγρασία πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα, γιατί αν η υγρασία είναι υψηλή θα επηρεαστεί η ωρίμανση του σπόρου και η πλήρωση της κάψουλας θα είναι ανεπαρκής. Άρα, 65 ημέρες μετά την σπορά η άρδευση της καλλιέργειας πρέπει να σταματήσει. Επιπροσθέτως, το ελαφρύ πότισμα σε σύντομο χρονικό διάστημα είναι προτιμότερο από το βαρύ καθώς οι έντονες αρδεύσεις μειώνουν το βάρος των σπόρων και την περιεκτικότητα σε λάδι. Τέλος, η συνολική απαίτηση νερού για το άσπρο σουσάμι υπολογίζεται στα 250 με 350 χιλιοστά.

1.6.5.6 Διαχείριση ζιζανίων

Το αραίωμα, το σκάψιμο και το ξεβοτάνισμα είναι σημαντικές πρακτικές που εφαρμόζονται για την διαχείριση των ζιζανίων για το άσπρο σουσάμι. Πιο συγκεκριμένα, η σκαπάνη και το βοτάνισμα προτείνονται 2 φορές στις 15 και στις 30 ημέρες μετά από την σπορά. Λόγω της καθυστερημένης πρώιμης ανάπτυξης τους, τα φυτά του σουσαμιού δεν μπορούν να ανταγωνιστούν τα ζιζάνια. Επομένως, πρέπει να επιλέγονται για την καλλιέργεια αγροί, με όσο το δυνατόν χαμηλότερη πυκνότητα ζιζανίων. Η διαχείριση των ζιζανίων γίνεται με δύο τρόπους:

1. Μηχανικά: Η καλλιέργεια εγκαθίσταται νωρίς την περίοδο και όσο το δυνατόν πιο κοντά σε σειρές. Προτείνεται η ρηχή καλλιέργεια, γιατί οι λεπτές και ινώδεις ρίζες του σουσαμιού αναπτύσσονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και καταστρέφονται εύκολα. Έτσι η πρώιμη καλλιέργεια, θα προκαλέσει ταχύτερη ανάπτυξη των νεαρών φυταρίων, ενδεχομένως εξαιτίας του βελτιωμένου αερισμού

του εδάφους. Όταν το ύψος των φυτών φτάσει τα 7,62 με 10,1 εκατοστά, τότε θα ξεκινήσει η γρηγορότερη ανάπτυξη και θα μπορέσουν να ανταγωνιστούν τα ζιζάνια.

2.Χημικά: Προφυτρωτικά, προτείνεται η εφαρμογή 0,125 κιλά ανά στρέμμα του ζιζανιοκτόνου Alachlor ή 0,1 κιλά ανά στρέμμα του ζιζανιοκτόνου Fluchloralin. Την 30η ημέρα μετά την σπορά, η εφαρμογή ζιζανιοκτόνου θα πρέπει να ακολουθείται από χειρωνακτικό ξεβοτάνισμα. Ακόμα, σε προφυτρωτικό επίπεδο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και το ζιζανιοκτόνο trifluralin. Σε κάθε περίπτωση, χρειάζεται απαραίτητη προσοχή στην ετικέτα του εκάστοτε ζιζανιοκτόνου προτού χρησιμοποιηθεί.

1.6.5.7 Συγκομιδή

Το φυτό είναι έτοιμο για συγκομιδή 90 έως 150 ημέρες μετά από την σπορά. Η συγκομιδή πρέπει να πραγματοποιηθεί πριν από τον πρώτο θανατηφόρο παγετό για να μην επηρεαστεί η ποιότητα των σπόρων. Κατά την ωρίμανση, το χρώμα των βλαστών και των φύλλων μεταβάλλεται από πράσινο σε κίτρινο ή κόκκινο. Έπειτα, ακολουθεί η πτώση των φύλλων από τα φυτά. Επιπροσθέτως, η συγκομιδή πρέπει να γίνεται ιδανικά κατά τις πρωινές ώρες και τα φυτά μπορούν είτε να κοπούν είτε να ξεριζωθούν. Στην συνέχεια ακολουθεί η στοίβαξη των φυτών το ένα πάνω στο άλλο ώστε τελικά να σχηματιστεί ένας κυκλικός σωρός. Το πάνω μέρος του σωρού μπορεί να καλυφθεί με άχυρο και μετά να δεθεί ή να προστεθεί κάποιο βάρος σε αυτόν. Ο σωρός διατηρείται για 3 έως 5 ημέρες, ενώ μετά το πέρας των ημερών αυτών ακολουθεί ξήρανση για 2 έως 3 ημέρες. Μετά την ξήρανση, τα φυτά ανακινούνται για να διαχωριστούν οι σπόροι και τέλος επαναλαμβάνεται η ξήρανση των φυτών και διαχωρίζονται περαιτέρω οι σπόροι.

1.6.6 Εχθροί και ασθένειες

Το άσπρο σουσάμι συχνά προσβάλλεται και ζημιώνεται από αφίδες. Επίσης, οι θρίπες περιορίζουν τα σπορόφυτα και τραυματίζουν τα νεαρά άνθη πριν καν αυτά ανοίξουν με αποτέλεσμα να μην συμπληρωθεί επαρκώς και να είναι αλλοιωμένο το εσωτερικό της κάψουλας. Η κηκιδόμυγα , συγκεκριμένα η Asphondylia sesami και διάφορες κάμπιες φαίνεται ότι προσέβαλαν και υποβάθμισαν την καλλιέργεια σε ορισμένες χώρες. Οι πράσινες βρωμούσες, οι κόκκινες αράχνες, οι ακρίδες, οι

προνύμφες σκόρου καθώς και άλλοι τύποι σκουληκιών προσβάλλουν το άσπρο σουσάμι χωρίς να προκαλούν εκτεταμένες ζημιές.

Οι κυριότερες μυκητολογικές ασθένειες που εμφανίζονται στα φυτά του άσπρου σουσαμιού είναι η κηλίδα των φύλλων, η καπνιά σε φύλλα και βλαστούς, ο μαρασμός από μύκητες του γένους Fusarium, η τεφρά σήψη και οι σήψεις ριζών. Ορισμένες από τις ασθένειες αυτές ενδέχεται να υπάρχουν στους σπόρους εξ αρχής. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η χρήση σπόρου χωρίς ασθένειες και η εφαρμογή μυκητοκτόνου προφυτρωτικά.

1.6.7 Απόδοση και παγκόσμια παραγωγή

Οι αποδόσεις του φυτού ποικίλλουν και διαφέρουν ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και τις καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζονται. Ειδικότερα, μελέτες ανέφεραν αποδόσεις από τα 10 έως 300 κιλά ανά στρέμμα. Επίσης, σε καλλιέργεια που αρδευόταν μόνο με νερό της βροχής οι αποδόσεις κυμάνθηκαν από τα 37,5 έως τα 50 κιλά ανά στρέμμα ενώ σε αρδευόμενες καλλιέργειες η απόδοση κυμάνθηκε στα 50 έως 57,5 κιλά ανά στρέμμα. Στην περιοχή της Καλιφόρνια, η απόδοση του φυτού καταγράφηκε στα 112,08 έως 168,12 κιλά ανά στρέμμα αλλά υπήρξε και υψηλότερη τιμή στα 257,7 κιλά ανά στρέμμα υπό άρδευση. Οι κυριότερες χώρες στις οποίες καλλιεργείται το άσπρο σουσάμι είναι τροπικές και υποτροπικές. Πιο συγκεκριμένα, οι σημαντικότερες περιοχές παραγωγής είναι η Αφρική, Ασία, Λατινική Αμερική και η Ευρώπη με παραγωγή 59.05%, 36.47%, 4.22%, και 0.26% αντίστοιχα, κατά την διάρκεια του έτους 2020. Κατά την διάρκεια των τελευταίων 21 χρόνων, η έκταση καλλιέργειας του άσπρου σουσαμιού αυξήθηκε από τα 772.000 στρέμματα στα 1.424.000 στρέμματα. Η συγκεκριμένη αύξηση αποδίδεται στην επέκταση των καλλιεργητικών αγρών και στην αύξηση της εμπορικής αξίας των προϊόντων σουσαμιού. Νεότερα στοιχεία αναφέρουν ότι το Σουδάν παράγει την μεγαλύτερη ποσότητα του φυτού και ακολουθείται από την Κίνα, τη Μιανμάρ, την Ενωμένη Δημοκρατία της Τανζανίας, την Ινδία, τη Νιγηρία, τη Μπουρκίνα Φάσο και την Αιθιοπία με παγκόσμια παραγωγή 21.02%, 12.36%, 10.20%, 9,78% ,9,07% ,6,76%, 3,72% και 3,59% αντίστοιχα το 2020.

1.7. Μαύρο Σουσάμι (*Sesamum radiatum*)

1.7.1 Ταξινόμηση

Το φυτό *Sesamum radiatum* προέρχεται από την Αφρική, όπου καλλιεργήθηκε αρχικά πριν από αρκετά χρόνια. Πρόκειται για ένα από τα άγρια είδη του γένους Sesamum, το οποίο συναντάται κυρίως στην Δυτική και Κεντρική Αφρική και σπανίως στην Νότια και Ανατολική Αφρική. Συχνά, το φυτό καλλιεργείται σε περιοχές της τροπικής Ασίας. Η ταξινόμηση του φυτού είναι η εξής:

- Βασίλειο: Plantae
- Υπό-βασίλειο των φυτών με αγγεία: Tracheobionta
- Άθροισμα φυτών με σπέρματα: Spermatophyta
- Υποάθροισμα ανθοφόρων φυτών: Magnoliophyta
- Κλάση δικοτυλήδονων φυτών: Magnoliopsida
- Υποκλάση: Asteridae
- Τάξη: Scrophulariales/ Lamiales
- Οικογένεια: Pedaliaceae
- Γένος: Sesamum
- Είδος: S. *radiatum*

1.7.2 Μορφολογία

Το φυτό (Εικόνα 29.) είναι ετήσιο και το ύψος του κυμαίνεται από τα 120 έως 150 εκατοστά. Ο βλαστός του είναι όρθιος, απλός ή διακλαδισμένος, αδενώδης και ενδέχεται να είναι χνουδωτός. Ακόμη, τα φύλλα είναι είτε αντίθετα είτε κατ' εναλλαγή, απλά και βρίσκονται στο ανώτερο τμήμα του φυτού. Δεν παρατηρούνται παράφυλλα, ενώ ο μίσχος έχει μήκος έως 2,5 εκατοστά στα κατώτερα φύλλα και είναι κοντύτερος στα ανώτερα φύλλα. Επίσης, το έλασμα του φύλλου μπορεί να είναι λογχοειδές έως ωοειδές ή ελλειπτικό, σφηνοειδές στην βάση του, οξύληκτο στην κορυφή του και οδοντωτό στα κατώτερα φύλλα. Τα άνθη είναι μονήρη στις μασχάλες των φύλλων, ερμαφρόδιτα, ζυγόμορφα, πενταμερή και έχουν δύο βράκτια στην βάση τους. Ο κάλυκας αποτελείται από τριγωνικούς λοβούς μήκους έως 7 χιλιοστά και είναι κωνοειδής στην βάση του. Επιπροσθέτως, η στεφάνη είναι καμπανοειδής, έχει μήκος από 2,5 έως 5 εκατοστά, καλύπτεται από τρίχες και το χρώμα της μπορεί να

είναι ροζ έως πορφυρή ή άσπρη. Σημαντική διαφορά ανάμεσα στο *S. indicum* και στο *S. radiatum* είναι ότι η στεφάνη στο πρώτο είδος είναι ελαφρώς χρωματισμένη ενώ στο δεύτερο είναι έντονα χρωματισμένη. Υπάρχουν τέσσερις στήμονες που παρεμβάλλονται στην βάση του σωλήνα της στεφάνης και η ωοθήκη του άνθους είναι επιφυής. Ο καρπός του φυτού είναι μία επιμήκης, τετράπλευρη κάψα μήκους 2 έως 3,5 εκατοστών και είναι ελαφρώς συμπιεσμένη πλευρικά, καλύπτεται από τρίχες και αποτελείται από αρκετούς σπόρους στο εσωτερικό της. Τέλος, οι σπόροι (Εικόνα 30.) είναι ωοειδείς, ελαφρώς συμπιεσμένοι πλευρικά και έχουν χρώμα μαύρο ή καστανό. Μία από τις βασικότερες διαφορές που διαχωρίζει τα είδη *Sesamum indicum* και *Sesamum radiatum*, πέρα από το χρώμα του σπόρου είναι το περίβλημα αυτού, αφού στο πρώτο είδος είναι πιο λείο σε σχέση με το δεύτερο.



Εικόνα 29 . Μαύρο σουσάμι (*Sesamum radiatum*).



Εικόνα 30 . Σπόροι μαύρου σουσαμιού.

1.7.3 Βιολογικός Κύκλος

Τα πρώτα φύλλα του φυτού μπορούν να συγκομιστούν 8 έως 10 εβδομάδες μετά τη σπορά. Η συγκομιδή φύλλων σε διαστήματα 7 με 10 ημερών είναι δυνατή για μία περίοδο 14 εβδομάδων. Ακόμη απαιτούνται περίπου 4 μήνες από την εκβλάστηση μέχρι την συγκομιδή των σπόρων ενώ από την ανθοφορία μέχρι την ωρίμανση των σπόρων απαιτούνται 6 εβδομάδες. Ωστόσο, το φυτό αναπτύσσεται με απροσδιόριστο τρόπο αφού η ανθοφορία μπορεί να συνεχίζεται εφόσον το επιτρέπουν οι περιβαλλοντικές συνθήκες σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι στις υπόλοιπες ποικιλίες σουσαμιού. Κατά την διάρκεια δοκιμής αξιολόγησης βλαστικού υλικού στην περιοχή Καντουκλί του Σουδάν, αναφέρθηκε ότι μόνο το είδος *S. radiatum* συνέχισε την ανάπτυξή του για 2 μήνες ενώ τα υπόλοιπα είδη είχαν ξεραθεί και είχαν συγκομιστεί.

1.7.4 Οικολογικές Απαιτήσεις

Το μαύρο σουσάμι μπορεί να προσαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών συνθηκών, αλλά κυρίως συναντάται στην σαβάνα. Μπορεί να καλλιεργηθεί σε περιοχές όπου αναπτύσσονται ελάχιστα ποώδη φυτά. Επίσης, τείνει να εμφανίζεται σε περιοχές που είναι φτωχές σε θρεπτικά στοιχεία καθώς ακόμη μπορεί να αναπτυχθεί σε χαλικώδεις, βραχώδεις και αμμώδεις τοποθεσίες. Ενδέχεται να αποτελέσει και ζιζάνιο το οποίο εμφανίζεται σε αγρούς που είχαν άλλες καλλιέργειες στο παρελθόν. Παρουσιάζει καλή προσαρμοστικότητα στην ζέστη και ξηρασία και μπορεί να συνεχίσει την ανάπτυξη και ανθοφορία κατά την διάρκεια της ξηρής περιόδου.

1.7.5 Καλλιεργητικές πρακτικές

Το βάρος 1000 σπόρων υπολογίζεται στα 2,5 γραμμάρια. Η σπορά μπορεί να πραγματοποιηθεί σε σπορεία, σποροκιβώτια, ή ακόμα μπορεί να γίνει απευθείας σπορά στο έδαφος όπου τοποθετούνται 2 με 3 σπόροι σε κάθε άνοιγμα μικρού βάθους. Η εκβλάστηση των σπόρων διαρκεί 6 με 10 ημέρες. Τα νεαρά φυτάρια μεταφυτεύονται σε απόσταση περίπου 15 εκατοστών. Σημαντική κρίνεται η τοποθέτηση των νεαρών σποροφύτων σε φωτεινή θέση ώστε να είναι εκτεθειμένα στο ηλιακό φως αλλά να μην εκτίθενται στην βροχή. Από την στιγμή που θα αναπτυχθούν και θα εμφανιστούν νέοι βλαστοί και φύλλα, τα φυτά μπορούν να τοποθετηθούν σε ανοιχτή θέση.

1.7.5.1 Άρδευση

Η διαδικασία της άρδευσης του φυτού συνιστάται να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην τραυματιστούν τα φύλλα και οι βλαστοί. Στην περίπτωση που το έδαφος της καλλιέργειας στεγνώνει αρκετά εύκολα η συχνότητα άρδευσης υπολογίζεται δύο φορές την ημέρα, το πρωί και το βράδυ. Εάν στο έδαφος υπάρχει ικανοποιητική υγρασία, τότε μία φορά την ημέρα είτε την ημέρα είτε το βράδυ, η καλλιέργεια μπορεί να αρδεύεται. Στοιχεία αναφέρουν, ότι κρίνεται αναγκαίο οι αρδεύσεις να μην πραγματοποιούνται κατά την διάρκεια της ημέρας διότι ενδέχεται να προκληθεί μαρασμός των φυτών.

1.7.5.2 Λίπανση

Η κατάλληλη εφαρμογή λιπάσματος για την καλλιέργεια στηρίζεται με τη μέθοδο χρήσης αυτού και την απαιτούμενη δοσολογία η οποία προκύπτει με βάση τις ανάγκες του φυτού και τις οδηγίες που αναγράφονται στην ετικέτα του εκάστοτε σκευάσματος. Η καλλιέργεια του μαύρου σουσαμιού, ανταποκρίνεται καλά στην εφαρμογή λιπάσματος. Ωστόσο, δεν υπάρχουν πολλά ερευνητικά δεδομένα που να μπορούν να διασαφηνίσουν τις απαραίτητες ποσότητες θρεπτικών συστατικών και τον τρόπο εφαρμογής αυτών. Με βάση την πειραματική διαδικασία που πραγματοποιήθηκε το 1990 στη Σχολή Γεωργίας και Έρευνας του Πανεπιστημίου Abubakar Tafawa Balewa της Νιγηρίας, στην οποία εφαρμόστηκαν διάφορες δόσεις αζώτου σε φυτά μαύρου σουσαμιού, προέκυψαν αποτελέσματα που παρουσιάζουν

ενδιαφέρον. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρθηκε ότι το ύψος των φυτών, η απόδοση ανά φυτό και η συνολική εμπορεύσιμη απόδοση αυξήθηκαν με την αύξηση εφαρμογής του αζώτου έως τα 6 κιλά ανά στρέμμα. Ακόμη, ο Sinharoy et al., ανέφερε ότι φυτά που λιπάνθηκαν με 3 κιλά ανά στρέμμα ή και 6 κιλά ανά στρέμμα ήταν ψηλότερα σε σχέση με εκείνα στα οποία δεν εφαρμόστηκε λίπανση. Ως γενικότερη απόρροια της συγκεκριμένης μελέτης, παρουσιάστηκε ότι το άζωτο βελτιώνει την ανάπτυξη και απόδοση του φυτού και προτιμότερη είναι η τμηματική και όχι μία και μοναδική εφαρμογή αυτού. Έτσι προτάθηκε η εφαρμογή 6 κιλών ανά στρέμμα αζώτου σε δύο δόσεις, η πρώτη σε 2 εβδομάδες μετά την σπορά και η δεύτερη σε 8 εβδομάδες μετά την σπορά. Όσον αφορά τον φώσφορο, υπάρχουν επίσης λίγα στοιχεία για τις συνιστώμενες δόσεις αυτού. Το 2014, το Εθνικό Ινστιτούτο Ερευνών για την Οπωροκηπευτική της Νιγηρίας, πραγματοποίησε πείραμα από το οποίο προέκυψε ότι η εφαρμογή 6 έως 9 κιλών ανά στρέμμα P_2O_5, βελτίωσε την ανάπτυξη του φυτού και σαν μέση βέλτιστη τιμή προτάθηκαν τα 9 κιλά ανά στρέμμα P_2O_5. Σχετικά με το κάλιο, δεν υπάρχουν έως τώρα επιστημονικά δεδομένα και μελέτες που να αναδεικνύουν τις κατάλληλες δόσεις εφαρμογής.

1.7.5.3 Διαχείριση ζιζανίων

Όταν γύρω από τα φυτά μαύρου σουσαμιού παρατηρηθούν ζιζάνια, κρίνεται αναγκαίο το ξεβοτάνισμα με το χέρι, εκριζώνοντας τα διάφορα είδη αυτών καθώς η διαδικασία αυτή βοηθά την χαλάρωση της δομής του εδάφους γύρω από το φυτό, βελτιώνοντας έτσι την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Ακόμη, βοηθητική κρίνεται η δημιουργία μικρού αναχώματος στα φυτά, ειδικά εάν το έδαφος πλησίον του φυτού διαβρώνεται ή υπάρχουν ρίζες που αναδύονται στο έδαφος. Επίσης, η παραπάνω διαδικασία εφαρμόζεται και όταν τα φυτά αναπτύσσονται ελαφρώς κεκλιμένα.

1.7.5.4 Συγκομιδή

Το χρονικό διάστημα το οποίο απαιτείται για την πρώτη συγκομιδή των φυτών του μαύρου σουσαμιού δεν παρουσιάζει πάντοτε ομοιομορφία, επειδή εξαρτάται από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του εκάστοτε αρχικού σπόρου, το περιβάλλον και τις συνθήκες βλάστησης των φυτών καθώς και τις καλλιεργητικές πρακτικές που ακολουθούνται από τον κάθε καλλιεργητή. Η συγκομιδή του φυτού μπορεί να γίνει μέσα σε 2,5 με 3,5 μήνες και ξεκινάει περίπου 4 μήνες μετά την σπορά ενώ γίνεται με

παρόμοιο τρόπο με τα φυτά του άσπρου σουσαμιού. Οι καρποί του φυτού δεν ανοίγουν πλήρως διότι στην βάση τους διαμορφώνεται υπό γωνία μία «τσέπη» που συγκρατεί μερικούς σπόρους.

1.7.6 Εχθροί και Ασθένειες

Τα κυριότερα έντομα που προσβάλλουν την καλλιέργεια των φυτών μαύρου σουσαμιού είναι τα θυσανόπτερα, οι αφίδες, τα ακάρεα, οι λευκές μύγες και οι κάμπιες του φλοιού. Κατά την διάρκεια της ξηρής περιόδου, οι προσβολές από τους παραπάνω εχθρούς αυξάνονται σημαντικά. Στην περίπτωση έκθεσης του φυτού σε κάποιον από τους συγκεκριμένους εχθρούς σε συνδυασμό με την μη έγκαιρη αντιμετώπιση, ελλοχεύει ο κίνδυνος έκθεσης και των υπολοίπων φυτών της καλλιέργειας. Για τον λόγο αυτό, κάθε εβδομάδα απαιτείται αρχικά έλεγχος και ψεκασμός με κατάλληλα εντομοκτόνα και ακαρεοκτόνα με την κατάλληλη δοσολογία, εφόσον και αν είναι απαραίτητος.

Οι κυριότερες ασθένειες που συναντώνται στα φυτά μαύρου σουσαμιού είναι η βακτηριακή μάρανση, το φουζάριο, η ανθράκωση, η σήψη των φύλλων , ο περονόσπορος, η κηλίδωση των φύλλων που προκαλείται από το είδος Cercospora, η βακτηριακή κηλίδωση, η μαλακή σήψη και το κίτρινο κατσάρωμα των φύλλων. Σε περίοδο έντονων βροχοπτώσεων, η εμφάνιση ορισμένων ασθενειών που προκαλούνται από μύκητες και βακτήρια αναμένεται να είναι μεγαλύτερη. Για την αντιμετώπιση τους απαιτείται ο έλεγχος και η εφαρμογή κατάλληλων μυκητοκτόνων με βάση τις οδηγίες δοσολογίας που αναγράφονται στην ετικέτα αυτών.

1.7.7 Απόδοση

Δεν υπάρχουν πολλά στοιχεία σχετικά με την απόδοση και παραγωγή του φυτού διότι το μαύρο σουσάμι δεν καλλιεργείται συστηματικά. Στην περιοχή της Νιγηρίας, η απόδοση σε φύλλα υπολογίζεται στα 500 με 600 κιλά ανά στρέμμα.

