



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ & ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ &
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Χρήση των φυτών *Brassica nigra* και *Trigonella foenum-graecum*
για την αντιμετώπιση των κομβονηματωδών (*Meloidogyne* spp.)
σε in situ και in vitro πειράματα

Βασίλειος Κ. Ίβρος

Επιβλέπων Καθηγητής :
Ιωάννης Γιαννακού, Καθηγητής ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ
2022**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ & ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Χρήση των φυτών *Brassica nigra* και *Trigonella foenum-graecum*
για την αντιμετώπιση των κομβοκηματωδών (*Meloidogyne* spp.)
σε in situ και in vitro πειράματα

Use of *Brassica nigra* and *Trigonella foenum-graecum* against Root-Knot
Nematodes (*Meloidogyne* spp.) in situ and in vitro experiments

Βασίλειος Κ. Ίβρος

Εξεταστική επιτροπή:

Ιωάννης Γιαννακού, Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Γεώργιος Παπαδούλης, Καθηγητής Γ.Π.Α

Δημήτριος Μπιλάλης, Καθηγητής Γ.Π.Α

Χρήση των φυτών *Brassica nigra* και *Trigonella foenum-graecum* για την αντιμετώπιση των κομβονηματοδών (*Meloidogyne* spp.) σε in situ και in vitro πειράματα

ΠΜΣ Ολοκληρωμένα Συστήματα Φυτοπροστασίας & Διαχείρισης του Περιβάλλοντος
Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Γεωργικής Εντομολογίας & Ζωολογίας

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε η νηματοδοκτόνος δράση των φυτικών ειδών *Brassica nigra* (μαύρο σινάπι) και *Trigonella foenum-graecum* (τριγωνέλλα) εναντίον των κομβονηματοδών σε in situ και in vitro πειράματα.

Συγκεκριμένα, σε πείραμα αγρού διερευνήθηκε η νηματοδοκτόνος δράση των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* εναντίον των κομβονηματοδών και άλλων νηματωδών εδάφους ενσωματώνοντας στο έδαφος τα φυτικά μέρη των καλλιεργειών. Επίσης, μελετήθηκε ο βαθμός ευπάθειας των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στους κομβονηματοδείς.

Σε πειράματα εργαστηρίου μελετήθηκε α) η ευπάθεια των φυτικών ειδών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* εναντίον του κομβονηματοδών *Meloidogyne javanica*, β) η επίδραση προσθήκης ποσότητας αλεσμένου σπόρου των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στο έδαφος, στην εξέλιξη του βιολογικού κύκλου του *M. javanica*, γ) η παρεμπόδιση εκκόλαψης προνυμφών δευτέρου σταδίου (J2) του κομβονηματοδών *M. javanica* από ωόσακους μετά από έκθεσή τους σε υδατικά εκχυλίσματα από αλεσμένους σπόρους των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* και δ) η παράλυση προνυμφών δευτέρου σταδίου (J2) του κομβονηματοδών *M. javanica* μετά από έκθεσή τους στα υδατικά εκχυλίσματα από αλεσμένους σπόρους των *B. nigra* και *T. foenum-graecum*.

Τα αποτελέσματα στο πείραμα αγρού σε συνδυασμό με το πείραμα εργαστηρίου έδειξαν ότι τα φυτικά είδη *B. nigra* και *T. foenum-graecum* είναι φτωχοί ξενιστές των κομβονηματοδών καθώς ο αριθμός των θηλυκών του *M. javanica* που αναπτύχθηκαν στις ρίζες ήταν μικρός και το ποσοστό ωοτοκίας στο *B. nigra* ήταν μέχρι 7,4% στη μόλυνση με τον μεγαλύτερο αριθμό προνυμφών, ενώ στην *T. foenum-graecum* το ποσοστό ωοτοκίας ήταν κοντά στο 20%.

Στο πείραμα της ενσωμάτωσης των φυτικών μερών των καλλιεργειών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στο έδαφος, τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση της πληθυσμιακής πυκνότητας των κομβονηματοδών και άλλων φυτοπαρασιτικών νηματωδών, αλλά παρατηρήθηκε μείωση της πληθυσμιακής πυκνότητας των νηματωδών ελεύθερης διαβίωσης οι οποίοι είναι ωφέλιμοι. Στο πείραμα εργαστηρίου με την προσθήκη διαφορετικών ποσοτήτων αλεσμένου σπόρου των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στο έδαφος, τα αποτελέσματα έδειξαν ανάπτυξη πολύ μικρού αριθμού θηλυκών του *M. javanica* και με ποσοστά ωοτοκίας στο *B. nigra* μέχρι 5,1% και στην *T. foenum-graecum* μέχρι 6,5% στην μεταχείριση με προσθήκη της μικρότερης συγκέντρωσης αλεσμένου σπόρου.

Τέλος, στα πειράματα εργαστηρίου με δοκιμές υδατικών εκχυλισμάτων διαφορετικών συγκεντρώσεων των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στην εκκόλαψη προνυμφών (J2) από ωόσακους του *M. javanica*, δεν παρουσιάστηκε σημαντική επίδραση στην παρεμπόδιση εκκόλαψης των προνυμφών, σε αντίθεση με την δοκιμή

υδατικών εκχυλισμάτων διαφορετικών συγκεντρώσεων στην παράλυση προνυμφών (J2) του *M. javanica*, όπου στο *B. nigra* προκλήθηκε παράλυση των προνυμφών από τις 4 ώρες έκθεσης και αυξήθηκε σε συνάρτηση με τον χρόνο έκθεσης μέχρι τις 24 ώρες. Στην *T. foenum-graecum* δεν παρουσιάστηκαν υψηλά ποσοστά παράλυσης των προνυμφών (J2).

Επιστημονική περιοχή: Νηματωδολογία

Λέξεις κλειδιά: Κομβονηματώδεις, μαύρο σινάπι, τριγωνέλλα, νηματώδεις ελεύθερης διαβίωσης, ωόσακοι, υδατικά εκχυλίσματα, εκκόλαψη.

Use of *Brassica nigra* and *Trigonella foenum-graecum* against Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.) in situ and in vitro experiments

MSc Integrated Plant Protection & Environmental Management Systems
Department of Faculty of Crop Science
Laboratory of Agricultural Zoology & Entomology

Abstract

In this study, the nematicidal activity of the plant species *Brassica nigra* and *Trigonella foenum-graecum* was investigated against root-knot nematodes in situ and in vitro experiments.

Specifically, in the field experiment the nematicidal activity of *B. nigra* and *T. foenum-graecum* was investigated against root-knot nematodes and other soil nematodes by incorporating parts of plants of the crops on the ground. Also, was studied the vulnerability of *B. nigra* and *T. foenum-graecum* to root-knot nematodes.

In laboratory experiments it was studied a) the vulnerability of the plant species *B. nigra* and *T. foenum-graecum* against to root-knot nematode *Meloidogyne javanica* b) the addition of a milled seeds of *B. nigra* and *T. foenum-graecum* to the soil in its advance of life cycle of *M. javanica*, c) the inhibition of hatching of second stage juveniles (J2) of the root-knot nematode *M. javanica* from egg masses after exposure to aqueous extracts of milled seeds of *B. nigra* and *T. foenum-graecum* and d) paralysis of second stage juveniles (J2) of the root-knot nematode *M. javanica* after exposure to aqueous extracts of milled seeds of *B. nigra* and *T. foenum-graecum*.

The results in the field experiment combined with the laboratory experiment showed that the plant species *B. nigra* and *T. foenum-graecum* are poor hosts of the root-knot nematodes as few *M. javanica* females on the roots developed and the percentage oviposition in *B. nigra* was up to 7,4% in the infection with the highest number of larvae, while in *T. foenum-graecum* the percentage oviposition was close to 20%.

In the experiment of incorporating the parts of plants of *B. nigra* and *T. foenum-graecum* into the soil, the results showed a reduction in the population of root-knot nematodes and other plant - parasitic nematodes but showed a reduction in the population of free-living nematodes which are beneficial. In the laboratory experiment with the addition of different amounts of milled seeds of *B. nigra* and *T. foenum-graecum* to the soil the results showed the development of a few *M. javanica* females and the percentage oviposition in *B. nigra* was up to 5,1% and in *T. foenum-graecum* was up to 6,5% in the treatment with the addition of the lowest concentration of milled seeds.

Finally, in the laboratory experiments with tests of aqueous extracts of different concentrations of *B. nigra* and *T. foenum-graecum* on the juveniles (J2) hatching from egg masses of *M. javanica*, shown no significant effect on the inhibition of juveniles hatching in contrast to the test of aqueous extracts of different concentrations on the paralysis of juveniles (J2) of *M. javanica* juveniles which in *B. nigra* induced paralysis from 4 hours of exposure and increased depending on exposure time up to 24 hours. *T. foenum-graecum* did not show high percentages of juveniles (J2) paralysis.

Scientific area: Nematology

Keywords: Root-knot nematodes, *B. nigra*, *T. foenum-graecum*, free-living nematodes, egg masses, aqueous extracts, inhibition.

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της

Αφιερώνεται στους γονείς μου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.1. ΚΟΜΒΟΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ	4
1.1.1. Ιστορικά στοιχεία και ταξινόμηση του γένους <i>Meloidogyne</i>	4
1.1.2. Είδη, γεωγραφική εξάπλωση και οικονομική σημασία της προσβολής από το γένος <i>Meloidogyne</i>	5
1.1.3. Μορφολογία και βιολογικός κύκλος	8
1.1.3.1. Μορφολογία	8
1.1.3.2. Βιολογικός κύκλος.....	10
1.1.4. Συμπτώματα προσβολής.....	13
1.2. ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΜΒΟΝΗΜΑΤΩΔΩΝ	14
1.2.1. Πρόληψη	14
1.2.2. Καταπολέμηση.....	15
1.2.2.1. Καλλιεργητικά μέτρα	15
1.2.2.2. Χημική καταπολέμηση.....	18
1.2.2.3. Βιολογική καταπολέμηση	21
1.3. ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΔΙΑΒΙΩΣΗΣ	33
1.4. <i>TRIGONELLA FOENUM-GRAECUM</i> L.....	35
1.4.1. Ονομασία, καταγωγή και χρήσεις του φυτού	35
1.4.2. Βοτανική ταξινόμηση και περιγραφή.....	37
1.4.3. Εδαφοκλιματικές συνθήκες και τρόποι καλλιέργειας.....	38
1.4.4. Προβλήματα με νηματώδεις.....	39
1.4.5. Νηματωδοκτόνος δράση του είδους <i>T. foenum-graecum</i> L.....	39
1.5. <i>BRASSICA NIGRA</i> L.	40
1.5.1. Ονομασία, καταγωγή και χρήσεις	40
1.5.2. Βοτανική ταξινόμηση και περιγραφή.....	41
1.5.3. Εδαφοκλιματικές συνθήκες και τρόποι καλλιέργειας.....	42
1.5.4. Νηματωδοκτόνος δράση του φυτού <i>B. nigra</i>	43
2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	44
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	45
3.1. ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΓΡΟΥ.....	45
3.1.1. Τοποθεσία του πειραματικού αγρού.....	45

3.1.2.	Προετοιμασία του εδάφους και εγκατάσταση των καλλιεργειών <i>T. foenum-graecum</i> και <i>B. nigra</i>	46
3.1.3.	Ενσωμάτωση των καλλιεργειών στο έδαφος	48
3.1.4.	Εγκατάσταση καλλιέργειας αραβόσιτου (<i>Zea mays</i>)	48
3.1.5.	Δειγματοληψίες εδάφους και εκτίμηση προσβολής.....	49
3.1.6.	Διαδικασία εξαγωγής νηματωδών από εδαφικό δείγμα	52
3.2.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ	54
3.2.1.	Ανάπτυξη και διατήρηση πληθυσμού του <i>M. javanica</i>	54
3.2.2.	Απομόνωση και παραλαβή προνυμφών δευτέρου σταδίου (J2) <i>M. javanica</i>	54
3.2.3.	Άλεση σπόρων των φυτών <i>B. nigra</i> και <i>T. foenum-graecum</i>	55
3.2.4.	Παραλαβή υδατικών εκχυλισμάτων των <i>B. nigra</i> και <i>T. foenum-graecum</i>	56
3.2.5.	Δοκιμή της ευπάθειας των φυτών <i>B. nigra</i> και <i>T. foenum-graecum</i> στον <i>M. javanica</i>	56
3.2.6.	Δοκιμή επίδρασης αλεσμένου σπόρου των φυτών <i>B. nigra</i> και <i>T. foenum-graecum</i> στον βιολογικό κύκλο του <i>M. Javanica</i>	58
3.2.7.	Δοκιμή επίδρασης των υδατικών φυτικών εκχυλισμάτων των <i>B. nigra</i> και <i>T. foenum-graecum</i> στην εκκόλαψη των προνυμφών (J2) από ωόσακους	61
3.2.8.	Δόκιμη της επίδρασης των υδατικών φυτικών εκχυλισμάτων των <i>B. nigra</i> και <i>T. foenum-graecum</i> στην παράλυση των προνυμφών (J2) του <i>M. javanica</i>	63
3.2.9.	Στατιστική ανάλυση	64
4.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	65
4.1.	ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΓΡΟΥ.....	65
4.1.1.	Δειγματοληψίες εδάφους.....	65
4.1.2.	Εκτίμηση προσβολής	68
4.1.3.	Συμπεράσματα.....	70
4.2.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ	72
4.2.1.	Πείραμα ευπάθειας των φυτών <i>B. nigra</i> και <i>T. foenum-graecum</i> στον <i>M. Javanica</i>	72
4.2.1.1.	<i>B. nigra</i>	72
4.2.1.2.	<i>T. foenum-graecum</i>	77
4.2.1.3.	Συμπεράσματα.....	82
4.2.2.	Επίδραση αλεσμένου σπόρου των φυτών <i>B. nigra</i> και <i>T. foenum-graecum</i> στον βιολογικό κύκλο του <i>M. javanica</i>	83
4.2.2.1.	<i>B. nigra</i>	83

4.2.2.2.	<i>T. foenum-graecum</i>	88
4.2.2.3.	<i>Z. mays</i>	93
4.2.2.4.	Συμπεράσματα.....	98
4.2.3.	Επίδραση των υδατικών εκχυλισμάτων των <i>B. nigra</i> και <i>T. foenum-graecum</i> στην εκκόλαψη προνυμφών (J2) από τους ωόσακους του <i>M. javanica</i>	99
4.2.3.1.	<i>B. nigra</i>	99
4.2.3.2.	<i>T. foenum-graecum</i>	100
4.2.3.3.	<i>Z. mays</i>	101
4.2.3.4.	Συμπεράσματα.....	102
4.2.4.	Επίδραση των υδατικών εκχυλισμάτων των <i>B. nigra</i> και <i>T. foenum-graecum</i> στην παράλυση των προνυμφών (J2) του <i>M. javanica</i>	103
4.2.4.1.	<i>B. nigra</i>	103
4.2.4.2.	<i>T. foenum-graecum</i>	106
4.2.4.3.	<i>Z. mays</i>	109
4.2.4.4.	Συμπεράσματα.....	112
5.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	113
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	116

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΚΟΜΒΟΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ

1.1.1. Ιστορικά στοιχεία και ταξινόμηση του γένους *Meloidogyne*

Οι κομβονηματώδεις (Root-Knot Nematodes) ή ριζοκόμβοι νηματώδεις ανήκουν στο γένος *Meloidogyne* και είναι από τους πιο διαδεδομένους και οικονομικά σημαντικούς νηματώδεις στη γεωργία. Το όνομα *Meloidogyne* προέρχεται από το Ελληνικό «μήλο» και «γυνή» και περιγράφει το σώμα του θηλυκού. Το όνομα *Meloidogyne exigua* δόθηκε από τον Goeldi το 1887 που ερεύνησε προβλήματα από κόμβους σε ρίζες καλλιέργειας καφεόδεντρων στην Βραζιλία και αυτή ήταν η πρώτη έρευνα σε μια οικονομικής σημασίας καλλιέργεια. Έπειτα, το 1949 ο Chitwood άλλαξε την μέχρι τότε ταξινόμηση μετά από μία μορφολογική μελέτη, αφαιρώντας τους κομβονηματώδεις από το γένος *Heterodera* λόγω των διαφορών που είχαν από τους κυστογόνους νηματώδεις και τους κατέταξε στο γένος *Meloidogyne* διατηρώντας την ονομασία που είχε δώσει ο Goeldi. Ο Chitwood επίσης περιέγραψε τα είδη *M. arenaria*, *M. exigua*, *M. incognita*, *M. javanica* και το *M. hapla*. (Moens et al. 2009, Taylor and Sasser, 1978).

Τα είδη του γένους *Meloidogyne* αποτελούν ένα μικρό μέρος από το φύλο Nematoda που περιλαμβάνει παράσιτα του ανθρώπου, των ζώων και των φυτών και ζουν στο έδαφος στο νερό και στην θάλασσα (Taylor and Sasser, 1978).

Βασίλειο (Kingdom): Animalia

Υποβασίλειο (Subkingdom): Metazoa

Φύλο (Phylum): Nematoda

Κλάση (Class): Secernentea

Τάξη (Order): Tylenchida

Οικογένεια (Family): Meloidogynidae

Υποοικογένεια (Subfamily): Meloidogyninae

Γένος (Genus): *Meloidogyne*

1.1.2. Είδη, γεωγραφική εξάπλωση και οικονομική σημασία της προσβολής από το γένος *Meloidogyne*

Το γένος *Meloidogyne* περιλαμβάνει υποχρεωτικά παράσιτα που εξαπλώνονται σε όλο τον κόσμο και παρασιτούν χιλιάδες διαφορετικά είδη φυτών (Moens et al., 2009, Taylor and Sasser, 1978). Τα είδη παρασιτούν οικονομικής σημασίας καλλιέργειες τροφίμων, λαχανικών, φρούτων και καλλωπιστικών φυτών που καλλιεργούνται σε τροπικά, υποτροπικά και εύκρατα κλίματα (Eisenback and Triantaphyllou, 1991). Από το 1887 έως το 1960 είχαν περιγράψει μόνο οκτώ είδη. Τις επόμενες δεκαετίες ο ρυθμός αύξησης της περιγραφής των ειδών ήταν θεαματικός, με 18 είδη να περιγράφονται την δεκαετία του 1960, 6 την δεκαετία του 1970, 30 την δεκαετία του 1980, 22 την δεκαετία του 1990 και 12 την δεκαετία του 2000. Μέχρι σήμερα έχουν περιγράψει πάνω από 90 είδη στο γένος *Meloidogyne* από τα οποία τα 23 έχουν βρεθεί στην Ευρώπη (Hunt and Handoo, 2009). Ωστόσο, 4 είδη από αυτά είναι τα πιο κοινά και διαδεδομένα σε όλο τον κόσμο και προκαλούν μεγαλύτερη ζημιά στις αγροτικές καλλιέργειες απ' όλα τα υπόλοιπα είδη μαζί. Αυτά είναι τα *M. arenaria*, *M. javanica* και *M. incognita* που είναι διαδεδομένα σε θερμότερες περιοχές και σε θερμοκήπια και το είδος *M. hapla* που είναι διαδεδομένο σε ψυχρότερα κλίματα και μεγαλύτερα υψόμετρα. Επίσης, πολύ λίγες αναφορές είναι διαθέσιμες για την παρουσία των ειδών του γένους *Meloidogyne* σε φυσικούς βιότοπους (Wesemael et al., 2011).

Όσον αφορά τον οικονομικό αντίκτυπο που έχουν οι προσβολές από τους κομβονηματώδεις, συχνά αναφέρεται ότι κατά μέσο όρο το 10% της απώλειας σε καλλιέργειες κηπευτικών οφείλεται σε αυτούς (Koenning et al., 1999). Ωστόσο, πολύ υψηλότερα ποσοστά έχουν καταγραφεί σε κατά τόπους περιοχές ανάλογα με το είδος του νηματώδη, το επίπεδο πληθυσμού και το είδος της καλλιέργειας. Οι Sikora and Fernandez (2005) ανέφεραν απώλειες σε ποσοστά άνω του 30% σε τρεις πολύ ευαίσθητες ποικιλίες κηπευτικών (μελιτζάνα, τομάτα, πεπόνι). Από τις ετήσιες οικονομικές απώλειες που υπολογίζονται σε 100 δισεκατομμύρια δολάρια και προκαλούνται από τους νηματώδεις, το γένος *Meloidogyne* ευθύνεται για ένα μεγάλο μέρος αυτών (Hafiza et al., 2016).

Στη χώρα μας έχουν καταγραφεί είδη του γένους *Meloidogyne* σε πολλές περιοχές και με ξενιστές που ανήκουν σχεδόν σε όλες τις οικογένειες, καλλιεργούμενων και μη, φυτικών ειδών. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '90 η

αναγνώριση των ειδών βασιζόταν σε μορφολογικά χαρακτηριστικά ή με διαφορετικές δοκιμές ξενιστών (Tzortzakakis, 2011). Τα τελευταία 20 χρόνια τα είδη που έχουν βρεθεί έχουν ταυτοποιηθεί με μοριακούς ή με βιοχημικούς δείκτες (Tzortzakakis, 2019). Τα είδη που εντοπίστηκαν κατά την περίοδο 1963-1994 και οι ξενιστές που έχουν ανιχνευθεί παρουσιάζονται στον πίνακα 1.1 Στον πίνακα 1.2 παρουσιάζονται τα είδη και οι ξενιστές που εντοπίστηκαν σε καλλιέργειες της Κρήτης και της ηπειρωτικής Ελλάδας την περίοδο 1996-2010 (Tzortzakakis, 2011).

<u>Είδος <i>Meloidogyne</i></u>	<u>Ξενιστής</u>
<i>M. arenaria</i>	Μελιτζάνα, φασόλι, λάχανο, καρότο, καλαμπόκι, αγγούρι, σκόρδο, γεράνι, αμπέλι, υάκινθος, πράσο, μαρούλι, πεπόνι, μπάμια, μαϊντανός, φιστικιά, πελαργόνιο, παπαρούνα, καπνός, ζέρμπερα, τομάτα, πατάτα, πιπεριά, κρίνος.
<i>M. javanica</i>	Αμυγδαλιά, μελιτζάνα, μπανανιά, φασόλι, παντζάρι, καρότο, σέλινο, κυκλάμινο, συκιά, υάκινθος, ακτινιδιά, μπάμια, ελιά, ροδακινιά, πιπεριά, φιστικιά, δαμασκηλιά, ριδιά, τεύτλο, καπνός, τομάτα, αμπέλι.
<i>M. incognita</i>	Αμυγδαλιά, μελιτζάνα, καρότο, βαμβάκι, αγγούρι, συκιά, καπνός, φούξια, γαρδένια, υάκινθος, μπάμια, αμπέλι, πιπεριά, πατάτα, τριανταφυλλιά, ζαχαρότευτλο, τομάτα, καπνός, καρπούζι.
<i>M. artiellia</i>	Σιτάρι
<i>M. exigua</i>	Ροδακινιά
<i>M. hapla</i>	Φασόλι, κυκλάμινο, ακτινιδιά, πράσο, τομάτα

Πίνακας 1.1: Είδη και ξενιστές του γένους *Meloidogyne* που βρέθηκαν στη χώρα μας την περίοδο 1963-1994.

<u>Είδος <i>Meloidogyne</i></u>	<u>Ξενιστής</u>	<u>Περιοχή</u>
<i>M. arenaria</i>	Βάλσαμο, αμπέλι	Κρήτη, Θράκη
<i>M. incognita</i>	Αγγούρι, τομάτα, πιπεριά	Κρήτη, Πελοπόννησος
<i>M. javanica</i>	Μελιτζάνα, βάλσαμο, μπανανιά, φασόλι, λάχανο, γαρυφαλλιά, αγγούρι, αμπέλι, πεπόνι, πατάτα (κόνδυλοι), καλλωπιστικά φυτά, τομάτα	Κρήτη, Ήπειρος, Θεσσαλία, Θράκη, Πελοπόννησος

Πίνακας 1.2: Είδη και ξενιστές του γένους *Meloidogyne* που βρέθηκαν στη χώρα μας την περίοδο 1996-2010.