1.8. Άσπρη και Κόκκινη Κινόα (*Chenopodium quinoa var quinoa* και *Chenopodium quinoa var rubrum*)

1.8.1 Ταξινόμηση

Η καλλιέργεια της κινόα ξεκίνησε από την περιοχή των Άνδεων της Νότιας Αμερικής και αποτελεί μία από τις σημαντικότερες καλλιέργειες σιτηρών με υψηλή διατροφική αξία. Το συγκεκριμένο φυτικό είδος, είναι διαδεδομένο και για την υψηλή ανοχή του σε αβιοτικές συνθήκες. Η ταξινόμηση των φυτών είναι η εξής:

- Βασίλειο: Plantae
- Υπο-βασίλειο των φυτών με αγγεία: Tracheobionta
- Άθροισμα φυτών με σπέρματα: Spermatophyta
- Υποάθροισμα ανθοφόρων φυτών: Magnoliophyta
- Κλάση δικοτυλήδονων φυτών: Magnoliopsida
- Υποκλάση: Caryophyllidae
- Τάξη: Caryophyllales
- Οικογένεια: Chenopodiaceae
- Γένος: Chenopodium
- Είδος: C. quinoa
- Υποείδος: C. *quinoa var quinoa* / C. *quinoa var rubrum*

Τόσο η άσπρη όσο και η κόκκινη κινόα, ανήκουν στο ίδιο γένος και είδος, αλλά η διαφορά τους έγκειται στο ότι η πρώτη ανήκει στο υποείδος *Chenopodium quinoa var quinoa* και η δεύτερη στο υποείδος *Chenopodium quinoa var rubrum*. Η συγκεκριμένη διαφορά εξηγεί και τον διαφορετικό χρωματισμό μεταξύ του άσπρου και του κόκκινου χρώματος στους σπόρους των παραγόμενων φυτών.

1.8.2 Μορφολογία

Η άσπρη κινόα, είναι ένα ετήσιο φυτό το οποίο παρουσιάζει καλή ανάπτυξη με ύψος που φτάνει το 1,5 μέτρο ενώ ταυτόχρονα διαθέτει μεγάλο αριθμό στελεχών και μεγάλο μέγεθος φύλλου (Bhargava et al., αδημοσίευτα αποτελέσματα). Το ριζικό σύστημα (Εικόνα 31.) του φυτού αποτελείται από μία κύρια και κεντρική ρίζα, από την οποία προκύπτουν με διακλάδωση αρκετές πλευρικές ρίζες (Gandarillas 1979). Πειραματικά δεδομένα αναφέρουν ότι οι ρίζες του φυτού μπορούν να διεισδύσουν σε

βάθος 1,5 μέτρο κάτω από το έδαφος προστατεύοντας το είδος από συνθήκες ξηρασίας.



Εικόνα 31 . Ριζικό σύστημα *Chenopodium quinoa.*

Ακόμη, το φυτό αποτελείται από ένα μεγάλο, κεντρικό ,όρθιο στέλεχος, ενώ υπάρχουν αρκετά πλευρικά διακλαδιζόμενα στελέχη (Εικόνα 32.).



Εικόνα 32 . Στελέχη *Chenopodium quinoa.*

Τα φύλλα (Εικόνα 33.) του φυτού είναι κατ' εναλλαγή και ενδέχεται να παρουσιάζουν κάποιους χρωματισμούς λόγω της ύπαρξης βητακυανινών. Επίσης, μετά των φύλλων παρατηρείται πολυμορφισμός, δηλαδή αυτά που βρίσκονται στο πάνω μέρος του φυτού είναι λογχοειδή και εκείνα που βρίσκονται στο κάτω μέρος είναι ρομβοειδή (Hunziker 1943).



Εικόνα 33 . Φύλλα *Chenopodium quinoa.*

Η ταξιανθία (Εικόνα 34.) του φυτού είναι κόρυμβος, δηλαδή πρόκειται για μια βοτρυόμορφη ταξιανθία όπου τα άνθη τοποθετούνται σε ποδίσκους που διαθέτουν διαφορετικό μήκος έτσι ώστε το σύνολο των ανθέων να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο. Το μήκος της ταξιανθίας κυμαίνεται από τα 15 έως 70 εκατοστά και εκτείνεται από την κορυφή του φυτού έως τις μασχάλες των κατώτερων φύλλων. Ένα σημαντικό γνώρισμα του φυτού είναι η παρουσία ερμαφρόδιτων και θηλυκών ανθέων (Hunziker 1943,Simmonds 1965). Η πρώτη κατηγορία ανθέων βρίσκεται στο απώτερο άκρο της ταξιανθίας, φέρει πέντε περιανθικούς λοβούς, πέντε ανθήρες και μία επιφυή ωοθήκη με δύο ή τρεις στιγματικούς κλάδους (Hunzike 1943). Ακόμη το χρώμα των ανθέων ποικίλλει και μπορεί να είναι άσπρο, πορτοκαλί, κίτρινο, μωβ ή κόκκινο.



Εικόνα 34 . Ταξιανθία *Chenopodium quinoa*.

Ο καρπός του φυτού είναι αχαίνιο και αποτελείται από διάφορα στρώματα τα οποία από έξω προς τα μέσα είναι το περιγώνιο, το περικάρπιο και το επισπέρμιο (Risi και Galwey 1984). Το σχήμα του αχαινίου μπορεί να είναι κωνικό, κυλινδρικό ή ελλειψοειδές. Επιπροσθέτως, στο περικάρπιο υπάρχει σημαντική ποσότητα από σαπωνίνες. Τέλος, οι σπόροι του φυτού διαθέτουν λευκό, μαύρο ή κόκκινο χρώμα ανάλογα με το υποείδος στο οποίο ανήκουν (Εικόνα 35^{α}., Εικόνα 35β.). Συν τοις άλλοις, αναφέρεται ότι το μαύρο χρώμα είναι κυρίαρχο έναντι του κόκκινου και του κίτρινου, τα οποία αντιστοίχως κυριαρχούν του λευκού χρώματος σπόρου (Risi και Galwey 1984).



Εικόνα 35^{α} . Σπόροι άσπρης κινόα.



Εικόνα 35^{β}. Σπόροι κόκκινης κινόα.

1.8.3 Βιολογικός Κύκλος

Ο βιολογικός κύκλος του φυτού απαρτίζεται από εννέα στάδια τα οποία είναι τα εξής

- Στάδιο 0: Εκβλάστηση σπόρου.(3-5 ημέρες μετά την σπορά).

Η εκβλάστηση πραγματοποιείται όταν οι κοτυληδόνες αναδύονται από το έδαφος και συγχρόνως εμφανίζονται τα πρώτα ριζίδια. Η βλάστηση είναι συνήθως επίγειου τύπου και ακολουθείται από την εμφάνιση του υποκοτυλίου και των κοτυληδόνων που αναπτύσσονται προς την επιφάνεια.

- Στάδιο1: Ανάπτυξη και εμφάνιση φύλλων.(3-10 ημέρες μετά την σπορά).

Η ανάδυση των φύλλων παρατηρείται κατά ζεύγη και κάθε ζεύγος γίνεται ορατό όταν μπορούν να διαχωριστούν δύο φυλλάρια μεταξύ τους. Η έναρξη του σταδίου γίνεται με τον πλήρη διαχωρισμό των κοτυληδόνων και έπειτα ακολουθεί η εμφάνιση φωτοσυνθετικών φύλλων στον κύριο βλαστό.

- Στάδιο 2: Ανάπτυξη δευτερευόντων βλαστών.(10-20 ημέρες μετά την σπορά)

Τα δευτερεύοντα στελέχη μπορούν να αναπτυχθούν τόσο πριν όσο και μετά την εμφάνιση της ταξιανθίας του φυτού, ανάλογα με το γενότυπο των φυτών.

- Στάδιο 3: Επιμήκυνση στελέχους.(35-45 ημέρες μετά την σπορά).

Το στάδιο αυτό, ταυτίζεται με την ανάπτυξη των φύλλων, την ανάπτυξη δευτερογενούς βλαστού , την εμφάνιση ταξιανθίας και την άνθηση.

- Στάδιο 4: Ανάπτυξη βλαστικών μερών.(45-50 ημέρες μετά την σπορά).

Τα βλαστικά μέρη αρχίζουν να αναπτύσσονται και να αυξάνονται σε μέγεθος.

- Στάδιο 5: Εμφάνιση ταξιανθίας.(55-70 ημέρες μετά την σπορά).

Η έναρξη του σταδίου τοποθετείται πριν από το τέλος της ανάπτυξης των φύλλων στον βλαστό. Στην αρχή η ταξιανθία δεν είναι ορατή λόγω της κάλυψής της από τα νεαρά φύλλα, αλλά μετά την επιμήκυνση των φύλλων μπορεί να εντοπιστεί στο πάνω μέρος του φυτού. Ωστόσο, τα άνθη παραμένουν κλειστά.

- Στάδιο 6: Άνθηση.(90-130 ημέρες μετά την σπορά).

Η ανθοφορία ξεκινά, όταν οι ανθήρες εξέλθουν. Η άνθηση αρχίζει με τους πρώτους αφυδατωμένους και ξεραμένους ανθήρες της κύριας ταξιανθίας. Όταν όλοι οι ανθήρες έχουν ξεραθεί, η άνθηση ολοκληρώνεται.

- Στάδιο 7: Ανάπτυξη του καρπού.(100-130 ημέρες μετά την σπορά).

Όταν η ωοθήκη του άνθους γίνεται παχύτερη σημαίνει ότι αρχίζει η ανάπτυξη του καρπού και έτσι εμφανίζεται το πρώτο ορατό σύνολο από κόκκους.

- Στάδιο 8: Ωρίμανση.(130-160 ημέρες μετά την σπορά).

Πραγματοποιείται αλλαγή του χρώματος του περικαρπίου από πράσινο σε μπεζ, κόκκινο ή μαύρο. Επίσης, μεταβάλλεται η περιεκτικότητα σε νερό στο αχαίνιο καθώς και υπάρχει τροποποίηση της υφής του.

- Στάδιο 9: Γήρανση.(160-180 ημέρες μετά την σπορά).

Το στάδιο αυτό ξεκινά από τα βασικά φύλλα και συνεχίζεται προς τα πάνω καθώς το στέλεχος εξακολουθεί να είναι πράσινο. Εν συνεχεία, τα φύλλα νεκρώνονται και το στέλεχος αλλάζει χρώμα από κίτρινο σε καστανό. Τέλος, ολόκληρο το φυτό γίνεται καφέ, νεκρώνεται και μαραίνεται (Sosa-Zuniga et al,. 2017).

1.8.4 Οικολογικές απαιτήσεις

1.8.4.1 Θερμοκρασία

Το φυτό παρουσιάζει αντοχή στον παγετό και μπορεί να επιβιώσει σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από -1,1^{o}C έως 0^{o}C. Στο στάδιο όπου ο σπόρος είναι ακόμα μαλακός, το φυτό μπορεί να αντέξει θερμοκρασίες έως -6,6^{o}C. Στην περίπτωση που επικρατούν θερμοκρασίες άνω των 35^{o}C προκαλείται αδρανοποίηση του φυτού. Το φυτό απαιτεί μικρή διάρκεια φωτοπεριόδου και θερμοκρασίες από 15oC έως 20^{o}C για να αναπτυχθεί σε βέλτιστο βαθμό ενώ μπορεί να ανταπεξέλθει ικανοποιητικά σε

θερμοκρασίες από -4°C έως 38°C. Ακόμη, οι υπερβολικά ζεστές ημέρες και νύχτες μπορούν να μειώσουν σημαντικά την επιτυχία του σταδίου της σποράς.

1.8.4.2 Έδαφος

Το φυτό μπορεί να αναπτυχθεί καλά σε αμμώδη έως αργιλώδη εδάφη. Σημαντικό κρίνεται, το έδαφος που θα χρησιμοποιηθεί για την καλλιέργεια να διαθέτει καλή αποστράγγιση. Ακόμη, το φυτό μπορεί να προσαρμοστεί και να αναπτυχθεί τόσο σε όξινα pH τα οποία κυμαίνονται περίπου στο 4,5 όσο και σε αλκαλικά με μέση τιμή περίπου στο 9. Παρόλα αυτά, η βέλτιστη ανάπτυξη είναι δυνατή σε ουδέτερο εδαφικό pH. Τα φυτά της καλλιέργειας μπορούν, ακόμη, να αναπτυχθούν και σε συνθήκες αλατότητας όπου η ηλεκτρική αγωγιμότητα μπορεί να φτάσει την τιμή των 52 ds/m (Jacobsen et al. 2001). Το ιδανικό pH για το φυτό κυμαίνεται από 6 έως 7,5.

1.8.4.3 Ξηρασία και νερό

Εξαιτίας της φαινολογικής ευελιξίας και της ανθεκτικότητάς της, η κινόα μπορεί να προσαρμοστεί ικανοποιητικά σε διάφορες μεταβολές των επιπέδων υγρασίας (Mujica et al. 2001b). Ειδικότερα, το φυτό μπορεί να παράξει σπόρους ακόμη και όταν επικρατούν συνθήκες ξηρασίας (Garcia et al.2003). Επιπροσθέτως, η καλλιέργεια της άσπρης κινόα θεωρείται αποτελεσματική ως προς την χρήση νερού παρά το γεγονός ότι το φυτό ανήκει στα C_3 φυτικά είδη. Ακόμη, τα φυτά διαθέτουν αρκετούς μηχανισμούς που καθιστούν δυνατή την ανθεκτικότητα προς την ξηρασία, συμπεριλαμβανομένης της εξόδου από αυτή την κατάσταση, της ανοχής και της μη πρόκλησης αφυδάτωσης (Jensen et al.2000). Συγχρόνως, πολλοί από τους παραπάνω μηχανισμούς χρησιμεύουν στο να καταστήσουν το φυτό ανθεκτικό ώστε να αποφύγει επιπτώσεις άλλων αβιοτικών καταπονήσεων, όπως ο παγετός. Όμως, στην περίπτωση εμφάνισης ξηροθερμικών συνθηκών κατά την διάρκεια κρίσιμων φαινολογικών σταδίων, όπως η βλάστηση και η ανθοφορία, υπάρχει ο κίνδυνος μείωσης των αποδόσεων. Ένα άλλος μηχανισμός του φυτού για να ανταπεξέλθει στις συνθήκες ξηρασίας αφορά την υψηλή αναλογία μεταξύ ρίζας και βλαστού (Bosque et al. 2003,Sanchez et al.2003) τη μείωση της φυλλικής επιφάνειας με την πτώση των φύλλων, τη δυναμική λειτουργία των στομάτων και την παρουσία ειδικών κυψελωδών αδένων οξικού ασβεστίου, μέσω των οποίων διατηρείται η σταθερότητα

των κυττάρων ακόμα και κατά την διάρκεια σοβαρής απώλειας νερού (Jensen et al.,2000).

1.8.4.4 Χαλάζι

Το χαλάζι και ενίοτε το χιόνι, το οποίο παρατηρείται κυρίως στην περιοχή των Άνδεων, προκαλούν αρκετά σημαντικές απώλειες στην απόδοση των φυτών της άσπρης κινόα, ιδιαίτερα αν πάνω στα φυτά υπάρχουν ανθοφόροι οφθαλμοί (Jacobsen et al.2003). Ο βαθμός ευαισθησίας στο χαλάζι, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποικιλία που χρησιμοποιείται.

1.8.5 Καλλιεργητικές πρακτικές

1.8.5.1 Προετοιμασία εδάφους, σπορά και εγκατάσταση καλλιέργειας

Η καλλιέργεια του φυτού, απαιτεί λεπτομερή προετοιμασία στο σπορείο για την εξασφάλιση ομοιόμορφου βάθους σποράς και την περαιτέρω αναμενόμενη εμφάνιση των σποροφύτων. Επίσης, κρίνεται σημαντικό το όργωμα του καλλιεργητικού αγρού δύο ή τρεις φορές, με σκοπό την διευκόλυνση της εμφάνισης των σποροφύτων και την ζωηρότητα αυτών. Πριν από το στάδιο της σποράς, το έδαφος πρέπει να διαθέτει ικανοποιητική υγρασία καθώς η βλάστηση των σπόρων δεν είναι δυνατή υπό συνθήκες ξηρασίας ενώ ταυτόχρονα πρέπει να διαθέτει υψηλή ικανότητα αποστράγγισης ώστε να μην δημιουργείται συσσώρευση νερού. Οι σπόροι της κινόα, μπορούν είτε να διασκορπιστούν απευθείας στο έδαφος, είτε να φυτευτούν σε γραμμές και να καλυφθούν ελαφρά με ποσότητα χώματος είτε να μεταφυτευτούν τα σπορόφυτα που θα προκύψουν. Η καταλληλότερη πυκνότητα των φυτών κυμαίνεται από τα 150 έως τα 500 φυτά ανά τετραγωνικό μέτρο. Ακόμα οι συνιστώμενες αποστάσεις μεταξύ των γραμμών προσδιορίζονται στα 45 με 50 εκατοστά και το βάθος σποράς στα 1 έως 3 εκατοστά. Κατά μέσο όρο, η ποσότητα σπόρου που χρησιμοποιείται κατά την σπορά υπολογίζεται στα 1,5 κιλά ανά στρέμμα έως 2 κιλά ανά στρέμμα. Συν τοις άλλοις, οι σπόροι βλαστάνουν μέσα σε 24 ώρες μετά την σπορά και τα σπορόφυτα αναδύονται 3 έως 5 ημέρες από την σπορά, εφόσον υπάρχουν επαρκή επίπεδα υγρασίας στο έδαφος.

1.8.5.2 Λίπανση

Η κινόα θεωρείται ένα από τα φυτικά είδη που απαιτεί χαμηλά επίπεδα εισροών και η συνολική παραγωγή της εξαρτάται λιγότερο από τις πρακτικές λίπανσης σε σχέση με άλλες καλλιέργειες. Όμως, κρίνεται σκόπιμη η εφαρμογή θρεπτικών συστατικών μέσω λίπανσης μετά την σπορά και κατά την διάρκεια ανάπτυξης των φυτών ώστε να επιτευχθούν υψηλότερες αποδόσεις. Η εφαρμογή καλά χωνεμένης κοπριάς κατά την προετοιμασία του εδάφους είναι αποτελεσματική διότι αυξάνει την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Επίσης, το φυτό ανταποκρίνεται καλά στην αζωτούχο λίπανση και απαιτούνται χημικά λιπάσματα N-P-K σε αναλογία 8 κιλά ανά στρέμμα με 12 κιλά ανά στρέμμα-4 κιλά ανά στρέμμα με 5 κιλά ανά στρέμμα-4 κιλά ανά στρέμμα με 5 κιλά ανά στρέμμα. Κατά την προετοιμασία του σπορείου, συνιστάται η πλήρης εφαρμογή της ποσότητας του φωσφόρου και του καλίου και κατά την διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας συνιστάται η χορήγηση του αζώτου σε δύο ή τρεις ξεχωριστές δόσεις ανάλογα με την διαθεσιμότητα υγρασίας στο έδαφος.

1.8.5.3 Άρδευση

Η καλλιέργεια της κινόα, ανήκει στις καλλιέργειες που είναι ανθεκτικές ως προς την ξηρασία υπό την προϋπόθεση ότι οι βροχοπτώσεις είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες κατά την διάρκεια της περιόδου. Εάν η παραπάνω κατάσταση δεν ισχύει, τότε συνιστώνται μόνο τρεις αρδεύσεις στα στάδια των 5 έως 12 φύλλων, κατά την ανθοφορία και του γεμίσματος του εσωτερικού των σπόρων. Η υπερβολική άρδευση κατά το στάδιο ύπαρξης των σποροφύτων είναι επιζήμια διότι προκαλεί ξήρανση και καχεκτική ανάπτυξη των φυτών.

1.8.5.4 Διαχείριση ζιζανίων

Τα φυτά αναπτύσσονται με αργό ρυθμό κατά τις πρώτες δύο εβδομάδες μετά την σπορά, οπότε η ταχεία ανάπτυξη των ζιζανίων την συγκεκριμένη περίοδο αποτελεί σημαντικά μεγάλη απειλή. Μέχρι στιγμής, δεν υπάρχουν εγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα που να μπορούν να εφαρμοστούν στην άσπρη κινόα. Στην περίπτωση που η σπορά πραγματοποιείται σε σειρές, απαιτούνται δύο ή τρεις συγκαλλιέργειες και ξεβοτάνισμα ενώ αν η σπορά πραγματοποιείται με την μέθοδο της διασποράς συνιστώνται δύο ξεβοτανίσματα αρχικά όταν νεαρά φυτάρια έχουν ύψος 20 με 25

εκατοστά και άλλα σε διάστημα 15 ημερών για την καλύτερη αντιμετώπιση των ζιζανίων.

1.8.5.5 Συγκομιδή

- Χειρωνακτική συγκομιδή: Η διαδικασία συγκομιδής των σπόρων του φυτού πραγματοποιείται με δρεπάνι κατά τις πρώτες πρωινές ώρες ώστε η υγρασία να εμποδίσει την αποβολή του σπόρου. Τα φυτά κόβονται 15 ή 20 ή 30 εκατοστά πάνω από την επιφάνεια του εδάφους (Singh 2019, Gomez Pando et al. 2016). Είναι σημαντικό να μην πραγματοποιείται εκρίζωση των φυτών διότι ενδέχεται να μεταφερθεί άμμος στους σπόρους (Gomez Pando et al. 2016). Στην συνέχεια, πραγματοποιείται αλώνισμα στο χώρο του αγροκτήματος. Εν συνεχεία, απαιτείται καθαρισμός των σπόρων με κοσκίνισμα. Στην Ινδία, θεωρείται ότι το φυτό είναι έτοιμο για συγκομιδή όταν με το τίναγμα της ταξιανθία αποβάλλονται ξηροί σπόροι (Singh 2019).

- Μηχανική συγκομιδή: Η συλλογή των σπόρων γίνεται με σβάρνα ή θεριζοαλωνιστική μηχανή (Jacobsen et al.1994). Αν η συγκομιδή γίνει με το δεύτερο τρόπο, τα φυτά πρέπει να είναι μονοστέλεχα και να διαθέτουν ύψος από 1 έως 1,2 μέτρα (Gomez Pando et al. 2016). Στην Δανία, ο χρόνος συγκομιδής τοποθετείται την χρονική στιγμή που το στέλεχος του φυτού γίνεται καφέ όταν η συλλογή γίνεται με σβάρνισμα ή όταν το στέλεχος έχει μαυρίσει, όταν η συλλογή γίνεται με θεριζοαλωνιστική μηχανή (Jacobsen et al. 1994).

1.8.6 Εχθροί και ασθένειες

Η προσβολή από τους εχθρούς και τις ασθένειες εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και το είδος της κινόα. Οι συνηθέστερες ασθένειες καθώς και οι μύκητες και βακτήρια που τις προκαλούν είναι οι εξής:

- Εξασθένιση και πλάγιασμα σποροφυτώα: Sclerotium rolfsii.
- Περονόσπορος: Peronospora farinosa.
- Σήψη στελέχους: Phoma exigua var foveata
- Χλωρωτική κηλίδωση των φύλλων: Ascochyta hyalospora

- Βοτρύτης της αμπέλου: Botrytis cinerea
- Βακτηριακή σήψη: Pseudomonas sp.

Μέχρις στιγμής δεν υπάρχουν εγκεκριμένα μυκητοκτόνα που μπορούν να εφαρμοστούν στην καλλιέργεια του φυτού, για αυτό και κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή σωστών καλλιεργητικών πρακτικών για την αποτροπή εκδήλωσης των παραπάνω ασθενειών.

Πολλά είναι τα έντομα και παράσιτα που προσβάλλουν το φυτό. Κατά την διάρκεια πειραματικών δοκιμών στην Μινεσότα, καταγράφηκαν προσβολές από αφίδες και σκαθάρια ψύλλων (Robinson,1986). Ακόμη, το 2005 οι Saravia και Quispe ανέφεραν ότι το έντομο που προκαλεί τις μεγαλύτερες ζημίες στην κινόα με οικονομικό αντίκτυπο είναι ο σκόρος καθώς και ορισμένα Λεπιδόπτερα όπως το Copitarsia turbata, το γένος Feltia sp. και το γένος Spodoptera sp. Οι παραπάνω εχθροί είναι εξαιρετικά επιζήμιοι και μπορούν να μειώσουν τις αποδόσεις κατά 5% έως 67% (FAO 2011). Μέτρα προστασίας που μπορούν να εφαρμοστούν για τους παραπάνω εχθρούς, σύμφωνα με τους Saravia και Quispe (2005) είναι η χρήση ανθεκτικών γονοτύπων, χρήση φυκιών εχθρών και η καταπολέμηση με βιοεντομοκτόνα. Πρόσφατα στοιχεία, αναφέρουν ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν προς αυτό το σκοπό φερομόνες και βιοπροιόντα.

1.8.7 Παραγωγή και αποδόσεις

Οι σημαντικότερες περιοχές του κόσμου που παράγουν υψηλές ποσότητες άσπρης κινόα είναι το Περού, η Βολιβία και το Εκουαδόρ. Μέχρι το 2008, η συνολική παραγωγή κινόα στο Περού και στη Βολιβία αναλογούσε στο 92% της παγκόσμιας παραγωγής ενώ η αντίστοιχη παραγωγή του Εκουαδόρ αντιστοιχούσε στο 4% της παγκόσμιας παραγωγής. Τα τελευταία 20 χρόνια, η παραγωγή άσπρης κινόα έχει αυξηθεί, κυρίως στην περιοχή της Βολιβίας. Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότερες περιοχές του κόσμου με την μεγαλύτερη συμβολή στην παραγωγή του φυτού:

- Περού: Αποτελεί την χώρα με την μεγαλύτερη παραγωγή κινόα στον κόσμο. Η συνολική απόδοση το 2014 υπολογίστηκε στους 114300 τόνους το οποίο αντιστοιχούσε στο 59,4% της παγκόσμιας παραγωγής (FAO 2014).
- Βολιβία: Αποτελεί την δεύτερη κατά σειρά χώρα με την μεγαλύτερη παραγωγή άσπρης κινόα. Το 2014, η συνολική παραγωγή άγγιξε τους 77400

τόνους και το ποσοστό συμμετοχής στην παγκόσμια παραγωγή υπολογίστηκε στο 40,2%. Στην Βολιβία παράγονται φυτά με αρκετά ιδανικό μέγεθος σπόρου, κάτι το οποίο ικανοποιεί την αγορά όμως οι αποδόσεις κατά μέσο όρο δεν υπερβαίνουν τα 60 κιλά ανά στρέμμα.

- Εκουαδόρ: Είναι η τρίτη χώρα με την μεγαλύτερη απόδοση και το 2014 η συνολική παραγωγή υπολογίστηκε στους 800 τόνους.
- Χιλή: Στην συγκεκριμένη περιοχή, η καλλιέργεια της κινόα αντιστοιχεί σε περιορισμένα στρέμματα τα οποία υπολογίζονται περίπου στα 15000 από τα οποία το 90% βρίσκεται στην περιοχή Colchane στην Tarapaca.
- Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής: Σημαντική συμβολή στην παραγωγή άσπρης κινόα έχουν και οι Η.Π.Α., διότι το συγκεκριμένο φυτό καλλιεργείται συστηματικά από το 1983 με αρχική καταγεγραμμένη περιοχή καλλιέργειας την κοιλάδα San Luis του Κολοράντο.
- Καναδάς: Η κινόα καλλιεργείται συστηματικά στην περιοχή Saskatchewan, όπου βρίσκονται πάνω από 40 καλλιεργητές. Η δεύτερη κατά σειρά μεγαλύτερη περιοχή παραγωγής κινόα είναι Μανιτόμπα και το Οντάριο. Τα τελευταία χρόνια η παραγωγή έχει επεκταθεί στην περιοχή Αλμπέρτα, όπου υπάρχουν 4 μεγάλοι καλλιεργητές. Οι συνολικές αποδόσεις κυμαίνονται από τους 30 έως 1000 τόνους. Ο Καναδάς και οι Η.Π.Α. παράγουν το 10% της παγκόσμιας παραγωγής κινόα.
- Ευρώπη: Η καλλιέργεια του φυτού στο χώρο της Ευρώπης, ξεκίνησε το 2007 στην Γαλλία. Σήμερα η κινόα έχει επεκταθεί και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες όπως η Αγγλία, Ολλανδία, Σουηδία, Δανία, Ιταλία, Βέλγιο, Γερμανία και Ισπανία.

Επιπροσθέτως, στοιχεία αναφέρουν ότι η μέση απόδοση σε σπόρο κυμαίνεται από 40 κιλά ανά στρέμμα έως 90 κιλά ανά στρέμμα αλλά μπορούν να επιτευχθούν αποδόσεις από 200 κιλά ανά στρέμμα έως 300 κιλά ανά στρέμμα (Ecocrop,2019, Jacobsen et al.,1994). Επίσης στις Άνδεις έχουν καταγραφεί αποδόσεις της τάξης των 350 κιλών ανά στρέμμα. Η καταγεγραμμένη απόδοση σε Ινδία, Δανία και Γαλλία άγγιξε τα 170 κιλά ανά στρέμμα έως 200 κιλά ανά στρέμμα, τα 226 κιλά ανά στρέμμα έως 350 κιλά στρέμμα και 300 κιλά ανά στρέμμα αντίστοιχα (Singh 2019),(Jacobsen et al.1994),(L'Avenir Agricole 2015).

1.9 Σκοπός

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή είχε ως απώτερο σκοπό τη διερεύνηση και μελέτη της προσαρμοστικότητας και της επίδρασης της αζωτούχου λιπάνσεως ως προς την ανάπτυξη και απόδοση του φαγόπυρου, της chia, του αμάρανθου, του κεχριού, του μαύρου κύμινου, του άσπρου και μαύρου σουσαμιού και της άσπρης και κόκκινης κινόα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Υλικά και Μέθοδοι

Προκειμένου να διερευνηθεί το θέμα μελέτης, πραγματοποιήθηκε πείραμα αγρού στο χώρο του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου κατά την διάρκεια της περιόδου καλλιέργειας του 2021. Τα φυτικά είδη που χρησιμοποιήθηκαν για καλλιέργεια, κατά σειρά σποράς ήταν τα εξής: φαγόπυρο (*Fagopyrum esculentum Moench*), chia (*Salvia hispanica L.*), άσπρη κινόα (*Chenopodium quinoa var quinoa*), κόκκινη κινόα (*Chenopodium quinoa var rubrum*), αμάρανθος (*Amaranthus hypochondiacus*), κεχρί (*Panicum miliaceum*), άσπρο σουσάμι (*Sesamum indicum*), μαύρο σουσάμι (*Sesamum radiatum*) και μαύρο κύμινο (*Nigella sativa*). Η καλλιέργεια των παραπάνω φυτών θεωρείται πρωτοποριακή και είναι άξια μελέτης εξαιτίας της ιδιαίτερα υψηλής θρεπτικής και διατροφικής σημασίας των ειδών που συνεπάγεται την αυξανόμενη ζήτηση αυτών στο χώρο της αγοράς. Επιπλέον, έχουν εξαγγελθεί νέες οικονομικές ενισχύσεις για την εισαγωγή και την καλλιέργεια καινοτόμων καλλιεργειών οι οποίες ανάλογα με τα είδη που χρησιμοποιούνται ποικίλουν από τα 10,9€ ανά στρέμμα έως τα 82,4€ ανά στρέμμα. Έτσι, προς αυτόν τον σκοπό, προσδιορίστηκε η επίδραση της αζωτούχου λιπάνσεως με την εφαρμογή ουροθειϊκής αμμωνίας ως προς την προσαρμοστικότητα, ανάπτυξη και απόδοση των συγκεκριμένων καλλιεργειών στην περιοχή της Θεσσαλίας.



Εικόνα 36 . Πειραματικός Αγρός πριν την σπορά τον Απρίλιο του 2021.

2.1 Προετοιμασία Αγρού και Σπορά

Για την πραγματοποίηση του πειράματος και την εγκατάσταση των καλλιεργειών στον χώρο του πειραματικού αγρού, έλαβαν χώρα όλες οι απαραίτητες εργασίες. Αρχικά για την προετοιμασία του σταδίου σποράς, πραγματοποιήθηκε όργωμα και χρησιμοποιήθηκε περιστροφικός καλλιεργητής.

Η σπορά πραγματοποιήθηκε σε δύο διαφορετικές ημερομηνίες αναλόγως του φυτικού είδους προς εγκατάσταση. Ειδικότερα, στις 16 Απριλίου του 2021 διεξήχθη η σπορά του φαγόπυρου, της chia, της άσπρης και κόκκινης κινόα και στις 18 Μαΐου του 2021 ακολούθησε η σπορά του αμάρανθου, του κεχριού, του άσπρου και μαύρου σουσαμιού και του μαύρου κύμινου. Κατά την διάρκεια και των δύο παραπάνω φάσεων η σπορά πραγματοποιήθηκε με χειρωνακτικό τρόπο και χρησιμοποιήθηκαν σπόροι των συγκεκριμένων φυτών. Οι ποσότητες των σπόρων που χρησιμοποιήθηκαν για το εκάστοτε φυτικό είδος, προσδιορίστηκαν με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα και ήταν οι εξής:

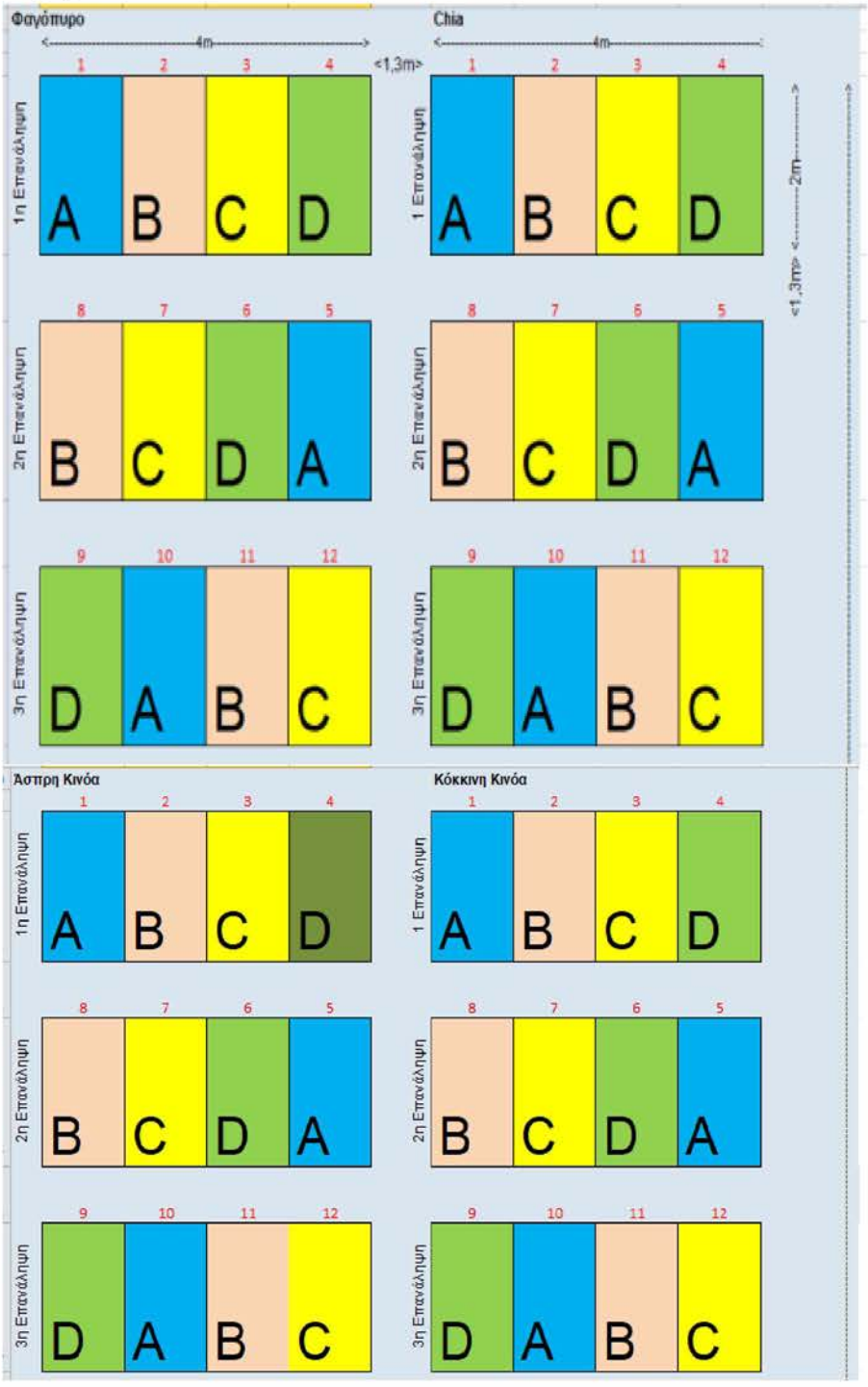
Πίνακας 5 . Ποσότητες σπόρου σε κιλά ανά στρέμμα για κάθε καλλιέργεια της πειραματικής διαδικασίας.

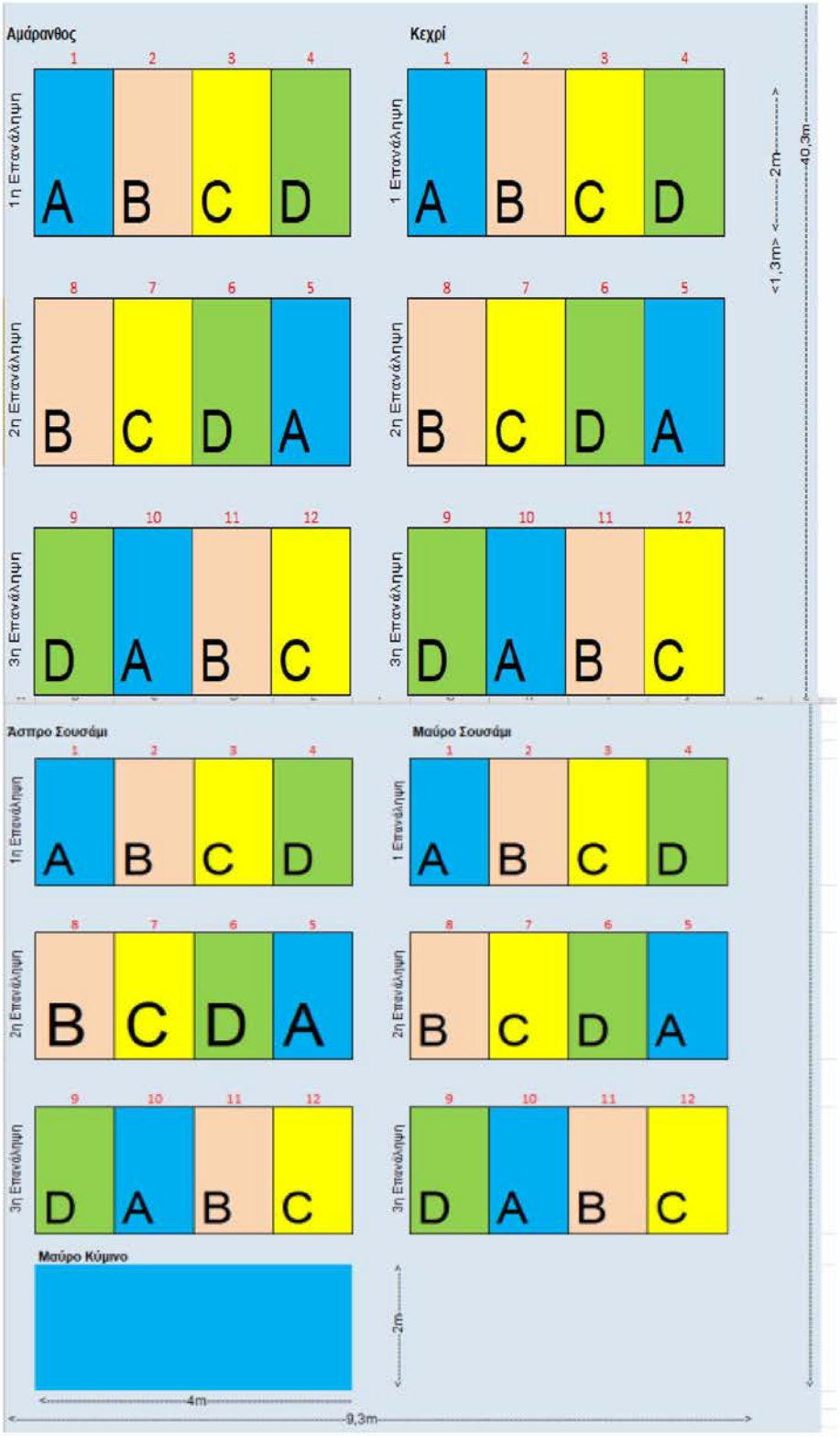
Όνομα Φυτού	**Ποσότητα Σπόρου**
Φαγόπυρο	3,5 κιλά ανά στρέμμα
Chia	0,6 κιλά ανά στρέμμα
Άσπρη / Κόκκινη Κινόα	2 κιλά ανά στρέμμα
Αμάρανθος	0,22 κιλά ανά στρέμμα
Κεχρί	0,8 κιλά ανά στρέμμα
Μαύρο Κύμινο	1,5 κιλό ανά στρέμμα
Άσπρο/ Μαύρο Σουσάμι	1 κιλό ανά στρέμμα

Οι αποστάσεις σποράς για την πρώτη ομάδα φυτών κυμάνθηκαν στα 12,5 εκατοστά μεταξύ των γραμμών σποράς ενώ για την δεύτερη προσδιορίστηκαν στα 25 εκατοστά.

2.2 Πειραματικό Σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε κατά την διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας είναι τυχαιοποιημένες ομάδες τεμαχίων (RCB). Για κάθε ένα από τα διαφορετικά φυτικά είδη που χρησιμοποιήθηκαν, αντιστοιχούσαν 4 μεταχειρίσεις σε 3 επαναλήψεις. Επομένως, το κάθε είδος διέθετε 12 τεμάχια σε σύνολο με εξαίρεση το μαύρο κύμινο το οποίο καλλιεργήθηκε ξεχωριστά από τα υπόλοιπα φυτά σε διπλανό αγροτεμάχιο.





Σχήμα 1 . Πειραματικό Σχέδιο.

2.3 Καλλιεργητικές φροντίδες

Σε προφυτρωτικό και μεταφυτρωτικό επίπεδο δεν εφαρμόστηκαν ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα και εντομοκτόνα σκευάσματα διότι δεν υπάρχουν δεδομένα και δεν έχουν μελετηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό έως τώρα οι αντιδράσεις των φυτών απέναντι σε διαφόρων ειδών δραστικές ουσίες.

Στις 18 Μαΐου του 2021 και στις 9 Ιουλίου του 2021 πραγματοποιήθηκε χειρωνακτική ζιζανιοκτονία εντός των τεμαχίων καλλιέργειας και χρήση περιστροφικού καλλιεργητή στα όρια αυτών.

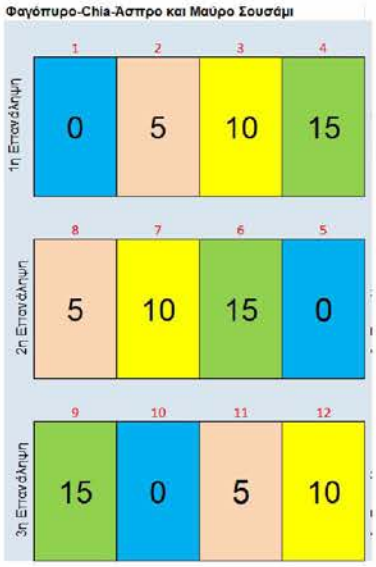


Εικόνα 37 . Χειρωνακτική ζιζανιοκτονία και χρήση περιστροφικού καλλιεργητή στις 18 Μαΐου 2021.



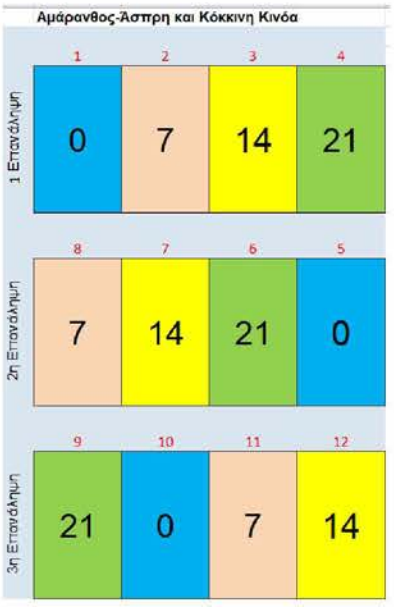
Εικόνα 38 . Χειρωνακτική ζιζανιοκτονία και χρήση περιστροφικού καλλιεργητή στις 9 Ιουλίου 2021.

Στις 4 Ιουνίου του 2021 πραγματοποιήθηκε αζωτούχος λίπανση με ουροθειϊκή αμμωνία για το φαγόπυρο, την chia και τα είδη σουσαμιού όπου εφαρμόστηκαν σε κάθε τεμάχιο 0,5,10 και 15 μονάδες αζώτου με τον εξής τρόπο ανά μεταχείριση:



Σχήμα 2 . Σχέδιο λιπάνσεως με μονάδες αζώτου Φαγόπυρου,Chia,Άσπρου και Μαύρου Σουσαμιού στις 4 Ιουνίου του 2021.

Στις 23 Ιουλίου του 2021, ακολούθησε η αζωτούχος λίπανση του αμάρανθου και των δύο ειδών κινόα με το ίδιο σκεύασμα που εφαρμόστηκε στην προηγούμενη ομάδα φυτών αλλά με την διαφορά ότι στην συγκεκριμένη περίπτωση εφαρμόστηκαν 0, 7, 14 και 21 μονάδες αζώτου με τον παρακάτω τρόπο ανά μεταχείριση:



Σχήμα 3 . Σχέδιο λιπάνσεως με μονάδες αζώτου Αμάρανθου, Άσπρης και Κόκκινης Κινόα στις 23 Ιουλίου του 2021.

Στην διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας η άρδευση πραγματοποιήθηκε με τεχνητή βροχή με την βοήθεια ειδικών εκτοξευτήρων νερού (μπεκ) οι οποίοι ήταν συνδεδεμένοι σε σωλήνες παροχής νερού.

Η ανάλυση της σύστασης και των ποιοτικών χαρακτηριστικών του εδάφους, πραγματοποιήθηκε κατόπιν λήψης εδαφικών δειγμάτων από διαφορετικά σημεία του πειραματικού αγρού. Το βάθος του εδάφους από όπου προέκυψαν τα παραπάνω δείγματα κυμάνθηκε από τα 0 έως 30 εκατοστά.

Όσον αφορά τα κλιματικά και μετεωρολογικά στοιχεία, αυτά ελήφθησαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του Τμήματος Γεωπονίας Φ.Π.&Α.Π., που βρίσκεται εγκατεστημένος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Πρέπει να σημειωθεί ότι η αναφορά των μέσων κλιματικών τιμών θερμοκρασίας και βροχόπτωσης αντιστοιχούν στην ευρύτερη περιοχή της Ν. Αγχιάλου λόγω αδυναμίας ύπαρξης συγκεκριμένων στοιχείων για το Βελεστίνο.

2.4 Συγκομιδή και Μετρήσεις

Στις 21 Οκτωβρίου του 2021 πραγματοποιήθηκε η συγκομιδή του άσπρου και μαύρου σουσαμιού. Αρχικά, για κάθε ένα από τα δύο φυτά ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία συλλογής. Ειδικότερα, διεξήχθη κοπή μισού τετραγωνικού μέτρου από κάθε τεμάχιο των καλλιεργειών από τις δύο εσωτερικές γραμμές σποράς (γραμμές 2 και 3). Αμέσως μετά την κοπή τους, τα φυτά τοποθετήθηκαν σε σακούλες με σκοπό την μεταφορά τους στο εργαστήριο. Στην συνέχεια, για κάθε μία μεταχείριση μετρήθηκε με την βοήθεια μετροταινίας, το ύψος των φυτών και υπολογίστηκε ο μέσος όρος όλων των υψών για την εκάστοτε μεταχείριση. Ακόμη, πραγματοποιήθηκε η μέτρηση του χλωρού βάρους των φυτών του κάθε τεμαχίου με ηλεκτρονικό ζυγό της εταιρίας KERN.



Εικόνα 39 . Ηλεκτρονικός ζυγός εργαστηρίου του αγροκτήματος του Τμήματος Φ.Π.&Α.Π. στο Βελεστίνο.

Έπειτα, διενεργήθηκε ο διαχωρισμός σε στελέχη και καρποφορίες των φυτών του κάθε τεμαχίου για τα δύο είδη σουσαμιού. Τα φυτικά μέρη, μετά τον διαχωρισμό τοποθετήθηκαν σε χάρτινες σακούλες και τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο με σκοπό την αποξήρανση τους στους 70^{o}C.



Εικόνα 40 . Τοποθέτηση στελεχών, καρποφοριών και σπόρων άσπρου σουσαμιού σε χάρτινες σακούλες.



Εικόνα 41 . Θάλαμος ξήρανσης.

Στις 5 Νοεμβρίου του 2021, αφού αποξηράνθηκαν τα στελέχη και οι καρποταξίες, πραγματοποιήθηκε διαλογή του σπόρου από τον καρπό του σουσαμιού και με τον ηλεκτρονικό ζυγό μετρήθηκαν τα ξηρά βάρη των στελεχών, των καρπών και των σπόρων για κάθε μεταχείριση για τα δύο είδη σουσαμιού.