Οι αναφορές που έχουμε μέχρι σήμερα για τα είδη του γένους *Meloidogyne* και τους ξενιστές τους είναι αρκετές. Το 2009 ανιχνεύθηκε και ταυτοποιήθηκε το είδος *M. ethiopica* σε δύο εδαφικά δείγματα από καλλιέργειες αραβόσιτου και ακτινίδιου στην περιοχή της Καβάλας. Είναι η πρώτη αναφορά του *M. ethiopica* στην Ελλάδα και μόλις η δεύτερη αναφορά του είδους στην Ευρώπη (Conceição et al., 2012). Ωστόσο, το 2014 ένας νέος κομβομηματώδης που παρασιτεί καλλιέργειες λαχανικών και φρούτων στη Βραζιλία, το Ιράν και τη Χιλή και είναι παρόμοιο μορφολογικά είδος με το *M. ethiopica* περιγράφηκε ως *M. luci*. Το 2015 και το 2017 μοριακές μελέτες σε πληθυσμούς ειδών *Meloidogyne* που συλλέχθηκαν στην Ευρώπη προσδιορίστηκαν αρχικά ως *M. ethiopica*, αλλά στην πραγματικότητα αντιστοιχούσαν στο είδος *M. luci* (Carneiro et al., 2014, Gerič stare et al., 2018). Έτσι, όλες οι αναφορές του *M. ethiopica* από την Ευρώπη συμπεριλαμβανομένης και αυτής από την Ελλάδα θα πρέπει να αναφέρονται στο είδος *M. luci* (Tzortzakakis et al., 2019).

Το 2013 σε επαρχία της Δράμας και σε καλλιέργεια ηλίανθου βρέθηκε και ταυτοποιήθηκε το είδος *M. hispanica*. Είναι η πρώτη καταγραφή του είδους *M. hispanica* στην Ελλάδα και η πρώτη καταγραφή μόλυνσης στον ηλίανθο (Tzortzakakis et al., 2014). Επίσης, τα είδη *M. javanica* και *M. incognita* βρέθηκαν να μολύνουν καλλιεργούμενα φυτά αλόης (*Aloe vera*) στο νησί της Κρήτης (Palomares-

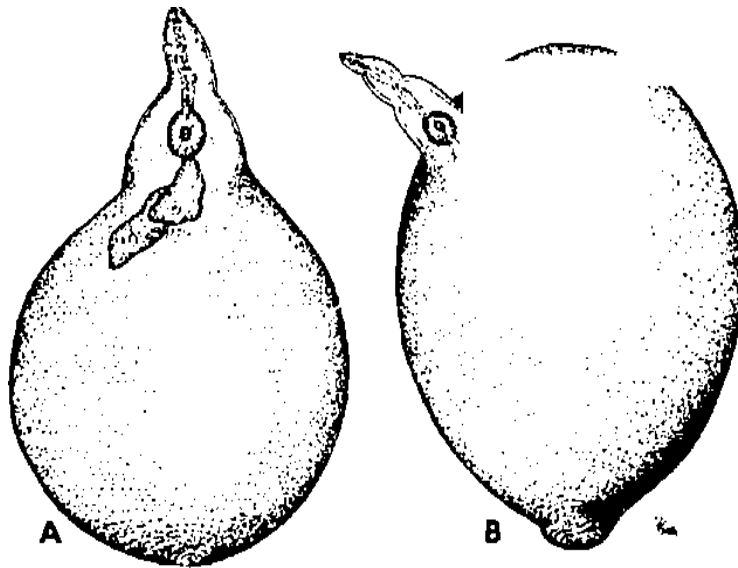
rius et al., 2015). Το 2017 ανιχνεύθηκαν και ταυτοποιήθηκαν σε περιοχές της Κρήτης τα είδη *M. hapla* και *M. javanica* σε δείγματα από καλλιέργεια κρητικού τσαγιού βουνού, γνωστό ως μαλοτήρα. Αυτή είναι η πρώτη αναφορά για την μαλοτήρα ως ξενιστή των ειδών κομβονηματοδών παγκοσμίως. Την ίδια χρονιά σε καλλιεργούμενα φυτά αλόης στο νησί της Άνδρου ανιχνεύθηκε και ταυτοποιήθηκε το είδος *M. hispanica* που αποτελεί την πρώτη αναφορά μόλυνσης του φυτού αλόης από αυτό το είδος στην Ευρώπη. Το 2017 σε περιοχή της Δράμας σε καλλιέργεια αραβόσιτου ταυτοποιήθηκαν τα είδη *M. hispanica* και *M. incognita* και σε καλλιέργεια σόγιας ταυτοποιήθηκε το είδος *M. javanica*. Πρόκειται για την πρώτη αναφορά του είδους *M. hispanica* σε καλλιέργεια αραβόσιτου στην Ευρώπη και για την πρώτη αναφορά στα είδη *M. incognita* και *M. javanica* σε καλλιέργειες αραβόσιτου και σόγιας αντίστοιχα στην Ελλάδα (Tzortzakakis et al., 2019).

Τέλος, το 2018 σε καλλιέργεια λεβάντας (*Lavandula angustifolia*) στην περιοχή της Κοζάνης παρουσιάστηκε προσβολή από κόμβους στις ρίζες. Ο πληθυσμός που απομονώθηκε ταυτοποιήθηκε ως *M. hapla* και αυτή είναι η πρώτη τεκμηριωμένη προσβολή της καλλιέργειας από κομβονηματοδείς (Gonçalves, et al., 2020).

1.1.3. Μορφολογία και βιολογικός κύκλος

1.1.3.1. Μορφολογία

Θηλυκό: Τα ενήλικα θηλυκά έχουν σώμα σφαιρικό με αποσιειδές σχήμα με λευκό μαργαριταρένιο χρώμα. Το μήκος του κυμαίνεται από 0,4 – 1,3 χιλιοστά και πλάτος μεταξύ 0,325-0,7 χιλιοστά. Η επιδερμίδα είναι μέτριου πάχους και παραμένει μαλακή καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του θηλυκού. Ο λαιμός είναι κοντός και προεξέχει. Στα περισσότερα είδη το σώμα του θηλυκού είναι συμμετρικό και ο λαιμός βρίσκεται στην κεντρική γραμμή του σώματος (Εικόνα 1.1 A). Ωστόσο σε ορισμένα είδη ο λαιμός δεν βρίσκεται στην κεντρική γραμμή αλλά ευδιάκριτα στη μία πλευρά του σώματος (Εικόνα 1.1 B) (Eisenback and Triantaphyllou, 1991).



Εικόνα 1.1: Σχήματα σώματος ενήλικων θηλυκών. Α: Απιοειδές σχήμα των περισσότερων θηλυκών με τον λαιμό να βρίσκεται σε ευθεία γραμμή με την έδρα, Β: Τα θηλυκά ορισμένων ειδών με τον λαιμό να είναι υπό γωνία ως προς τον άξονα του σώματος (Taylor and Sasser, 1978).

Το στιλέτο είναι λεπτό και κοντό και το μήκος του είναι 10 – 24 μm ανάλογα με το είδος. Τα περισσότερα είδη έχουν μέσο μήκος στιλέτου 14 – 16 μm . Ο οισοφάγος έχει ένα μυώδη μεσαίο βολβό με εμφανή βαλβίδα. Η γεννητική οπή (vulva) και η έδρα (anus) βρίσκονται στο οπίσθιο τμήμα συνήθως ελαφρά ανυψωμένα (Eisenback and Triantaphyllou, 1991, Eisenback and Hunt, 2009). Τα ωά εναποθέτονται έξω από το σώμα δια μέσου της έδρας σε έναν παχύρευστο, ζελατινώδη, προστατευόμενο ωόσακο που παράγεται από τις εκκρίσεις 6 αδένων (Κύρου, 2004).

Αρσενικό: Τα σκωληκόμορφα μεταναστευτικά ενήλικα αρσενικά ποικίλουν σε μέγεθος, ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που υπάρχουν κατά την ανάπτυξή τους και το μήκος τους κυμαίνεται από 700 -2000 μm . Το στιλέτο είναι ισχυρό και το μήκος του ποικίλει μεταξύ των ειδών από 13 – 30 μm αν και στα περισσότερα είδη έχουν μήκος 18 – 24 μm . Η αρσενική κεφαλή αποτελείται από ένα κάλυμμα κεφαλής που περικλείει έναν χειλικό δίσκο περιβαλλόμενο από πλευρικά και μεσαία χείλη. Ο οισοφάγος έχει ένα μεσαίο βολβό ασθενώς ανεπτυγμένο με ευδιάκριτη βαλβίδα. Η ουρά είναι κοντή, στρογγυλεμένη με διαφοροποίηση στο σχήμα μεταξύ των ειδών (Eisenback and Triantaphyllou, 1991).

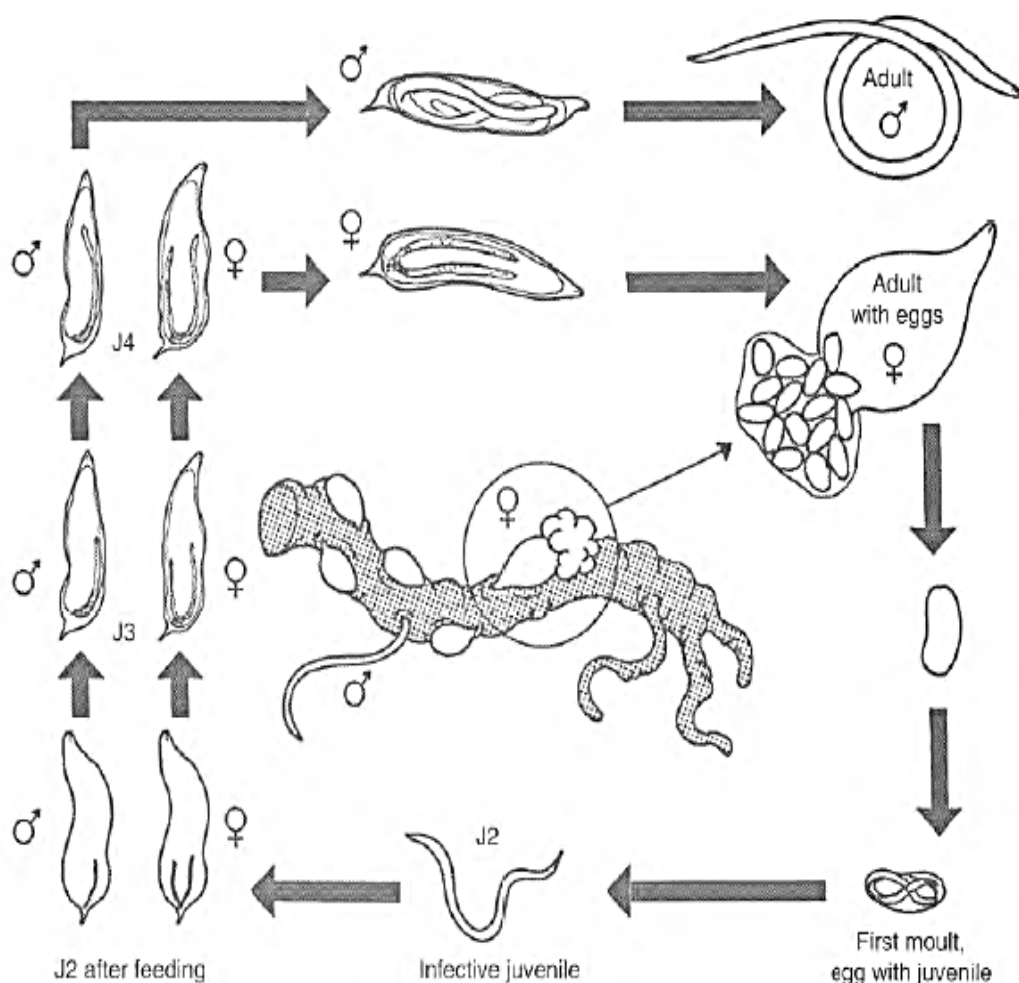
Προνύμφη 2^{ου} σταδίου: Οι μολυσματικές μεταναστευτικές σκωληκόμορφες προνύμφες 2^{ου} σταδίου ποικίλουν σε μήκος σώματος από 300 – 500 μm . Στις νεαρές προνύμφες η κεφαλή έχει τους ίδιους βασικούς χαρακτήρες με τους ενήλικους αρσενικούς. Το στιλέτο είναι λεπτό που κυμαίνεται σε μήκος από 8-18 μm . Η ουρά

είναι κωνοειδής και στρογγυλεμένη, με μήκος 15-100 μm που ποικίλει σημαντικά μεταξύ των ειδών. Το ακραίο τμήμα της ουράς είναι υαλώδες. Ο οισοφάγος έχει έναν καλά καθορισμένο μεσαίο βολβό. Οι προνύμφες 3^{ου} και 4^{ου} σταδίου είναι διογκωμένες χωρίς να κινούνται. Βρίσκονται εγκατεστημένες εντός του ριζικού ιστού και τις χαρακτηρίζει η απουσία στιλέτου (Eisenback and Triantaphyllou, 1991, Κύρου, 2004).

1.1.3.2. Βιολογικός κύκλος

Οι κομβονηματώδεις εμφανίζουν εμφανή σεξουαλικό διμορφισμό. Τα θηλυκά είναι απιοειδή ή σακκόμορφα και τα αρσενικά είναι σκωληκόμορφα (Eisenback and Triantaphyllou, 1991). Ο βιολογικός κύκλος ξεκινάει με ένα ωό το οποίο παράγεται σε έναν ζελατινώδη σάκο, τον ωόσακο από τα ενήλικα θηλυκά που είναι εγκατεστημένα στις ρίζες του φυτού ξενιστή. Ο ωόσακος αυτός μπορεί να βρίσκεται συνήθως στην επιφάνεια ή και εντός του ριζικού ιστού. Σκοπός του είναι να συγκρατεί και να προστατεύει πλήρως τα ωά από αντίξοες εδαφικές συνθήκες, την ξηρασία καθώς και από αρπακτικά. Έχουν βρεθεί περισσότερα από 1000 ωά σε έναν ωόσακο που μπορεί σε μέγεθος να ξεπερνά αυτό του σώματος του ενήλικου θηλυκού. Από τα ωά εκκολάπτονται προνύμφες 2^{ου} σταδίου καθώς οι προνύμφες 1^{ου} σταδίου πραγματοποιούν την έκδυση εντός του ωού. Η προνύμφη 2^{ου} σταδίου που είναι σκωληκόμορφη και μολυσματική μπορεί να μην εγκαταλείψει αμέσως τον ωόσακο. Συνήθως υπάρχουν μερικές εκκολαφθείσες προνύμφες στον ωόσακο μαζί με ωά σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης (Taylor and Sasser, 1978). Αφού εξέρχεται από τον ωόσακο, μετακινείται στο έδαφος αναζητώντας ρίζες από φυτά ξενιστές με τις οποίες θα τραφεί. Η αναζήτηση των προνυμφών εντός του εδάφους είναι τυχαία μέχρι να φτάσουν σε απόσταση 2-10 εκατοστά από τη ρίζα κάποιου φυτού και μέσω ουσιών που προέρχονται από τη ρίζα καθοδηγούνται άμεσα προς την άκρη της οπού οι ιστοί είναι τρυφεροί (Eisenback and Triantaphyllou, 1991). Οι προνύμφες κινούνται διαμέσου του φυτικού ιστού και με το στιλέτο τους εγκαθίστανται σε μη διαφοροποιημένες αγγειώδης περιοχές. Στη θέση αυτή εκχέονται τοξικές εκκρίσεις από τους οισοφαγικούς αδένες. Αυτές οι εκκρίσεις προκαλούν γύρω από την κεφαλή τον σχηματισμό γιγαντιαίων κυττάρων (syncytia) που αποτελούν και τη μόνιμη θέση διατροφής τους (Κύρου, 2004). Ταυτόχρονα, παρατηρείται υπερπλασία κυττάρων γύρω από την κεφαλή της προνύμφης συνοδευόμενη από τη μεγέθυνση της ρίζας σχηματίζοντας ευδιάκριτους όζους (κόμβους) (Taylor and Sasser, 1978). Σε μικρές

ρίζες οι κόμποι περιέχουν ένα μόνο θηλυκό, είναι στρογγυλοί και έχουν διάμετρο 1-3 χιλιοστά. Στη συνέχεια γίνεται η δεύτερη έκδυση μετά από κατάλληλες συνθήκες και προκύπτει η προνύμφη 3^{ου} σταδίου. Τέλος, πραγματοποιούνται 2 εκδύσεις ακόμα και προκύπτει η προνύμφη 4^{ου} σταδίου και το ενήλικο (Moens et al., 2009). Το θηλυκό συνεχίζει να τρέφεται για το υπόλοιπο της ζωής του. Το αρσενικό μετά την τελευταία έκδυση μεταμορφώνεται σε σκωληκόμορφο όπου θα αφήσει τη ρίζα και θα κινηθεί ελεύθερα στο έδαφος χωρίς να τρέφεται (Εικόνα 1.2), (Moens et al., 2009).



Εικόνα 1.2: Διάγραμμα του κύκλου ζωής των κομβοηματοδών (*Meloidogyne*). J2: Προνύμφη 2^{ου} σταδίου. J3: Προνύμφη 3^{ου} σταδίου. J4: Προνύμφη 4^{ου} σταδίου. (Moens et al., 2009).

Στους νηματώδεις του γένους *Meloidogyne* η αναπαραγωγή μπορεί να γίνει χωρίς την γονιμοποίηση του θηλυκού (παρθενογενετικώς) ή με την παρουσία αρσενικού (αμφιμικτικώς) (Κύρου, 2004). Έτσι, ανάλογα με τον τρόπο αναπαραγωγής του είδους το αρσενικό μπορεί να αναζητήσει θηλυκό ή να παραμείνει στο έδαφος και τελικά να πεθάνει (Eisenback and Triantaphyllou, 1991).

Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου και τα διάφορα στάδια ανάπτυξης του γένους *Meloidogyne* εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες και κυρίως από την θερμοκρασία και την καταλληλότητα του φυτού ξενιστή (Κύρου, 2004). Η ανάπτυξη από τη γέννηση του ωού μέχρι την εκκόλαψη χρειάζεται 9 μέρες σε θερμοκρασία 27⁰C και 31 μέρες σε θερμοκρασία 16,5⁰C. Γενικά ο βιολογικός κύκλος μπορεί να συμπληρωθεί σε έδαφος με θερμοκρασία 14 - 32⁰C με άριστη τους 27⁰C. Σε κάποια είδη σε θερμοκρασίες 10 - 12⁰C η αναπαραγωγή αναχαιτίζεται. Θερμοκρασίες πάνω από 40⁰C μπορεί να είναι θανατηφόρες αν οι νηματώδεις εκτεθούν για πολύ χρόνο σε αυτές. Προνύμφες που εκκολάπτονται κάτω από ευνοϊκές συνθήκες βρίσκουν ξενιστές και αρχίζουν και αναπτύσσονται σε λίγες μέρες. Άλλες προνύμφες που εκκολάπτονται αργά το φθινόπωρο όπου οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες, μπορεί να επιζήσουν το χειμώνα και να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο την επόμενη άνοιξη. Η διάρκεια ζωής των θηλυκών μπορεί να διαρκέσει 2-3 μήνες ενώ αυτή των αρσενικών είναι πολύ μικρότερη (Taylor and Sasser, 1978, Κύρου, 2004, Eisenback and Triantaphyllou, 1991).

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω η διάρκεια του βιολογικού κύκλου εξαρτάται κυρίως από την θερμοκρασία. Είδη όπως ο *M. hapla* που είναι ψυχρού κλίματος χρειάζονται χαμηλότερες θερμοκρασίες για την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου τους σε σχέση με τα *M. javanica*, *M. arenaria* και *M. incognita* που εμφανίζονται σε θερμότερα κλίματα. Στο *M. incognita* η διάρκεια του βιολογικού κύκλου και η βέλτιστη θερμοκρασία ποικίλει σε διαφορετικές καλλιέργειες. Ενδεικτικά, σε φυτά καπνού (*Nicotiana tabacum*) και σε θερμοκρασία 28⁰C ο βιολογικός κύκλος συμπληρώνεται σε 30 ημέρες ενώ σε φυτά τομάτας (*Solanum lycopersicum*) και σε θερμοκρασία 20⁰C σε 57 ημέρες. Το *M. arenaria* δραστηριοποιείται σε θερμοκρασίες 18 - 27⁰C ενώ δεν επιβιώνει σε κλίματα με μέση θερμοκρασία μικρότερη των 12⁰C. Ο βιολογικός κύκλος του *M. javanica* συμπληρώνεται στην τομάτα με την έναρξη του σχηματισμού του ωόσακου σε 22 - 27 ημέρες σε βέλτιστες θερμοκρασίες 21 - 27⁰C. Για το *M. hapla* οι βέλτιστες θερμοκρασίες για την εκκόλαψη κυμαίνονται από 15 - 25⁰C. Γενικά σε θερμοκρασίες άνω των 40⁰C και κάτω των 5⁰C υπάρχει μικρότερη δραστηριότητα σε οποιοδήποτε είδος του γένους *Meloidogyne*. Από πολλούς ερευνητές παρατηρήθηκε ότι οι περισσότεροι κόμβοι δημιουργούνται σε θερμοκρασίες 25 - 30⁰C (Taylor and Sasser, 1978, Κύρου, 2004).

Τα είδη του γένους *Meloidogyne* έχουν την ανάγκη υγρασίας σε όλα τα στάδια ανάπτυξής τους. Συνθήκες ξηρασίας και μεγάλης υγρασίας επιβραδύνουν ή αναχαιτίζουν την εκκόλαψή τους. Μετά από μία παρατεταμένη περίοδο ξηρασίας κατά την οποία το έμβρυο συνεχίζει να αναπτύσσεται, η εκκόλαψη θα πραγματοποιηθεί όταν οι ωόσακοι βρεθούν ξανά σε υγρό περιβάλλον (Taylor and Sasser, 1978).

1.1.4. Συμπτώματα προσβολής

Το βασικό και χαρακτηριστικό σύμπτωμα των φυτών τα οποία είναι προσβεβλημένα από είδη του γένους *Meloidogyne* είναι ο σχηματισμός κόμβων (εξογκωμάτων) στις ρίζες (Εικόνα 1.3). Σοβαρές προσβολές χαρακτηρίζονται από μεγάλη παρουσία κόμβων σε όλη την ριζόσφαιρα (Κύρου, 2004). Οι ρίζες είναι πιο κοντές σε σύγκριση με τα υγιή φυτά και στην προσβεβλημένη περιοχή υπάρχει έκπτυξη πολλών πλαγίων ριζιδίων. Οι κόμβοι στις ρίζες έχουν σαν αποτέλεσμα την καθυστέρηση της ανάπτυξης του φυτού λόγω της παρεμπόδισης μετακίνησης νερού και της πρόσληψης των αναγκαίων θρεπτικών συστατικών από το έδαφος (Taylor and Sasser, 1978). Τα υπέργεια συμπτώματα σε μολυσμένα φυτά είναι η αργή ή καθυστερημένη ανάπτυξη, μαράνσεις κατά την διάρκεια των θερμών ωρών της ημέρας που επανέρχονται τη νύχτα, χλώρωση των φύλλων, τροφοπενίες λόγω της ανεπάρκειας απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων και σε μεγάλες προσβολές επέρχεται ξήρανση των φυτών (Hafiza et al., 2016). Επιπρόσθετα, περιορίζεται η καρποφορία και η απόδοση των φυτών με αποτέλεσμα σημαντικές απώλειες στην παραγωγή. Τα προκαλούμενα συμπτώματα στο υπέργειο τμήμα των φυτών εξαρτώνται σημαντικά από την πυκνότητα του πληθυσμού των νηματωδών στις ρίζες, το είδος του ξενιστή, την ποσότητα υγρασίας και την επάρκεια θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος (Κύρου, 2004).

Εκτός από τις άμεσες και τις έμμεσες επιδράσεις στην ανάπτυξη των φυτών οι κομβοηματοδείς είναι υπεύθυνοι για δευτερογενείς προσβολές από μύκητες και βακτήρια που μπορεί να εισβάλλουν στο φυτό και να προκαλέσουν σημαντικές ασθένειες (Hafiza et al., 2016). Αλληλεπιδράσεις μεταξύ *Meloidogyne* και *Fusarium sp* ή *Rhizoctonia solani* έχουν αναφερθεί σε πολλές καλλιέργειες. Οι προσβολές των κομβοηματοδών μειώνουν ή καταστρέφουν την αντίσταση των φυτών σε ασθένειες που προκαλούνται από άλλους οργανισμούς (Wesemael et al., 2011).



Εικόνα 1.3: Προσβεβλημένες ρίζες φυτού πιπεριάς (*Capsicum annuum*) από κομβονηματούδεις (*Meloidogyne*), Changkwian et al., 2019.

1.2. ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΜΒΟΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

Τα υποχρεωτικά φυτικά παράσιτα του γένους *Meloidogyne* αποτελούν σημαντική απειλή για τις καλλιέργειες σε όλο τον κόσμο προκαλώντας σοβαρή ζημιά στις ρίζες και στην απόδοση της παραγωγής των καλλιεργειών. Για να εξασφαλισθεί η απόδοση και η κερδοφορία της παραγωγής υπάρχει επιτακτική ανάγκη πρόληψης και ελέγχου αυτών των παθογόνων (Dahlin et al., 2019). Η διαχείριση των νηματωδών περιλαμβάνει δύο κατευθύνσεις: α) την πρόληψη της εισαγωγής νηματωδών στο έδαφος της καλλιέργειας και β) την μείωση ή εξάλειψη της προσβολής στην καλλιέργεια (Collange et al., 2011).