Στις 20 Νοεμβρίου του 2021, έλαβε χώρα η διαδικασία συλλογής του αμάρανθου και της chia. Πιο συγκεκριμένα, έγινε κοπή μισού τετραγωνικού μέτρου από τις εσωτερικές γραμμές του κάθε τεμαχίου και για τα δύο είδη. Τα φυτά μεταφέρθηκαν κατά τον ίδιο τρόπο με τον οποίο είχαν μεταφερθεί τα είδη σουσαμιού στο εργαστήριο με στόχο την πραγματοποίηση μετρήσεων. Η διαδικασία μέτρησης ύψους και χλωρού βάρους ήταν όμοια με εκείνη του άσπρου και μαύρου σουσαμιού.

Αμέσως μετά, διαχωρίστηκαν τα στελέχη και οι καρποταξίες κάθε τεμαχίου του αμάρανθου και της chia και μεταφέρθηκαν σε χαρτοσακούλες στο ξηραντήριο.

Στις 29 Νοεμβρίου του 2021, μετά την αποξήρανση υπολογίστηκαν τα ξηρά βάρη των στελεχών και των καρποταξιών της κάθε μεταχείρισης για τον αμάρανθο και τη chia.

2.5 Στατιστική Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Με σκοπό την επεξεργασία και ανάλυση της διακύμανσης των αποτελεσμάτων (μέθοδος ANOVA) που προέκυψαν από τις αντίστοιχες μετρήσεις, αξιοποιήθηκε η έβδομη έκδοση του στατιστικού πακέτου GenStat. Για την εκτίμηση των διαφορών μεταξύ των μέσων όρων, χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD), ως κριτήριο δοκιμής, με επίπεδο εμπιστοσύνης, το οποίο κυμάνθηκε στο 95% (LSD.05).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Περιγραφή εδαφικής σύστασης

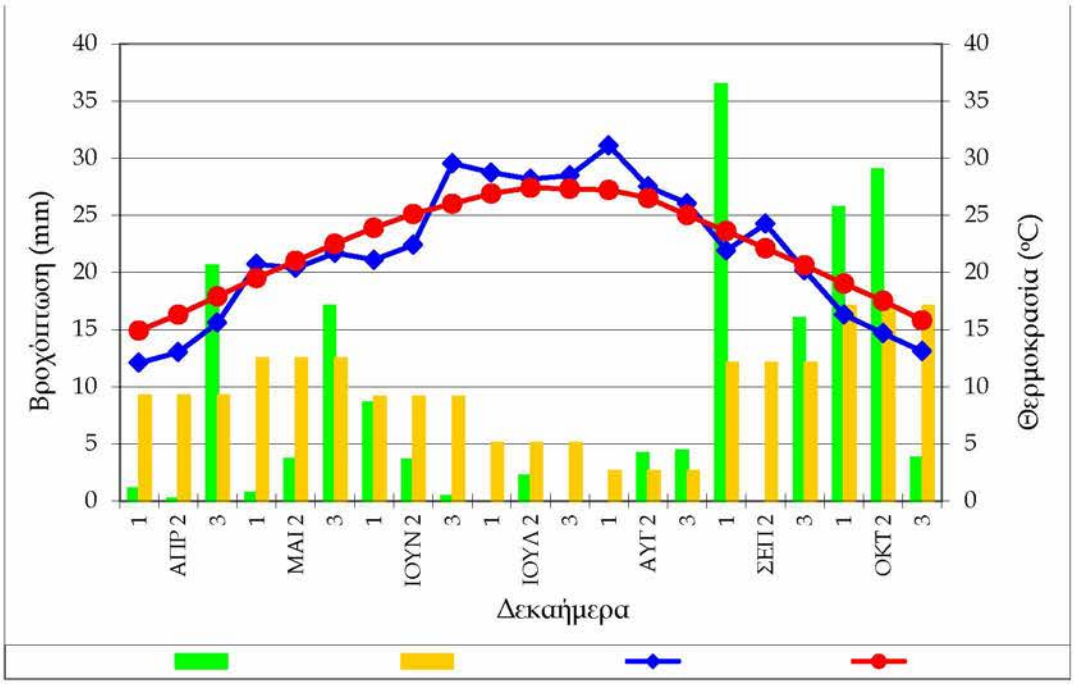
Το έδαφος του πειραματικού αγρού περιγράφεται ως αργιλώδες ενώ διαθέτει αλκαλική αντίδραση η οποία αφορά τον επιφανειακό εδαφικό ορίζοντα αλλά και τον υπό-επιφανειακό. Ακόμη, η γονιμότητα του εδάφους κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα και η τιμή της οργανικής ουσίας προσδιορίζεται στο 1,8% σε βάθος έως τα 30 εκατοστά. Ειδικότερα, τα χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους του αγρού καλλιέργειας περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6):

Πίνακας 6 . Παρουσίαση εδαφικών χαρακτηριστικών βάθους 0-30 cm.

Χαρακτηριστικά εδάφους βάθους 0-30 cm									
Χαρακτηριστικά εδάφους	**Ο.Υ.**	**pH**	**EC**	**Cu^{2+}**	**Fe^{2+}**	**Mn^{2+}**	**Zn^{2+}**	**K^{+}**	**Mg^{2+}**
Μονάδα μέτρησης	**%**		**μS cm^{-1}**	**mg kg^{-1}**	**mg kg^{-1}**	**mg kg^{-1}**	**mg kg^{-1}**	**cmol kg^{-1}**	**cmol kg^{-1}**
Τιμή	1,8	7,7	615	2,6	14	14	0,55	0,37	6,0

3.2 Κλιματικά Δεδομένα

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 1) περιγράφονται οι συνθήκες που αφορούν την θερμοκρασία και την βροχόπτωση κατά το χρονικό διάστημα από την έναρξη έως την ολοκλήρωση των βιολογικών κύκλων των φυτών που καλλιεργήθηκαν στον πειραματικό αγρό.



Διάγραμμα 1 . Παρουσίαση μέσης θερμοκρασίας αέρα και βροχόπτωσης ανά δεκαήμερο, από τον Απρίλιο του 2021 έως τον Οκτώβριο του 2021 στην περιοχή του Βελεστίνου.

Κατά την ολοκλήρωση της σποράς του φαγόπυρου, της chia, της άσπρης και κόκκινης κινόα, κατά τα τέλη του μήνα Απριλίου, παρουσιάστηκαν ιδιαίτερα υψηλές τιμές θερμοκρασίας από τις αναμενόμενες για τα δεδομένα της συγκεκριμένης εποχής με αποτέλεσμα την επιτυχημένη εγκατάσταση και ανάπτυξη κατά το στάδιο του φυτρώματος των φυτικών ειδών. Εν συνεχεία, κατά τη διάρκεια του τρίτου δεκαημέρου του Μαΐου υπήρξαν αρκετές βροχοπτώσεις μέσω των οποίων προκλήθηκε μείωση των θερμοκρασιακών επιπέδων για περίπου ένα μήνα. Κατά την διάρκεια των δύο επόμενων μηνών και μέχρι τα τέλη του Αυγούστου, καταγράφηκαν τιμές θερμοκρασίας οι οποίες υπήρξαν αρκετά υψηλότερες σε σχέση με εκείνες που είχαν καταγραφεί την ίδια περίοδο σε παλαιότερα έτη για την περιοχή. Ταυτόχρονα, κρίνεται αναγκαίο να αναφερθεί ότι δεν υπήρξαν βροχοπτώσεις. Επιπροσθέτως, καθ' όλη την διάρκεια του Σεπτεμβρίου, σημειώθηκαν αυξημένες βροχοπτώσεις, εξαιτίας των οποίων προκλήθηκε μείωση της επικρατούσας θερμοκρασίας με συνέπεια την ζημία ορισμένων φυτικών ειδών και την δυσκολία κατά το στάδιο της συλλογής αυτών.

3.3 Καινοτόμες Καλλιέργειες

3.3.1 Φαγόπυρο (*Fagopyrum esculentum Moench*)

Αρχικά, τέσσερις ημέρες μετά την ημερομηνία σποράς δηλαδή στις 20 Απριλίου του 2021, παρατηρήθηκε το φύτρωμα των νεαρών φυτών φαγόπυρου σε ικανοποιητικό βαθμό. Για το φύτρωμα των σπόρων συνέβαλαν οι σχετικά υψηλές θερμοκρασίες που επικράτησαν κατά το 3^{ο} δεκαήμερο του Απριλίου καθώς και οι ποσότητες αρδευτικού νερού που εφαρμόστηκαν.

Στις 18 Μαΐου του 2021, περίπου ένα μήνα μετά το στάδιο της σποράς, πραγματοποιήθηκε η έναρξη της ανθοφορίας με την εμφάνιση των πρώτων ανθέων. Κατά το συγκεκριμένο στάδιο, επικράτησαν ιδανικές τιμές θερμοκρασίας ενώ οι αυξημένες βροχοπτώσεις κατά το τελευταίο δεκαήμερο του Μαΐου, συνέβαλαν σημαντικά στην επιτυχία του σχηματισμού των ανθέων διότι η καλλιέργεια του φαγόπυρου διαθέτει υψηλές απαιτήσεις σε ποσότητα νερού (Tahir και Farooq 1988, Lakhanov 1991,Gang και Yu 1998). Ωστόσο μεταξύ των μεταχειρίσεων, παρουσιάστηκε απουσία φυτρώματος και συνεπώς σχηματισμού ανθέων ορισμένων φυτών στις εκάστοτε γραμμές ορισμένων τεμαχίων.



Εικόνα 42 . Φυτά φαγόπυρου στις 18 Μαΐου του 2021.



Εικόνα 43 . Άνθη φαγόπυρου στις 18 Μαΐου του 2021.

Ως προς την επίδραση της αζωτούχου λιπάνσεως, δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση της ανάπτυξης των φυτών των μεταχειρίσεων στις οποίες προστέθηκαν ποσότητες αζώτου διότι, σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές το φαγόπυρο απαιτεί χαμηλές εισροές σε ποσότητες αζώτου λόγω του γρήγορου ρυθμού ανάπτυξής του (Valenzuela και Smith 2002). Κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, μέχρι το 3^{ο} δεκαήμερο του Αυγούστου, επικράτησαν αυξημένα επίπεδα θερμοκρασιών για την εποχή. Εξαιτίας αυτού και σε συνδυασμό με την απουσία βροχοπτώσεων, προκλήθηκε ζημία στο φυτό με αποτέλεσμα την ξήρανση, τον μαρασμό και την αποβολή των αναπαραγωγικών οργάνων καθιστώντας αδύνατη την συγκομιδή του φυτικού είδους.

3.3.2 Chia (*Salvia hispanica L.*)

Η chia παρουσίασε υψηλά επίπεδα φυτρώματος και ειδικότερα, στις 18 Μαΐου του 2021, παρατηρήθηκε υψηλή πυκνότητα φυτών και για τις τρεις επαναλήψεις.



Εικόνα 43 . Φυτά *Salvia hispanica L* πειραματικού τεμαχίου στις 18 Μαΐου του 2021.



Εικόνα 44 . Φυτά *Salvia hispanica L* σε γραμμή σποράς στις 18 Μαΐου του 2021.

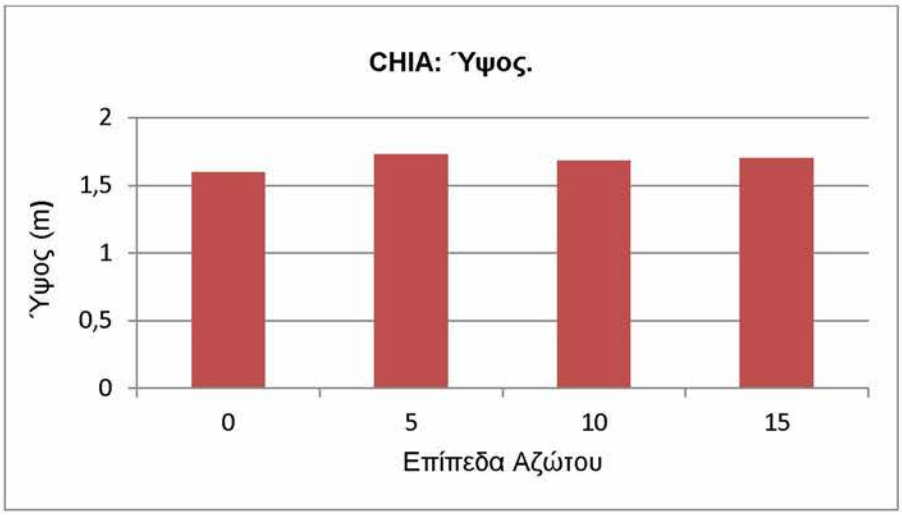
Οι υψηλές θερινές θερμοκρασιακές τιμές και οι άνυδρες συνθήκες κατά τους μήνες Ιούνιο με Αύγουστο δεν επηρέασαν αρνητικά το φυτό, διότι η chia μπορεί να προσαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών και είναι ανεκτική σε ξηροθερμικές συνθήκες (Peiretti και Gai, 2009) . Στις 18 Οκτωβρίου του 2021, παρατηρήθηκε αυξημένη ανάπτυξη των στελεχών του είδους και παρουσία των ανθέων.



Εικόνα 45 . Αυξημένη ανάπτυξη φυτών *Salvia hispanica L.* στις 18 Οκτωβρίου του 2021.

3.3.2.1 Ύψος Chia

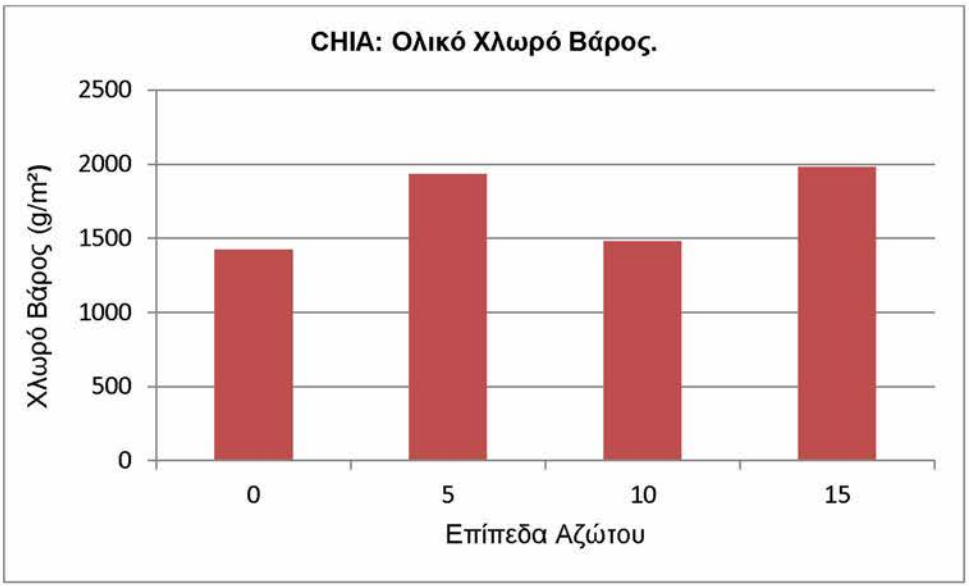
Ως προς τις μέσες τιμές των υψών για τις τέσσερις μεταχειρίσεις δεν υπάρχουν διαφοροποιήσεις. Η υψηλότερη τιμή των μέσων υψών κυμάνθηκε στα 1,727 m και αφορούσε τα φυτά της μεταχείρισης Β όπου εφαρμόστηκαν 5 μονάδες αζώτου ενώ στις μεταχειρίσεις Α, C και D δεν παρατηρήθηκαν διακυμάνσεις στις τιμές των μέσων υψών (Διάγραμμα 2). Ωστόσο, η καλλιέργεια του φυτού χαρακτηρίζεται από υψηλές απαιτήσεις αζώτου οι οποίες σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα κυμαίνονται από 21 έως 45 μονάδες αζώτου (Coates και Ayerza 1996) ενώ μέσω πρόσφατων αναλύσεων οι αναγκαίες ποσότητες αζώτου προσδιορίζονται στις 51 μονάδες (Kartzow 2013).



Διάγραμμα 2 . Μέσο Ύψος φυτών chia ανά μεταχείριση.

3.3.2.2 Ολικό Χλωρό Βάρος Chia

Τα φυτά που ανήκουν στις μεταχειρίσεις B και D, παρουσιάζουν αυξημένες μέσες τιμές των χλωρών βαρών τους σε σχέση με εκείνα των μεταχειρίσεων A και C. Ειδικότερα, η μεγαλύτερη μέση τιμή χλωρού βάρους κυμαίνεται στα 1980 g/m^2 και ανήκει στην μεταχείριση D ενώ η χαμηλότερη μέση τιμή χλωρού βάρους ανήκει στα φυτά της μεταχείρισης A και κυμαίνεται στα 1425 g/m^2 (Διάγραμμα 3).



Διάγραμμα 3 . Μέσο Ολκό Χλωρό Βάρος φυτών chia ανά μεταχείριση.

3.3.2.3 Χλωρό Βάρος Στελεχών Chia

Η βλαστική ανάπτυξη των φυτών της μεταχείρισης D και B ήταν αυξημένη σε σχέση με την εκείνη των φυτών της chia στις μεταχειρίσεις A και C. Η υψηλότερη μέση τιμή του χλωρού βάρους των στελεχών των φυτικών ειδών κυμάνθηκε στα 1827 g/m^2 και αφορούσε την μεταχείριση D ενώ η χαμηλότερη τοποθετήθηκε στα 1272 g/m^2 που αντιστοιχούσε στα φυτά της μεταχείρισης A (Διάγραμμα 4).



Διάγραμμα 4 . Μέσο Χλωρό Βάρος Στελεχών φυτών chia ανά μεταχείριση.

3.3.2.4 Χλωρό Βάρος Καρποταξιών Chia

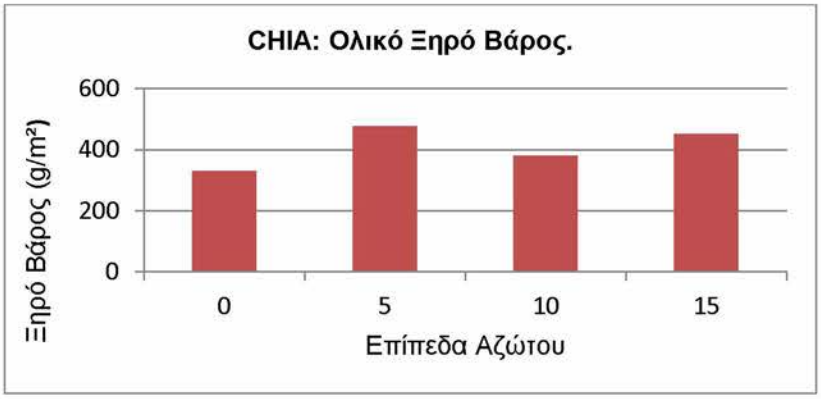
Ως προς το χλωρό βάρος των καρποταξιών της chia, παρουσιάζεται αύξηση της μέσης τιμής στα 192 g/m^2 για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό στην μεταχείριση C όπου εφαρμόστηκαν 10 μονάδες αζώτου (Διάγραμμα 5). Ακόμη, οι αντίστοιχες μέσες τιμές των υπολοίπων μεταχειρίσεων βρίσκονται σε χαμηλότερο επίπεδο και δεν παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές μεταξύ αυτών.



Διάγραμμα 5 . Μέσο Χλωρό Βάρος Καρποταξιών φυτών chia ανά μεταχείριση.

3.3.2.5 Ολικό Ξηρό Βάρος Chia

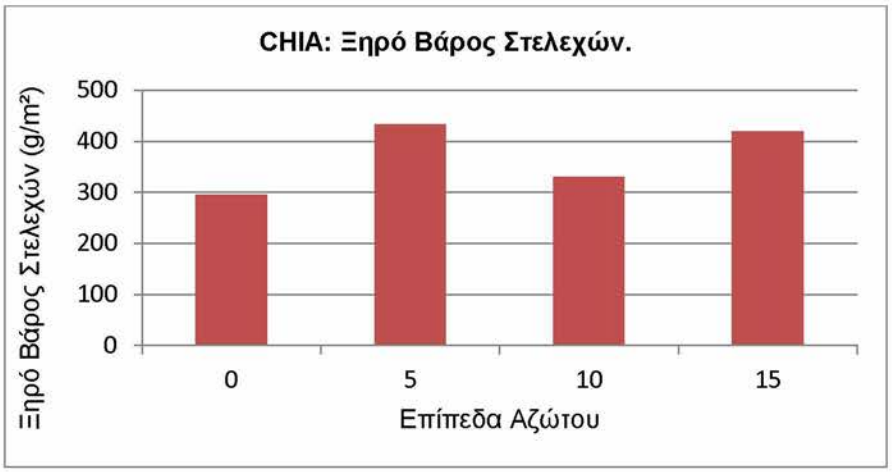
Στις μεταχειρίσεις Β και D όπου εφαρμόστηκαν 5 και 15 μονάδες αζώτου αντίστοιχα, οι μέσοι όροι των ολικών ξηρών βαρών υπερέχουν αριθμητικά σε σχέση με τις αντίστοιχες μέσες τιμές των υπολοίπων δύο μεταχειρίσεων (Διάγραμμα 6).



Διάγραμμα 6 . Μέσο Ολικό Ξηρό Βάρος φυτών chia ανά μεταχείριση.

3.3.2.6 Ξηρό Βάρος Στελεχών Chia

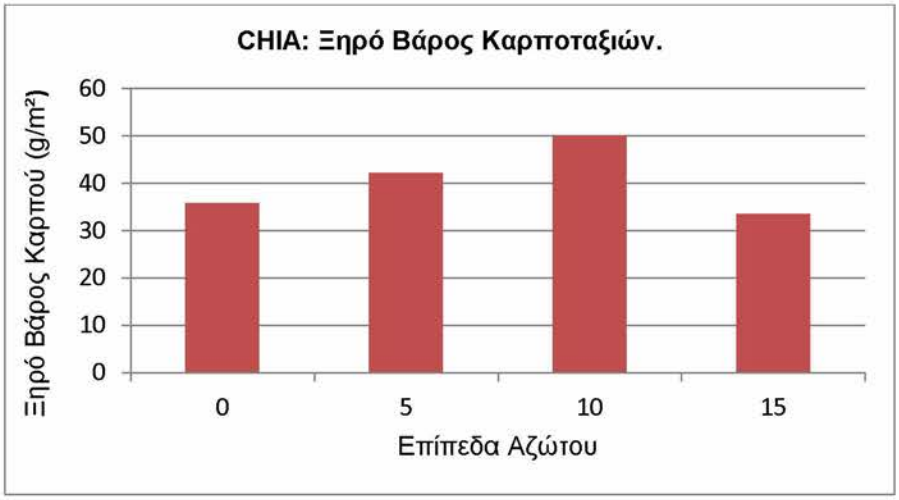
Η επίδραση της αζωτούχου λιπάνσεως ως προς το ξηρό βάρος των στελεχών της τσία, είναι υψηλότερη στα φυτικά είδη των μεταχειρίσεων Β και D ενώ η χαμηλότερη μέση τιμή ξηρού βάρους των στελεχών των φυτών καταγράφεται στην μεταχείριση Α (Διάγραμμα 7).



Διάγραμμα 7 . Ξηρό Βάρος Στελεχών φυτών chia ανά μεταχείριση.

3.3.2.7 Ξηρό Βάρος Καρποταξιών Chia

Στην μεταχείριση C, όπου εφαρμόστηκαν 10 μονάδες αζώτου, καταγράφηκε η μεγαλύτερη μέση τιμή ξηρού βάρους καρπού που είναι ίση με 50 g/m^2 (Διάγραμμα 8). Στη συνέχεια, έπεται η μέση τιμή ξηρού βάρους καρπού στα 42,2 g/m^2 που αφορά τα φυτά της μεταχείρισης B ενώ για τις μεταχειρίσεις A και D, οι μέσοι όροι των ξηρών βαρών των καρποταξιών διατηρήθηκαν σε παρόμοια επίπεδα. Η επίδραση της ποσότητας αζώτου επηρεάζει τον σχηματισμό των καρποταξιών και την απόδοση σε σπόρο σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα (Coates 2011).



Διάγραμμα 8 . Μέσο Ξηρό Βάρος Καρποταξιών φυτών chia ανά μεταχείριση.

3.3.3 Άσπρη και Κόκκινη Κινόα (*Chenopodium quinoa var quinoa* και *Chenopodium quinoa var rubrum*)

Περίπου ένα μήνα μετά από το στάδιο της σποράς, η οποία διεξήχθη στις 18 Μαΐου του 2021 παρατηρήθηκε η επιμήκυνση του στελέχους, η ανάπτυξη των φύλλων καθώς και η εμφάνιση των ανθέων. Όμως, επισημάνθηκε ότι στις δύο πρώτες μεταχειρίσεις της πρώτης επανάληψης που αφορούσαν την άσπρη κινόα, το ποσοστό φυτρώματος κυμάνθηκε σε ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά.



Εικόνα 46 . Απώλειες φυτών άσπρης κινόα λόγω αδυναμίας φυτρώματος στις 18 Μαΐου 2021.



Εικόνα 47 . Πειραματικά τεμάχια άσπρης και κόκκινης κινόα στις 18 Μαΐου 2021.



Εικόνα 48 . Νεαρό φυτό άσπρης κινόα στις 18 Μαΐου 2021.

Στις 9 Ιουλίου του 2021, δηλαδή 2 μήνες και 7 ημέρες μετά την σπορά, έγινε η εμφάνιση της ταξιανθίας της άσπρης και κόκκινης κινόα, αφού στο προηγούμενο στάδιο καλυπτόταν από τα φύλλα του φυτού. Σχετικά με τα επίπεδα αζωτούχου λιπάνσεως, η καλλιέργεια της κινόα απαιτεί χαμηλά επίπεδα εισροών αζώτου, τα οποία βάσει βιβλιογραφικών δεδομένων κυμαίνονται από 8 κιλά ανά στρέμμα έως 12 κιλά ανά στρέμμα (Yadav , Gore ,Gupta,Saurabh και Siddique 2022). Ως εκ τούτου οι ποσότητες αζώτου που εφαρμόστηκαν οδήγησαν σε αύξηση της ανάπτυξης των φυτών ενώ περισσότερο συμφέρουσες με ικανή επίδραση στο ρυθμό ανάπτυξης των φυτών προσδιορίστηκαν οι ποσότητες των 7 και 14 μονάδων.

Ωστόσο η επιλογή σποράς σε γραμμές των 12,5 εκατοστών αντί των 45 έως 50 εκατοστών που προτείνονται για τα συγκεκριμένα φυτικά είδη βάσει των βιβλιογραφικών αναφορών (Yadav R.,Gore P.G.,Gupta V.,Saurabh και Siddique K.H.M. 2022) πιθανόν να συνέβαλε αρνητικά στην αύξηση και ανάπτυξή τους. Παρατηρήθηκε μαρασμός των φυτών, λόγω απουσίας απαραίτητης έκτασης ανάπτυξης ριζικού συστήματος και αδυναμίας εκμετάλλευσης των απαραίτητων θρεπτικών ουσιών για την περεταίρω αύξηση.



Εικόνα 49 . Ταξιανθία κόκκινης κινόα στις 9 Ιουλίου του 2021.



Εικόνα 50 . Ταξιανθία άσπρης κινόα στις 9 Ιουλίου του 2021.



Εικόνα 51 . Υπερβολική ανάπτυξη ζιζανίων στις μεταχειρίσεις της άσπρης και κόκκινης κινόα στις 9 Ιουλίου του 2021.

3.3.4. Αμάρανθος (*Amaranthus hypochondiacus*)

Στις 21 ημέρες μετά την σπορά (8 Ιουνίου του 2021), ξεκίνησε το στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης του φυτού ενώ 40 ημέρες αργότερα (27 Ιουνίου του 2021) παρατηρήθηκε ο σχηματισμός της κορυφαίας ταξιανθίας του φυτού. Κατά την διάρκεια του Ιουλίου και του Αυγούστου διεξήχθη εκτεταμένη ανθοφορία και σχηματίστηκαν οι καρποί , εφόσον τα επίπεδα θερμοκρασιών ήταν υψηλά. Κατά την διάρκεια του Σεπτεμβρίου, μέχρι και τον Νοέμβριο όπου πραγματοποιήθηκε η συγκομιδή δεν παρουσιάστηκαν ιδιαίτερα προβλήματα στην πορεία ανάπτυξης και η διαδικασία συλλογής πραγματοποιήθηκε με επιτυχία.



Εικόνα 52 . Φυτά αμάρανθου στις 9 Ιουλίου του 2021.



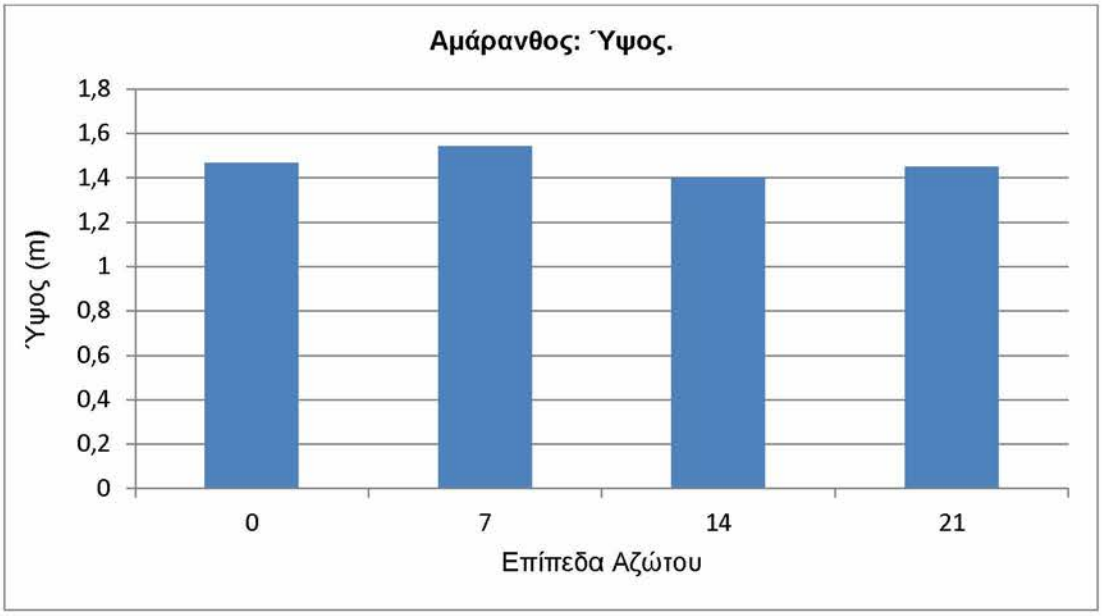
Εικόνα 53 . Πειραματικά τεμάχια αμάρανθου στις 9 Ιουλίου του 2021.



Εικόνα 54 . Φυτά αμάρανθου στις 18 Οκτωβρίου του 2021.

3.3.4.1 Ύψος Αμάρανθου

Ως προς το ύψος των φυτών του αμάρανθου, δεν διακρίνονται διαφοροποιήσεις ως προς την επίδραση της αζωτούχου λιπάνσεως. Στην μεταχείριση Β όπου εφαρμόστηκαν 7 μονάδες αζώτου, παρουσιάζεται η μεγαλύτερη τιμή του μέσου ύψους των φυτών η οποία κυμάνθηκε στα 1,543 m ενώ στις υπόλοιπες τρεις μεταχειρίσεις οι τιμές του ύψους διατηρήθηκαν σε ελαφρώς χαμηλότερο αλλά παρόμοιο επίπεδο (Διάγραμμα 9). Το άζωτο επηρεάζει σημαντικά την πορεία αύξησης των φυτών και διασφαλίζει το επίπεδο πλήρους ανάπτυξης αυτών καθώς και την απόκτηση του επιθυμητού ύψους των φυτών. (Balaran 2010).

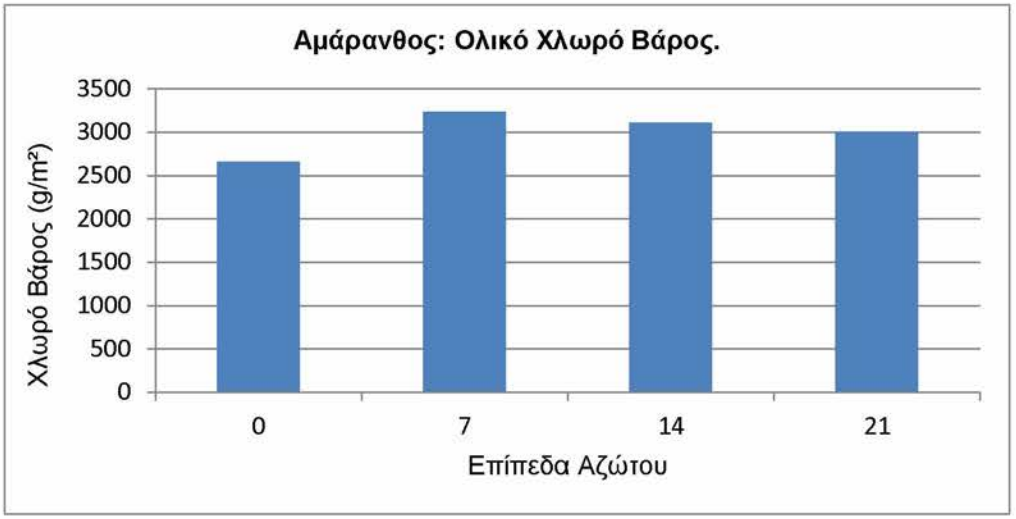


Διάγραμμα 9 . Μέσο Ύψος φυτών αμάρανθου ανά μεταχείριση.

3.3.4.2 Ολικό Χλωρό Βάρος Αμάρανθου

Οι μονάδες αζώτου που εφαρμόστηκαν στις μεταχειρίσεις Β, C και D αύξησαν την ανάπτυξη περισσότερων φυτών σε σχέση με την μεταχείριση Α όπου δεν εφαρμόστηκε ποσότητα αζώτου. Ειδικότερα, η μεταχείριση Β εμφάνισε αριθμητική υπεροχή ως προς το μέσο χλωρό βάρος των φυτών, το οποίο προσδιορίστηκε στα 3236 g/m^2, ενώ το μέσο χλωρό βάρος των φυτών της μεταχείρισης Α κυμάνθηκε στα 2664 g/m^2 (Διάγραμμα 10). Ακόμη, ανάμεσα στις μεταχειρίσεις C και D , η τιμή του

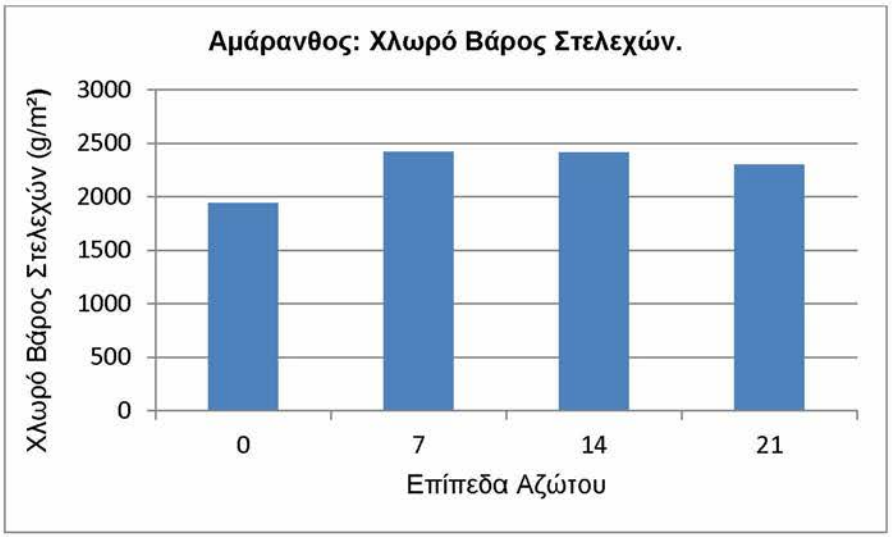
μέσου χλωρού βάρους ήταν υψηλότερη από την αντίστοιχη τιμή της μεταχείρισης Α αλλά ταυτόχρονα χαμηλότερη από την τιμή της μεταχείρισης Β.



Διάγραμμα 10 . Μέσο Ολικό Χλωρό Βάρος φυτών αμάρανθου ανά μεταχείριση.

3.3.4.3 Χλωρό Βάρος Στελεχών Αμάρανθου

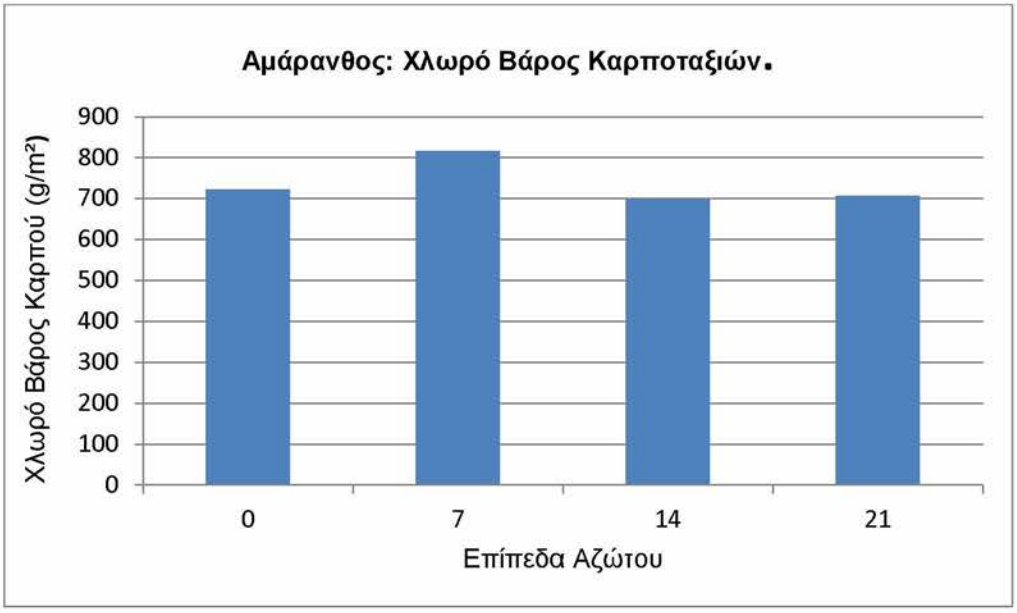
Η βλαστική ανάπτυξη των φυτών στις μεταχειρίσεις Β και C ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με εκείνων στην μεταχείριση Α, όπου δεν εφαρμόστηκε καμία ποσότητα αζώτου. Ακόμη, στην μεταχείριση D το μέσο χλωρό βάρος των στελεχών των φυτών κυμάνθηκε στα 2302 g/m^2, τιμή η οποία τοποθετείται στο ίδιο επίπεδο με τις αντίστοιχες μέσες τιμές των φυτών στις μεταχειρίσεις Β και C (Διάγραμμα 11). Η καλλιέργεια του φυτού απαιτεί χαμηλές εισροές ποσοτήτων αζώτου, οι οποίες βάσει βιβλιογραφικών αναφορών κυμαίνονται από τα 5 έως 20 κιλά αζώτου ανά στρέμμα (Balarane 2010).



Διάγραμμα 11 . Μέσο Χλωρό Βάρος Στελεχών φυτών αμάρανθου ανά μεταχείριση.

3.3.4.4 Χλωρό Βάρος Καρποταξιών Αμάρανθου

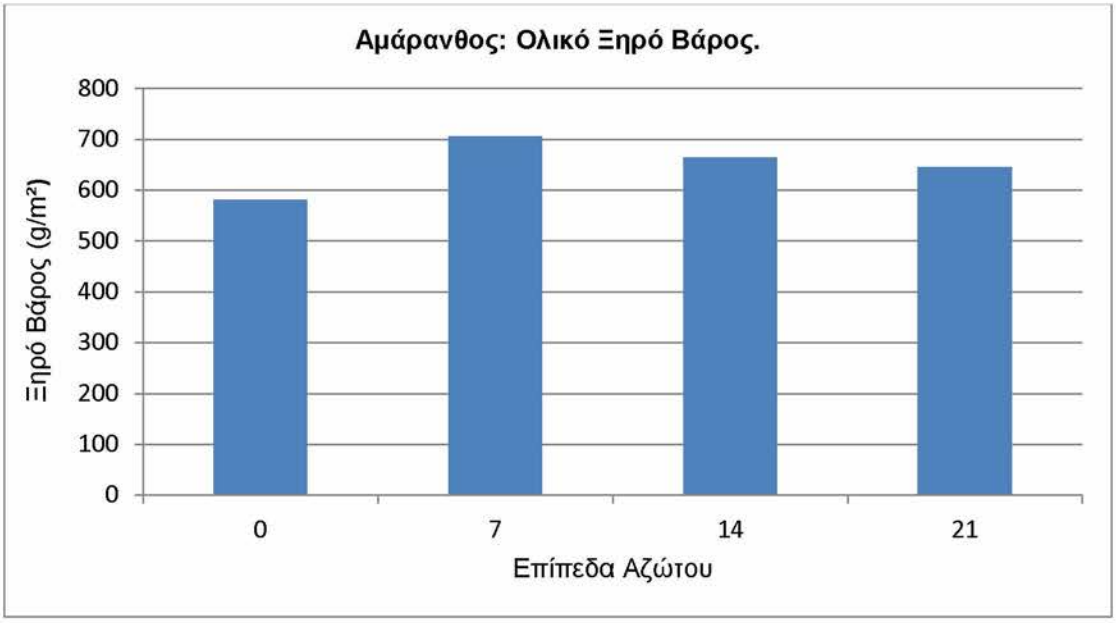
Στην μεταχείριση Β, σχηματίστηκαν σε μεγαλύτερο επίπεδο οι καρποφορίες και αναπτύχθηκαν με επιτυχία οι καρποί, σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις μεταχειρίσεις, στις οποίες οι μέσες τιμές των χλωρών βαρών κυμάνθηκαν σε σχετικά παρόμοια επίπεδα (Διάγραμμα 12).



Διάγραμμα 12 . Μέσο Χλωρό Βάρος Καρποταξιών φυτών αμάρανθου ανά μεταχείριση.

3.3.4.5 Ολικό Ξηρό Βάρος Αμάρανθου

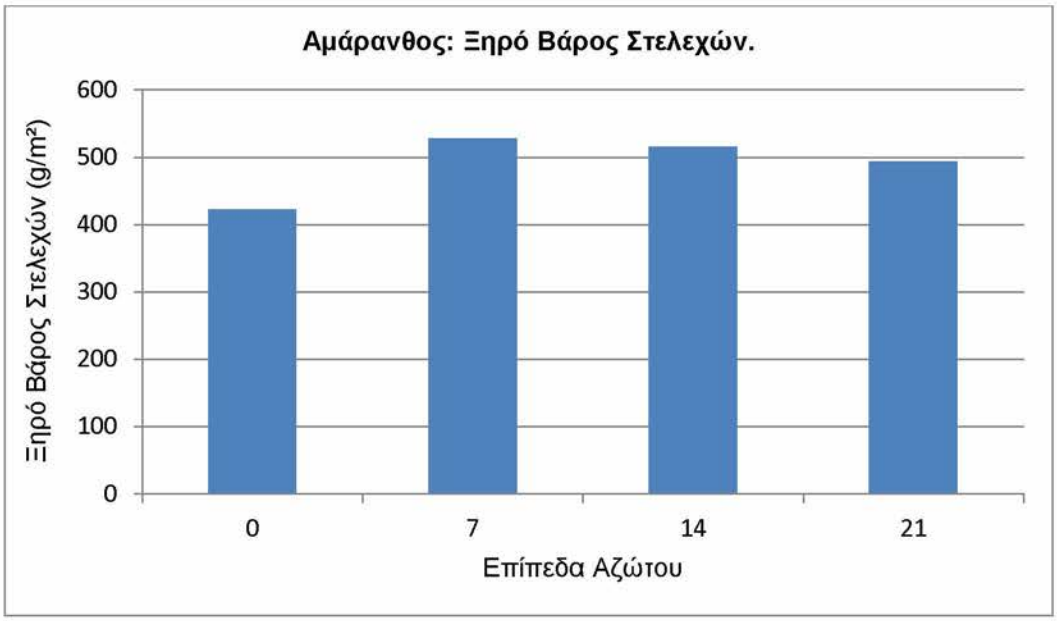
Μετά από την διαδικασία ξήρανσης, τα φυτά της μεταχείρισης Β παρουσιάζουν την μεγαλύτερη τιμή μέσου ξηρού βάρους η οποία είναι 706 g/m^2 καθώς οι τιμές του μέσου ξηρού βάρους για τις μεταχειρίσεις C και D κυμαίνονται σε ανάλογα επίπεδα με 665 g/m^2 και 645 g/m^2 αντίστοιχα. Ωστόσο, στη μεταχείριση Α, το μέσο ξηρό βάρος των φυτών παρουσιάζει ελαφριά μείωση σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις αφού προσδιορίστηκε στα 581 g/m^2 (Διάγραμμα 13).



Διάγραμμα 13 . Ολικό Ξηρό Βάρος φυτών αμάρανθου ανά μεταχείριση.

3.3.4.6 Ξηρό Βάρος Στελεχών Αμάρανθου.

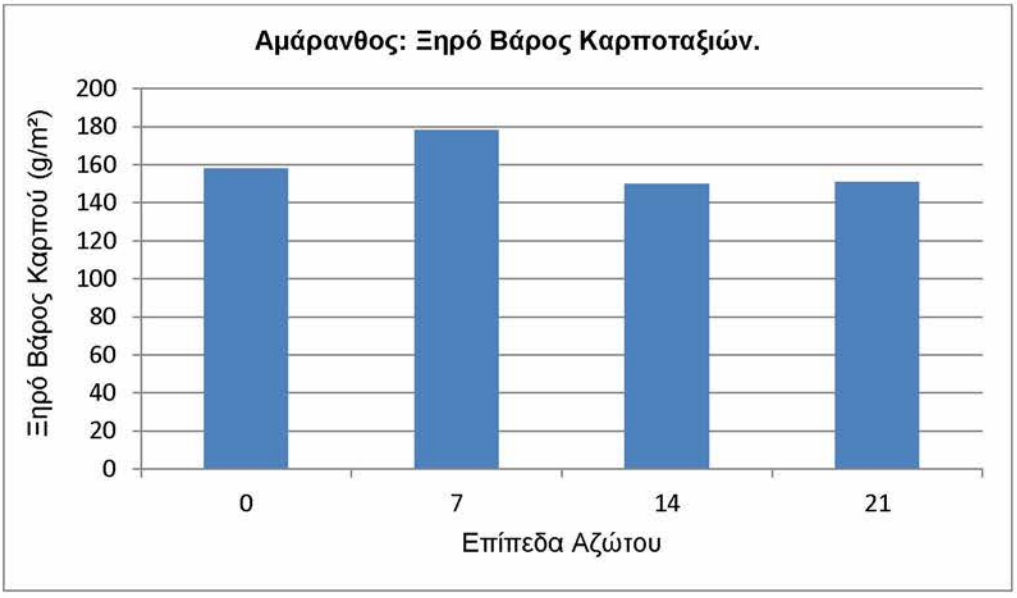
Τα φυτά της μεταχείρισης Α παρουσιάζουν την χαμηλότερη τιμή μέσου ξηρού βάρους στελεχών στα 423 g/m^2, ενώ το μέσο ξηρό βάρος στελεχών των φυτών στην μεταχείριση Β κυμάνθηκε 528 g/m^2. Επίσης, στις μεταχειρίσεις C και D, οι τιμές των μέσων ξηρών βαρών των στελεχών δεν παρουσίασαν σημαντικές παρεκκλίσεις μεταξύ τους (Διάγραμμα 14) .



Διάγραμμα 14 . Μέσο Ξηρό Βάρος Στελεχών φυτών αμάρανθου ανά μεταχείριση.

3.3.4.7 Ξηρό Βάρος Καρποταξιών Αμάρανθου

Όσον αφορά το ξηρό βάρος καρποταξιών, αριθμητικά υπερέχει η μέση τιμή που αντιστοιχεί στην μεταχείριση Β και υπολογίστηκε στα 178 g/m^2. Στις υπόλοιπες τρεις μεταχειρίσεις δεν παρουσιάζονται διαφοροποιήσεις που αφορούν τις μέσες τιμές των ξηρών βαρών των καρποφοριών (Διάγραμμα 15).



Διάγραμμα 15 . Μέσο Ξηρό Βάρος Καρποταξιών φυτών αμάρανθου ανά μεταχείριση.

3.3.5 Κεχρί (*Panicum milliaceum*)

Το ποσοστό φυτρώματος για τα φυτά του κεχριού παρατηρήθηκε αρκετά χαμηλό. Η παραπάνω κατάσταση ενδέχεται να οφείλεται στην τιμή του εδαφικού pH, η οποία κυμάνθηκε στο 7,7 ενώ βιβλιογραφικά αναφέρεται ότι οι σπόροι του φυτού φυτρώνουν ικανοποιητικά σε τιμές pH από 5,5 έως 6,5 (Baltensperger et al. 1995a, Lyon et al.2008b). Επίσης, το περιορισμένο φύτρωμα των σπόρων, πιθανώς μπορεί να οφείλεται στην αδυναμία φυτρώματος των χρησιμοποιούμενων σπόρων.