1.2.1. Πρόληψη

Η αποφυγή της εισαγωγής προσβολών από κομβονηματούδεις απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και πρέπει να τηρούνται συγκεκριμένοι κανόνες. Οι κομβονηματούδεις μπορούν να μεταφερθούν και να εξαπλωθούν σε μία περιοχή από τις ανθρώπινες δραστηριότητες όπως είναι η μεταφορά μολυσμένου εδάφους, τα υπολείμματα καλλιεργειών που παραμένουν στο έδαφος και μέσω του νερού (Collange et al., 2011). Μπορούν επίσης να μεταφερθούν από μία μολυσμένη περιοχή σε μία υγιή, όπως και από μια χώρα σε μια άλλη με την μεταφορά μολυσμένου φυτικού υλικού. Οι κομβονηματούδεις μπορεί να υπάρχουν σε βολβούς, κονδύλους και σε ρίζες. Το εθνικό και διεθνές εμπόριο που τα τελευταία χρόνια γίνεται πιο εντατικό αυξάνει τον κίνδυνο μεταφοράς και εξάπλωσης νέων ειδών. Η Ευρωπαϊκή

Ένωση έχει χαρακτηρίσει ως οργανισμούς καραντίνας τους *M. chitwood* και *M. fallax* οι οποίοι είναι σημαντικά παράσιτα σε οικονομικής σημασίας καλλιέργειες όπως η πατάτα. Αυτό σημαίνει ότι οι κόνδυλοι πατάτας θα πρέπει να είναι απαλλαγμένοι από αυτούς τους νηματώδεις για να τους επιτραπεί η εισαγωγή τους στην Ε.Ε. (Wesemael et al., 2011).

Ένας σημαντικός κίνδυνος για την μεταφορά των νηματωδών από μια μολυσμένη περιοχή σε μία άλλη αποτελούν τα γεωργικά μηχανήματα, μέσω των οποίων μεταφέρονται μολυσμένο έδαφος και υπολείμματα ριζών που προσκολλώνται σε αυτά. Για τον λόγο αυτό συνιστάται ο καλός καθαρισμός και η απολύμανση των γεωργικών μηχανημάτων και εργαλείων ώστε να αποφεύγεται η μεταφορά νηματωδών (Collange et al., 2011). Ένα μέτρο παρακολούθησης της παρουσίας και του επιπέδου του πληθυσμού των νηματωδών είναι οι δειγματοληψίες εδάφους στην καλλιέργεια, μέσω των οποίων μπορεί να γίνει η έγκαιρη διάγνωση (Wesemael et al., 2011).

1.2.2. Καταπολέμηση

1.2.2.1. Καλλιεργητικά μέτρα

Αμειψισπορά

Η αμειψισπορά είναι μια σημαντική μέθοδος μείωσης των κομβονηματωδών εναλλάσσοντας ευπαθείς καλλιέργειες με καλλιέργειες που είναι μη ξενιστές ή ανθεκτικές στο είδος του νηματώδη. Ωστόσο, λόγω του ευρέως φάσματος ξενιστών των διαφόρων ειδών κομβονηματωδών η επιλογή εναλλακτικής καλλιέργειας είναι περιορισμένη. Σε μολυσμένες καλλιέργειες στην Ευρώπη από *M. chitwood* και *M. fallax* οι διαθέσιμες επιλογές καλλιεργειών για αμειψισπορά είναι λιγοστές (Wesemael et al., 2011). Ωστόσο, η καλλιέργεια του φυτού κατιφέ (*Tagetes* spp) τόσο σε θερμοκήπια όσο και σε αγρούς είχε σημαντικά αποτελέσματα στην μείωση πληθυσμών κομβονηματωδών, χαρακτηρίζοντας τον κατιφέ ως φυτό μη-ξενιστή και καθιστώντας τον ως σημαντική επιλογή καλλιέργειας για αμειψισπορά (Wesemael & Moens, 2008b).

Αγρανάπαυση

Οι κομβονηματώδεις είναι υποχρεωτικά παράσιτα και για να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο είναι απαραίτητη η παρουσία ξενιστή. Ο πληθυσμός των κομβονηματωδών μειώνεται σημαντικά κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου όπως και σε περιόδους αγρανάπαυσης (Wesemael & Moens, 2008a; Wesemael et al., 2011). Ένας σημαντικός παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την αγρανάπαυση σαν σύστημα ελέγχου των κομβονηματωδών είναι η παρουσία ζιζανίων. Ορισμένα ζιζάνια είναι ξενιστές των κομβονηματωδών και αν δεν απομακρυνθούν ή καταστραφούν σε περιόδους αγρανάπαυσης υπάρχει πιθανότητα να έχουμε αύξηση των πληθυσμών (Collange et al., 2011).

Ανθεκτικές ποικιλίες

Ως ανθεκτικές ποικιλίες χαρακτηρίζονται φυτά που περιορίζουν ή αναστέλλουν την αναπαραγωγή ενός ή περισσότερων ειδών του γένους *Meloidogyne*. Για να είναι χρήσιμες οι ανθεκτικές ποικιλίες θα πρέπει να αναστέλλουν την αναπαραγωγή των κομβονηματωδών σε ποσοστό 90% σε σχέση με τις ευαίσθητες ποικιλίες. Η ανθεκτικότητα εκφράζεται είτε με την παρεμπόδιση της εισόδου των προνυμφών στις ρίζες, είτε με την θανάτωση μεγάλου ποσοστού προνυμφών μετά την είσοδό τους (Taylor & Sasser, 1978). Ανθεκτικότητα κατά του γένους *Meloidogyne* έχει αναφερθεί σε πολλές καλλιέργειες με χαρακτηριστικό παράδειγμα την ανθεκτικότητα έναντι των ειδών *M. javanica*, *M. incognita* και *M. arenaria* σε καλλιέργειες τομάτας που φέρουν το γονίδιο *Mi* (Wesemael et al., 2011). Η ανθεκτικότητα αυτή όμως αναστέλλεται σε υψηλές εδαφικές θερμοκρασίες (>28°C). Στην πιπεριά η ανθεκτικότητα βασίζεται στο γονίδιο *N* και σε 5 κυρίαρχα γονίδια *Me* (*Me1* – *Me5*) (Ντάλλη, 2010).

Από το 1994 έως το 2013 έχουν καταγραφεί 13 μολυσματικοί πληθυσμοί κομβονηματωδών (11 πληθυσμοί *M. javanica* και 2 *M. incognita*) σε ανθεκτικά υβρίδια τομάτας που περιείχαν το γονίδιο *Mi*. Οι πληθυσμοί βρέθηκαν σε πέντε διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας. Από αυτούς τους πληθυσμούς 7 βρέθηκαν στην Κρήτη (6 πληθυσμοί *M. javanica* και 1 *M. incognita*), 4 πληθυσμοί *M. javanica* βρέθηκαν στην Ήπειρο, 1 πληθυσμός *M. incognita* βρέθηκε στην Μακεδονία και 1 πληθυσμός *M. javanica* βρέθηκε στην Θράκη. Το 2013 - 2014 εντοπίστηκαν 6 ακόμα πληθυσμοί (4 του *M. javanica* και 2 του *M. incognita*), που σπάζουν την ανθεκτικότητα των φυτών τομάτας προερχόμενοι από θερμοκήπια παραγωγής κηπευτικών στην περιοχή της Κρήτης. Εκτός από την Ελλάδα, πληθυσμοί *M.*

javanica και *M. incognita* που σπάζουν την ανθεκτικότητα έχουν βρεθεί και σε άλλες χώρες της Μεσογείου (Κύπρος, Γαλλία, Ισπανία, Ιταλία κ.α.) με την πλειοψηφία τους να είναι του *M. javanica* (Tzortzakakis et al., 2016).

Φυτά παγίδες

Σκοπός της μεθόδου είναι η μείωση του αρχικού πληθυσμού των κομβονηματωδών πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας. Επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση φυτών που είναι ξενιστές και ιδιαίτερα ευπαθή στους κομβονηματώδεις. Τα φυτά αυτά θα εκριζωθούν και θα καταστραφούν σε χρονικό διάστημα που θα έχει πραγματοποιηθεί η είσοδος και η εγκατάσταση των προνυμφών στις ρίζες τους (Ντάλλη, 2010).

Απολύμανση εδάφους με θερμότητα

Η απολύμανση εδάφους με θέρμανση έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα στη θανάτωση νηματωδών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο τρόπος, α) με εισαγωγή ατμού στο έδαφος και β) με δέσμευση της ηλιακής θερμότητας ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία του εδάφους (Collange et al., 2011).

Ατμός: Η εφαρμογή ατμού στο έδαφος προϋποθέτει την σωστή επεξεργασία του εδάφους πριν την εφαρμογή του. Το έδαφος πρέπει να έχει υψηλό πορώδες ώστε να επιτρέπει την διείσδυση του ατμού σε βάθος 30 – 40 εκατοστά. Για να μπορεί να γίνει εφαρμογή σε μεγάλη έκταση, μέχρι και 400 m², θα πρέπει το έδαφος να καλυφθεί με χοντρό πλαστικό ώστε ο ατμός που εισάγεται από την συσκευή να παραμένει στο έδαφος με σκοπό την θανάτωση των νηματωδών. Θερμοκρασία 80⁰C σε διάστημα 4 - 5 ωρών έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα (Collange et al., 2011). Η μέθοδος αυτή έχει υψηλό κόστος και συνήθως εφαρμόζεται σε θερμοκήπια σε καλλιέργειες υψηλής οικονομικής αξίας. Επίσης, ένας άλλος λόγος εφαρμογής μόνο σε θερμοκήπια είναι ότι η μέθοδος αυτή δεν έχει πάντα ικανοποιητικά αποτελέσματα στον αγρό λόγω της μετακίνησης των νηματωδών σε βαθύτερα στρώματα εδάφους (Wesemael et al., 2011).

Ηλιοαπολύμανση: Με την μέθοδο της ηλιοαπολύμανσης αποσκοπούμε στην μείωση του πληθυσμού των κομβονηματωδών χρησιμοποιώντας την ηλιακή ακτινοβολία για την αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους με φυσικό τρόπο (Collange et al., 2011). Για την παγίδευση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη

μεγιστοποίηση της διατήρησης της θερμότητας χρειάζεται να καλύψουμε το έδαφος με διάφανο πλαστικό πολυαιθυλενίου.

Το έδαφος καλύπτεται με διάφανο πλαστικό κατά την θερινή περίοδο για διάστημα τουλάχιστον 2 εβδομάδων. Εδάφη με υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού ενισχύουν την μεταφορά θερμότητας σε βαθύτερα στρώματα (Hafiza et al., 2016). Η ηλιοαπολύμανση απαιτεί μεγάλες περιόδους έντονης ηλιοφάνειας και επομένως εφαρμόζεται κατά τους θερινούς μήνες σε περιοχές που είναι επαρκής η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Wesemael et al., 2011). Χρειάζονται πάνω από 75 ημέρες για θανάτωση όλων των νηματωδών σε 40°C αλλά μόνο 24 ημέρες σε 43°C. Στο μεσογειακό κλίμα μπορεί να ξεκινήσει η ηλιοαπολύμανση στα μέσα Ιουνίου και να διατηρηθεί για 5-6 εβδομάδες. Με αυτές τις συνθήκες μπορούν να επιτευχθούν θερμοκρασίες εδάφους πάνω από 45 °C για μεγάλο χρονικό διάστημα (Collange et al., 2011).

1.2.2.2. Χημική καταπολέμηση

Τα χημικά νηματοδοκτόνα μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα καπνιστικά και τα μη καπνιστικά.

Καπνιστικά

Χημική καταπολέμηση με καπνιστικά εδάφους εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στα τέλη του δεκάτου ενάτου αιώνα. Μετά το τέλος του Α΄ Παγκοσμίου πολέμου ανακαλύπτεται η χλωροπικρίνη με πολύ σημαντική αποτελεσματικότητα σε όλους τους μικροοργανισμούς του εδάφους συμπεριλαμβανομένων και των νηματωδών. Αργότερα εμφανίζεται το Βρωμιούχο μεθύλιο, ένα ισχυρό απολυμαντικό που σε συνδυασμό με τη χλωροπικρίνη έχει εξαιρετικά αποτελέσματα ακόμα και σε πολύ ανθεκτικούς μικροοργανισμούς του εδάφους (Κύρου, 2004). Το Βρωμιούχο μεθύλιο παρέμενε το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο καπνιστικό εδάφους λόγω της αποτελεσματικότητάς του μέχρι και το 2005, όπου και απαγορεύτηκε η χρήση του λόγω της καταστροφής που προκαλεί στο όζον της στρατόσφαιρας. Τα καπνιστικά εδάφους λόγω μεγάλης φυτοτοξικότητας εφαρμόζονται πριν από την εγκατάσταση της καλλιέργειας (Ornot and Sorribas, 2008). Η αποτελεσματικότητά τους αυξάνεται σε έδαφος με καλή αποστράγγιση και σε θερμοκρασίες άνω των 15,5°C (Noling, 2019).

Μη καπνιστικά

Τα μη καπνιστικά νηματωδοκτόνα εφαρμόζονται σε υγρή μορφή ή με την μορφή κόκκων στο έδαφος. Η δράση τους είναι εξ επαφής ή διασυστηματική στο φυτό και μπορούν να εφαρμοστούν όχι μόνον πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας αλλά και μετά τη φύτευση (Ornot and Sorribas, 2008). Η κατανομή τους στο έδαφος πρέπει να είναι ομοιόμορφη με τρόπο που να έρχονται εύκολα σε επαφή με τους νηματώδεις (Hafiza et al., 2016). Η εφαρμογή στο έδαφος των κοκκωδών νηματωδοκτόνων γίνεται με ρίψεις με το χέρι και στη συνέχεια ενσωματώνονται στο έδαφος με τη βοήθεια φρέζας, ενώ των υδατοδιαλυτών σκευασμάτων εφαρμόζονται με ψεκασμό ή με πότισμα. Στην κατηγορία των μη καπνιστικών νηματωδοκτόνων περιλαμβάνονται σκευάσματα με μέτρια φυτοτοξικότητα που προλαμβάνουν την είσοδο των νηματωδών στο φυτό ή επιφέρουν την θανάτωσή τους ακόμα και αν εισέλθουν σε αυτό. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στην ομάδα των καρβαμιδικών, που περιλαμβάνει νηματωδοκτόνα με διασυστηματική δράση και στην ομάδα των οργανοφωσφορικών που περιλαμβάνει νηματωδοκτόνα με διασυστηματική ή μη δράση (Κύρου, 2004).

Η αυξανόμενη ανησυχία για τα υπολείμματα φυτοφαρμάκων στην τροφική αλυσίδα και οι κίνδυνοι που εγκυμονούν για τον άνθρωπο καθώς και οι δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και σε οργανισμούς μη στόχους, οδήγησε στην απαγόρευση και απόσυρση πολλών δραστικών ενώσεων (Oka, 2020, Wesemael et al., 2011). Από την κατηγορία των καρβαμιδικών κάποιες από αυτές τις ενώσεις είναι: το Aldicarb που καταργήθηκε σταδιακά από το 2015 και το Fenamiphos που είχε έγκριση μέχρι τέλος Ιουλίου του 2021. Από την άλλη το Oxamyl (διασυστηματικό καρβαμιδικό) εξακολουθεί να έχει έγκριση ως νηματωδοκτόνο σε πολλές χώρες συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας λόγω της γρήγορης διάσπασής του στο έδαφος. Από την κατηγορία των οργανοφωσφορικών νηματωδοκτόνων που έχουν έγκριση και χρησιμοποιούνται και στη χώρα μας είναι το Fosthiazate (Oka, 2020). Στον πίνακα 1.3 παρουσιάζονται τα εγκεκριμένα σκευάσματα και οι δραστικές ουσίες που έχουν έγκριση κυκλοφορίας στη χώρα μας.

ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΟΝΟΜΑ	ΕΓΓΥΗΜΕΝΗ ΣΥΝΘΕΣΗ	ΜΟΡΦΗ ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΟΣ
NEMATHORIN 10 G	FOSTHIAZATE	GR
NEMATHORIN 100 G	FOSTHIAZATE	EC
VYDATE 5 G	OXAMYL	GR
VYDATE 10 G	OXAMYL	GR
VYDATE 10 SL	OXAMYL	SL
VYDATE MAX	OXAMYL	GR
AFROMYL 10 SL	OXAMYL	SL
OXAMYL ASCENZA 10 SL	OXAMYL	SL
OLREDY 10 SL	OXAMYL	SL
NEMATYL 10 SL	OXAMYL	SL
NEMADATE 10 SL	OXAMYL	SL
VELUM PRIME	FLYOPYRAM	SC
BASAMID	DAZOMET	MG

Πίνακας 1.3: Εγκεκριμένα νηματωδοκτόνα που κυκλοφορούν στη χώρα μας (www.minagric.gr).

1.2.2.3. Βιολογική καταπολέμηση

Βακτήρια και μύκητες

Ο Βιολογικός έλεγχος των κομβονηματωδών με φυσικούς εχθρούς είναι μια υποσχόμενη μέθοδος καταπολέμησης. Τα αποτελέσματα μπορούν να επιτευχθούν με ανταγωνιστές οι οποίοι μπορούν να αποικίσουν το έδαφος και να παραμένουν ενεργοί. Αυτοί οι ανταγωνιστές είναι μύκητες και βακτήρια που τρέφονται ή παρασιτούν τους κομβονηματώδεις (Collange, et al., 2011). Η ανταγωνιστική δράση ασκείται μέσω διαφόρων μηχανισμών. Τα μη παθογόνα βακτήρια ανταγωνίζονται τους κομβονηματώδεις είτε προκαλώντας την συστηματική αντίσταση του φυτού, είτε εξουδετερώνοντας τις ουσίες που προσελκύουν τους νηματώδεις, είτε αποικίζοντας τις ρίζες εμποδίζοντας με αυτόν τον τρόπο την είσοδο στους νηματώδεις (Lamondsek, 2013). Οι ανταγωνιστικοί μύκητες αναπτύσσουν διαφορετικούς μηχανισμούς δράσης για τον έλεγχο των νηματωδών. Κάποιοι μύκητες παγιδεύουν τους νηματώδεις αναπτύσσοντας ειδικές μυκλιακές δομές ως μορφή παγίδας. Αυτές οι δομές προσκολλώνται στην επιδερμίδα των νηματωδών. Ωστόσο υπάρχουν και κάποιοι ενδοπαρασιτικοί μύκητες που ενεργούν ως παράσιτα και αναπτύσσονται στο εσωτερικό των νηματωδών (Brand, 2010). Οι ανταγωνιστικοί μύκητες των κομβονηματωδών έχουν την ικανότητα να προσβάλλουν και να τρέφονται από τους νηματώδεις όταν αυτοί βρίσκονται στο στάδιο του ενηλίκου, της προνύμφης και του ωού (Ayalew, 2014).

Οι πιο γνωστοί μύκητες παγίδευσης νηματωδών είναι οι *Arthrobotrys spp.* και οι *Monacrosporium spp.* και διαφέρουν ως προς τον τρόπο παγίδευσής τους (Collange, et al., 2011). Με διχτυωτές παγίδες οι *Arthrobotrys oligospora* και *A. superba*, με συσφικτικούς δακτυλίους οι *A. dactyloides* και *A. anchonia* και με κολλώδεις παγίδες ο *Monacrosporium cionopragum*. Η προσθήκη του *A. dactyloides* στο έδαφος προσέφερε προστασία για 2,5 μήνες ενάντια στον *M. incognita*. Οι πιο σημαντικοί μύκητες που είναι παράσιτα ωών ανήκουν στα γένη *Purpureocillium* και *Pochonia* (Tranier, 2014). Ο μύκητας *Pochonia chlamydosporia* ήταν αποτελεσματικός έναντι του *M. javanica* σε καλλιέργειες κηπευτικών (Tzortzakakis and Petsas, 2003). Ευρέως χρησιμοποιούμενος σε προϊόντα ελέγχου που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι ο μύκητας *Purpureocillium lilacinus* (*Paecilomyces lilacinus*). Έχει την ικανότητα να μολύνει προνύμφες και τα εγκατεστημένα στις ρίζες θηλυκά αλλά είναι πιο επιθετικό και αποτελεσματικό εναντίων των ωών (Brand et al.,

2010). Έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να ελέγξει επιτυχώς τους κομβοηματοδείς *M. javanica* και *M. incognita* σε καλλιέργειες κηπευτικών (Tranier, 2014). Στη χώρα μας έχει άδεια κυκλοφορίας το εγκεκριμένο σκεύασμα με το εμπορικό όνομα: Bioact prime dc και με εγγυημένη σύνθεση: *Purpureocillium lilacinus strain 251* (former *Raecilomyces lilacinus strain 251*) (www.minagric.gr). Ένας άλλος παράγοντας βιολογικού ελέγχου είναι οι μυκορριζικοί μύκητες. Η συμβιωτική σχέση μεταξύ των ριζών των φυτών και των μυκήτων ονομάζεται μυκόρριζα. Ο σχηματισμός τους πραγματοποιείται είτε στην επιφάνεια της ρίζας (εκτομυκόρριζες) είτε εντός των ριζών (ενδομυκόρριζες) (Lamonšek, 2013). Το μυκουλιακό δίκτυο των μυκορριζών επεκτείνεται εξωτερικά στο έδαφος και εσωτερικά στους ιστούς των φυτών εξασφαλίζοντας άφθονα θρεπτικά στοιχεία για τις ρίζες-ξενιστές λόγω του μεγάλου όγκου εδάφους που καταλαμβάνουν. Έτσι, οι νηματώδεις αυτών των ριζών ανταγωνίζονται στα θρεπτικά συστατικά και παρεμποδίζεται η ανάπτυξή τους από ένα φυτό που γίνεται πολύ ανθεκτικό λόγω της βελτιωμένης θρέψης που του προσφέρουν οι μυκόρριζες (Tranier, 2014). Επίσης, η συμβίωση της ενδομυκόρριζας επηρεάζει την εκκόλαψη των ωών και παρασιτεί τα θηλυκά και τα ωά του νηματώδη. Ο ενδομυκορριζικός μύκητας *Glomus mosseae* έχει αποδειχθεί ότι έχει πολύ καλά αποτελέσματα στον έλεγχο των κομβοηματοδών (Lamonšek, 2013). Τέλος υπάρχουν κάποιοι μύκητες που παράγουν νηματοδοκτόνες ενώσεις. Ενώσεις που παράγονται από τον μύκητα *Myrothecium verrucaria* αναστέλλουν την ανάπτυξη των νηματωδών, μειώνουν την εκκόλαψη των ωών και μπορούν να θανατώσουν τους νηματώδεις (Lamonšek, 2013). Πολύ καλά αποτελέσματα έναντι των νηματωδών έχουν ενώσεις που παράγονται από τον μύκητα *Trichoderma harzianum* (Tranier, 2014). Κάποια είδη *Aspergillus* (*A. niger*, *A. fumigates*, *A. terreus*) έχουν πολύ καλά αποτελέσματα έναντι των προνυμφών του *Meloidogyne incognita* (Collange et al., 2011).

Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις συνυπάρχουν στην ριζόσφαιρα των φυτών με ανταγωνιστικά βακτήρια που επηρεάζουν τον βιολογικό τους κύκλο και τα περισσότερα από αυτά είναι σαπροφυτικά (Lamonšek, 2013). Τα βακτήρια χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: α) στα ενδοπαράσιτα βακτήρια νηματωδών και β) στα ριζοβακτήρια (Brand et al., 2010). Το πιο κοινό ενδοπαράσιτο βακτήριο που έχει αποδειχθεί αποτελεσματικό στην βιολογική αντιμετώπιση του γένους *Meloidogyne* είναι το *Pasteria penetrans*. Τα ενδοσπόρια του είναι πολύ ανθεκτικά και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (Lamonšek, 2013). Τα ριζοβακτήρια μπορούν να ενισχύσουν

την ανάπτυξη των φυτών με αποτέλεσμα την αντίσταση του φυτού έναντι των κομβοηματοδών (Ayalew, 2014) Το βακτήριο *Pseudomonas fluorescens* αποδείχτηκε αποτελεσματικό στον έλεγχο εναντίον του *M. incognita*. Μείωσε το επίπεδο προσβολής και ενίσχυσε την ανάπτυξη των φυτών προκαλώντας την θνησιμότητα των προνυμφών του *M. incognita* (Hashem and Abo-Elyousr, 2011). Ο *Bacillus firmus* έχει αποτελεσματικότητα εναντίον των κομβοηματοδών μειώνοντας σημαντικά τον αριθμό των ωών και των ενήλικων θηλυκών του *M. incognita* σε καλλιέργεια τομάτας (Kumar et al., 2021).