3.3.6 Άσπρο Σουσάμι και Μαύρο Σουσάμι (*Sesamum indicum* και *Sesamum radiatum*)

Η επιλογή της ημερομηνίας σποράς κατά τα τέλη του Μαΐου του 2021 (18 Μαΐου 2021), ήταν ιδανική διότι οι αυξημένες βροχοπτώσεις στο 3^{ο} δεκαήμερο του μήνα συνέβαλαν σημαντικά στο αυξημένο επίπεδο φυτρώματος. Στις 9 Ιουλίου, δηλαδή 52 ημέρες μετά την σπορά, παρατηρήθηκε ικανοποιητική αύξηση και βλαστική ανάπτυξη και για τα δύο είδη σουσαμιού ενώ ταυτόχρονα είχε πραγματοποιηθεί και η έναρξη της ανθοφορίας.

Στις 18 Οκτωβρίου του 2021, δηλαδή στις 153 μετά από την σπορά, κρίθηκε ιδανική περίοδος για την συγκομιδή διότι στο μεγαλύτερο μέρος των μεταχειρίσεων είχαν ωριμάσει οι καρποί και είχαν σχηματιστεί οι σπόροι. Ωστόσο, σε ορισμένα φυτά παρατηρήθηκε ξήρανση και άνοιγμα της κάψας με αποτέλεσμα την απώλεια του σπόρου λόγω ανέμου και εξαιτίας εργασιών κατά την συλλογή.



Εικόνα 55 . Φυτά άσπρου και μαύρου σουσαμιού στις 9 Ιουλίου του 2021.



Εικόνα 56 . Φυτά άσπρου και μαύρου σουσαμιού στις 18 Οκτωβρίου του 2021.



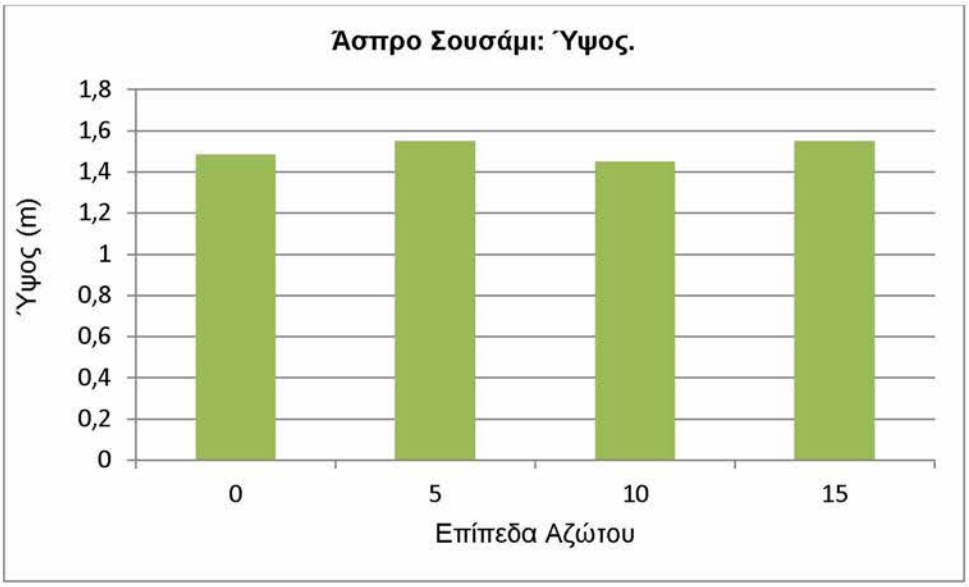
Εικόνα 57 . Στελέχη με καρποφόρα όργανα άσπρου σουσαμιού στις 18 Οκτωβρίου του 2021.



Εικόνα 58 . Άνοιγμα κάψας μαύρου σουσαμιού στις 18 Οκτωβρίου 2021.

3.3.6.1 Ύψος Άσπρου Σουσαμιού

Η υψηλότερη μέση τιμή ως προς το ύψος των φυτών του άσπρου σουσαμιού καταγράφεται στις μεταχειρίσεις B και D και είναι ίση με 1,55 m. Επιπροσθέτως, στην μεταχείριση A όπου δεν εφαρμόστηκε καμία ποσότητα λιπάσματος και στην μεταχείριση C όπου προστέθηκαν 10 μονάδες αζώτου, οι μέσοι όροι των υψών κυμάνθηκαν σε παρόμοια επίπεδα (Διάγραμμα 16). Πρέπει να αναφερθεί ότι η καλλιέργεια του σουσαμιού δεν απαιτεί υψηλές ποσότητες αζώτου, βάσει βιβλιογραφικών αναφορών ενώ η προτεινόμενη ποσότητα προσδιορίζεται στα 3,62 κιλά ανά στρέμμα εάν το ποσοστό της οργανικής ουσίας είναι χαμηλότερο από 2%, κάτι το οποίο ισχύει για το έδαφος του πειραματικού αγρού (Oplinger Putnam Kaminski Hanson Oelke Shulte και Doll 1990).

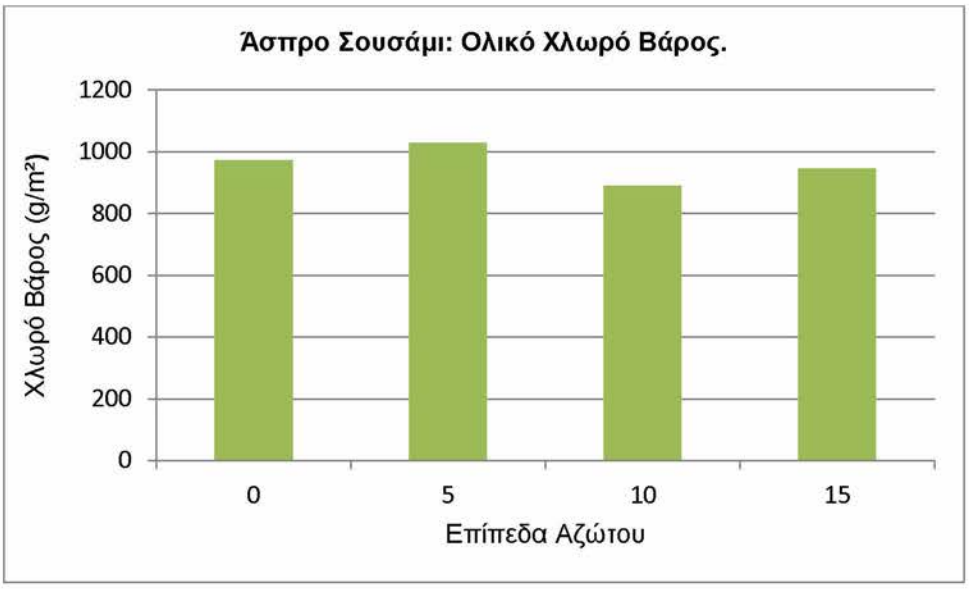


Διάγραμμα 16 . Μέσο Ύψος φυτών άσπρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.2 Ολικό Χλωρό Βάρος Άσπρου Σουσαμιού

Συγκρίνοντας τις μετρήσεις ως προς τις μέσες τιμές του ολικού χλωρού βάρους των φυτών, παρουσιάζεται αριθμητική υπεροχή της μέσης τιμής στην μεταχείριση B όπου εφαρμόστηκαν 5 μονάδες αζώτου και το μέσο ολικό χλωρό βάρος των φυτών κυμάνθηκε στα 1029 g/m^2. Εν συνεχεία, μεταξύ των μεταχειρίσεων A και D δεν παρατηρούνται αποκλίσεις ως προς τις μέσες τιμές του ολικού χλωρού βάρους, οι οποίες είναι ελαφρώς χαμηλότερες από την μέση τιμή ολικού χλωρού βάρους της

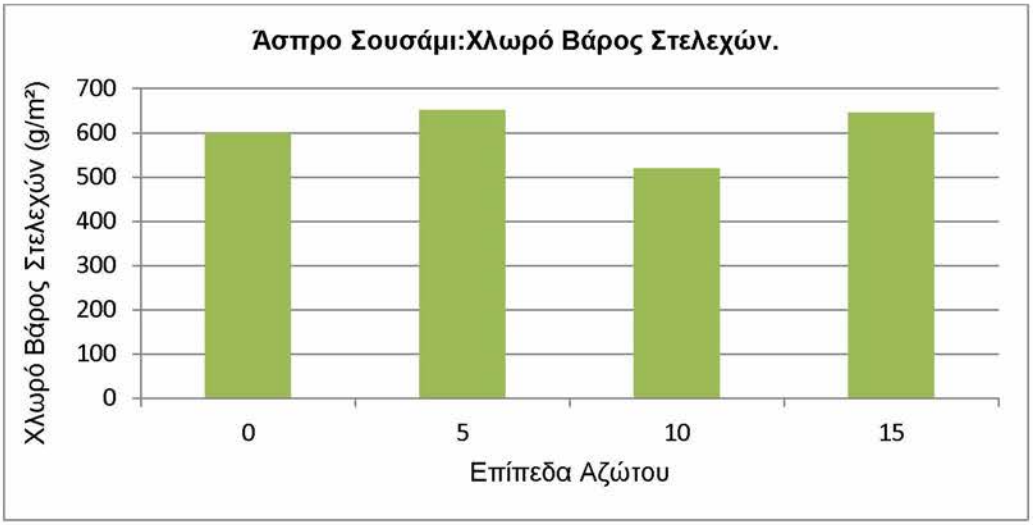
μεταχείρισης B και υψηλότερες από την αντίστοιχη μέση τιμή της μεταχείρισης C (Διάγραμμα 17).



Διάγραμμα 17 . Μέσο Ολικό Χλωρό Βάρος φυτών άσπρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.3 Χλωρό Βάρος Στελεχών Άσπρου Σουσαμιού

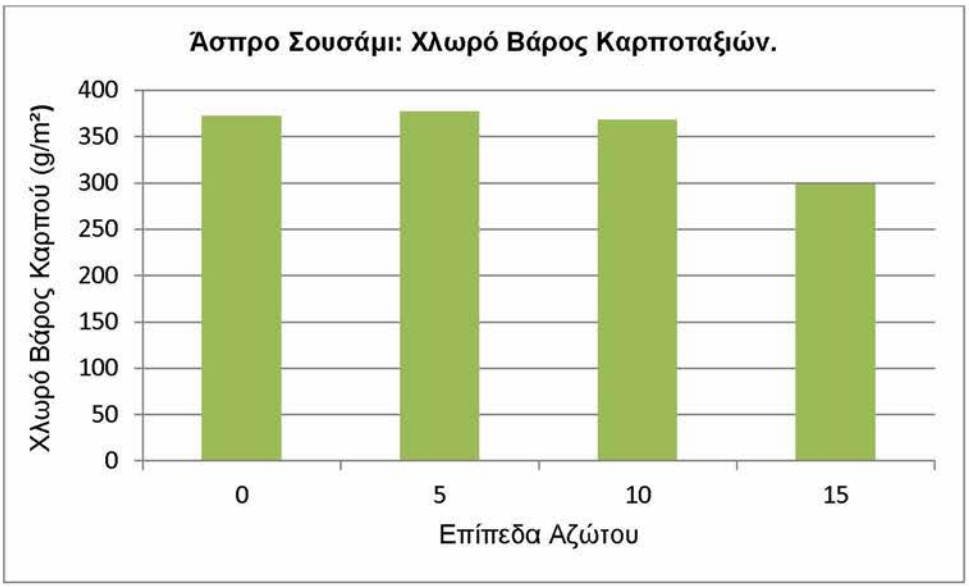
Ως προς την βλαστική ανάπτυξη των στελεχών των φυτών του άσπρου σουσαμιού, καταγράφηκαν σχετικά παρόμοιες μέσες τιμές χλωρών βαρών για τα στελέχη των φυτών στις μεταχειρίσεις A,B και D ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζεται εμφανώς μειωμένη τιμή μέσου χλωρού βάρους στα φυτά της μεταχείρισης C (Διάγραμμα 18).



Διάγραμμα 18 . Μέσο Χλωρό Βάρος Στελεχών φυτών άσπρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.4 Χλωρό Βάρος Καρποταξιών Άσπρου Σουσαμιού

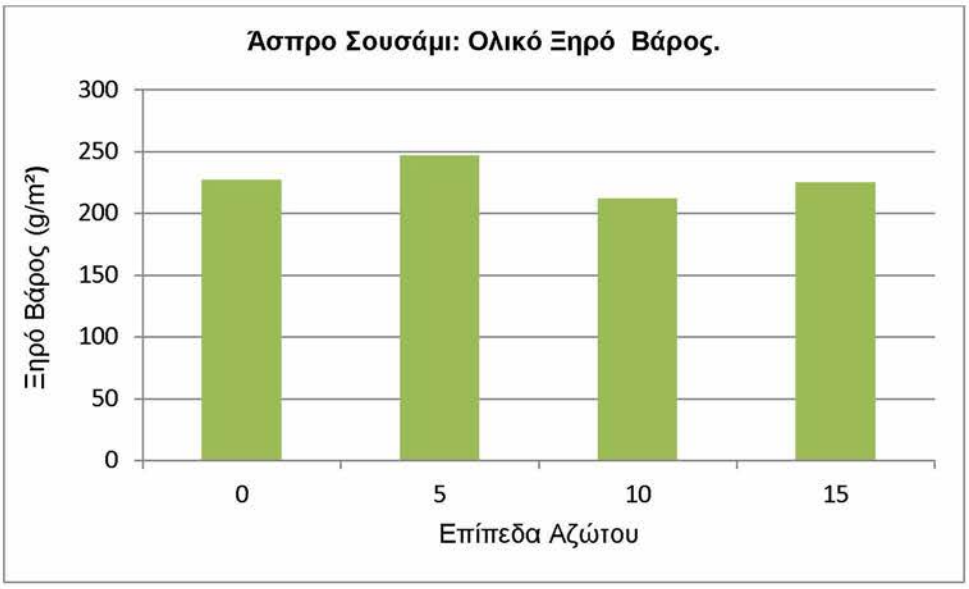
Στις τρεις πρώτες μεταχειρίσεις παρουσιάζεται ομοιομορφία ως προς τις μέσες τιμές χλωρού βάρους των καρποταξιών ενώ στα φυτά της μεταχείρισης D, όπου εφαρμόστηκαν 15 μονάδες αζώτου παρουσιάζεται μειωμένη ανάπτυξη των καρποφοριών καθώς η μέση τιμή χλωρού βάρους αυτών κυμάνθηκε σε χαμηλότερο επίπεδο από εκείνο των υπολοίπων μεταχειρίσεων (Διάγραμμα 19).



Διάγραμμα 19 . Μέσο Χλωρό Βάρος Καρποταξιών φυτών άσπρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.5 Ολικό Ξηρό Βάρος Άσπρου Σουσαμιού

Ανάμεσα στις μέσες τιμές για τα ξηρά βάρη των φυτών του άσπρου σουσαμιού των τεσσάρων μεταχειρίσεων, δεν παρουσιάζονται διαφοροποιήσεις. Ειδικότερα, η υψηλότερη μέση τιμή ολικού ξηρού βάρους αντιστοιχεί στα φυτά της μεταχείρισης Β και ανέρχεται στα 247 g/m^2 ενώ η χαμηλότερη μέση τιμή αντιστοιχεί στα φυτικά είδη της μεταχείρισης C με 212 g/m^2 (Διάγραμμα 20).



Διάγραμμα 20 . Μέσο Ολικό Ξηρό Βάρος φυτών άσπρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.6 Ξηρό Βάρος Στελεχών Άσπρου Σουσαμιού

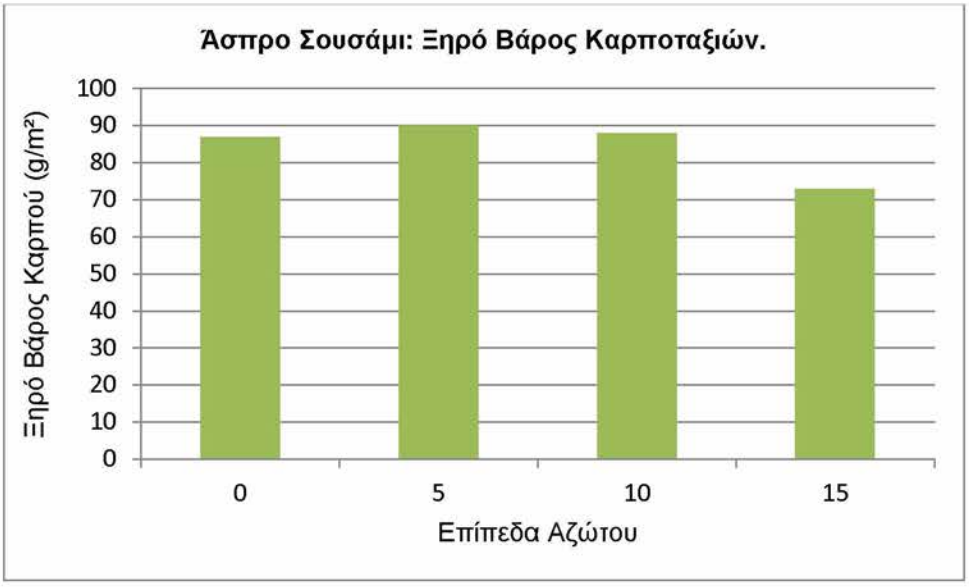
Για τις μεταχειρίσεις A,B και D, οι μέσες τιμές ξηρού βάρους των στελεχών των φυτών τοποθετούνται σε όμοια επίπεδα ενώ αριθμητικά υστερεί η μέση τιμή ξηρού βάρους των στελεχών, η οποία αντιστοιχεί στα φυτά της μεταχείρισης C και είναι ίση με 124 g/m^2 (Διάγραμμα 21).



Διάγραμμα 21 . Μέσο Ξηρό Βάρος Στελεχών φυτών άσπρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.7 Ξηρό Βάρος Καρποταξιών Άσπρου Σουσαμιού

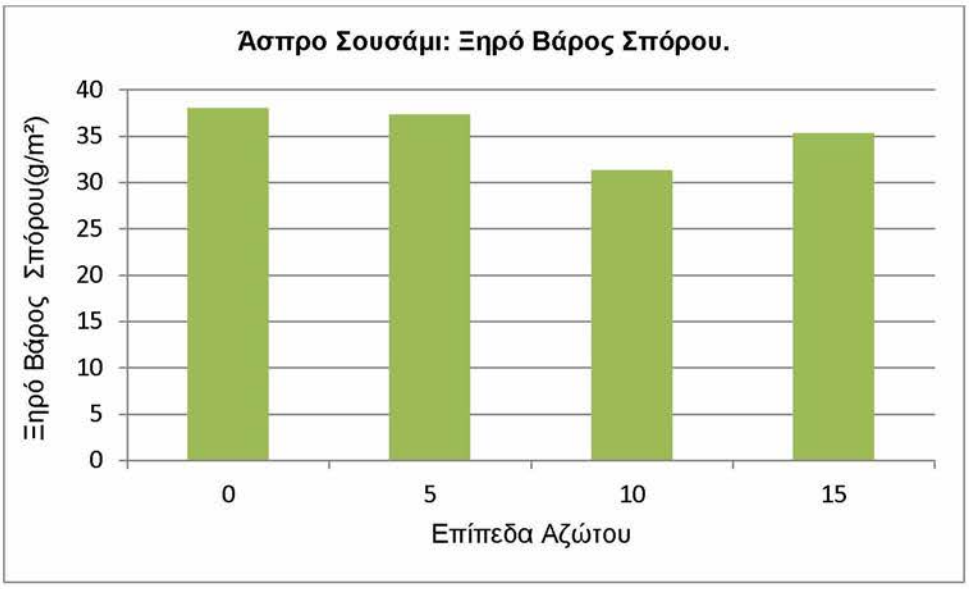
Στις τρεις πρώτες μεταχειρίσεις όπου εφαρμόστηκαν αντίστοιχα 0 ,5 και 10 μονάδες αζώτου υπάρχει σχετική ομοιομορφία ως προς τις μέσες τιμές του ξηρού βάρους των καρποταξιών των φυτών. Ωστόσο, στην μεταχείριση D όπου προστέθηκαν 15 μονάδες αζώτου παρατηρείται ελαφρώς μειωμένη μέση τιμή ξηρού βάρους καρποταξιών συγκριτικά με τα υπόλοιπα φυτά των άλλων μεταχειρίσεων (Διάγραμμα 22).



Διάγραμμα 22 . Μέσο Ξηρό Βάρος Καρποταξιών φυτών άσπρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.8 Ξηρό Βάρος Σπόρου Άσπρου Σουσαμιού

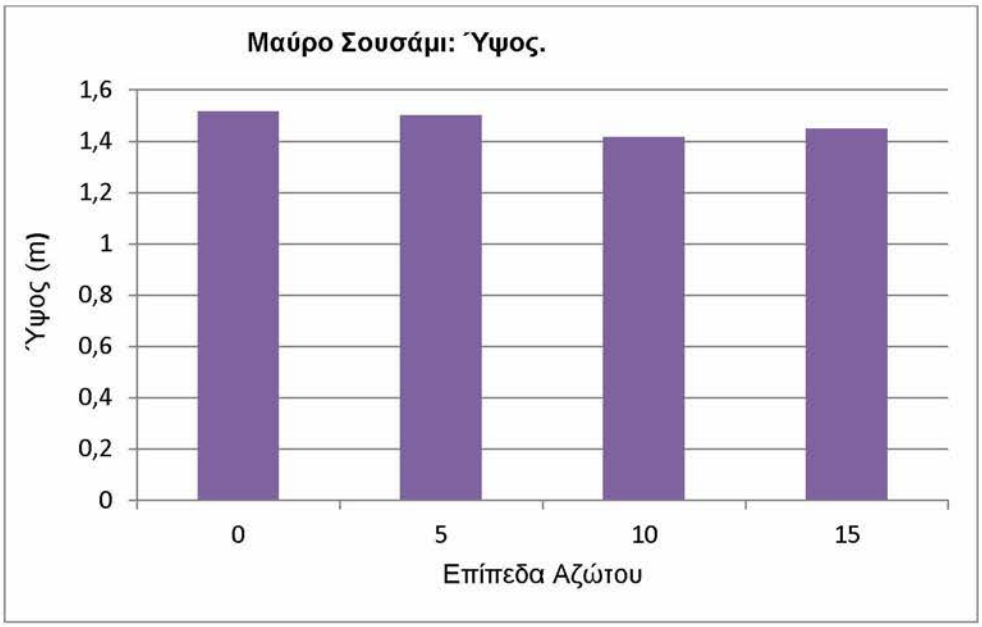
Όσον αφορά την παραγωγή σπόρου, υψηλότερη μέση τιμή ξηρού βάρους των σπόρων των φυτών καταγράφεται στην μεταχείριση Α και η οποία είναι ίση με 38 g/m^2. Στην συνέχεια, με ελάχιστη αριθμητική διαφορά ακολουθεί η μέση τιμή ξηρού βάρους σπόρου των φυτών της μεταχείρισης β και D, ενώ την χαμηλότερη παραγωγή σπόρου παρουσίασαν τα φυτά της μεταχείρισης C, αφού η μέση τιμή ξηρού βάρους των σπόρων των φυτών κυμάνθηκε στα 31,3 g/m^2 (Διάγραμμα 23).