Στον πίνακα 1.4 παρουσιάζονται τα εγκεκριμένα σκευάσματα που περιέχουν τον *Bacillus firmus* και έχουν έγκριση κυκλοφορίας στη χώρα μας.

ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΟΝΟΜΑ	ΕΓΓΥΗΜΕΝΗ ΣΥΝΘΕΣΗ	ΜΟΡΦΗ ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΟΣ
FLOCTER 5 WP	<i>BACILLUS FIRMUS</i> i-1582	WP
VOTIVO	<i>BACILLUS FIRMUS</i> i-1582	FS

Πίνακας 1.4: Εγκεκριμένα σκευάσματα που κυκλοφορούν στη χώρα μας και περιέχουν τον *Bacillus firmus* (www.minaric.gr).

Βιοκαπνισμός

Τα τελευταία χρόνια μέσω της οδηγίας 2009/128/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, ενθαρρύνεται η αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων ασφαλέστερων και φιλικών προς το περιβάλλον με σκοπό τη μείωση και τη σταδιακή κατάργηση χημικών φυτοπροστατευτικών προϊόντων με υψηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Μετά την απαγόρευση του Βρωμιούχου μεθυλίου και τον περιορισμό χρήσης άλλων χημικών καπνιστικών εδάφους, ο βιοκαπνισμός εφαρμόζεται ως μία εναλλακτική λύση ασφαλέστερη για τα τρόφιμα και φιλική προς το περιβάλλον για την διαχείριση των φυτοπαρασιτικών νηματωδών. Με τον όρο βιοκαπνισμός αναφερόμαστε στη διαδικασία της απελευθέρωσης τοξικών πτητικών ουσιών που προκύπτουν από την αποσύνθεση στο έδαφος οργανικής ύλης όπως είναι τα υπολείμματα φυτικών ιστών ή ριζών, με αποτέλεσμα την τοξική δράση εναντίον των νηματωδών, παθογόνων εδάφους ή ζιζανίων (Kirkegaard and Sarwar, 1998). Η αποτελεσματικότητα του βιοκαπνισμού είναι αυξημένη όταν ο συνδυασμός

οργανικής ύλης, αυξημένης θερμοκρασία εδάφους και υψηλής σχετικής υγρασίας είναι βέλτιστος (Ploeg and Stapleton, 2001).

Πολλές μελέτες έχουν γίνει για την οικογένεια Brassicaceae (Σταυρανθή) για τη χρήση τους στον βιοκαπνισμό για την διαχείριση των φυτοπαρασιτικών νηματωδών και συγκεκριμένα των κομβονηματωδών. Η οικογένεια Brassicaceae είναι μια πολυπληθής οικογένεια που αποτελείται από περίπου 350 γένη και από 3500 είδη φυτών και χρησιμοποιούνται για την ζιζανιοκτόνο, μυκητοκτόνο, εντομοκτόνο και νηματωδοκτόνο δράση τους. Βελτιώνουν επίσης την δομή και διατηρούν τα θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος (Rosa et al., 1997). Οι αρχικές αναφορές για την θετική επίδραση των φυτών της οικογένειας Brassicaceae χρονολογούνται από το 1925, όταν πυκνότητα πληθυσμού νηματωδών που εκτέθηκε σε υπολείμματα φυτών μουστάρδας μειώθηκε σημαντικά (Morgan, 1925). Η αποτελεσματικότητα στη διαχείριση των κομβονηματωδών οφείλεται στις ισοθειοκυανιούχες ενώσεις που απελευθερώνονται στο έδαφος όταν οι γλυκοσινολικές ουσίες που υπάρχουν στα υπολείμματα αυτών των καλλιεργειών υδρολύονται (Kirkegaard et al., 1993, Matthiessen and Kirkegaard, 2006). Ο τύπος και η συγκέντρωση των γλυκοσινολικών ουσιών ποικίλει μεταξύ των ειδών, των ποικιλιών, καθώς και μεταξύ των ιστών σε μία ποικιλία. Επιπλέον, το στάδιο ανάπτυξης του φυτού επηρεάζει την συγκέντρωση των γλυκοσινολικών ουσιών (Bellostas et al., 2004, Bellostas et al., 2007). Τέλος, η καλλιεργητική περίοδος επηρεάζει την συγκέντρωση των γλυκοσινολικών ουσιών σε υπό κάλυψη καλλιέργειες του γένους *Brassica*. Συγκεκριμένα, περισσότερη παραγωγή γλυκοσινολικών ουσιών επιτεύχθηκε το καλοκαίρι λόγω της αύξησης των θερμοκρασιών που βοήθησε στην ανάπτυξη και στην παραγωγή μεγαλύτερης βιομάζας (Ngala et al., 2015).

Η εφαρμογή των καλλιεργειών του γένους *Brassica* για τη μέθοδο του βιοκαπνισμού γίνεται: α) με κοπή και ενσωμάτωση των φυτικών μερών στα ανώτερα στρώματα του εδάφους ως εδαφοβελτιωτικό (χλωρή λίπανση), β) ως καλλιέργειες καλύψεως/αμιψεισπορά επειδή είναι φτωχοί ξενιστές των νηματωδών. Επιπρόσθετα χρησιμοποιούνται σαν καλλιέργειες - παγίδα (που διεγείρουν την εκκόλαψη και την δραστηριότητα των φυτοπαρασιτικών νηματωδών χωρίς να επιτρέπουν την αναπαραγωγή τους για τον έλεγχο του νηματώδη *Heterodera schachtii* (Hafez and Sundararaj, 2009).

Αρκετές έρευνες σε πειράματα πεδίου φυτών του γένους *Brassica* έχουν αποδείξει την σημαντική μείωση του πληθυσμού των κομβονηματωδών μέσω του

βιοκαπνισμού. Η ενσωμάτωση του *B.napus* (ελαιοκράμβη) μείωσε σημαντικά τον πληθυσμό του *M. chitwood* στο έδαφος και προστάτευσε την καλλιέργεια πατάτας (Mojtahedi et al., 1993). Οι Ploeg and Stapleton (2001), έδειξαν ότι τα φύλλα μπρόκολου (*B. oleraceae var. italica*) μείωσαν τον πληθυσμό των *M. incognita* και *M. javanica* σε καλλιέργεια πεπονιού σε θερμοκρασίες 25, 30 και 35⁰C. Αντίθετα στους 20⁰C απέτυχε να τους ελέγξει. Ομοίως, οι Lopez-Perez et al. (2005) έδειξαν ότι η χρήση φυτών μπρόκολου (*B. oleraceae var. italica*) για βιοκαπνισμό σε θερμοκρασίες 25⁰C είχε μεγάλη αποτελεσματικότητα σε κόμβους ριζών του *M. incognita* σε φυτά τομάτας. Οι Rudolf et al. (2015) έδειξαν ότι ο πληθυσμός του *M.incognita* μειώθηκε σημαντικά σε φυτά πιπεριάς αφού είχε προηγηθεί στο έδαφος εφαρμογή με καλλιέργεια καλύψεως με μπρόκολο (*B. oleraceae var. italica*). Τέλος, οι Muiru et al. (2017) ενσωμάτωσαν τις καλλιέργειες λευκής μουστάρδας (*Sinapis alba*) και ρόκας (*Eruca sativa*) στο έδαφος σε πειράματα θερμοκηπίου και αγρού και εξέτασαν την επίδρασή τους ενάντια στον *M. incognita* σε καλλιέργεια πράσινου φασολιού. Τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση του πληθυσμού των νηματωδών σε πολύ υψηλά ποσοστά που έφτασαν το 90% στο θερμοκήπιο και το 67% στον αγρό.

Σημαντικά είδη του γένους *Brassica* που έχουν χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο των νηματωδών και έχουν βιοκαπνιστικές ιδιότητες είναι:

- *Brassica oleraceae* (μπρόκολο, λάχανο, κουνουπίδι, λάχανο Βρυξελλών)
- *Brassica napus* (σπόροι ελαιοκάμβρης)
- *Brassica rapa* (γογγύλι)
- *Brassica raphanus* (ραπανακι)
- *Brassica campestris* (μουστάρδα αγρού)
- *Brassica juncea* (Ινδική μουστάρδα)
- *Sinapis alba* (λευκή και κίτρινη μουστάρδα)
- *Brassica nigra* (μαύρη μουστάρδα)
- *Brassica carinata* (μουστάρδα Αιθιοπίας)
- *Eruca sativa* (ρόκα)

(Furie et al., 2016)

Για να χαρακτηριστεί μια καλλιέργεια αποτελεσματική ως προς τον έλεγχο φυτοπαρασιτικών νηματωδών θα πρέπει να μην είναι καλός ξενιστής των νηματωδών και να μειώνει τον πληθυσμό μετά την ενσωμάτωση της καλλιέργειας στο έδαφος. Οι Edwards and Ploeg (2014), δοκίμασαν την ευαισθησία 32 ποικιλιών από 8 είδη της οικογένειας Brassicaceae έναντι τριών ειδών κομβονηματωδών. Ο σκοπός ήταν να μελετηθεί κατά πόσο αυτές οι ποικιλίες είναι καλοί ξενιστές των κομβονηματωδών. Οι δοκιμές έγιναν με μόλυνση των 32 ποικιλιών και μίας ευαίσθητης σε κομβονηματώδεις ποικιλίας τομάτας, με τα είδη *M. incognita*, *M. javanica* και *M. hapla*. Όσον αφορά τους *M. incognita* και *M. javanica* τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια σε όλες τις ποικιλίες. Πολύ καλοί ξενιστές αποδείχθηκε το *B. rapa* (γογγύλι) και το *B. juncea* (Ινδική μουστάρδα), ενώ φτωχοί ξενιστές αποδείχθηκαν οι περισσότερες ποικιλίες του *R. sativus* (ραπανάκι) και το *E. Sativa* (ρόκα). Καμία ποικιλία από τα είδη αυτά δεν ήταν απαλλαγμένη από κόμπους στις ρίζες. Όσον αφορά το *M. hapla*, καλοί ξενιστές αποδείχθηκαν ποικιλίες του *R. sativus* (ραπανάκι) ενώ φτωχός ξενιστής ήταν το *E. sativa*. Καμία ποικιλία δεν ήταν απαλλαγμένη από κόμβους στις ρίζες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι περισσότερες ποικιλίες του γένους *Brassica* που χρησιμοποιούνται για βιοκαπνισμό είναι ευαίσθητες στους κομβονηματώδεις θέτοντας σε κίνδυνο την αύξηση της πληθυσμιακής πυκνότητας των κομβονηματωδών. Έτσι, για την αποφυγή της ανεπιθύμητης αύξησης της πληθυσμιακής πυκνότητας των κομβονηματωδών συστήνεται η χρήση των ποικιλιών που είναι φτωχότεροι ή μη ξενιστές αυτών. Αν και η χρήση μη ξενιστή δεν θα βοηθήσει στην αναπαραγωγή και την αύξηση του πληθυσμού των νηματωδών, το πρόβλημα που θα μπορούσε να δημιουργηθεί είναι ότι αυτές οι ποικιλίες δεν θα διεγείρουν την εκκόλαψη προνυμφών δευτέρου σταδίου που είναι το πιο ευάλωτο στάδιο στον βιοκαπνισμό, από τα ωά (Ploeg, 2008).

Εκτός από τα φυτά του γένους *Brassica*, διάφορα φυτά έχουν ερευνηθεί για τη δράση τους ενάντια στους φυτοπαρασιτικούς νηματώδεις. Οι Mohtahedi et al. (1993) ήταν από τους πρώτους που έδειξαν την τοξικότητα του *Sorghum* (σόργο) και του *Sudangrass* (Σουδανόχορτο) αφού ενσωματωθούν στο έδαφος, έναντι των νηματωδών *M. hapla* και *M. chitwoodi*. Τα αποτελέσματα της ενσωμάτωσης έδειξαν σημαντική μείωση του πληθυσμού σε φυτά τομάτας. Επίσης το σόργο και το Σουδανόχορτο έχουν αποδειχτεί ότι είναι φτωχός ξενιστής των φυτοπαρασιτικών νηματωδών. Το Σουδανόχορτο έχει χρησιμοποιηθεί ως καλλιέργεια κάλυψης με θετικά αποτελέσματα κατά του *M. hapla* σε καλλιέργεια μαρουλιού (Viaene et al.,

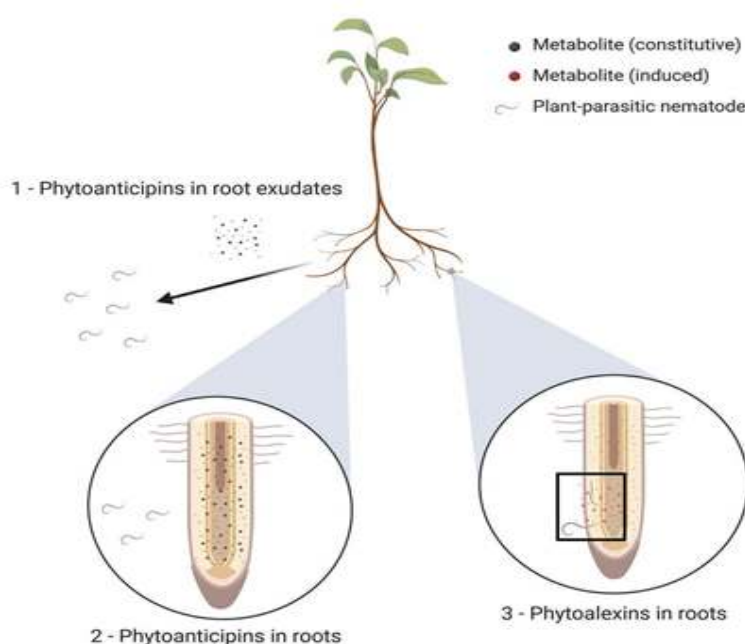
1998). Πολλές έρευνες έχουν διεξαχθεί για την αξιολόγηση του κατιφέ (*Tagetes spp.*) ως βιοκαπνιστική καλλιέργεια για την διαχείριση των φυτοπαρασιτικών νηματωδών. Τα είδη *Tagetes erecta* (Αφρικάνικος κατιφές), *T. patula* (Γαλλικός κατιφές) και *T. minuta* (άγριος κατιφές) έχουν δείξει κατασταλτικές επιδράσεις έναντι των κομβονηματωδών. Τα είδη του κατιφέ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καλλιέργεια κάλυψης, αμειψισποράς και ως χλωρή λίπανση (Hooks et al., 2010). Οι Abid and Maqbool (1990) έδειξαν την σημαντική μείωση του πληθυσμού του *M. javanica* σε καλλιέργεια τομάτας με συνδυασμένη καλλιέργεια του *T. erecta*. Οι Otira et al. (2009), χρησιμοποίησαν τα *T.patula* και *T. minuta* ως καλλιέργεια κάλυψης και εξέτασαν την επίδρασή τους ενάντια στους κομβονηματώδεις σε φυτά τομάτας. Η ζημιά από κόμβους στις ρίζες ήταν σημαντικά μειωμένη στα φυτά τομάτας. Ομοίως οι Sipes and Arakaki (1997) δοκίμασαν την επίδραση του *T. erecta* ως καλλιέργεια κάλυψης ενάντια του *M. javanica* σε καλλιέργεια κολοκάσι (*Colocasia esculenta*). Το αποτέλεσμα ήταν η μείωση της πυκνότητας πληθυσμού νηματωδών στο κολοκάσι. Τέλος οι Abawi and Vogel (2000) έδειξαν την μειωμένη προσβολή από *M. hapla* σε καλλιέργεια μαρουλιού αφού πρώτα είχε καλλιεργηθεί το *T. patula* και είχε ενσωματωθεί στο έδαφος ως χλωρή λίπανση.

Φυσικές ουσίες φυτικής προέλευσης

Έντονο ενδιαφέρον για τη βιολογική δράση εναντίον των κομβονηματωδών παρουσιάζουν φυσικές ουσίες φυτικής προέλευσης και προϊόντα του δευτερογενούς μεταβολισμού που παράγονται από τα φυτά (Andres et al., 2012). Η μειωμένη τοξικότητα αυτών των ουσιών στο περιβάλλον και στον άνθρωπο καθώς και η μικρή υπολειμματική διάρκεια και γρήγορη αποδόμησή τους, βοηθά στη χρήση τους ως φυτοπροστατευτικό προϊόν (Chitwood, 2002). Οι φυτικοί μεταβολίτες μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες, τους πρωτογενείς και τους δευτερογενείς μεταβολίτες. Οι πρωτογενείς μεταβολίτες εμπλέκονται με το σχηματισμό νέων κυττάρων και απαιτούνται για την ανάπτυξη του φυτού, ενώ οι δευτερογενείς μεταβολίτες συμβάλλουν σε διαδικασίες όπως η αντίσταση σε παράσιτα και ασθένειες, η προσέλκυση επικονιαστών και η ανοχή στο αβιοτικό στρες (Seigler, 1998, Hartmann, 2007). Ωστόσο κάποιοι μεταβολίτες έχουν ιδιότητες τόσο των πρωτογενών όσο και των δευτερογενών μεταβολιτών (Seigler, 1998). Τα φυτά διαθέτουν εκτεταμένο δευτερογενή μεταβολισμό ικανό να παράγει τεράστια ποικιλία μεταβολιτών και

θεωρείται ότι υπάρχουν περισσότεροι από 200.000 φυτικοί δευτερογενείς μεταβολίτες (Viant et al., 2017).

Οι βιοκτόνοι δευτερογενείς μεταβολίτες που παράγονται από τα φυτά ως προστασία από παράσιτα και παθογόνα χωρίζονται σε φυτοαντισιπίνες και φυτοαλεξίνες. Οι φυτοαντισιπίνες ορίζονται ως αμυντικές ενώσεις που υπάρχουν ανεξάρτητα από την παρουσία παρασίτων ή ασθενειών, ενώ οι φυτοαλεξίνες συσσωρεύονται μόνο με την παρουσία παρασίτου ή παθογόνου (Εικόνα 1.4) (VanEtten et al., 1994).



Εικόνα 1.4: Οι μεταβολίτες που εκκρίνουν οι ρίζες στο περιβάλλον (1) και οι μεταβολίτες που υπάρχουν στους φυτικούς ιστούς (2) ονομάζονται φυτοαντισιπίνες, ενώ οι μεταβολίτες που παράγονται κατά την διείσδυση των νηματωδών ονομάζονται φυτοαλεξίνες (3) (Desmedt, 2020).

Οι φυτικές ενώσεις με δράση εναντίον των νηματωδών ανήκουν σε διάφορες κατηγορίες δευτερογενών μεταβολιτών όπως: φαινολικές ενώσεις, τερπένια, σαπωνίνες, αλκαλοειδή, βενζοξαζίνες και γλυκοσινολικά. Ωστόσο ορισμένες ενώσεις θα μπορούσαν να τοποθετηθούν σε περισσότερες από μία κατηγορίες. Αν και όλα τα φυτικά είδη παράγουν πολλαπλές κατηγορίες δευτερογενών μεταβολιτών υπάρχει μια ομαδοποίηση ανά οικογένεια φυτών και συγκεκριμένων κατηγοριών αμυντικών μεταβολιτών. Για παράδειγμα, οι αμυντικές ενώσεις της οικογένειας Fabaceae είναι συχνά φλαβονοειδή, οι φυτοαλεξίνες των Malvaceae και Solanaceae είναι συχνά τερπενοειδή και τα γλυκοσινολικά είναι μοναδικά της οικογένειας Brassicaceae (Desmedt, 2020).

Φλαβονοειδή

Τα φλαβονοειδή είναι η μεγαλύτερη οικογένεια φαινολικών δευτερογενών μεταβολιτών με περισσότερα από 10.000 αναγνωρισμένα μέλη. Εμπλέκονται για πάρα πολύ καιρό στην αντίσταση των φυτών σε παράσιτα και ασθένειες και είναι από τους πιο ευρέως μελετημένους δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτών σε σχέση με την αντίσταση στους φυτοπαρασιτικούς νηματώδεις. Πειράματα In vitro έδειξαν ότι αρκετά κοινά φλαβονοειδή έχουν δράση κατά των νηματωδών. Η καμφερόλη αναστέλλει την εκκόλαψη των ωών του *Radopholus similis* ενώ η βαλανοκετόνη, και η μυρικετίνη είναι απωθητικές και παραλυτικές (όχι νηματωδοκτόνες) για τις προνύμφες του *M.incognita*. Τα φλαβονοειδή έχουν μελετηθεί εκτενέστερα σε σχέση με τις αλληλεπιδράσεις φυτών – νηματωδών στην οικογένεια Fabaceae, τα μέλη της οποίας παράγουν διάφορα ισοφλαβονοειδή και πετεροκαρπάνες (φυτοαλεξίνες που προέρχονται από ισοφλαβονοειδή) ως αντίδραση στη μόλυνση (Desmedt, 2020).

Τανίνες

Οι τανίνες είναι μια ετερογενή ομάδα πολυφαινολικών ενώσεων. Χωρίζονται συνήθως σε δύο υποομάδες, τις υδρολύσιμες και τις συμπυκνωμένες τανίνες. Σχετίζονται με την αντίσταση των φυτών ενάντια στα φυτοφάγα έντομα, ωστόσο αρκετές μελέτες έχουν δείξει συσχέτιση της συσσώρευσης τανινών και αντίστασης στους νηματώδεις. Στην μπανάνα (*Musa sp*), μια ανθεκτική ποικιλία έναντι του *R. similis* περιείχε υψηλότερες συγκεντρώσεις συμπυκνωμένης τανίνης σε σχέση με ευαίσθητες ποικιλίες μετά την μόλυνση με τον νηματώδη (Barbehen and Peter, 2011). Επίσης έχει προταθεί ένας συσχετισμός των τανινών εναντίον του νηματώδη του πεύκου *Bursaphelenchus xylophilus*. Ο ρυθμός ανάπτυξης του *B. xylophilus* μειώθηκε όταν εκτέθηκε σε χυμούς φλοιώματος 8 ειδών πεύκου που περιείχαν συμπυκνωμένες τανίνες (Primetel et al., 2017).

Τερπενοειδή

Τα τερπενοειδή είναι η πιο ποικιλόμορφη κατηγορία φυτικών δευτερογενών μεταβολιτών με περισσότερες από 60.000 αναγνωρισμένες ενώσεις που έχουν ήδη αναγνωριστεί (Pazouki and Niimetst, 2016). Η πιο ευρέως μελετημένη ομάδα τερπενοειδών στις αλληλεπιδράσεις φυτών – νηματωδών είναι οι τερπενοειδής αλδεΐδες του βαμβακιού (*Gossypium sp*) οι οποίες περιλαμβάνουν την γκοσυπόλη και τα παράγωγά της. Ο ρόλος των τερπενοειδών αλδεϊδών στην αντίσταση του βαμβακιού έναντι του *M. incognita* έχει μελετηθεί εκτενώς. Ο Desmedt (2020) ανέφερε ότι μια ανθεκτική ποικιλία βαμβακιού παρήγαγε υψηλότερα επίπεδα

γκοσυπόλης στη ριζόσφαιρα από μία ευαίσθητη. Στην πιπεριά (*C. annuum*) οι συγκεντρώσεις διάφορων τερπενίων στα εκκρίματα της ρίζας είχαν αποθητικές ή ελκυστικές επιδράσεις στο *M. incognita* γεγονός που δείχνει τον ρόλο που μπορεί να παίζουν τα τερπένια στους νηματώδεις, ενισχύοντας ή αναστέλλοντας την εύρεση του ξενιστή (Kihika et al., 2017). Τα σολανώδη παράγουν διάφορες σεσκιτερπενικές φυτοαλεξίνες των οποίων οι υψηλές συγκεντρώσεις σε ποικιλίες πατάτας έδειξαν αυξημένα επίπεδα αντίστασης στο *Globodera rostochiensis* (Desjardins et al., 1995).

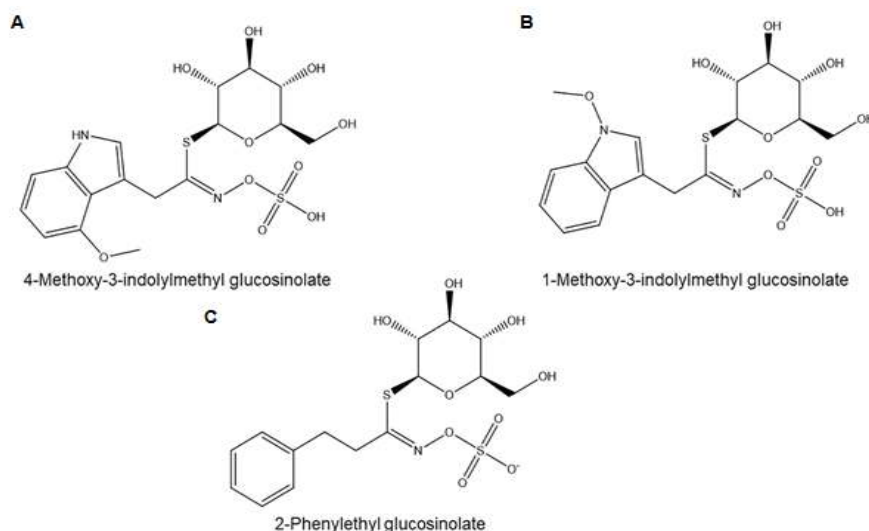
Αλκαλοειδή

Τα αλκαλοειδή είναι μια ετερογενής ομάδα δευτερογενών μεταβολιτών των οποίων το μόνο κοινό είναι ότι περιέχουν τουλάχιστον ένα άτομο αζώτου σε έναν ετεροκυκλικό δακτύλιο. Τα περισσότερα αλκαλοειδή προέρχονται από τα αμινοξέα. Έχουν εντοπιστεί πάνω από 12.000 αλκαλοειδή στο ένα πέμπτο όλων των φυτικών ειδών. Πολλά από αυτά είναι εξαιρετικά τοξικά και παίζουν σημαντικό ρόλο στην άμυνα των φυτών ενάντια στα παράσιτα και τα παθογόνα (Schläger and Dräger, 2016, Mithofer and Boland, 2012). Η Camalexin, η κύρια φυτοαλεξίνη που παράγεται από το φυτό αραβίδοψη (*Arabidopsis thaliana*), έχει μελετηθεί εκτενώς στην αντίσταση της αραβίδοψης σε ένα ευρύ φάσμα παρασίτων και ασθενειών. Επίσης, ο ρόλος την νικοτίνης του κύριου αλκαλοειδούς του καπνού (*Nicotiana tabacum*) στην αντίσταση ενάντια στο *M. incognita* έχει διερευνηθεί. Μία ανθεκτική ποικιλία καπνού συσσώρευσε σημαντικά περισσότερη ποσότητα νικοτίνης σε σχέση με μία ευαίσθητη ποικιλία αφού είχε προηγηθεί μόλυνση με τον *M. incognita* (Davis and Rich, 1987).

Γλυκοσινολικά

Τα φυτά της οικογένειας των Σταυρανθών (Brassicaceae) παράγουν ποικίλα επίπεδα γλυκοσινολικών μεταβολιτών που προέρχονται από την γλυκόζη και ένα αμινοξύ τα οποία χαρακτηρίζονται από την παρουσία ατόμων θείου και αζώτου. Η ενζυμική υδρόλυση των γλυκοσινολικών από την μυροσινάση απελευθερώνει βιοκτόνες ισοθειοκυανικές ενώσεις με κύριο ρόλο στην αντίσταση των φυτών ενάντια των εντόμων και των παθογόνων. Έρευνες in vitro υποδηλώνουν ότι τα γλυκοσινολικά διαθέτουν ισχυρή νηματωδοκτόνο δράση και η χρήση των Brassicaceae στην βιοαπολύμανση μπορεί να είναι μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση για αντικατάσταση της χημικής βιοαπολύμανσης (Van dam et al., 2009). Σε μία έρευνα για την ελαιοκράμβη (*B. napus*) βρέθηκε ότι ο νηματώδης *Pratylenchus penetrans* είχε υψηλή ευπάθεια σε αυξημένη συγκέντρωση ενός συγκεκριμένου γλυκοσινολικού, του γλυκοσινολικού 2-phenylethyl (Εικόνα 1.5) (Potter et al., 1998).

Στην αραβίδωση (*A. thaliana*) η βιοσύνθεση ινδολικών γλυκοσινολικών όπως ο γλυκοσινολικός 4-methoxy-3-indolylmethyl και ο γλυκοσινολικός 1-methoxy-3-indolylmethyl (Εικόνα 1.5), έδειξαν υψηλή ευπάθεια στον *M.incognita* (Teixeira et al., 2016).



Εικόνα 1.5: (A,B) Δύο κύριες ινδολικές γλυκοσινολικές ενώσεις από το *Arabidopsis thaliana*. (C) Γλυκοσινολικό 2-Phenylethyl, ένα κύριο γλυκοσινολικό από το *Brassica napus* (Desmedt, 2020).

Αιθέρια έλαια

Ένα παράδειγμα φυσικών πτητικών ουσιών είναι τα αιθέρια έλαια. Τα αιθέρια έλαια βρίσκονται σε διάφορα φυτά και είναι ένα σύνθετο μίγμα κυρίως τερπενοειδών και μία ποικιλία αρωματικών φαινολών, οξειδίων, αιθέρων, αλκοολών εστέρων, αλδευδών και κετονών που καθορίζουν το χαρακτηριστικό άρωμα και την οσμή του φυτού. Οι χημικές ενώσεις των αιθέρων ελαίων είναι δευτερογενείς μεταβολίτες του φυτού και παίζουν σημαντικό ρόλο στην άμυνά του. Η χημική τους σύσταση μπορεί να ποικίλει σημαντικά μεταξύ των αρωματικών φυτικών ειδών και ποικιλιών αλλά και μεταξύ των ίδιων ποικιλιών φυτών από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές. Φυτά που παράγουν αιθέρια έλαια και ανήκουν στις οικογένειες *Lamiaceae*, *Asteraceae*, *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Rutaceae* και *Poaceae*, έχουν μελετηθεί ευρέως για την δράση τους ενάντια στους κομβονηματώδεις. Ιδιαίτερα έχουν μελετηθεί τα αρωματικά φυτά των γενών *Artemisia*, *Cymbopogon*, *Lavandula*, *Mentha*, *Oreganum*, *Ocimum*, *Rosmarinus*, *Thymus* και αρωματικά δέντρα των γενών *Citrus*, *Eucalyptus*, *Eugenia* και *Melaleuca*. Οι Oka et al. (2000) Ntalli et al. (2011) και Andres et al. (2012) αξιολόγησαν την νηματωδοκτόνο δράση ορισμένων φυτών κατά των *M. javanica* και *M. incognita* (Πίνακας 1.5).

Είδος φυτού	<i>M. javanica</i>	<i>M. incognita</i>	Αναφορά
<i>Artemisia judaica</i>	Ακινητοποίηση J2, μείωση εκκόλαψης ωών		Oka 2000
<i>Cymbopogon citrus</i>	Ακινητοποίηση J2, μείωση εκκόλαψης ωών		Oka 2000
<i>Mentha rotundifolia</i>	Ακινητοποίηση J2, μείωση εκκόλαψης ωών		Oka 2000
<i>Mentha spicata</i>	Ακινητοποίηση J2, μείωση εκκόλαψης ωών		Oka 2000
<i>Eucalyptus meliodora</i>		Υψηλή τοξικότητα J2	Ntalli et al. 2011
<i>Laurus nobilis</i>		Υψηλή τοξικότητα J2	Ntalli et al. 2011
<i>Origanum vulgare</i>		Υψηλή τοξικότητα J2	Ntalli et al. 2011
<i>Origanum dictamnus</i>		Υψηλή τοξικότητα J2	Ntalli et al. 2011
<i>Mentha pulegium</i>		Υψηλή τοξικότητα J2	Ntalli et al. 2011
<i>Pistacia tenebinthus</i>		Υψηλή τοξικότητα J2	Ntalli et al. 2011
<i>Eucalyptus globulus</i>		Υψηλή θνησιμότητα J2	Gupta et al. 2011
<i>Eugenia caryophyllata</i>		Υψηλή θνησιμότητα J2	Meyer et al. 2008
<i>Lippia alba</i>		Υψηλή θνησιμότητα J2	Moreira et al. 2009
<i>Mentha citrata</i>		Υψηλή θνησιμότητα J2	Sinha et al. 2006

Πίνακας 1.5: Νηματωδοκτόνος δράση ορισμένων φυτών κατά των *M. javanica* και *M. incognita*.

Τα αιθέρια έλαια είναι πτητικές ουσίες που απομονώνονται μέσω της απόσταξης από τα φυτά. Εξάριση αποτελούν τα αιθέρια έλαια που προέρχονται από σπόρους των φυτών μουστάρδας διότι διαθέτουν μια ξεχωριστή χημική σύνθεση μη-φαινολικών, μη-τερπενοειδών πτητικών φυτοχημικών και ισοθειοκυανιούχων αλλυλίων (Turgis et al., 2009). Η μελέτη των Dutta et al. (2021) είχε ως στόχο να αξιολογήσει την επίδραση του αιθέριου ελαίου από σπόρους μαύρης μουστάρδας (*Brassica nigra* L.) ενάντια στον *M. incognita*. Σε εναιώρημα που περιείχε 120 προνύμφες του *M. incognita* προστέθηκε ίσος όγκος ποσότητας γαλακτώματος αιθέριου ελαίου από σπόρους μαύρης μουστάρδας σε διαφορετικές συγκεντρώσεις. Οι παρατηρήσεις για την επίδραση του αιθέριου ελαίου στην παράλυση των προνυμφών καταγράφονταν σε χρονικά διαστήματα 2, 4, 6, 24, 48, και 72 ωρών. Στη συνέχεια μολύνθηκαν φυτά τομάτας με προνύμφες που εκτέθηκαν στο αιθέριο έλαιο για να εξεταστεί η μολυσματικότητά τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στις χαμηλότερες συγκεντρώσεις το αιθέριο έλαιο από σπόρους μαύρης μουστάρδας είχε παραλυτική δράση. Οι νεαρές προνύμφες ακινητοποιήθηκαν σε 2 ώρες από την έκθεσή τους στο αιθέριο έλαιο. Η νηματωδοκτόνος δράση του αιθέριου ελαίου παρατηρήθηκε σε υψηλές συγκεντρώσεις και μετά από 24 ώρες από την έκθεση. Όσον αφορά την μολυσματικότητά των προνυμφών που εκτέθηκαν στο αιθέριο έλαιο, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στη μεγαλύτερη συγκέντρωση μόνο το 11,3% των προνυμφών κατάφερε να εισβάλει στις ρίζες σε σύγκριση με το 71% του μάρτυρα (Dutta et al., 2021).

1.3. ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΔΙΑΒΙΩΣΗΣ

Σε καλλιεργούμενα εδάφη υψηλής γονιμότητας και πυκνής κάλυψης από φυτά συνυπάρχουν πολλά είδη νηματωδών και είναι αρκετά συνηθισμένο να βρεθούν από 10 – 30 διαφορετικά είδη. Εκτός από νηματώδεις που μπορούν να προσβάλλουν τα φυτά (φυτοπαρασιτικοί) και αποτελούν το 30% - 50% οι υπόλοιποι είναι σαπροφάγοι, μικροβιοφάγοι ή αρπακτικοί (Κύρου, 2004). Για τον λόγο αυτό, δεν είναι ζημιογόνοι όλοι οι νηματώδεις άλλα αντίθετα πολλοί από αυτούς είναι ωφέλιμοι.

Χωρίζονται σε ομάδες ανάλογα με το είδος της διατροφής τους:

Μυκητοφάγοι: Ονομάζονται αυτοί που τρέφονται με μυκητιακές υφές. Η διατροφή με υφές σαπροφυτικών μυκήτων έχει οικολογικές επιπτώσεις σε σχέση με

τη διατροφή με μυκορριζικούς μύκητες. Σε αυτή την ομάδα κοινά γένη είναι τα *Aphelenchus* και *Paraphelenchus* που ανήκουν στην οικογένεια Aphelenchoididae.

Βακτηριοφάγοι: Περιλαμβάνει είδη που τρέφονται με οποιαδήποτε προκαρυωτική πηγή τροφής είτε μέσω ενός στενού (*Rhabditis*) είτε από ένα πλατύ στόμα (*Diplogaster*). Είδη με πλατύ στόμα (*Diplogaster*) μπορεί να έχουν και άλλο είδος διατροφής. Αποτελεί την πολυπληθέστερη ομάδα που μπορεί να βρεθούν κατά τις εξετάσεις εδαφικών δειγμάτων. Κοινά γένη είναι τα *Rhabditis* και *Mesorhabditis* που ανήκουν στην οικογένεια Rhabditidae, τα *Acrobeles*, *Metacrobeles* και *Eucephalobus* που ανήκουν στην οικογένεια Cephalobidae, τα *Diplogaster* και *Metadiplogaster* της οικογένειας Diplogasteridae, το *Plectus* της οικογένειας Plectidae και το *Panagrolaimus* της οικογένειας Panagrolaimidae.

Αρπακτικοί: Αυτά τα είδη τρέφονται με ασπόνδυλα όπως είναι τα πρωτόζωα, άλλοι νηματώδεις ή τροχόζωα. Σε αυτά ανήκουν τα γένη *Mononchus* και *Diplogaster* που ανήκουν στις οικογένειες Mononchidae και Diplogasteridae αντίστοιχα. Το γένος *Labronema* που ανήκει στην οικογένεια Dorylaimidae τρέφεται με τα σωματικά υγρά του νηματώδη τρυπώντας το σώμα του και κολλώντας πάνω του με ένα στενό σιλέτο.

Σαπροφυτικοί: Αυτά τα είδη αποσυνθέτουν κατεστραμμένες ρίζες (Yates et al., 1993).

Στη χώρα μας οι Tsiafouli et al., (2006), πραγματοποίησαν δειγματοληψίες εδάφους σε περιοχές της Βορείου Ελλάδας σε συμβατικές και βιολογικές καλλιέργειες σπαραγγιού, με σκοπό την καταγραφή της βιοποικιλότητας των νηματωδών με βάση τη διατροφή τους. Σαν αποτέλεσμα βρέθηκαν αρκετά βακτηριοφάγα, μυκητοφάγα και αρπακτικά γένη νηματωδών. Η πιο σημαντική τροφική ομάδα ως προς την αφθονία γενών και αριθμού νηματωδών που βρέθηκαν ήταν τα βακτηριοφάγα (28 γένη) ενώ τα λιγότερα σε γένη που βρέθηκαν άνηκαν στα αρπακτικά ή παμφάγα (8 γένη) και τέλος τα μυκητοφάγα γένη που βρέθηκαν ήταν 12.

Ενδεικτικά, κάποια μυκητοφάγα γένη που βρέθηκαν ήταν τα *Paraphelenchus*, *Aphelenchus*, *Pseudhalenchulus* και *Tylencholaimellus* κ.α. Κάποια αρπακτικά ή παμφάγα γένη που βρέθηκαν ήταν τα *Eudorylaimus*, *Seinura*, *Laimydorus* κ.α. και τέλος, μερικά από τα βακτηριοφάγα γένη που βρέθηκαν ήταν τα *Acrobelloidae*, *Acrobeles*, *Chiloplacus*, *Drilocephalobus*, *Plectus*, *Eucephalobus*, *Eumonystera*, *Panagrolaimus*, *Rhabditis*, *Mesorhabditis*, *Protorhabditis* κ.α.



Εικόνα 1.6: A,B: Νηματώδης του γένους *Acrobeles* ο οποίος βρέθηκε στο πείραμα αγρού και αναγνωρίστηκε μορφολογικά.

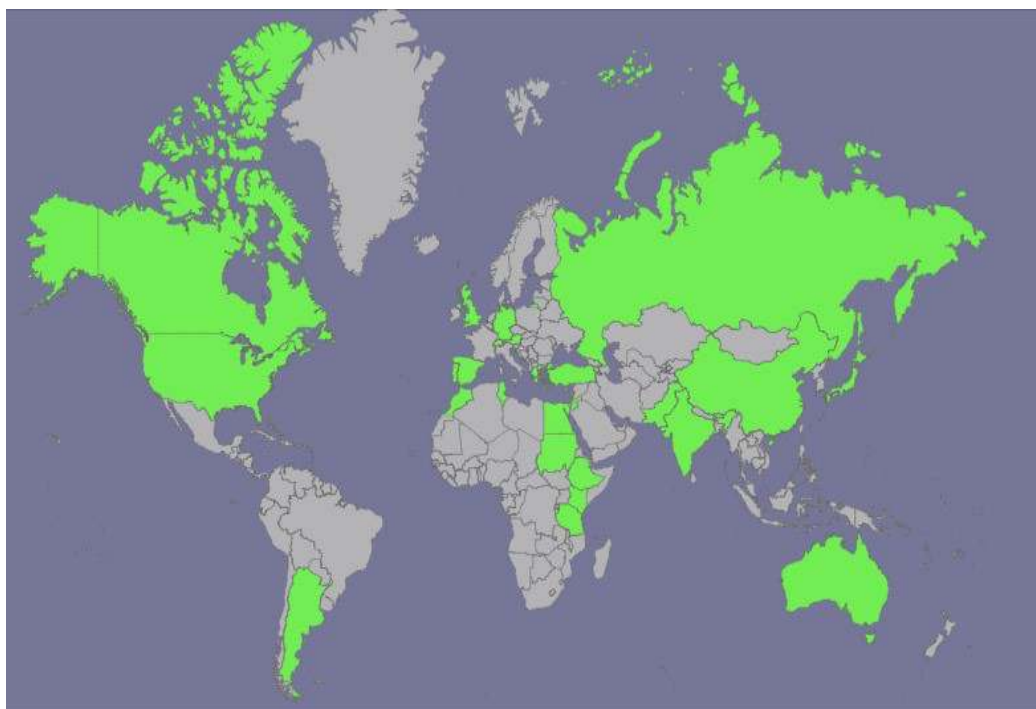
1.4. *TRIGONELLA FOENUM-GRAECUM* L.

1.4.1. Ονομασία, καταγωγή και χρήσεις του φυτού

Η τριγωνέλλα (*Trigonella foenum-graecum* L.) είναι ετήσιο φυτό που καλλιεργείται για διαφορετικούς σκοπούς από την αρχαιότητα. Το όνομα του είδους «*foenum-graecum*» σημαίνει «Ελληνικός σανός» που υποδηλώνει τη χρήση του ως κτηνοτροφικό φυτό για αιώνες. Το όνομα του γένους *Trigonella* προέρχεται από την Ελληνική λέξη «τρίγωνο» λόγω του τριγωνικού σχήματος των ανθών. Το κοινό όνομα με το οποίο είναι γνωστό διεθνώς είναι το «Fenugreek» (Petrooulos, 2002). Άλλες ονομασίες που έχει είναι χόρτος ο Ελληνικός, Ελληνικό τριφύλλι, γραικόχορτο, χέλμπα ή τσιμένι, νυχάκι, μοσχοσίταρο και στο μονολεκτικό αρχαίο κώδικα του έργου του Διοσκουρίδη παρουσιάζεται με το όνομα Τήλις (Πλατής, 2003, Ριζοπούλου, 2008).

Η *T. foenum-graecum* είναι επίσης μια παραδοσιακή καλλιέργεια μπαχαρικού που είναι παγκοσμίως γνωστή και καλλιεργείται σε όλες τις ηπείρους (Εικόνα 1.7) (Basu, 2006). Τέλος, η τριγωνέλλα είναι ένα από τα παλαιότερα φαρμακευτικά φυτά με χρήση στην ιατρική. Οι σπόροι και τα φύλλα περιέχουν ενδιαφέρουσες από φαρμακευτικής άποψης φυτοχημικές ουσίες. Υπάρχουν αναφορές για χρήση της τριγωνέλλας στην παραγωγή αλοιφών καθώς και για παρασκευάσματα σπόρων τριγωνέλλας για χρήση σε διάφορες θεραπείες. (Petrooulos, 2002).

Υπάρχει εκτεταμένη αβεβαιότητα από διάφορους συγγραφείς καθώς και διαφορετικές απόψεις σχετικά με την πιθανή καταγωγή του *T. foenum-graecum*. Παρόλο που πιστεύεται ότι το γένος *Trigonella* ήταν εγγενής στην περιοχή της Μεσογείου λόγω των αυτοχθόνων ειδών που έχουν βρεθεί, ωστόσο, έχει αναφερθεί ότι θα μπορούσε να είναι φυτό Ινδικής προέλευσης. Αυτόχθονα είδη έχουν αναφερθεί στις ηπείρους της Ασίας (6 είδη), Ευρώπης (5 είδη) Αφρικής (1 είδος) και Αυστραλίας (1 είδος) (Petropoulos, 2002, Basu, 2006, Zandi, 2017).



Εικόνα 1.7: Καλλιέργεια *T. foenum-graecum* παγκοσμίως. Με πράσινο χρώμα είναι οι χώρες που καλλιεργείται. (Chaudhary et al., 2018).

Το γένος *Trigonella* περιέχει μεγάλη ποικιλία ειδών, μεταξύ των οποίων το είδος *T. foenum-graecum* που είναι το δημοφιλέστερο είδος του γένους λόγω των αρκετών χρήσεων και σημαντικών ιδιοτήτων που έχει. Όπως και με την πιθανή καταγωγή της *T. foenum-graecum*, υπάρχει ασάφεια για τον ακριβή αριθμό των ειδών που αποτελούν το γένος *Trigonella*. Σύμφωνα με τον Linnaeus υπάρχουν 260 είδη που ανήκουν στο γένος αυτό, ωστόσο νεότεροι ταξινομητές έχουν αναφερθεί σε περίπου 128 είδη (Petropoulos, 2002).

Εκτός από την *T. foenum-graecum* στον Ελλαδικό χώρο αυτοφύονται άλλα 13 είδη του γένους *Trigonella*. Ενδεικτικά κάποια από αυτά σύμφωνα με τον Καββαδά (1956) είναι τα:

- *T. cretica* (αυτοφύεται στην Κρήτη)

- *T. coerulea scr* (καταγωγή από τον Καύκασο αλλά αυτοφύεται στη χώρα μας)
- *T. carriensis* Boiss. (ξηροφυτικό αυτοφυούμενο μονοετές είδος της Ηπειρωτικής Ελλάδας)
- *T. greaca* Boiss & Sprun (αυτοφυούμενο ξηροφυτικό είδος της Πελοποννήσου και της κεντρικής Ελλάδας)
- *T. spinosa* L. (ξηροφυτικό αυτοφυούμενο μονοετές είδος)
- *T. gladiata* Stev (ξηροφυτικό αυτοφυούμενο μονοετές είδος)
- *T. spicata* S. & S. (ξηροφυτικό αυτοφυούμενο μονοετές είδος)

1.4.2. Βοτανική ταξινόμηση και περιγραφή

Η *T. foenum-graecum* ανήκει στην οικογένεια των ψυχανθών (Fabaceae) και η ταξινόμησή του είναι:

Βασίλειο: Φυτά (plantae)

Συνομοταξία: Αγγειόσπερμα (Angiosperms)

Ομοταξία: Δικοτυλήδονα (Dicotylidoneae)

Τάξη: Κυμαώδη (Fabales)

Οικογένεια: Φαβίδες (Fabaceae)

Γένος: Τριγωνέλλα (*Trigonella*)

Είδος: Τριγωνέλλα η Ελληνική (*T foenum-graecum* L.)

Το ύψος του φυτού κυμαίνεται από 50-60 εκατοστά. Τα άνθη του φυτού είναι λευκά με χαρακτηριστικά μπλε στίγματα. Τα φύλλα είναι τρίφυλλα, ωοειδή, σκούρα πράσινα (Εικόνα 1.8 A). Οι σπόροι του είναι σκούροι κίτρινοι έως καφέ, σκληροί, με μεγέθους 3 χιλιοστά με ένα αυλάκι που χωρίζει τον σπόρο σε δύο άνισα μέρη (Εικόνα 1.8 B). Περιέχονται από 10 έως 20 σε λοβούς οι οποίοι έχουν μήκους 10 - 20 εκατοστά (Basu, 2006, Zandi, 2017).



Εικόνα 1.8: Φυτό (A) και σπόροι (B) του είδους *T. foenum-graecum*

1.4.3. Εδαφοκλιματικές συνθήκες και τρόποι καλλιέργειας

Η ευρεία κατανομή της καλλιέργειας της *T. foenum-graecum*, στον κόσμο είναι χαρακτηριστικό της προσαρμοστικότητας που έχει σε διάφορες κλιματικές συνθήκες και περιβάλλοντα. Είναι κατάλληλη για περιοχές με μέτριες ή χαμηλές βροχοπτώσεις και σε ξηρές ή ημίξηρες περιοχές. Είναι ανεκτική και σε θερμοκρασίες 10 - 15 βαθμούς κελσίου. Στην Ελλάδα η *T. foenum-graecum* καλλιεργείται ως χειμερινή καλλιέργεια σε περιοχές με ήπιους χειμώνες και ως ανοιξιάτικη καλλιέργεια σε περιοχές που το έδαφος διατηρεί την υγρασία το καλοκαίρι. Καλλιεργείται σε περιοχές που οι κλιματικές συνθήκες είναι παρόμοιες με αυτές της Μεσογείου. Η *T. foenum-graecum* αναπτύσσεται καλά σε περιοχές με έντονη ηλιοφάνεια. Ευδοκίμει σε ποικιλία εδαφών, μέτρια, ελαφρά έως βαριά. Πρέπει το έδαφος να έχει την ικανότητα να παρέχει επαρκή υγρασία καθ' όλη την καλλιεργητική περίοδο. Δεν προσαρμόζεται καλά σε έδαφος που είναι βαρύ αργιλώδες ή υγρό χωρίς καλή αποστράγγιση.