Διάγραμμα 23 . Μέσο Ξηρό Βάρος Σπόρου φυτών άσπρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.9 Ύψος Μαύρου Σουσαμιού

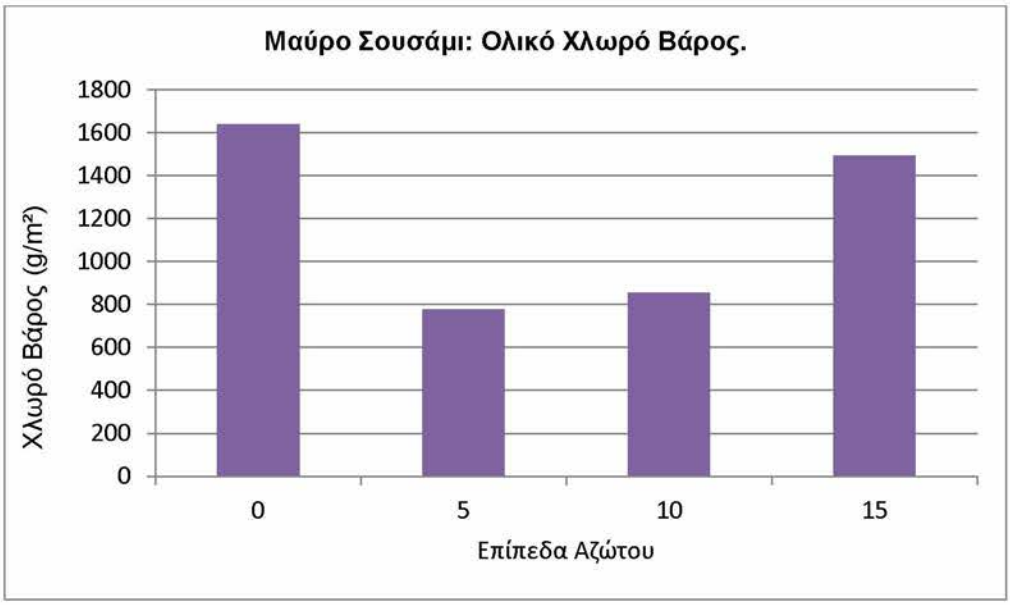
Ως προς την επίδραση της αζωτούχου λιπάνσεως στο ύψος των φυτών του άσπρου σουσαμιού δεν παρατηρούνται διαφορές. Πιο συγκεκριμένα, οι μέσες τιμές των υψών στις μεταχειρίσεις A και B κυμαίνονται σε αρκετά όμοια επίπεδα όπως και στις μεταχειρίσεις C και D, στις οποίες αντιστοιχούν χαμηλότερες μέσες τιμές υψών συγκριτικά με τις δύο πρώτες μεταχειρίσεις (Διάγραμμα 24). Στα βιβλιογραφικά δεδομένα αναφέρεται ότι η εφαρμογή ποσοτήτων αζώτου έως 6 κιλά ανά στρέμμα, οδηγεί σε αύξηση του ύψους των φυτών, με τα φυτά στα οποία εφαρμόζονται ποσότητες από 3 κιλά ανά στρέμμα έως 6 κιλά ανά στρέμμα να είναι ψηλότερα συγκριτικά με εκείνα στα οποία δεν εφαρμόστηκαν ποσότητες αζώτου (Sinharoy et al. 1990).



Διάγραμμα 24 . Μέσο Ύψος φυτών μαύρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.10 Ολικό Χλωρό Βάρος Μαύρου Σουσαμιού

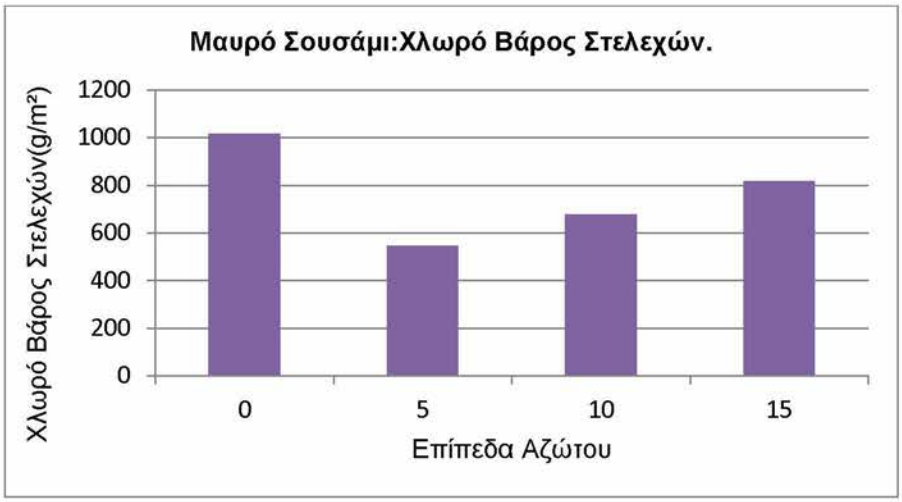
Συγκριτικά με τις μέσες τιμές του χλωρού βάρους των εκάστοτε μεταχειρίσεων για τα φυτά του μαύρου σουσαμιού, παρατηρείται διαφοροποίηση μεταξύ των μεταχειρίσεων A και D και των μεταχειρίσεων B και C. Ειδικότερα, η μέση τιμή του ολικού χλωρού βάρους των φυτών στην μεταχείριση A κυμάνθηκε στα 1641 g/m^2 ενώ η αντίστοιχη τιμή για την μεταχείριση D υπολογίστηκε στα 1493 g/m^2. Ωστόσο, η μέση τιμή του χλωρού βάρους των φυτών στην μεταχείριση C ήταν ίση με 855 g/m^2 και στην μεταχείριση B ίση με 779 g/m^2 (Διάγραμμα 25). Επομένως, γίνεται αντιληπτή η αριθμητική υπεροχή της μέση τιμής του χλωρού βάρους των φυτών της πρώτης και τέταρτης μεταχείρισης έναντι των μέσων τιμών των υπολοίπων δύο μεταχειρίσεων.



Διάγραμμα 25 . Μέσο Ολικό Χλωρό Βάρος φυτών μαύρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.11 Χλωρό Βάρος Στελεχών Μαύρου Σουσαμιού

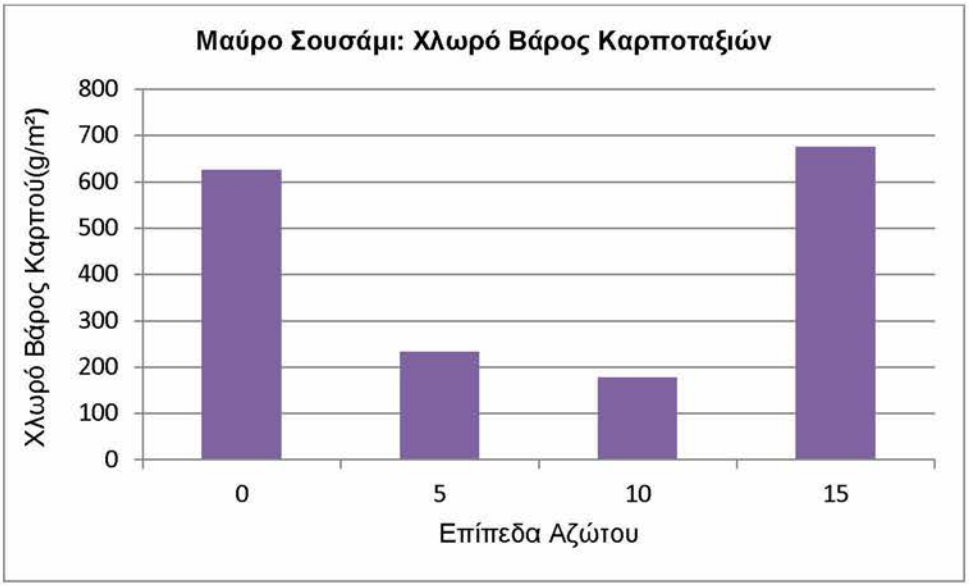
Τα φυτά μαύρου σουσαμιού της μεταχείρισης Α, στην οποία δεν εφαρμοστήκαν ποσότητες αζώτου, παρουσίασαν την μεγαλύτερη ανάπτυξη στελεχών αφού η μέση τιμή χλωρού βάρους αυτών κυμάνθηκε στα 1017 g/m^2. Στις υπόλοιπες μεταχερίσεις, όπου εφαρμόστηκαν μονάδες αζώτου παρουσιάζεται μείωση της μέση τιμής χλωρού βάρους των στελεχών με την χαμηλότερη τιμή στα 546 g/m^2 να αντιστοιχεί στην μεταχείριση Β (Διάγραμμα 26).



Διάγραμμα 26 . Μέσο Χλωρό Βάρος Στελεχών φυτών μαύρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.12 Χλωρό Βάρος Καρποταξιών Μαύρου Σουσαμιού

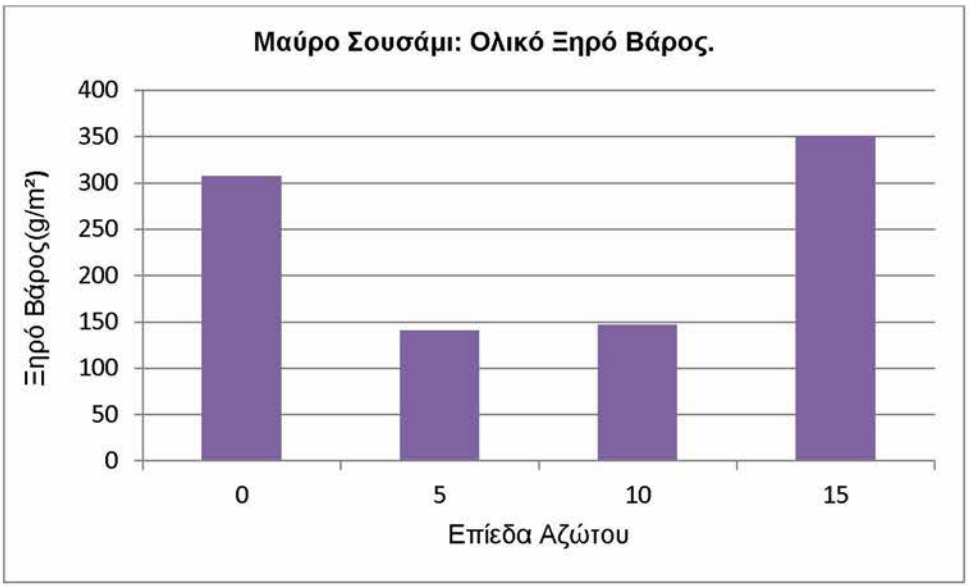
Αρχικά εμφανίζεται έντονη διαφοροποίηση ως προς την μέση τιμή του χλωρού βάρους των καρποταξιών των φυτών του μαύρου σουσαμιού ανάμεσα στις τέσσερις μεταχειρίσεις. Ειδικότερα, η υψηλότερη μέση τιμή χλωρού βάρους καρποταξιών καταγράφεται στην μεταχείριση D και είναι ίση με 676 g/m^2, ενώ σε παρόμοιο επίπεδο στα 625 g/m^2 κυμάνθηκε η αντίστοιχη τιμή στην μεταχείριση A. Αντιθέτως, στις μεταχειρίσεις B και C καταγράφεται μείωση των μέσων τιμών του χλωρού βάρους των καρποταξιών, με χαμηλότερη τιμή εκείνη των 177 g/m^2 της μεταχείρισης C (Διάγραμμα 27).



Διάγραμμα 27 . Μέσο Χλωρό Βάρος Καρποταξιών φυτών μαύρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.13 Ολικό Ξηρό Βάρος Μαύρου Σουσαμιού

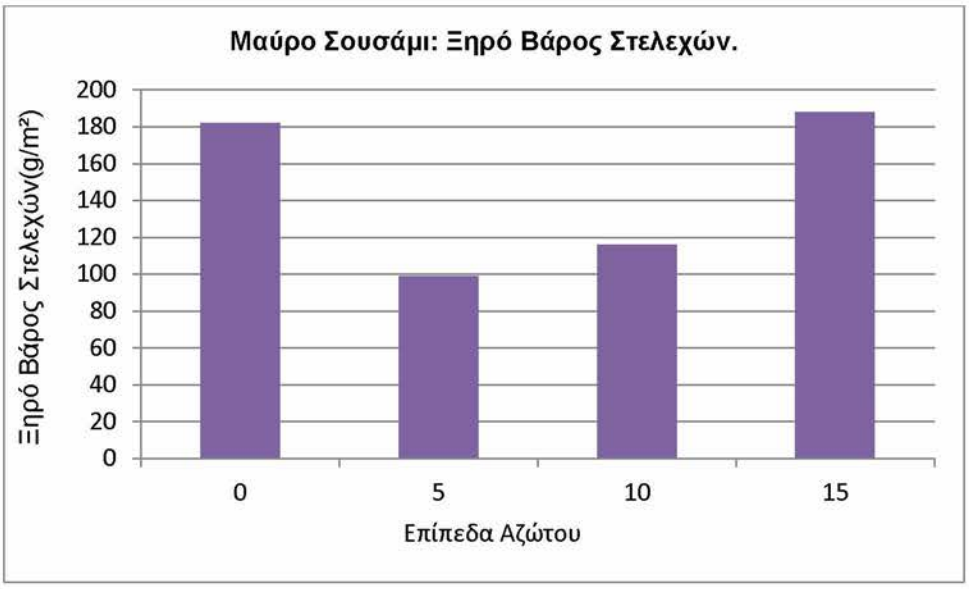
Στη μεταχείριση D, παρουσιάζεται η υψηλότερη μέση τιμή ξηρού βάρους των φυτών του μαύρου σουσαμιού, η οποία είναι ίση με 351 g/m^2. Σε υψηλό επίπεδο, κυμάνθηκε και η μέση τιμή ξηρού βάρους της μεταχείρισης A η οποία υπολογίστηκε στα 307 g/m^2. Ωστόσο, παρουσιάζεται έντονη μείωση της μέση τιμής χλωρού βάρους στα 147 g/m^2 και 141 g/m^2 στις μεταχειρίσεις C και B αντίστοιχα (Διάγραμμα 28).



Διάγραμμα 28 . Μέσο Ολικό Ξηρό Βάρος φυτών μαύρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.14 Ξηρό Βάρος Στελεχών Μαύρου Σουσαμιού

Η μέση τιμή ξηρού βάρους στελεχών στις μεταχειρίσεις A και D, αντιστοιχεί σε υψηλότερα επίπεδα συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές των μεταχειρίσεων B και C. Πιο συγκεκριμένα, η υψηλότερη μέση τιμή στα 188 g/m^2 καταγράφηκε για το ξηρό βάρος των στελεχών της μεταχείρισης D ενώ η χαμηλότερη τιμή στα 99 g/m^2 αντιστοιχούσε στα φυτά του μαύρου σουσαμιού στην μεταχείριση B (Διάγραμμα 29).



Διάγραμμα 29 . Μέσο Ξηρό Βάρος Στελεχών φυτών μαύρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.15 Ξηρό Βάρος Καρποταξιών Μαύρου Σουσαμιού

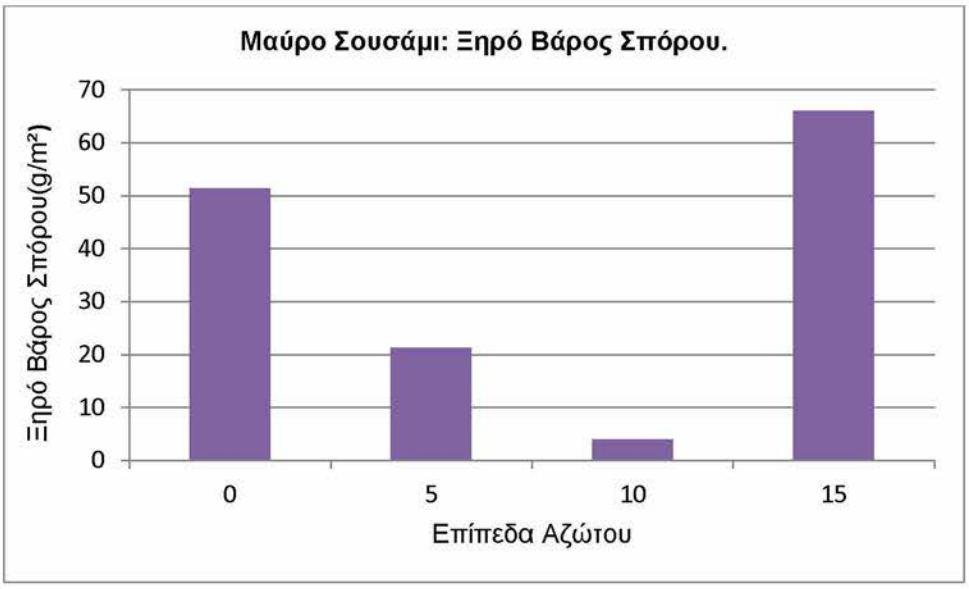
Σχετικά με το ξηρό βάρος των καρποταξιών των φυτών του μαύρου σουσαμιού, διακρίνεται ποικιλομορφία ως προς τις μέσες τιμές των τεσσάρων μεταχειρίσεων. Η υψηλότερη μέση τιμή συγκριτικά με όλες τις υπόλοιπες, καταγράφεται στα φυτά της μεταχείρισης D και είναι ίση με 163 g/m^2. Επίσης, ελαφρώς μειωμένη τιμή παρουσιάζεται για το ξηρό βάρος των καρποταξιών στην μεταχείριση A. Αντίθετα, υπάρχει αξιοσημείωτη μείωση της μέση τιμής ξηρού βάρους των καρποταξιών στις μεταχειρίσεις B και C, όπου στην τελευταία η μέση τιμή κυμάνθηκε σε εξαιρετικά χαμηλό επίπεδο στα 31 g/m^2 (Διάγραμμα 30).



Διάγραμμα 30 . Μέσο Ξηρό Βάρος Καρποταξιών φυτών μαύρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.6.16 Ξηρό Βάρος Σπόρου Μαύρου Σουσαμιού

Τα φυτά μαύρου σουσαμιού της μεταχείρισης D, παρουσιάζουν την μεγαλύτερη απόδοση σε σπόρο αφού η μέση τιμή ξηρού βάρους των σπόρων των φυτών καταγράφηκε στα 66 g/m^2. Αντιστοίχως, σε υψηλό επίπεδο αλλά ελαφρώς μειωμένη παρουσιάστηκε η αντίστοιχη μέση τιμή ξηρού βάρους του σπόρου στην μεταχείριση A. Ωστόσο, η χαμηλότερη απόδοση σε σπόρο αφορά τα φυτά της μεταχείρισης C, όπου η μέση τιμή ξηρού βάρους αυτού υπολογίστηκε στα 4 g/m^2. Ακόμη, στην μεταχείριση B, η μέση τιμή ξηρού βάρους των σπόρων των φυτών κυμάνθηκε σε χαμηλό επίπεδο και υπολογίστηκε στα 21,3 g/m^2 (Διάγραμμα 31). Βιβλιογραφικές πηγές υποστηρίζουν ότι η προσθήκη ποσότητας αζώτου, ακόμα σε επίπεδο χαμηλών εισροών έως τα 6 κιλά ανά στρέμμα, μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της συνολικής εμπορεύσιμης απόδοσης σε σπόρο (Sinharoy et al. 1990).



Διάγραμμα 31 . Μέσο Ξηρό Βάρος Σπόρου φυτών μαύρου σουσαμιού ανά μεταχείριση.

3.3.7 Μαύρο Κύμινο (*Nigella sativa*)

Όσον αφορά τα φυτά του μαύρου κύμινου, παρατηρήθηκε φύτρωμα περιορισμένου αριθμού φυτών. Αυτό οφείλεται πιθανώς στην επιλεγμένη ημερομηνία σποράς συγκριτικά με την ενδεδειγμένη που προτείνεται από βιβλιογραφικές πηγές. Η ιδανική περίοδος σποράς για το μαύρο κύμινο τοποθετείται κατά τους μήνες Οκτώβριο με Νοέμβριο (Datta, Saha, Bhattacharya , Mandal, Paul και Sengupta 2012) ενώ κατά την διεξαγωγή του πειράματος η σπορά πραγματοποιήθηκε τον Μάιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την παραπάνω μελέτη φαίνεται ότι από το πλήθος των εξεταζόμενων καλλιεργειών μόνο τέσσερις κατόρθωσαν να ολοκληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο και αυτές ήταν ο αμάρανθος, η chia, το άσπρο και μαύρο σουσάμι. Επιπλέον σε καμία από τις καλλιέργειες αυτές δεν σημειώθηκε στατιστικώς σημαντική επίδραση της αζωτούχου λίπανσης παρά μόνο αριθμητικές υπεροχές για τις υπό μελέτη παραμέτρους (ύψος, χλωρή και ξηρή βιομάζα, χλωρό και ξηρό βάρος σπόρου για τα είδη του σουσαμιού).

Η επίδραση των αυξημένων θερμοκρασιών και η απουσία βροχοπτώσεων φαίνεται πως είχαν καταλυτικό ρόλο για την ανεπανόρθωτη ζημία που σημειώθηκε στην καλλιέργεια του φαγόπυρου, γεγονός που θέτει προς σκέψη τη μελέτη άρδευσης σε μελλοντική έρευνα.

Ως προς το τελικό ύψος του αμάρανθου, της chia καθώς και του άσπρου και μαύρου σουσαμιού, παρατηρήθηκε ότι οι ποσότητες αζώτου που εφαρμόστηκαν στις μεταχειρίσεις των φυτών, επηρέασαν και αύξησαν ελαφρώς τη μέση τιμή του ύψους των φυτών σε σχέση με εκείνη των μεταχειρίσεων του μάρτυρα.

Το χλωρό βάρος για τον αμάρανθο, τη chia και το άσπρο σουσάμι παρουσίασαν ελαφριά αύξηση στις μεταχειρίσεις όπου εφαρμόστηκε αζωτούχος λίπανσης σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ στο μαύρο σουσάμι δεν παρατηρήθηκε καμία αριθμητική υπεροχή.

Τέλος ως προς την απόδοση σε σπόρο, η αζωτούχος λίπανση δεν οδήγησε σε στατιστικώς σημαντική αύξηση της παραγωγής σπόρου για το άσπρο σουσάμι, αφού η παραγωγή δεν διέφερε από εκείνη του μάρτυρα. Στην περίπτωση του μαύρου σουσαμιού, υπήρξε σαφής διαφοροποίηση διότι στα φυτά της μεταχείρισης με την αυξημένη αζωτούχου λίπανση, παρουσιάστηκε σημαντική αριθμητική υπεροχή της απόδοσης σε σπόρο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία:

Παπαστυλιανού Π.Θ.,Μπιλάλης Δ.,Τραυλός Η. και Παπαθεοχάρη Α.Γ.,2015.Ειδική Γεωργία ΙΙ/Εργαστηριακός Οδηγός. Στο Κεφάλαιο 4:ΚΕΧΡΙ, Κάλλιπος, Αθήνα, σελίδες: 36

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία:

Anilakumar K.R., Pal A., Khanum F. and Bawa A.S.,2010. Nutritional, Medical and Industrial Uses of Sesame (Sesame indicum L.) Seeds-An Overview.Agriculture Conspectus Scientificus, Volume 75(4):160

Aubert L.,Decamps C.,Jacquemin G. and Quinet M., 2021.Comparison of Plant Morphology,Yield and Nutritional Quality of Fagopyrum esculentum and Fagopyrum tataricum Grown under Field Conditions in Belgium. Plants,10(2):1-2

Auwalu B.M., Oseni T.O.,Okonkwo C.A.C.,Tenebe V.A. and Pal U.R.,1995.Influence of some agronomic practices on the growth and yield of vegetable sesame (Sesamum radiatum,Schum.).Advances in Horticultural Science, Volume 9(1):33-35

Ayerza R.,2009.The Seed's Protein and Oil Content, Fatty Acid Composition,and Growing Cycle Length of Single Genotype of Chia (Salvia hispanica L.) as affected by Environmental Factors.Journal of Oleo Science,58:349

Bajaj Y.P.S.,1986.Biotechnology in Agriculture and Forestry 2.In: Neskovic M.,Srejovic V. and Vujicic R.(eds),Buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench, Springer, Berlin,pp:580

Balarane K.,2010.Amaranthus-Production guideline.Department of Agriculture, Forestry and Fisheries,Republic of South Africa,pp:1-8

Bhargava A.,Shukla S. and Ohri D.,2006.Chenopodium quinoa – An Indian perspective.Industrial Crops and Products,23(1):74-75

Brink M. and Belay G.,2006. Ressources vegetales de l'Afrique tropicale 1-Cereales et legumes secs. In: Kaume R.N. (eds),Panicum miliaceum L.,Fondation Prota, Backhuys Publishers,Wageningen, Netherlands,pp:137-141

Campell C. G.,1997.Buckwheat: Fagopyrum esculentum Moench.International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy,19, pp: 10,12,53-56

Coates W. and Ayerza R.,1998.Commercial Production of chia in Northwestern Argetina.Journal of the American Oil Chemists'Society,75:1417

Das S.,Khound R.,Santra M. and Santra D.K.,2019.Beyond Bird Feed: Proso Millet for Human Health and Environment.Agriculture, 9(3):2

Datta A.K., Saha A., Bhattacharya A., Mandal A., Paul R and Sengupta S.,2012.Black cumin (Nigella sativa L.)- a review.Journal of Plant Development Sciences, Volume 4(1):3

Dubey P.N., Singh B., Mishra B.K., Kant K. and Solanki R.K.,2016.Nigella (Nigella sativa): a high value seed spice with immense medical potential. Indian Journal of Agriculture Sciences, 86(8):967-969