Η προεργασία του εδάφους που θα γίνει η εγκατάσταση της καλλιέργειας περιλαμβάνει ένα μέτριο φθινοπωρινό όργωμα και φρεζάρισμα πριν την σπορά. Για την σπορά της *T. foenum-graecum* εφαρμόζονται δύο μέθοδοι σποράς, η σπορά πεταχτά με το χέρι και η σπορά σε γραμμές. Οι αποστάσεις φύτευσης για τη μέθοδο της σποράς σε γραμμές είναι 20 - 30 εκατοστά μεταξύ των γραμμών και 8 - 10 εκατοστά μεταξύ των φυτών σε κάθε γραμμή (Petropoulos, 2002).

1.4.4. Προβλήματα με νηματώδεις

Οι νηματώδεις του γένους *Meloidogyne* είναι σημαντικά παράσιτα της καλλιέργειας της *T. foenum-graecum*. Οι Sharm and Trivedi (1989) αναφέρουν ότι ο *M. incognita* προσβάλλει τα φυτά της *T. foenum-graecum*. Οι Tariq et al. (2016) ερεύνησαν την επίδραση του *M. incognita* έναντι 20 διαφορετικών ποικιλιών της *T. foenum-graecum*. Ο βαθμός ανοχής και ευαισθησίας έδειξε ότι από τις 20 ποικιλίες οι 15 ήταν ευαίσθητες έως πολύ ευαίσθητες στον κομβονηματώδη και μόλις 2 ποικιλίες ήταν ανθεκτικές και μία μέτρια ανθεκτική. Οι υπόλοιπες δύο ποικιλίες ήταν ανεκτικές. Επίσης οι Tiyaqi et al. (2002), αναφέρουν ότι τα φυτά της *T. foenum-graecum* είναι ξενιστές διαφόρων ειδών νηματωδών μεταξύ των οποίων είναι οι *M. incognita*, *Rotylenchulus reniformis*, *Tylenchorchynchus brassicae* και *Helicotylenchus indicus*.

1.4.5. Νηματωδοκτόνος δράση του είδους *T. foenum-graecum* L.

Όσον αφορά την νηματωδοκτόνο δράση του είδους *T. foenum-graecum* L. οι Zia et al. (2001) έδειξαν ότι τα υδατικά, μεθανολικά και χλωροφορμικά εκχυλίσματα των κονιορτοποιημένων σπόρων του φυτού προκάλεσαν σημαντική θνησιμότητα στις προνύμφες του *M. javanica*. Η δοκιμή αφορούσε διαφορετικές συγκεντρώσεις εκχυλισμάτων. Η θνησιμότητα των προνυμφών αυξήθηκε με την αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων και τη διάρκεια έκθεσης στα φυτικά εκχυλίσματα. Συγκεκριμένα το μεθανολικό εκχύλισμα των σπόρων *T. foenum-graecum* στην μεγαλύτερη συγκέντρωση είχε ως αποτέλεσμα την θανάτωση του 82% των προνυμφών στις 48 ώρες μετά την έκθεση, ενώ τα υδατικά και χλωροφορμικά εκχυλίσματα στην ίδια συγκέντρωση είχαν 71% και 78% αντίστοιχα.

Άλλη μία δοκιμή από τους Zia et al. (2002) αφορούσε την επίδραση της μόλυνσης του *M. javanica* στο όσπριο ροβίτσα (*Vigna radiate*) αφού πρώτα το έδαφος είχε αναμιχθεί με κονιορτοποιημένους σπόρους *T. foenum-graecum* σε διαφορετικές συγκεντρώσεις. Συγκεκριμένα, ποσότητα εδάφους αναμίχθηκε με κονιορτοποιημένους σπόρους *T. foenum-graecum* σε διαφορετικές συγκεντρώσεις και τρεις εβδομάδες μετά την τροποποίηση των εδαφών φυτεύτηκαν φυτά ροβίτσας. Στη συνέχεια τα φυτά μολύνθηκαν με προνύμφες του *M. javanica*. Οι δοκιμές έδειξαν ότι το έδαφος που αναμίχθηκε με τους σπόρους της *T. foenum-graecum* είχε σημαντικά

μικρότερο πληθυσμό νηματωδών στο έδαφος. Επίσης, μειώθηκε το ποσοστό διείσδυσης των προνυμφών και η ανάπτυξη κόμβων στις ρίζες στα φυτά της ροβίτσας. Στη μεταχείριση με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σπόρου είχαμε και τη μεγαλύτερη μείωση της πυκνότητας του πληθυσμού προνυμφών (>36%), εισβολή προνυμφών στις ρίζες (>56%) και κόμβους στις ρίζες στα φυτά της ροβίτσας (>53%).

1.5. BRASSICA NIGRA L.

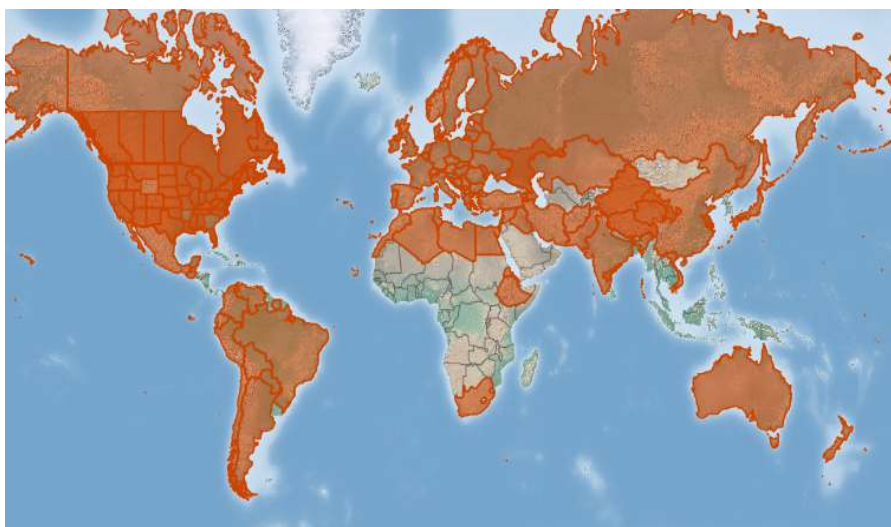
1.5.1. Ονομασία, καταγωγή και χρήσεις

Το *Brassica nigra* L. είναι ένα ετήσιο ποώδες φυτό που φτάνει σε ύψος περίπου το 1 μέτρο. Στην Ελληνική γλώσσα είναι γνωστό ως μαύρο σινάπι ή ως μαύρη μουστάρδα. Στην αγγλική γλώσσα είναι γνωστή ως Black mustard. Καλλιεργείται για την παραγωγή ελαιούχων σπόρων που παράγεται το γνωστό καρύκευμα που ονομάζουμε μουστάρδα (Mustard production manual, 2017). Υπάρχουν τρία είδη φυτών του γένους *Brassica* που οι σπόροι τους χρησιμοποιούνται για την παρασκευή της μουστάρδας: το *Sinapis alba* L (λευκή μουστάρδα), το *B. juncea* (καφέ ή ανατολίτικη μουστάρδα) και το *B. nigra* ή *S. nigra* (Μαύρη μουστάρδα) (Peter, 2004).

Η μουστάρδα είναι μια από τις παλαιότερες καταγεγραμμένες καλλιέργειες μπαχαρικού και χρονολογείται από το 3000 π.χ. Το όνομά της προήλθε από τα λατινικά *mustum* (μούστος) και *ardens* (καυτερός) καθώς οι Ρωμαίοι προσέθεταν σε χυμό σταφυλιού ή άλλων φρούτων αλεσμένους σπόρους σιναπιού. Εκτός από τη χρήση του ως μπαχαρικό ήταν γνωστή και για τη φαρμακευτική του αξία καθώς αναφέρθηκε από τον Πυθαγόρα το 530 π.χ. ως φάρμακο για το τσίμπημα του σκορπιού. Επίσης στην Αίγυπτο προσέθεταν σιναπόσπορο για τον αρωματισμό και τη βελτίωση της γεύσης υποβαθμισμένων ευπαθών προϊόντων (Peter, 2004). Άλλη μία χρήση των φυτών του σιναπιού είναι ως ζωοτροφή για τα βοοειδή. Τέλος, στην Καλιφόρνια της Αμερικής όπου το σινάπι καλλιεργείται σε μεγάλες εκτάσεις είναι πολύ σημαντικό για την παραγωγή μελιού. Οι μέλισσες αναζητούν τροφή την περίοδο ανθοφορίας των φυτών και παράγεται ένα ανοιχτόχρωμο μέλι ήπιας γεύσης (Mustard production manual, 2017).

Ως τόπος καταγωγής του σιναπιού θεωρείται η Ασία, η Βόρεια Αφρική και η Νότια Ευρώπη. Στις μέρες μας καλλιεργείται για το σπόρο του (σιναπόσπορος) σε

πολλές χώρες αυτών των Ηπείρων καθώς και την Αμερική και την Αυστραλία (Εικόνα 1.9) (Peter, 2004, Thomas, 2012).



Εικόνα 1.9: Χώρες καλλιέργειας *B. nigra* L. παγκοσμίως (Πηγή www.cabi.org).

1.5.2. Βοτανική ταξινόμηση και περιγραφή

Το *B. nigra* L. (Εικόνα 2) ανήκει στη οικογένεια Brassicaceae η οποία περιλαμβάνει πολλά σημαντικά καλλιεργούμενα είδη. Η βοτανική ταξινόμηση είναι:

Βασίλειο: Φυτά (Plantae)

Συνομοταξία: Αγγειόσπερμα (Angiosperms)

Ομοταξία: Δικοτυλήδονα (Dicotylidoneae)

Τάξη: Κραμβώδη (Brassicales)

Οικογένεια: Κραμβοειδή (Brassicaceae)

Γένος: Κράμβη (*Brassica*)

Είδος: Μαύρο σινάπι (*Brassica nigra* L.)

Το ύψος του φυτού κυμαίνεται από 0,5 – 1,5 μέτρα ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει και τα 2 μέτρα. Τα άνθη είναι μικρά και αποτελούνται από 4 κίτρινα σέπαλα σε διάταξη σταυρού. Τα φύλλα είναι έμμισχα, κατ'εναλλαγή πράσινου χρώματος. Τα κατώτερα φύλλα είναι μεγαλύτερα και το μέγεθός τους μειώνεται προς την κορυφή (Εικόνα 1.10 A). Οι σπόροι είναι σφαιρικοί, μικροί σε μέγεθος με διάμετρο 1 με 2 χιλιοστά και χρώμα κόκκινο-καφέ έως μαύρο (Εικόνα 1.10 B). Ο καρπός του είναι κέρας, με δύο σειρές σπόρων, και έχει μήκος από 2 - 5 εκατοστά (Peter, 2004, Thomas, 2012).



Εικόνα 1.10: Φυτό (A) και σπόροι (B) του είδους *B. nigra*.

1.5.3. Εδαφοκλιματικές συνθήκες και τρόποι καλλιέργειας

Τα φυτά του *B. nigra* είναι πιο ανθεκτικά στην ξηρασία από άλλες καλλιέργειες ελαιούχων σπόρων. Ωστόσο, δεν αντέχει μεγάλες περιόδους ξηρασίας και αναπτύσσεται καλύτερα σε περιοχές με μέτριες ή χαμηλές βροχοπτώσεις. Προτιμά καλά αεριζόμενα εδάφη διότι ο ανεπαρκής αερισμός στο ριζικό σύστημα δημιουργεί καθυστέρηση ανάπτυξης των φυτών (Peter, 2004). Είναι φυτό με σύντομο βιολογικό κύκλο και ευδοκιμεί σε κλίμα που έχει τουλάχιστον δύο μήνες με μέσες θερμοκρασίες ημέρας πάνω από 14⁰C (Κουτσός, 2006). Το *B. nigra* μπορεί να αναπτυχθεί σε αλκαλικά ή ελαφρώς αλατούχα εδάφη αλλά την μέγιστη απόδοση την έχουν σε εδάφη με ουδέτερο PH (Peter, 2004).

Η σπορά του εδάφους γίνεται σε καλά προετοιμασμένο χωράφι. Η προετοιμασία του εδάφους γίνεται τον φθινόπωρο με ένα ελαφρύ όργωμα και λίγο πριν τη σπορά πραγματοποιείται ένα φρεζάρισμα (Mustard production manual, 2017). Συνίσταται η πρόιμη σπορά νωρίς την άνοιξη για καλύτερη διαχείριση της υγρασίας και αποφυγή των υψηλών θερμοκρασιών του καλοκαιριού (Κουτσός, 2006). Για τη σπορά της μαύρης μουστάρδας εφαρμόζεται η μέθοδος σποράς με το χέρι ή η μέθοδος σποράς σε γραμμές. Επειδή οι σπόροι της μαύρης μουστάρδας είναι μικροί συνίσταται η ρηχή σπορά και το βάθος σποράς θα πρέπει να είναι από 1,5 έως 2,5 εκατοστά (Mustard production manual, 2017). Για σπορά σε γραμμές η απόσταση μεταξύ των γραμμών θα πρέπει να είναι 50 εκατοστά περίπου ενώ η απόσταση επί της γραμμής θα πρέπει να είναι 20 εκατοστά (Κουτσός, 2006). Η συγκομιδή του *B. nigra* γίνεται μέχρι το τέλος Ιουνίου με θέρισμα των φυτών, όταν τα περισσότερα κεράτια βρίσκονται στο στάδιο της ωρίμανσης. Δεν πρέπει να υπάρχει καθυστέρηση

στη συγκομιδή των κερατίων για να αποφευχθεί η απώλεια του σπόρου μετά από το σχίσιμό τους (Κουτσός, 2006, Thomas, 2012).

1.5.4. Νηματωδοκτόνος δράση του φυτού *B. nigra*

Η χρήση των φυτών της οικογένειας Brassicaceae έχουν δοκιμαστεί για τη νηματωδοκτόνο επίδραση έναντι των κομβονηματωδών. Αρκετά πειράματα έχουν πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας καλλιέργειες του γένους *Brassica* είτε ως χλωρή λίπανση είτε ως καλλιέργεια καλύψεως ελέγχοντας τις επιδράσεις ενάντια των κομβονηματωδών. Ωστόσο, έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές *In vitro* δοκιμές με αιθέρια έλαια από σπόρους των φυτών αυτών. Όσον αφορά τη μαύρη μουστάρδα (*B. nigra* L.) οι Stapleton and Duncun (1998), πραγματοποίησαν πείραμα σε ελεγχόμενες συνθήκες ενσωματώνοντας σε έδαφος, που είχε μολυνθεί με προνύμφες του *M. incognita*, αποξηραμένα υπολείμματα του φυτού και εξέτασαν το ποσοστό μόλυνσης σε φυτά τομάτας, που φυτεύτηκαν στη συνέχεια. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική μείωση των κόμβων στις ρίζες των φυτών τομάτας σε σχέση με τον μάρτυρα σε ποσοστό έως 38%, ενώ όταν η μεταχείριση συνοδευόταν με θέρμανση του εδάφους στους 38⁰C, η μείωση της προσβολής στα φυτά τομάτας έφτασε το 95%.

Οι Dutta et al. (2021), εξέτασαν την δραστικότητα αιθέριου ελαίου από σπόρους του *B. nigra* εναντίον προνυμφών του *M. javanica* σε *In vitro* δοκιμή. Η δοκιμή αφορούσε στην διανομή αιθέριου ελαίου διαφορετικών συγκεντρώσεων σε ίση ποσότητα εναιωρήματος νηματωδών και την καταγραφή της δραστικότητάς του στην κινητικότητα και την θνησιμότητα των νηματωδών σε χρονικά διαστήματα από την στιγμή της έκθεσης. Επίσης, στη συνέχεια εξετάστηκε και η μολυσματικότητα των προνυμφών που εκτέθηκαν στο αιθέριο έλαιο σε φυτά τομάτας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι προνύμφες που εκτέθηκαν σε χαμηλές συγκεντρώσεις αιθέριου ελαίου, χαρακτηρίστηκαν από ακινησία σε σύντομα χρονικά διαστήματα από την έκθεσή τους και όσο αυξανόταν η συγκέντρωση αυξανόταν και το ποσοστό της ακινησίας αγγίζοντας ποσοστά πάνω από 95%. Σε υψηλές συγκεντρώσεις του αιθέριου ελαίου υπήρξε θνησιμότητα των προνυμφών όσο αυξανόταν και το χρονικό διάστημα της έκθεσής τους. Όσον αφορά τη μολυσματικότητά τους μόνο το 11,3% των προνυμφών που εκτέθηκε στο αιθέριο έλαιο μπόρεσε στη συνέχεια να εισβάλει σε ρίζες τομάτας σε σύγκριση με το 71% των προνυμφών του μάρτυρα.

2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της νηματοδοκτικού δράσης των φυτικών ειδών *Brassica nigra* (μαύρο σινάπι) και *Trigonella foenum-graecum* (τριγωνέλλα) εναντίον των κομβονηματωδών σε πείραμα αγρού και σε πειράματα εργαστηρίου.

Σε πείραμα αγρού διερευνήθηκε η νηματοδοκτικός δράση των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* εναντίον των κομβονηματωδών και άλλων νηματωδών εδάφους ενσωματώνοντας στο έδαφος τα φυτικά υπολείμματα των καλλιεργειών. Επίσης, στο πείραμα αγρού μελετήθηκε ο βαθμός ευπάθειας των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στους κομβονηματώδεις.

Σε πειράματα εργαστηρίου διερευνήθηκε:

α) Ο βαθμός ευπάθειας των φυτικών ειδών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* εναντίον του κομβονηματώδη *Meloidogyne javanica*,

β) Η επίδραση προσθήκης ποσότητας αλεσμένου σπόρου των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στο έδαφος στην εξέλιξη του βιολογικού κύκλου του *M. javanica*,

γ) Η παρεμπόδιση εκκόλαψης προνυμφών δευτέρου σταδίου (J2) του κομβονηματώδη *M. javanica* από ωόσακους μετά από έκθεσή τους σε υδατικά εκχυλίσματα από αλεσμένους σπόρους των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* και

δ) Η παράλυση προνυμφών δευτέρου σταδίου (J2) του κομβονηματώδη *M. javanica* μετά από έκθεσή τους στα υδατικά εκχυλίσματα από αλεσμένους σπόρους των *B. nigra* και *T. foenum-graecum*.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1. ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΓΡΟΥ

3.1.1. Τοποθεσία του πειραματικού αγρού

Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε αγρό έκτασης ενός στρέμματος στην περιοχή των Σπάτων Αττικής ο οποίος ανήκει στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1: Πειραματικός αγρός.

Τα Σπάτα αποτελούν περιοχή της Ανατολικής Αττικής σε απόσταση 20 χιλιομέτρων από το κέντρο των Αθηνών. Βρίσκονται στο κέντρο της πεδιάδας των Μεσογείων και σε υψόμετρο 120 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας. Σύμφωνα με στοιχεία μετεωρολογικού σταθμού των Σπάτων η ετήσια βροχόπτωση σε χιλιοστά για το έτος 2020 ήταν 555,4 χιλιοστά. Τους χειμερινούς μήνες καταγράφηκαν οι περισσότερες βροχοπτώσεις με τον μήνα Δεκέμβριο να καταγράφονται 222,5 χιλιοστά βροχόπτωσης, σε αντίθεση με τους καλοκαιρινούς μήνες και συγκεκριμένα με τον μήνα Ιούλιο που καταγράφηκαν 0 χιλιοστά βροχόπτωσης. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, τον μήνα Φεβρουάριο καταγράφηκε η χαμηλότερη θερμοκρασία του έτους που ήταν 1,3⁰C, ενώ η υψηλότερη θερμοκρασία καταγράφηκε τον μήνα Μάιο με 36,7⁰C. Η μεγαλύτερη μέση μηνιαία θερμοκρασία καταγράφηκε τον μήνα Ιούλιο με 26,9⁰C.

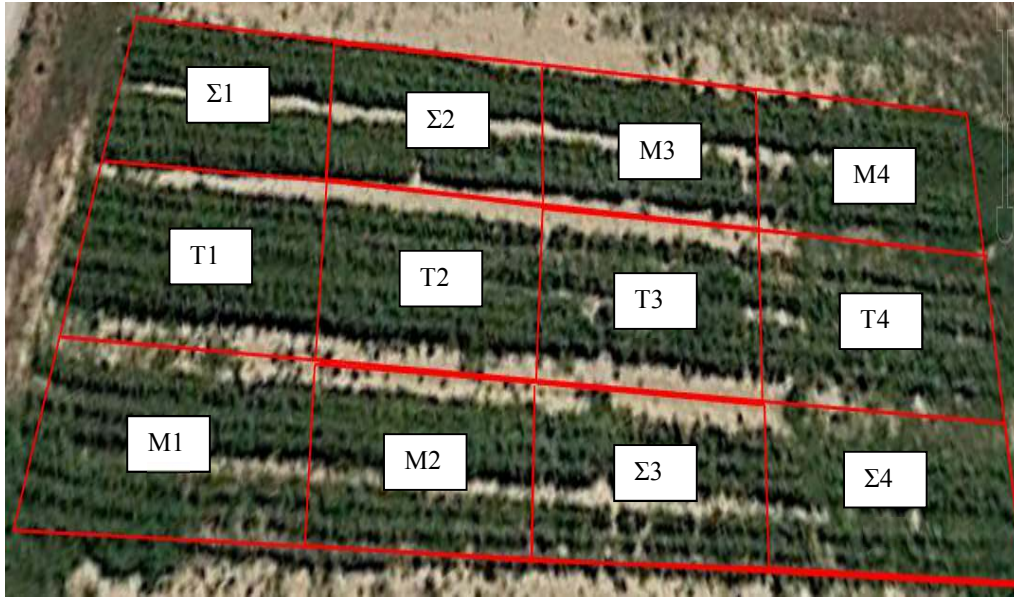
3.1.2. Προετοιμασία του εδάφους και εγκατάσταση των καλλιεργειών *T. foenum-graecum* και *B. nigra*

Για την προετοιμασία του αγρού πραγματοποιήθηκε όργωμα στις αρχές Μαρτίου του 2020 και στη συνέχεια δειγματοληψία εδάφους με σκοπό τον προσδιορισμό των γενών και την πληθυσμιακή πυκνότητα των νηματωδών που υπήρχαν. Μία εβδομάδα περίπου μετά το όργωμα πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση του συστήματος στάγδην άρδευσης με πλαστικούς σωλήνες διαμέτρου φ16, οι οποίοι τοποθετήθηκαν κατά μήκος των πειραματικών τεμαχίων όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.2.



Εικόνα 3.2: Εγκατάσταση σωλήνων άρδευσης διαμέτρου φ16 κατά μήκος του πειραματικού αγρού.

Το συνολικό μήκος του αγρού ήταν 48 μέτρα, το πλάτος 21 μέτρα και η συνολική έκταση ήταν 1 στρέμμα. Χωρίστηκε σε 12 πειραματικά τεμάχια ίσης έκτασης μήκους 12 μέτρων και πλάτους 7 μέτρων και πραγματοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις για κάθε καλλιέργεια και 4 επαναλήψεις παρέμειναν κενές σαν μάρτυρας. Χαρακτηρίστηκαν με Σ τα πειραματικά τεμάχια με το *B. nigra* (μαύρο σινάπι), με Τ τα πειραματικά τεμάχια με την *T. foenum-graecum* (τριγωνέλλα) και Μ τα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα όπως φαίνεται στην εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.3: Η σχεδίαση των πειραματικού αγρού.

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις αρχές Μαρτίου του 2020. Το *B. nigra* εγκαταστάθηκε με τη μέθοδο της σποράς με το χέρι για πυκνή φύτευση (Εικόνα 3.4), ενώ η *T. foenum-graecum* εγκαταστάθηκε με τη μέθοδο της σποράς σε γραμμές. Στα πειραματικά τεμάχια της καλλιέργειας της τριγωνέλλας ανοίχτηκαν 12 γραμμές κατά μήκος των πειραματικών τεμαχίων T1, T2, T3 και T4 με χειροκίνητο υνί και σπάρθηκε με το χέρι (Εικόνα 3.5). Για κάθε πειραματικό τεμάχιο *B. nigra* και *T. foenum-graecum* χρησιμοποιήθηκαν 800 γραμμάρια σπόρου.