Farooq M. and Siddique K.H.M.,2022. Neglected and Underutilized Crops: Future Smart Food.In:Yadav R.,Gore P.G.,Gupta V.,Saurabh and Siddique K.H.M. (eds),Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)-a smart crop for food and nutritional security, Elsevier Science,Netherlands,pp:31-34

Gloaguen R.M., Couch A., Rowland D.L., Bennet J., Hochmuth G., Langham D.R. and Brym Z.T.,2019.Root life history of non-dehiscent sesame (Sesamum indicum L.) cultivars and the relationship with canopy development, Elsevier, Volume 241(35):1

Gondola I. and Papp P., 2010.Origin,Geographical Distribution and Phylogenic Relationships of Common Buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench).The European Journal of Plant Science and Biotechnology, Volume 4:18-19

Grubben G.J.H. and Denton C.M.,2004Plant resources of tropical Africa 2:Vegetables.In:Bedigian D.(eds),Sesamum radiatum Thonn ex Hornem., Fondation Prota, Backhuys Publishers,Wageningen, Netherlands,pp:467

Grubben G.J.H. and Denton O.A.,2004.Resources vegetales de l'Afrique tropicale 2:Legumes.In:Bedigian D.(eds),Sesamum radiatum, Fondation Prota, Backhuys Publishers,Wageningen, Netherlands,pp:523-525

Gutierrez-Prieto L.M.V. and Kirici S.,2021.Phenology of black cumin (Nigella sativa L.) under Medeterranean climate. Academia Journal of Medicinal Plants, 9(6):79-82

Habiyaremye C., Matanguihan J.B.,D'Alpoim Guedes J.,Ganjyal G.M.,Whiteman M.R.,Kidwell K.K. and Murphy K.M.,2017.Proso millet (Panicum miliaceum L.) and Its Potential for Cultivation in the Pacific Northwest , US.: A Review.Frontiers in Plant Science,7:3

Hrncic M. K.,Ivanovski M.,Cor D. and Knez Z.,2019.Chia Seeds (Salvia hispanica L):An Overview--Phytochemical Profile,Isolation Methods, and Application.Molecules,25(1): 1

Jacquemart A.L.,Cawoy V.,Kinet J.M.,Ledent J.F. and Quinet M.,2012.Is Buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) Still a Valuable Crop Today?.The European Journal of Plant Science and Biotechnology,Volume 6:1,4-5

Jamshidi A.M.,Amato M.,Ahmadi A.,Bochicchio R. and Rossi R.,2019.Chia (Salvia hispanica L.) as a novel forage and feed source:A review.Italian Journal of Agronomy, Volume 14:2-3

Janick J.,1996.Progress in New Crops. In: Myers R.L. (eds), Amaranth: New Crop Opportunity, American Society for Horticultural Science, Indiana, USA,pp:208

Karim M.,Khan A. and Hossain A.,2015.Effect of planting time on the growth and yield of chia (Salvia hispanica L.).Asian Journal of Medical and Biological Research,1:502

Lopez A.X.,Huerta A.G.,Torrez E.,Ma. Sangerman-Jarquin D.,Orozco de Rosas G. and Arriaga M.R.,2017.Chia (Salvia hispanica L.)current situation and future trends.Revista Mecicana de Ciencias Agricolas, Volume 8

Lyon D.J.,Burgener P.A.,Deboer K.L.,Harveson R.M.,Hein G.L.,Hergert G.W. and Nelson L.A.,2008.Producing and Marketing Proso Millet In The Great Plains, University of Nebraska--Lincoln Extension, pp:2-3, 5-6, 10-13

Martinez-Nunez M.,Ruiz-Rivas M.,Vera-Hernandez P.F.,Bernal-Munoz R.,Luna-Suarez S. and Rosas-Cardenas F.F.,2019.The phenological growth stages of different amaranth species grown in restricted spaces based in BBCH code.South African Journal of Botany,124:437-440

Minnis P. E.,2016.New Lives for Ancient and Extinct Crops.In:McClung de Tapia E.,Martinez-Yrizar D. and Adriano-Moran C. (eds),Chia (Salvia hispanica L.),The University of Arizona Press,Tucson,Arizona,pp:181-183

Montes Osorio L.R.,Gli Esturban E.A.,Castillo Mont J.J. and Sorensen M,2021.The Chia (Salvia hispanica L.)-The Rediscovered Meso-American Functional Food Crop.Preprints:3-4

Murphy K. and Matanguiban J.,2015 Quinoa: Improvement and Sustainable Production.In:Garcia M.,Condori B. and Del Castillo C.,Agroechological and Agrnomic Cultural Practices of Quinoa in South America, Wiley,USA,pp:29-30,31-32

Myers C.,1998. Specialty and Minor Crops Handbook, 2nd Edition.In:Nelson T.(eds),Quinoa Division of, Agriculture and Natural Resources, University of California,USA,pp:98

Oelke E.A.,Wyse D., Stupar B., Doll J.D.. and Undersander D.,1990.Alternative Field Crops Manual.In:Oplinger E.S.,Putnam D.H,Kaminski A.R.,Hanson C.V.,Oelke E.A.,Shulte E.E and Doll J.D. (eds),Sesame,University of Wisconsin's Cooperative Extension Service,USA,pp:,237,239-245,247-248

Olofintoye J. A.,Aboyeji C.,Oguntolu O.O and Ajayi E.,2018.Response of Sesamum radiatum Schum vegetable and seed yield to phosphorus fertilizer under basal application of nitrogen fertilizer.Journal of Agriculture Research and Development,Volume 16(2):65

Patil J.V.,2017.Millets and Sorghum: Biology and Genetic Improvement. In: Gomashe S.S. (eds), Proso millet, Panicum miliaceum (L.): Genetic Improvement and Research Needs,Willey Blackwell. United Kingdom,pp:152

Prakash S. and Yadav K.,2016.Buckwheat (Fagopyrum esculentum) as a Functional Food: A Nutraceutical Pseudocereal.International Journal of Current Trends in Pharmacobiology and Medical Sciences, Volume 1:3

Ramadan M.F.,2020. Black cumin (Nigella sativa) seeds: Chemistry, Technology, Functionality, and Applications. In: El-Morsy M.H. and Osman H.E.(eds), Morphological Characters of Nigella sativa, Springer Nature,Germany,pp:25-28

Ramadan M.F.,2020. Black cumin (Nigella sativa) seeds: Chemistry, Technology, Functionality, and Applications. In: Abdel-Hamed E.M.W.,(eds),Effect of Cultivation,Fertilization and Irrigation Practices on Nigella sativa Yield and Quality, Springer Nature,Germany,pp:14-17

Savarijaj J. and Beevy S S.,2020.A Comparative Study on the Reproductive Success of Two Species of Sesamum L. (Pedaliaceae).Advances in Zoology and Botany, Volume 8(3):146

Singh D.,2019. Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd).In: Singh D.(eds),Origin,History and Distribution ,Scientific Publishers,pp:25-27

Singh R.J.,2006.Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement:Oilseed Crops. In: Ashri A. (eds),Sesame (Sesamum indicum L.),Chemical Rubber Company, Florida, USA, pp:240-241

Tuncturk M., Ekin Z. and Turkozu D.,2005. Response of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) to different Seed Rates Growth, Yield Components and Essential Oil Content. Journal of Agronomy, Volume 4 (3):216

Ullah I,Saqib G.U.,Ayub M.Khan A.,Anwar S. and Khan S.A.,2012.RESPONSE OF COMMON BUCKWHEAT TO NITROGEN AND PHOPHORUS FERTILIZATION.Sarhad Journal of Agriculture, Volume 28:171

Varma A.,2021.Biology and Biotechnology of Quinoa: Super Grain for Food Security.In:Varma A. and Jain A.(eds),Taxonomy,Morphology, and Life Cycle of Quinoa, Springer, Singapore,pp:28-30

Varun V., Saravanan S.S. and Bahadur V.,2020.Effect of NPK on plant growth , seed yield and seed quality of Black Cumin (Nigella sativa L.) cv. NRCSS (AJMER).International Journal of Chemical Studies,Volume 8(5):897

Vastola A.,2015.The sustainability of Agro-Food and Natural Resource Systems in the Mediterranean Basin.In:Bochicchio R.,Philips T.D.,Lovelli S.,Labella R.,Galgano F.,Di Marisco A.,Perniola M. and Amato M.(eds),Innovative Crop Productions for Healthy Food:The Case of Chia (Salvia hispanica),Springer International Publishing, Heidelberg ,New York , London,pp:39-41

Zurita-Silva A.,Fuentes F.,Zamora P.,Jacobsen S.E. and Schwember A.R.,2014.Breeding quinoa (Chenopodium quinoa Wild.): potential and perspectives.Molecual Breeding,34(1):13

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία:

Amaranth (Seed), Herbie's herbs, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://herbies-herbs.com/amaranth-p12543 (Πρόσβαση 5 Οκτωβρίου 2022)

AMRITANJALI AYURVED OPC PVT. LTD.,2015.Chia Seeds Cultivation. Ανακτήθηκε από: https://5.imimg.com/data5/SELLER/Doc/2021/1/JK/BL/LE/39176239/chia-seeds-contract-farming.pdf

Black-caraway, black-cumin, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://www.123rf.com/photo_27572158_black-caraway-black-cumin-nigella-roman-coriander-kalonji-nigella-sativa-cultivated-annual-herb-with.html (Πρόσβαση 20 Νοερμβρίου 2022)

Buckwheat (Fagopyrum esculentum) grain and by-products, 9 December 2007 (2007). [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fagopyrum_%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%BA%D0%B0.jpg (Πρόσβαση 26 Ιουνίου 2022)

Chenopodium quinoa in seed, Bolivia, February 2014, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://en.wiktionary.org/wiki/Chenopodium_quinoa#/media/File:Quinoa_real_close-up.JPG (Πρόσβαση 18 Απριλίου 2023)

Chia seeds, Encyclopædia Britannica,[Εικόνα από διαδίκτυο]. https://www.britannica.com/plant/chia/images-videos (Πρόσβαση 14 Μαίου 2023)

Cornell University,2009.Soil and Fertilizer for Buckwheat.Ανακτήθηκε από: http://www.hort.cornell.edu/bjorkman/lab/buck/guide/soilfertilizer.php

Development of e-Courses for B.Sc (Agriculture),2011.Lesson 3:Sesame (Sesamum indicum), Tamil Nadu Agricultural University,Ανακτήθηκε από: http://eagri.org/eagri50/AGRO303/lec03.pdf

Discolored stalk and axils with red or purple epidermis in PI, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/1480/977Texto%20del%20art%C3%ADculo-4844-2-10-20181214.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Πρόσβαση 11 Απριλίου 2023)

ECHO Asia Seed Fact Sheets,Sesamum indicum, Echo database, Ανακτήθηκε από: https://www.echocommunity.org/en/resources/ca5e50e6-4a86-4efe-9759-282b155ce7a3

E-Flora of Gandhinagar, 2015. Sesamum indicum.Ανακτήθηκε από: https://www.efloraofgandhinagar.in/herb/sesamum-indicum

E-Flora of Gandhinagar,2015.Amaranthus hypochondriacus.Ανακτήθηκε από: https://www.efloraofgandhinagar.in/herb/amaranthus-hypochondriacus

Extensive root growth in the soil profile, January 2018, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://www.researchgate.net/profile/Derald-Langham/publication/322342679_IV_Sesame_root_and_stem_descriptors_Sesamum_indicum_L_Working_paper_1/links/5a55122745851547b1bd5bb4/IV-Sesame-root-and-stem-descriptors-Sesamum-indicum-L-Working-paper-1.pdf (Πρόσβαση 27 Φεβρουαρίου 2023)

Fagopyrum esculentum, Kellerberg,30 August 2021 (2021). [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://greece.inaturalist.org/observations/93291757 (Πρόσβαση 26 Ιουνίου 2022)

Fagopyrum esculentum, WeberSeeds, 2023 (2023). [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://weberseeds.nl/eshop/nl/Zaden/Zaden-A-Z/Fagopyrum-esculentum-Boekweit::66.html (Πρόσβαση 26 Ιουνίου 2022)

Feedpedia,2021. Quinoa (Chenopodium quinoa),Food and Agriculture Organization of the United Nations,Ανακτήθηκε από: https://www.feedipedia.org/node/229

Flowers of India,2016.Prince-of Wales Feather. Ανακτήθηκε από: https://www.flowersofindia.net/catalog/slides/Prince-of-Wales%20Feather.html

Healthy living from Nature,2022.Sesame Seeds Ellu (Sesamum indicum)-A symbol of immortality Ανακτήθηκε από: https://healthyliving.natureloc.com/sesame-seeds-ellu-sesamum-indicum-a-symbol-of-immortality/

https://swbiodiversity.org/imglib/madrean/maba/flora/MABA/201302/Sesamum_indicum-TRVan_Dev_1.jpg ,

Indian Organic Red Quinoa Seeds, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://www.indiamart.com/proddetail/organic-red-quinoa-seeds-16448852191.html (Πρόσβαση 2 Μαΐου 2023)

Koutroumpelas I.,Owens L.,Odone N. and Alandia G.,2019.Amaranth.Protein 2Food,Ανακτήθηκε από: https://www.protein2food.eu/wp-content/uploads/EN_Amaranth-leaflet_FINAL.pdf

Leaves, Georgia,8 August 2014 (2014). [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://garden.org/plants/photo/268753/ (Πρόσβαση 4 Αυγούστου 2022)

Leaves: Panicum miliaceum., California, 2007 (2007), [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://gobotany.nativeplanttrust.org/species/panicum/miliaceum/ (Πρόσβαση 24 Οκτωβρίου 2022)

Ligules: Panicum miliaceum, California,2007 (2007), [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://gobotany.nativeplanttrust.org/species/panicum/miliaceum/ (Πρόσβαση 24 Οκτωβρίου 2022)

Morphological differences between common and Tartary buckwheat, Oxford, December 2016 (2016). [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://www.researchgate.net/publication/305727843_Concepts_Prospects_and_Potentiality_in_Buckwheat_Fagopyrum_esculentum_Moench_A_Research_Perspective (Πρόσβαση 26 Ιουνίου 2022)

Nigella sativa, Xera Plants Inc, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://xeraplants.com/plants/nigella-sativa/ (Πρόσβαση 20 Νοεμβρίου 2022)

Nigella Seeds, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://www.exportersindia.com/product-detail/nigella-seeds-3921215.htm (Πρόσβαση 20 Νοεμβρίου 2022)

Panicum miliaceum, Africa, 11 February 2022 (2022), [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://inaturalist.ca/taxa/78340-Panicum-miliaceum (Πρόσβαση 24 Οκτωβρίου 2022)

Procedure of Planting Seeds in Pot/Polybag,2023. Black Sesame. Andra Farm Headquarters,Ανακτήθηκε από: https://m.andrafarm.com/_andra.php?_i=0-tanaman-rinci&topik=menanam&tanaman=Wijen%20Hitam&id=387&_en=ENGLISH

Proso millet (Panicum miliaceum L.): a plant morphology, b panicle, c grains, and d root, 6 August 2020, [Εικόνα από διαδίκτυο], https://www.researchgate.net/publication/343566381_Genetic_and_genomic_resources_for_improving_proso_millet_Panicum_miliaceum_L_a_potential_crop_for_food_and_nutritional_security (Πρόσβαση 24 Οκτωβρίου 2022)

Proso millet (Panicum miliaceum), grain, Feedipedia, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://www.feedipedia.org/node/722 (Πρόσβαση 26 Οκτωβρίου 2022)

Quinoa (Chenopodium quinoa) seeds, 1 March 2013, Feedipedia, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://www.feedipedia.org/content/quinoa-chenopodium-quinoa-seeds (Πρόσβαση 2 Μαΐου 2023)

Quinoa plant with roots isolated on white background,[Εικόνα από διαδίκτυο]. https://www.dreamstime.com/quinoa-plant-roots-isolated-white-background-beautiful-illustration-quinoa-plant-roots-isolated-white-background-image153103277 (Πρόσβαση 9 Απριλίου 2023)

Quinoa, Chenopodium quinoa, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://www.sciencephoto.com/media/60168/view/quinoa-chenopodium-quinoa (Πρόσβαση 11 Απριλίου 2023)

Root architecture of the studied cover crop species after 90 days of growth, United Kingdom, 15 July 2021 (2021). [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ejss.13147 (Πρόσβαση 26 Ιουνίου 20212)

Salvia hispanica in Olbrich Botanical Gardens, 26 September 2016 (2016), [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Salvia_hispanica_kz2.jpg (Πρόσβαση 4 Αυγούστου 2022)

Sesame: Sesamum indicum (Pedaliaceae),11 December 2016, [Εικόνα από διαδίκτυο] https://www.waynesword.net/ecoph44.htm (Πρόσβαση 3 Μαρτίου 2023)

SESAMUM (SESAMUM INDICUM), Kerala Naturals, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://www.keralanaturals.com/product/sesamum-sesamum-indicum/ (Πρόσβαση 3 Μαρτίου 2023)

Sesamum indicum, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://www.napproducts.com/product-detail.php?Sesame-15 (Πρόσβαση 3 Μαρτίου 2023)

Sesamum indicum, 3 Ιουνίου 2015, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://botanika.wendys.cz/index.php/14-herbar-rostlin/393-sesamum-indicum-sezam-indicky (Πρόσβαση 27 Φεβρουαρίου 2023)

Sesamum indicum, 31 May 2016, [Εικόνα από διαδίκτυο]. http://www.floraofbangladesh.com/2016/05/til-sesamum-indicum.html (Πρόσβαση 3 Μαρτίου 2023)

Sesamum radiatum, 13 November 2017, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://www.istockphoto.com/photo/sesamum-radiatum-is-scientific-name-of-benniseed-also-known-as-black-sesame-gergelim-gm874163864-244097594 (Πρόσβαση 15 Μαρτίου 2023)

Sesamum radiatum, 14 October 2021, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://www.nparks.gov.sg/florafaunaweb/flora/2/4/2455 (Πρόσβαση 4 Μαρτίου 2023)

Stem, scape, stalk or bark ,Georgia, 8 August 2014 (2014). [Εικόνα από το διαδίκτυο]. https://garden.org/plants/photo/268753/ (Πρόσβαση 4 Αυγούστου 2022)

Stems: Nigella sativa, USA, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://gobotany.nativeplanttrust.org/species/nigella/sativa/ (Πρόσβαση 20 Νοεμβρίου 2022)

Structure of pin type flower of common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench), 26 March 2010 (2010). [Εικόνα από διαδίκτυο]. http://globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/2010/EJPSB_4(SI1)/EJPSB_4(SI1)17-32o.pdf (Πρόσβαση 26 Ιουνίου 2021)

Sustainable Agriculture Research & Education Program of the Univeristy of California ,2021.Buckwheat, Cover Crops database. Ανακτήθηκε από: https://sarep.ucdavis.edu/covercrop/buckwheat

TNAU Agritech Portal,2021.SESAME (Sesamum indicum).Ανακτήθηκε από: https://agritech.tnau.ac.in/agriculture/oilseeds_gingelly.html

United States Department of Agriculture,2014 Chenopodium quinoa Willd. Ανακτήθηκε από: https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=CHQU

United States Department of Agriculture,2014 Sesamum radiatum Schumach. Ανακτήθηκε από: https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=SERA6

United States Department of Agriculture,2014. Amaranthus hypochonfriacus L.. Ανακτήθηκε από: https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=AMHY2

United States Department of Agriculture,2014. Fagopyrum esculentum Moench. Ανακτήθηκε από: https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=FAES2

United States Department of Agriculture,2014. Nigella sativa L.. Ανακτήθηκε από: https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=NISA2

United States Department of Agriculture,2014. Panicum miliaceum L.. Ανακτήθηκε από: https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=PAMI2

United States Department of Agriculture,2014. Salvia hispanica L.. Ανακτήθηκε από: https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=SAHI6

United States Department of Agriculture,2014.Sesamum L. Ανακτήθηκε από: https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=SESAM

Useful Tropical Plants, 2022.Sesamum radiatum. Useful Tropical Plants Database, Ανακτήθηκε από: https://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Sesamum+radiatum

Ανθίζοντας Αμάραντος, depositphotos,[Εικόνα από διαδίκτυο]. https://gr.depositphotos.com/142749565/stock-photo-blooming-amaranth-isolated.html (Πρόσβαση 14 Μαίου 2023)

Θάλαμοι Ρύθμισης Κλιματικών Συνθηκών-Σταθερότητας, Elvem, [Εικόνα από διαδίκτυο]. https://elvem.gr/product/thalamoi-rythmisis-klimatikon-synthikon-statherotitas/ (Πρόσβαση 29 Μαΐου 2023)

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων,2023. Οικολογικά Σχήματα (ECO SCHEMES), Ανακτήθηκε από : https://ead.gr/%ce%bf%ce%b9%ce%ba%ce%bf%ce%bb%ce%bf%ce%b3%ce%b9%ce%ba%ce%ac-%cf%83%cf%87%ce%ae%ce%bc%ce%b1%cf%84%ce%b1-eco-schemes/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=%25ce%25bf%25ce%25b9%25ce%25ba%25ce%25bf%25ce%25bb%25ce%25bf%25ce%25b3%25ce%25b9%25ce%25ba%25ce%25ac-%25cf%2583%25cf%2587%25ce%25ae%25ce%25bc%25ce%25b1%25cf%2584%25ce%25b1-eco-schemes

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

6.1 Συγκεντρωτικοί Πίνακες ANOVA

6.1.1 Αμάρανθος (*Amaranthus hypochondiacus*)

Μεταχειρίσεις	Ύψος φυτών (m)	Χλωρό Βάρος (g/m^2)	Χλωρό Βάρος Στελεχών (g/m^2)	Χλωρό Βάρος Καρποταξιών (g/m^2)	Ξηρό Βάρος (g/m^2)	Ξηρό Βάρος Στελεχών (g/m^2)	Ξηρό Βάρος Καρποταξιών (g/m^2)
A	1,467	2664	1941	723	581	423	158
B	1,543	3236	2419	817	706	528	178
C	1,4	3114	2415	699	665	516	150
D	1,45	3009	2303	706	645	494	151
ΕΣΔ$_{,05}$	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV %	9,3	32,3	30,6	49,1	28,5	26,8	46,6

6.1.2 Chia (*Salvia hispanica L.*)

Μεταχειρίσεις	**Ύψος φυτών (m)**	**Χλωρό Βάρος (g/m^2)**	**Χλωρό Βάρος Στελεχών (g/m^2)**	**Χλωρό Βάρος Καρπού (g/m^2)**	**Ξηρό Βάρος (g/m^2)**	**Ξηρό Βάρος Στελεχών (g/m^2)**	**Ξηρό Βάρος Καρπού (g/m^2)**
A	1,6	1425	1272	153	331	295	35,9
B	1,727	1933	1763	171	477	434	42,2
C	1,683	1481	1289	192	381	331	50
D	1,703	1980	1827	152	453	420	33,5
$ΕΣΔ_{,05}$	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV %	6,5	33,8	31,9	68	38,1	36,1	73,7

6.1.3 Άσπρο Σουσάμι (*Sesamum indicum)*

Μεταχειρίσεις	Ύψος φυτών (m)	Χλωρό Βάρος (g/m^2)	Χλωρό Βάρος Στελεχών (g/m^2)	Χλωρό Βάρος Καρπού (g/m^2)	Ξηρό Βάρος (g/m^2)	Ξηρό Βάρος Στελεχών (g/m^2)	Ξηρό Βάρος Καρπού (g/m^2)	Ξηρό Βάρος Σπόρου (g/m^2)
A	1,483	972	600	372	227	140	87	38
B	1,55	1029	652	377	247	157	90	37,3
C	1,45	889	520	368	212	124	88	31,3
D	1,55	945	646	298	225	151	73	35,3
$ΕΣΔ_{,05}$	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV %	9,2	32,3	36,4	44,9	32,9	38,8	42,8	30,5

6.1.4 Μαύρο Σουσάμι (*Sesamum radiatum)*

Μεταχειρίσεις	Ύψος φυτών (m)	Χλωρό Βάρος (g/m^2)	Χλωρό Βάρος Στελεχών (g/m^2)	Χλωρό Βάρος Καρπού (g/m^2)	Ξηρό Βάρος (g/m^2)	Ξηρό Βάρος Στελεχών (g/m^2)	Ξηρό Βάρος Καρπού (g/m^2)	Ξηρό Βάρος Σπόρου (g/m^2)
A	1,517	1641	1017	625	307	182	125	51,3
B	1,5	779	546	233	141	99	43	21,3
C	1,417	855	678	177	147	116	31	4
D	1,45	1493	817	676	351	188	163	66
ΕΣΔ$_{,05}$	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV %	13	46,3	42	74,2	63,9	48,5	95,7	93,4