Εικόνα 3.4: Πειραματικό τεμάχιο του *B. nigra*.



Εικόνα 3.5: Πειραματικό τεμάχιο *T. foenum-graecum*

3.1.3. Ενσωμάτωση των καλλιεργειών στο έδαφος

Στη συνέχεια στις αρχές Ιουνίου του 2020 πραγματοποιήθηκε αφαίρεση των πλαστικών σωλήνων άρδευσης και 5 ημέρες μετά πραγματοποιήθηκε κοπή και ενσωμάτωση των καλλιεργειών στο έδαφος με όργωμα. Δέκα μέρες μετά την ενσωμάτωση και πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας του αραβόσιτου πραγματοποιήθηκε η δεύτερη δειγματοληψία εδάφους.

3.1.4. Εγκατάσταση καλλιέργειας αραβόσιτου (*Zea mays*)

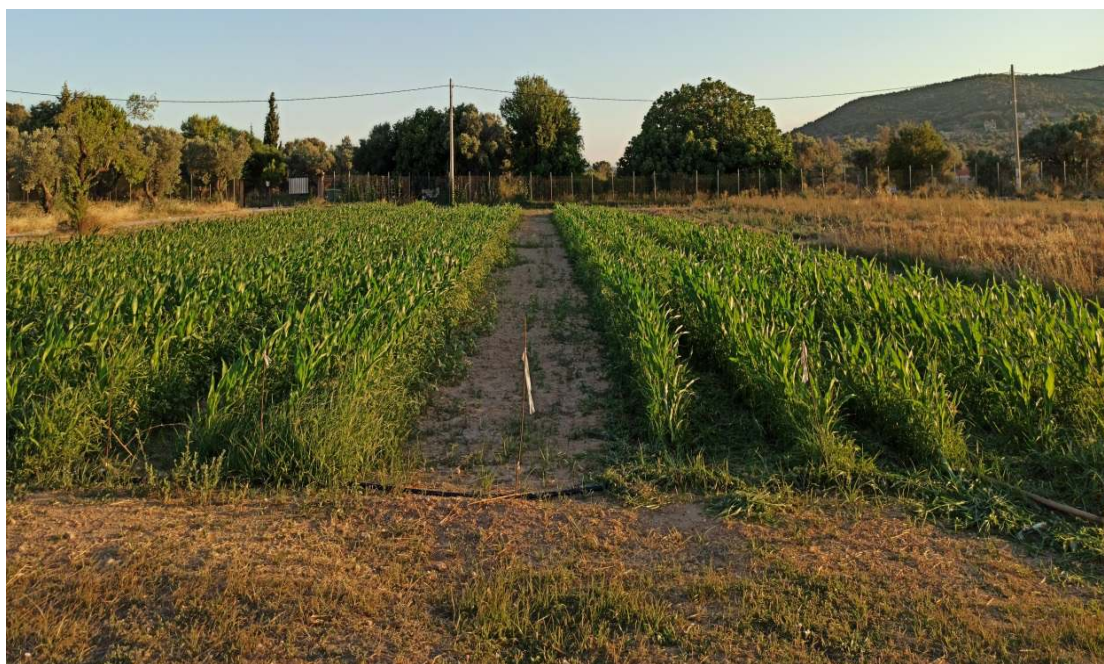
Μια εβδομάδα μετά την δειγματοληψία τοποθετήθηκαν πλαστικοί σωλήνες στάγδην άρδευσης κατά μήκος του αγρού. Τοποθετήθηκαν 6 σωλήνες άρδευσης, για σπορά σε γραμμές σε κάθε πειραματικό τεμάχιο όπως φαίνεται στην εικόνα 3.6. Έπειτα από 3 ημέρες πραγματοποιήθηκε η σπορά της καλλιέργειας του αραβόσιτου σε γραμμές με το χέρι.

Σ1	Σ2	Μ3	Μ4
T1	T2	T3	T4
Μ1	Μ2	Σ3	Σ4

Εικόνα 3.6: Εγκατάσταση πλαστικών σωλήνων άρδευσης (μαύρο χρώμα) στα πειραματικά τεμάχια.

Πρόγραμμα εργασιών

- Στις αρχές Ιουλίου του 2020 πραγματοποιήθηκε ψεκασμός με ζιζανιοκτόνο ανάμεσα στις γραμμές της καλλιέργειας του αραβόσιτου. Εφαρμόστηκε εγκεκριμένο σκεύασμα με τη δραστική ουσία Sulcotrion για την καταπολέμηση ετήσιων πλατύφυλλων και αγρωστωδών ζιζανίων. Η εφαρμογή έγινε με βενζινοκίνητο ψεκαστήρα πλάτης 25 λίτρων.
- Τέλος Ιουλίου του 2020 πραγματοποιήθηκε καταστροφή και απομάκρυνση ζιζανίων ανάμεσα στις γραμμές του αραβόσιτου με εργαλεία χειρός (Εικόνα 3.7).



Εικόνα 3.7: Απομάκρυνση ζιζανίων ανάμεσα από τις γραμμές της καλλιέργειας του αραβόσιτου.

- Τέλος Σεπτέμβρη του 2020 πραγματοποιήθηκε εξέταση των ριζών του αραβόσιτου και των ζιζανίων που υπήρχαν ανάμεσα στις γραμμές, εκκριζώνοντας δειγματοληπτικά 20 φυτά από κάθε πειραματικό τεμάχιο. Η ακριβής εκτίμηση της προσβολής από κομβονηματώδεις έγινε με βάση το ποσοστό και το μέγεθος των κόμβων των ριζών με βάση την κλίμακα ταξινόμησης των Bridge and Page (1980) (Εικόνα 3.11).

3.1.5. Δειγματοληψίες εδάφους και εκτίμηση προσβολής

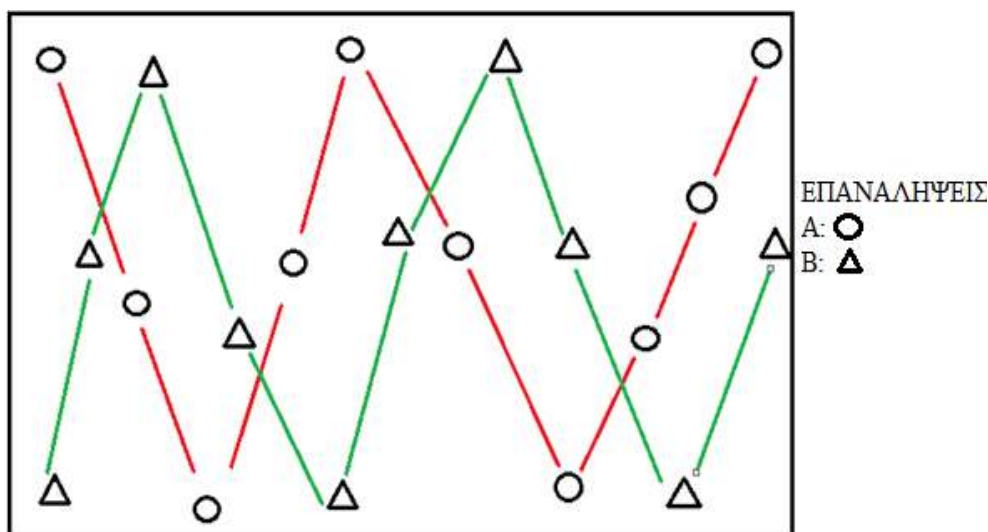
Δειγματοληψίες εδάφους

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση δειγματολήπτη εδάφους (Εικόνα 3.8) σε βάθος 0 - 40 εκ με το σχέδιο ζικ ζακ όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 3.9. Από κάθε πειραματικό τεμάχιο λαμβάνονταν 10 υποδείγματα και

πραγματοποιούνταν 2 επαναλήψεις (1 και 2) για μεγαλύτερη ακρίβεια. Τα δείγματα συλλέγονταν σε πλαστικές σακούλες δειγματοληψίας και στη συνέχεια μεταφέρονταν σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών στους 8⁰C στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Στη συνέχεια πραγματοποιούνταν εξαγωγή νηματωδών από τα εδαφικά δείγματα.



Εικόνα 3.8: Δειγματολήπτης εδάφους.



Εικόνα 3.9: Δειγματοληψία με σχέδιο ζικ ζακ 10 σημείων και 2 επαναλήψεων σε κάθε πειραματικό τεμάχιο.

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 3 δειγματοληψίες εδάφους:

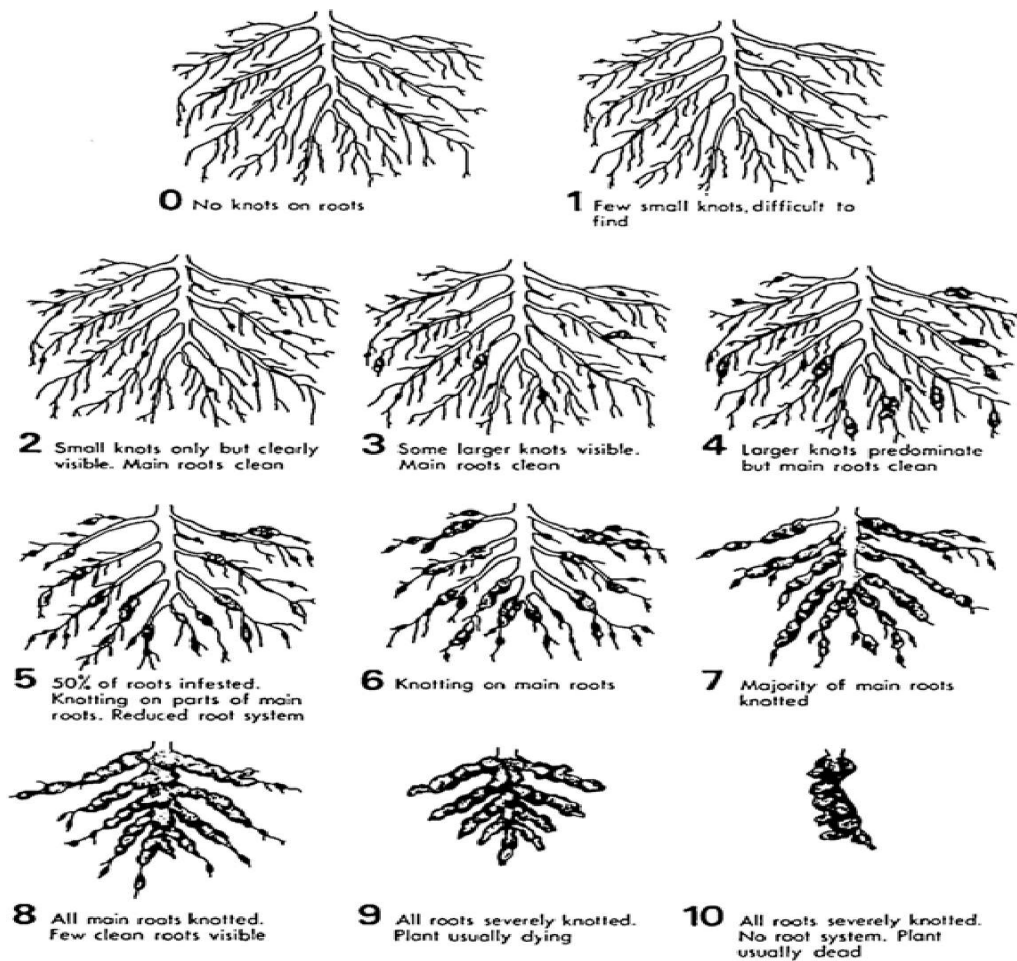
- Η πρώτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε πριν την σπορά των καλλιεργειών τριγωνέλλας και μαύρου σιναπιού τον Μάρτιο του 2020 με σκοπό τον προσδιορισμό των γενών και την πληθυσμιακή πυκνότητα των νηματωδών που υπήρχαν στον αγρό.
- Τον Ιούνιο του 2020, 10 ημέρες μετά την ενσωμάτωση των καλλιεργειών στο έδαφος πραγματοποιήθηκε η δεύτερη δειγματοληψία εδάφους με σκοπό την εκτίμηση της πληθυσμιακής πυκνότητας των νηματωδών.
- Τον Οκτώβρη του 2020 πραγματοποιήθηκε η τρίτη δειγματοληψία εδάφους με σκοπό την εκτίμηση της πληθυσμιακής πυκνότητας των νηματωδών.

Εκτίμηση προσβολής από κομβονηματώδεις

Για την εκτίμηση της προσβολής από κομβονηματώδεις πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες στα φυτά του *B. nigra* και *T. foenum-graecum*, καθώς και σε ζιζάνια που είχαν αναπτυχθεί στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα. Οι δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν ήταν: α) αρχές Ιουνίου του 2020 όπου οι καλλιέργειες ήταν σε πλήρη ανάπτυξη και β) σε ζιζάνια και φυτά αραβόσιτου. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με μακροσκοπική εξέταση των ριζών για την ύπαρξη κόμβων εκριζώνοντας δειγματοληπτικά 20 φυτά από κάθε πειραματικό τεμάχιο. Η ακριβής εκτίμηση της προσβολής από κομβονηματώδεις πραγματοποιήθηκε υπολογίζοντας το ποσοστό και το μέγεθος των κόμβων των ριζών με βάση την κλίμακα ταξινόμησης των Bridge and Page (1980) (Εικόνα 3.11). Τα ζιζάνια που αναγνωρίστηκαν και εκριζώθηκαν για εκτίμηση προσβολής ήταν: λουβουδιά (*Chenopodium album*), βρωμόλαχανο (*Lepidium draba*), χρυσάνθεμο το στεφανωματικό (*Glebionis coronaria*) (Εικόνα 3.10 A), αγριόβλητο (*Amaranthus retroflexus*) (Εικόνα 3.10 B).



Εικόνα 3.10: Χρυσάνθεμο το στεφανωματικό (*Glebionis coronaria*) (A), αγριόβλητο (*Amaranthus retroflexus*) (B).



Εικόνα 3.11: Κλίμακα ταξινόμησης προσβολής από κομβοηματώδεις, Bridge and Page, 1980.

3.1.6. Διαδικασία εξαγωγής νηματωδών από εδαφικό δείγμα

Για την απομόνωση νηματωδών από τα δείγματα εδάφους που ελήφθησαν από τις τρεις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν ακολουθήθηκε η μέθοδος της φυγοκέντρισης. Η μέθοδος της φυγοκέντρισης χρησιμοποιείται για την εξαγωγή ενεργών η ανενεργών νηματωδών χρησιμοποιώντας τη διαφορά στο ειδικό βάρος μεταξύ των νηματωδών και άλλων μερών του εδάφους. Εάν το εναιώρημα με τους νηματώδεις βρίσκεται σε ένα διάλυμα απομόνωσης με μεγαλύτερο ειδικό βάρος σε σχέση με τους νηματώδεις τότε οι νηματώδεις επιπλέουν, ενώ τα σωματίδια με μεγαλύτερο ειδικό βάρος καθιζάνουν. Αυτή η διαδικασία διαχωρισμού επιτυγχάνεται με τη φυγοκέντριση. (Van Bezooijens, 2006).

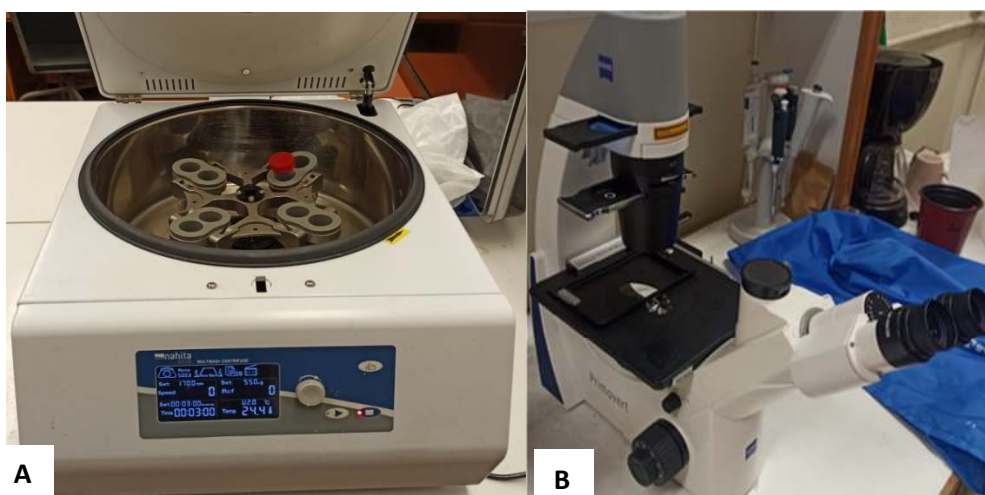
Διαδικασία

Αρχικά, ποσότητα εδάφους ίση με 250 cm³ μετρήθηκε σε πλαστικό ποτήρι ζέσεως και χύθηκε σε πλαστικό κουβά και διαλύθηκε σε 10 λίτρα νερό. Στη συνέχεια εγχύθηκε μέσα από ένα κόσκινο διαμέτρου 2 χιλιοστών για να αφαιρεθούν μεγάλα

σωματίδια του εδάφους όπως πέτρες και το διάλυμα πέρασε και από ένα κόσκινο διαμέτρου 38 μ m. Τέλος, με έναν υδροβόλο συλλέχθηκε το περιεχόμενο από το κόσκινο των 38 μ m σε φιαλίδια φυγοκέντρισης τύπου Falcon των 50 ml. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για όλα τα εδαφικά δείγματα.

Τα φιαλίδια τοποθετήθηκαν στη φυγόκεντρο για 5 λεπτά σε 1710 g. Σε αυτό το στάδιο σωματίδια με ειδικό βάρος μεγαλύτερο από 1 (συμπεριλαμβανομένων των νηματωδών) καθιζάνουν. Στη συνέχεια απορρίφθηκε το υπερκείμενο και προστέθηκε διάλυμα απομόνωσης ζαχαρόνερου (454 gr/L νερού) και πραγματοποιήθηκε ανάδευση του ιζήματος σε αναδευτήρα vortex. Στη συνέχεια τα φιαλίδια τοποθετήθηκαν ξανά για φυγοκέντριση για 3 λεπτά σε 650 g. Σε αυτό το στάδιο οι νηματώδεις επιπλέουν στο διάλυμα απομόνωσης ενώ τα υπόλοιπα σωματίδια καθιζάνουν. Το υπερκείμενο πέρασε μέσα από ένα κόσκινο διαμέτρου 0,25 μ m και ακολούθησε η διαβροχή του με τρεχούμενο νερό για απομάκρυνση του ζαχαρόνερου. Τέλος, το περιεχόμενο συλλέχθηκε σε φιαλίδια τύπου Falcon (McSorley and Frederick, 2004, Van Bezooijens, 2006).

Η παρατήρηση και η καταμέτρηση των νηματωδών πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια ανάστροφου μικροσκοπίου μάρκας Zeiss (Εικόνα 3.12 B) και λήφθηκε ποσότητα 1 ml σε πηγάδι πλάκας πολυστυρενίου χωρητικότητας 24 πηγαδιών. Για κάθε δείγμα τοποθετήθηκαν 4 πηγάδια του 1 ml και υπολογίστηκε ο μέσος όρος των νηματωδών. Η ταυτοποίηση των νηματωδών πραγματοποιήθηκε σε επίπεδο γένους χρησιμοποιώντας την κλείδα αναγνώρισης νηματωδών του U.N.L Nematology Lab (2010).



Εικόνα 3.12: Επιτραπέζια φυγόκεντρος (A), ανάστροφο μικροσκόπιο (B).

3.2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

3.2.1. Ανάπτυξη και διατήρηση πληθυσμού του *M. javanica*

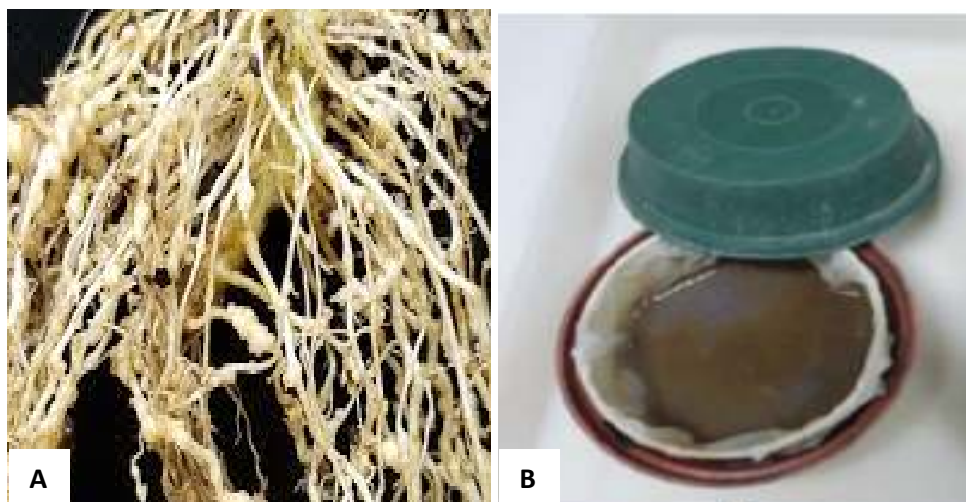
Για την ανάγκη των πειραμάτων πραγματοποιήθηκε η ανάπτυξη και η διατήρηση του πληθυσμού του *M. javanica*. Για τον σκοπό αυτό, σπορόφυτα τομάτας (*Solanum lycopersicum* L) ποικιλίας *Belladonna* η οποία είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε προσβολή από κομβονηματώδεις μεταφυτεύθηκαν σε πλαστικά φυτοδοχεία με μίγμα τύρφης με περλίτη. Στη συνέχεια τα φυτά τοποθετήθηκαν σε κλωβούς σε θερμοκήπιο, στο Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, σε θερμοκρασίες 25 - 27⁰C. Η άρδευση πραγματοποιούνταν όποτε αυτό ήταν αναγκαίο. Οι συνθήκες αυτές διατηρήθηκαν σε όλη την διάρκεια των πειραμάτων. Με το πέρας 5 εβδομάδων όπου τα φυτά έχουν αναπτύξει επαρκές ριζικό σύστημα ώστε να μπορεί ο νηματώδης να αναπτυχθεί και να αναπαραχθεί, πραγματοποιήθηκε μόλυνση των φυτών με προνύμφες δευτέρου σταδίου του κομβονηματώδη *M. javanica*.

3.2.2. Απομόνωση και παραλαβή προνυμφών δευτέρου σταδίου (J2) *M. javanica*

Πενήντα ημέρες μετά την μόλυνση και με την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου του κομβονηματώδη, το φυτό αφαιρέθηκε και ξεπλύθηκε προσεκτικά με λεπτές κινήσεις έως ότου να απομακρυνθεί το εδαφικό υπόλειμμα από τις ρίζες και να παραμείνει η ρίζα ακέραια και καθαρή (Εικόνα 3.13 Α). Στη συνέχεια η ρίζα τεμαχίστηκε σε μικρά κομμάτια (περίπου 2 εκατοστά) και τοποθετήθηκε σε δοχείο που περιείχε διάλυμα 1% NaOCl και ανακινήθηκε για 5 λεπτά. Στη συνέχεια το διάλυμα με τις ρίζες ξεπλύθηκε κάτω από τρεχούμενο νερό για 5-6 λεπτά μέσα σε δύο κόσκινα διατομής 250 και 38 μm.

Μετά το πέρας της διαδικασίας συλλέχθηκαν τα ωά από το κόσκινο των 38 μm, τοποθετήθηκαν σε ποτήρι ζέσεως με τη βοήθεια υδροβολέα και μεταφέρθηκαν σε διηθητικό χαρτί σε τροποποιημένους δίσκους Baermann. Οι δίσκοι αποτελούνται από ένα διηθητικό χαρτί το οποίο τοποθετείται μέσα σε ένα κόσκινο, οι οπές του οποίου έχουν διατομή 2 mm και στερεώνεται πάνω σε ένα πλαστικό δίσκο. Στη συνέχεια ο δίσκος συμπληρώνεται με αποσταγμένο νερό έως ότου το νερό να εφάπτεται με το κάτω μέρος της επιφάνειας του διηθητικού χαρτιού. Τέλος, ο

πλαστικός δίσκος καλύφθηκε στην πάνω μεριά με δίσκο ίδιου μεγέθους σαν καπάκι, ώστε να μην έχουμε απώλεια νερού μέσω της εξάτμισης (Εικόνα 3.13 Β).



Εικόνα 3.13: Πλυμένη ρίζα με κόμβους (Α) τροποποιημένος δίσκος Baermann για την εξαγωγή προνυμφών (Β).

Η ποσότητα του νερού ελεγχόταν τακτικά και όποτε χρειαζόταν συμπληρωνόταν έτσι ώστε το διηθητικό χαρτί να βρίσκεται σε συνεχή επαφή με το νερό με σκοπό την εξαγωγή των προνυμφών στο νερό. Οι προνύμφες που εκκολάφτηκαν μετά από 2 μέρες (48 ώρες) συλλέχτηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για τις πειραματικές δοκιμές. Η διαδικασία συλλογής προνυμφών επαναλαμβάνονταν κάθε δύο μέρες. Κάθε φορά που συλλέγονταν προνύμφες συμπληρωνόταν ο δίσκος με νερό μέχρι το σημείο επαφής με το διηθητικό χαρτί. Η συλλογή των προνυμφών συνεχιζόταν κάθε 48 ώρες και μέρος του πληθυσμού χρησιμοποιούταν και σε μόλυνση νέων φυτών τομάτας για την διατήρηση του πληθυσμού.

3.2.3. Άλεση σπόρων των φυτών *B. nigra* και *T. foenum-graecum*

Για τις ανάγκες των πειραμάτων χρειάστηκε να πραγματοποιηθεί άλεση των σπόρων των φυτών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* καθώς και του φυτού *Zea mays* που χρησιμοποιήθηκε σαν θετικός μάρτυρας. Οι σπόροι των φυτικών ειδών αλέστηκαν σε ηλεκτρικό μύλο εργαστηριακού τύπου (Εικόνα 3.14), που ανήκει στο Εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, και το υλικό σύνθλιψης συλλέχθηκε σε σακούλες που κατά την διάρκεια των πειραμάτων ήταν συνεχώς αεροστεγώς κλειστές και βρίσκονταν σε θάλαμο επώασης στους 8⁰C.



Εικόνα 3.14: Α,Β: Ηλεκτρικός μύλος άλεσης.

3.2.4. Παραλαβή υδατικών εκχυλισμάτων των *B. nigra* και *T. foenum-graecum*

Για την παραγωγή υδατικών εκχυλισμάτων των φυτών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* χρησιμοποιήθηκαν 25 γραμμάρια τριμμένου σπόρου, από κάθε φυτικό είδος, και 250 ml νερό. Η διαδικασία παραγωγής:

Σε γυάλινο γουδί προστέθηκε η ποσότητα τριμμένου σπόρου από κάθε φυτικό είδος και στη συνέχεια με την προσθήκη νερού πολτοποιήθηκε. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε σε ογκομετρικό κύλινδρο όπου παρέμεινε για 24 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου. Στη συνέχεια το εκχύλισμα που προέκυψε φυγοκεντρήθηκε στις 9000 στροφές για 10 λεπτά με σκοπό να πραγματοποιηθεί διαχωρισμός του στερεού από το υγρό υλικό. Το υπερκείμενο εκχύλισμα που προέκυψε χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες των πειραμάτων.

3.2.5. Δοκιμή της ευπάθειας των φυτών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στον *M. javanica*

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο θερμοκήπιο του Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών την περίοδο Σεπτεμβρίου – Δεκεμβρίου του 2020 και 2021. Σκοπός του πειράματος ήταν η διερεύνηση της ευπάθειας των φυτικών ειδών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* ενάντια του κομβονηματώδη *M. javanica*. Για τις ανάγκες του πειράματος χρειάστηκε να δημιουργηθούν σπορόφυτα των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* και στη συνέχεια μεταφυτεύτηκαν σε πλαστικά φυτοδοχεία. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μόλυνση του εδάφους με 500, 1000 και 2000 προνύμφες δευτέρου σταδίου (J2) του κομβονηματώδη *M. javanica*. Το εναιώρημα προνυμφών δευτέρου σταδίου (J2) του

M. javanica που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα παρελήφθη από την εκτροφή του πληθυσμού. Για κάθε μεταχείριση πραγματοποιήθηκαν 6 επαναλήψεις για κάθε φυτικό είδος και σαν μάρτυρας χρησιμοποιήθηκαν 6 φυτά από κάθε φυτικό είδος στα οποία δεν πραγματοποιήθηκε μόλυνση.

Διαδικασία:

Αρχικά, σε δίσκο σποράς από φελιζόλ 128 θέσεων ο οποίος διέθετε οπές αποστράγγισης τοποθετήθηκε φυτόχωμα το οποίο πατήθηκε ελαφρά. Το έδαφος διαβρέχτηκε ελαφρά και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σπόροι σε κάθε θέση των φυτικών ειδών *B. nigra* και *T. foenum-graecum*. Οι σπόροι σκεπάστηκαν με μια λεπτή στρώση φυτοχώματος και διαβρέχτηκαν ελαφρά με ποτιστήρι, για να μην παρασυρθεί το χώμα. Το σπορείο τοποθετήθηκε στο θερμοκήπιο του Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών σε θερμοκρασία 25⁰C και ποτιζόταν κάθε 1-2 μέρες ανάλογα με τις ανάγκες ελαφρά με ποτιστήρι. Η βλάστηση των σπόρων πραγματοποιήθηκε μετά από 5-7 μέρες και στη συνέχεια άρχισε η ανάπτυξη των φυτών (Εικόνα 3.15).

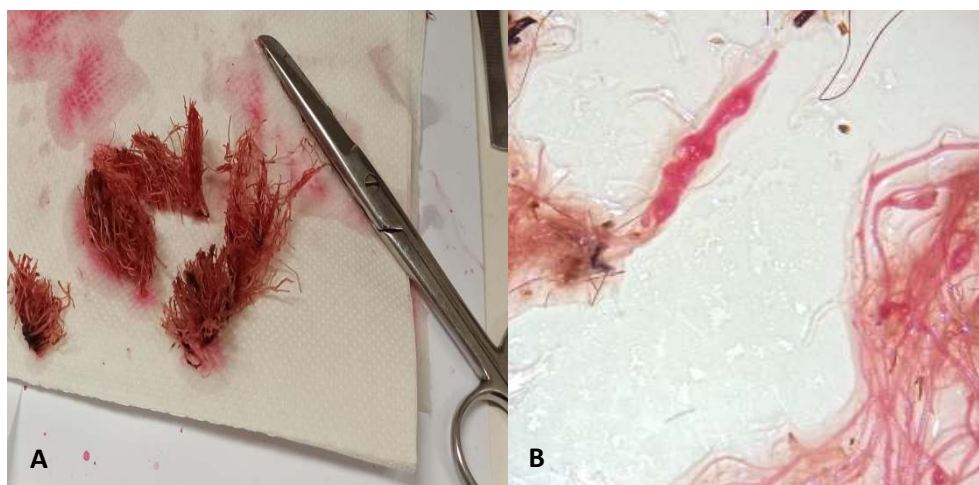


Εικόνα 3.15: Σπορείο από φελιζόλ των φυτών *B. nigra* και *T. foenum-graecum*.

Κατά την ανάπτυξη των σποροφύτων πραγματοποιήθηκε αραίωση και επιλέχθηκε για ανάπτυξη ένα υγιές φυτό για κάθε θέση του σπορίου. Μετά από 3 εβδομάδες από την σπορά και αφού τα φυτά είχαν αναπτυχθεί στο 3^ο έως 5^ο πραγματικό φύλλο πραγματοποιήθηκε η μεταφύτευσή τους. Για την μεταφύτευση επιλέχθηκαν 24 σπορόφυτα από κάθε φυτικό είδος ίδιας ανάπτυξης, υγιή και δυνατά τα οποία μεταφυτεύθηκαν σε πλαστικά φυτοδοχεία στα οποία είχε τοποθετηθεί φυτόχωμα. Στη συνέχεια ποτίστηκαν και τοποθετήθηκαν στο θερμοκήπιο. Μετά από 5 εβδομάδες από την μεταφύτευση, και αφού τα φυτά είχαν αναπτυχθεί αρκετά και

είχαν αναπτύξει αρκετά μεγάλο ριζικό σύστημα πραγματοποιήθηκε η μόλυνσή τους με 500, 1000 και 2000 προνύμφες δευτέρου σταδίου (J2) του *M. javanica*. Σαν μάρτυρας χρησιμοποιήθηκαν φυτά τα οποία δεν μολύνθηκαν με προνύμφες δευτέρου σταδίου (J2) του *M. javanica*.

Μετά από 5 εβδομάδες τα φυτά αφαιρέθηκαν και μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών όπου κόπηκε το υπέργειο μέρος των φυτών, στο ύψος του λαιμού και στη συνέχεια ζυγίστηκε. Οι ρίζες ξεπλύθηκαν προσεκτικά με τρεχούμενο νερό μέχρι να απομακρυνθεί όλη η ποσότητα εδάφους και αφού ήταν καθαρές, στέγνωσαν σε διηθητικό χαρτί και στη συνέχεια ζυγίστηκαν. Ακολούθησε χρώση των ριζών με εμβάπτιση σε διάλυμα φουξίνης σύμφωνα με τον Byrd et al. (1983). Για την καταμέτρηση των θηλυκών του *M. javanica*, οι ρίζες τεμαχίστηκαν σε μικρά κομμάτια των 2-3 εκατοστών (Εικόνα 3.16, Α), οι οποίες είχαν αποκτήσει ομοιόμορφα ένα φούξια χρώμα, και η παρατήρηση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια διοφθάλμιου στερεοσκοπίου (Zeiss, Germany).



Εικόνα 3.16: Τεμαχισμός των ριζών σε μικρά κομμάτια (Α) και καταμέτρηση των θηλυκών με την βοήθεια στερεοσκοπίου (Β).

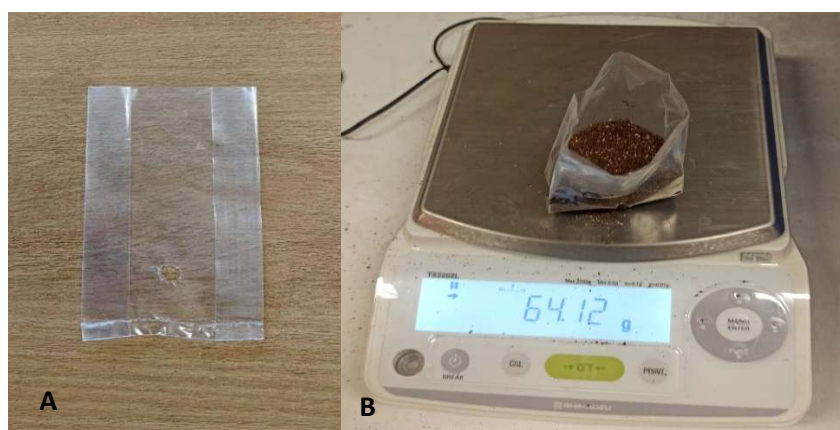
3.2.6. Δοκιμή επίδρασης αλεσμένου σπόρου των φυτών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στον βιολογικό κύκλο του *M. Javanica*

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο θερμοκήπιο του Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών την περίοδο Φεβρουαρίου – Μαρτίου του 2021 και 2022. Σκοπός του πειράματος ήταν η διερεύνηση της επίδρασης αλεσμένων σπόρων των φυτικών ειδών *B. nigra* και *T. foenum-graecum*, στην επιβίωση του κομβονηματώδη *M. javanica* και στην εξέλιξη

του βιολογικού του κύκλου. Σαν μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε υλικό από αλεσμένους σπόρους από το φυτικό είδος αραβοσίτου (*Z. mays*). Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκε αλεσμένος σπόρος των φυτικών ειδών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* και *Z. mays* που προστέθηκε σε ποσότητα εδάφους σε 4 διαφορετικές συγκεντρώσεις. Στην συνέχεια το έδαφος μολύνθηκε με 200 προνύμφες (J2) του κομβονηματώδη *M. javanica*. Τέλος, στη ποσότητα εδάφους μεταφυτεύθηκαν σπορόφυτα τομάτας. Πραγματοποιήθηκαν 4 μεταχειρίσεις με προσθήκη 0.5, 1, 2 και 4 γραμμάρια αλεσμένου σπόρου. Για κάθε μεταχείριση πραγματοποιήθηκαν 8 επαναλήψεις για κάθε φυτικό είδος και σαν μάρτυρας υπήρχαν 8 επαναλήψεις εδάφους χωρίς την προσθήκη ποσότητας αλεσμένου σπόρου.

Διαδικασία:

Το έδαφος που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες του πειράματος αποστειρώθηκε σε κλίβανο 2 επαναλαμβανόμενες φορές. Σε διαφανή σακουλάκια φυτωρίου 10 εκατοστών τα οποία διέθεταν οπές αποστράγγισης, τοποθετήθηκε ποσότητα εδάφους ίση με 60 γραμμαρίων (Εικόνα 3.17). Στη συνέχεια έγινε η προσθήκη του αλεσμένου σπόρου με 0.5, 1, 2 και 4 γραμμάρια. Η ποσότητα εδάφους αναμίχθηκε με την ποσότητα του αλεσμένου σπόρου και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μόλυνση με εναιώρημα 200 προνυμφών (J2) του *M. javanica*. Τα εδάφη παρέμειναν για 48 ώρες σε συνθήκες δωματίου.



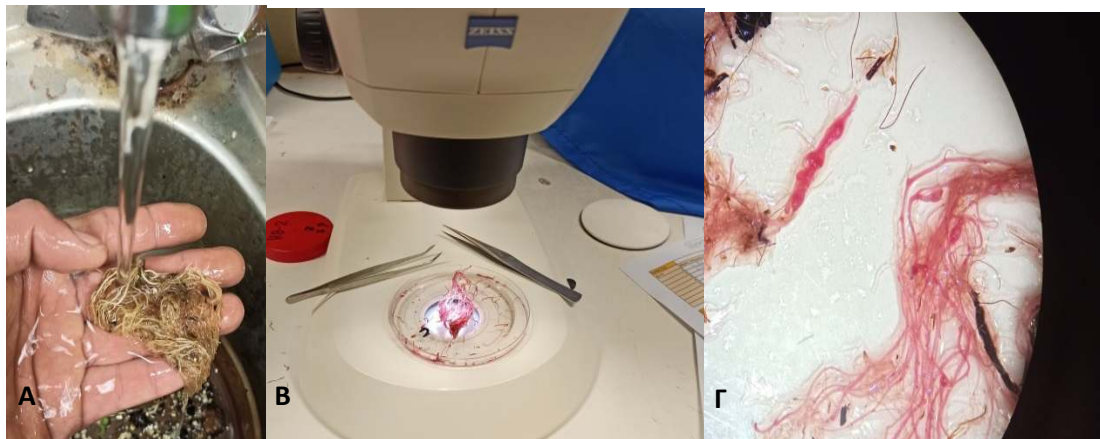
Εικόνα 3.17: Σακουλάκια φυτωρίου (A), Ζύγιση ποσότητας εδάφους (B).

Στη συνέχεια μετά από 48 ώρες ακολούθησε η μεταφύτευση σποροφύτων τομάτας ποικιλίας Belladonna στην ποσότητα εδάφους που είχε μολυνθεί στο σακουλάκι φυτωρίου. Τα φυτά μεταφέρθηκαν και παρέμειναν καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος στο θερμοκήπιο σε σταθερή θερμοκρασία 25-27⁰C (Εικόνα 3.18). Τα φυτά ποτιζόταν κάθε 2-3 μέρες με μικρή ποσότητα νερού.



Εικόνα 3.18: Φυτά τομάτας στο θερμοκήπιο.

Με τη πάροδο 5 εβδομάδων από την εγκατάσταση του πειράματος τα φυτά αφαιρέθηκαν από το θερμοκήπιο και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο. Σε όλα τα φυτά κόπηκε το υπέργειο μέρος των φυτών στο ύψος του λαιμού και στη συνέχεια ζυγίστηκε. Οι ρίζες ξεπλύθηκαν με τρεχούμενο νερό μέχρι να απομακρυνθεί όλη η ποσότητα του εδάφους (Εικόνα 3.19 Α), και αφού ήταν καθαρές, στέγνωσαν και στη συνέχεια ζυγίστηκαν. Ακολούθησε χρώση των ριζών με εμβάπτιση σε διάλυμα φουξίνης σύμφωνα με τον Byrd et al (1983). Για την καταμέτρηση των θηλυκών του *M. javanica* τεμαχίστηκαν οι ρίζες οι οποίες είχαν αποκτήσει ομοιόμορφο φούξια χρώμα και πραγματοποιήθηκε παρατήρηση με τη βοήθεια διοφθάλμιου στερεοσκοπίου (Εικόνα 3.19, Β και Γ).



Εικόνα 3.19: Πλύσιμο ριζών για απομάκρυνση εδάφους (Α), καταμέτρηση θηλυκών με τη βοήθεια διοφθάλμιου στερεοσκοπίου (Β και Γ).

3.2.7. Δοκιμή επίδρασης των υδατικών φυτικών εκχυλισμάτων των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στην εκκόλαψη των προνυμφών (J2) από ωόσακους

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών την περίοδο Απριλίου – Μαΐου και Σεπτεμβρίου - Οκτωβρίου 2021. Σκοπός του πειράματος η διερεύνηση της επίδρασης των υδατικών εκχυλισμάτων από σπόρους των φυτικών ειδών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στην εκκόλαψη των προνυμφών (J2) του *M. javanica* από ωόσακους. Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν ώριμοι ωόσακοι που επιλέχθηκαν από ρίζες φυτών τομάτας που είχαν μολυνθεί με προνύμφες δευτέρου σταδίου (J2) του *M. javanica*, οι οποίοι στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε ειδικά διαμορφωμένα τρυβλία Petri 6 εκατοστών όπου περιείχαν υδατικά εκχυλίσματα των φυτικών ειδών σε συγκεντρώσεις 2000, 1000, 500 και 250 ppm. Για θετικός μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε φυτικό εκχύλισμα από αλεσμένο σπόρο του φυτού *Z. mays*. Πραγματοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση για κάθε φυτικό είδος και σαν μάρτυρας υπήρχαν 8 επαναλήψεις με αποσταγμένο νερό.

Διαδικασία:

Αρχικά, από φυτά τομάτας που είχαν μολυνθεί με προνύμφες δευτέρου σταδίου (J2) του *M. javanica* επιλέχθηκαν και συλλέχθηκαν με τη βοήθεια λαβίδας σε οπτικού στερεοσκόπιο 56 ώριμοι ωόσακοι από τους κόμβους των ριζών. Κατά τη συλλογή τους τοποθετήθηκαν σε διηθητικό χαρτί και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε 56 τρυβλία Petri 6 εκατοστών, τα όποια ήταν ειδικά διαμορφωμένα για αυτή την δοκιμή. Στο καπάκι του τρυβλίου ανοίχτηκε μία οπή με διάμετρο 1 εκατοστό. Στη συνέχεια ένα κομμάτι από λάστιχο σιλικόνης ίδιας διαμέτρου και ύψους 4 εκατοστών τοποθετήθηκε εντός του τρυβλίου με τέτοιο τρόπο ώστε να μη ακουμπάει στο κάτω μέρος του τρυβλίου. Στο κάτω μέρος του σωλήνα τοποθετήθηκε σίτα με οπές 500 μm (Εικόνα 3.20). Ο σκοπός της σίτας ήταν να συγκρατεί τον ωόσακο που περιείχε μέσα ο σωλήνας και θα επιτρέπει στις προνύμφες να περνούν μέσα από το τούλι στο υδατικό εκχύλισμα ή στο νερό για τον μάρτυρα που περιείχαν τα τρυβλία.



Εικόνα 3.20: Ειδικά διαμορφωμένα τρυβλία Petri 6 εκατοστών.

Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν στα τρυβλία τα υδατικά εκχυλίσματα των φυτικών ειδών *B. nigra*, *T. foenum-graecum* και *Z. mays*. Με τη βοήθεια πιπέτας σε κάθε τρυβλίο τοποθετήθηκαν 10 ml διαλύματος και τα καπάκια του τρυβλίου τοποθετήθηκαν πάνω στο τρυβλίο petri. Με λαβίδα τοποθετήθηκε στο κέντρο του σωλήνα πάνω στη σίτα ο ωόσακος. Ελέγχθηκε ότι κάθε ωόσακος επαπτόταν με το διάλυμα. Αντίστοιχα στον μάρτυρα προστέθηκαν 10 ml αποσταγμένου νερού. Οι ωόσακοι παρέμειναν μέσα στο διάλυμα για 7 μέρες σε δωμάτιο σταθερών συνθηκών σε 25⁰C (Εικόνα 3.21).



Εικόνα 3.21: Ωόσακοι σε τρυβλία που περιέχουν υδατικά εκχυλίσματα.

Μετά από μία εβδομάδα τα διαλύματα συλλέχθηκαν σε δοχεία falcon των 50 ml και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε καταμέτρηση των προνυμφών (J2) που εκκολάφτηκαν σε πλάκα πολυστυρενίου με τη βοήθεια ανάστροφου μικροσκοπίου (Zeiss, Germany). Στα τρυβλία συμπληρώθηκε αποσταγμένο νερό σε σημείο που να εφάπτεται με τον ωόσακο και τοποθετήθηκαν πάλι σε δωμάτιο σταθερών συνθηκών (25⁰C). Κάθε 7 μέρες συλλέγονταν και πραγματοποιούνταν καταμέτρηση των

προνυμφών (J2) που εκκολάπτονταν και συμπληρώνονταν το τρυβλίο με αποσταγμένο νερό. Μετά από 5 εβδομάδες και αφού στον μάρτυρα σταμάτησε η εκκόλαψη των ωών οι ωόσακοι αφαιρέθηκαν από το τρυβλίο. Με λαβίδα τοποθετήθηκαν σε αντικειμενοφόρο πλάκα και τοποθετήθηκε μία σταγόνα νερό. Με τη βοήθεια λαβίδων ο ωόσακος πιέστηκε προσεκτικά για να διασπαστεί σε μικρότερα κομμάτια και να ελευθερωθούν τα ωά στο νερό. Σε κάθε ωόσακο πραγματοποιήθηκε καταμέτρηση των ωών (διαφοροποιημένων και μη διαφοροποιημένων) και προνυμφών (J2).

3.2.8. Δόκιμη της επίδρασης των υδατικών φυτικών εκχυλισμάτων των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στην παράλυση των προνυμφών (J2) του *M. javanica*

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών την περίοδο Απριλίου – Μαΐου και Σεπτεμβρίου - Οκτωβρίου 2021. Σκοπός του πειράματος ήταν η διερεύνηση της επίδρασης των υδατικών εκχυλισμάτων από σπόρους των φυτικών ειδών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στην παράλυση των προνυμφών (J2) του *M. javanica*. Για την ανάγκη του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν προνύμφες (J2) του *M. javanica* που συλλέχθηκαν από την εκτροφή και τοποθετήθηκαν πηγάδια πλάκας πολυστυρενίου όπου περιείχαν υδατικά εκχυλίσματα των φυτικών ειδών σε συγκεντρώσεις 2000, 1000, 500 και 250 ppm. Στο πείραμα πραγματοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση για κάθε φυτικό είδος και σαν μάρτυρας υπήρχαν 8 επαναλήψεις με αποσταγμένο νερό και νηματώδεις. Για θετικός μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε φυτικό εκχύλισμα από αλεσμένο σπόρο του φυτού *Z. mays*.

Διαδικασία:

Αρχικά, σε πηγάδια πλάκας πολυστερενίου εισήχθησαν τα υδατικά εκχυλίσματα των φυτικών ειδών και στη συνέχεια προστέθηκε σε κάθε πηγάδι αιώρημα με νερό και νηματώδεις, που περιείχε 50 προνύμφες (J2) του *M. javanica*, σε αναλογία 1:1, που συνυπολογίστηκε στην τελική παρασκευή των συγκεντρώσεων. Για την αρχική συγκέντρωση δεν πραγματοποιήθηκε καμία αραιώση και στο πηγάδι προστέθηκε ποσότητα διαλύματος και αιώρημα νηματωδών σε αναλογία 1:1. Οι πλάκες καλύφθηκαν με καπάκι και στη συνέχεια σκεπάστηκαν με αλουμινόχαρτο ώστε να μην εκθέτονταν στο φυσικό φως και τοποθετήθηκαν σε συνθήκες δωματίου 25⁰C. Οι μετρήσεις της επίδρασης των υδατικών εκχυλισμάτων πραγματοποιήθηκαν

σε χρονικό διάστημα 4, 8 και 24 ωρών από την έναρξη την δοκιμής και η παρατήρηση και καταμέτρηση των προνυμφών (J2) πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ανάστροφου μικροσκοπίου (Zeiss, Germany) σε μεγέθυνση 40x. Οι προνύμφες (J2) κατηγοριοποιήθηκαν σε κινητές και ακίνητες.

3.2.9. Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης SAS On Demand for Academics. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες στο κεφάλαιο 4 των αποτελεσμάτων.

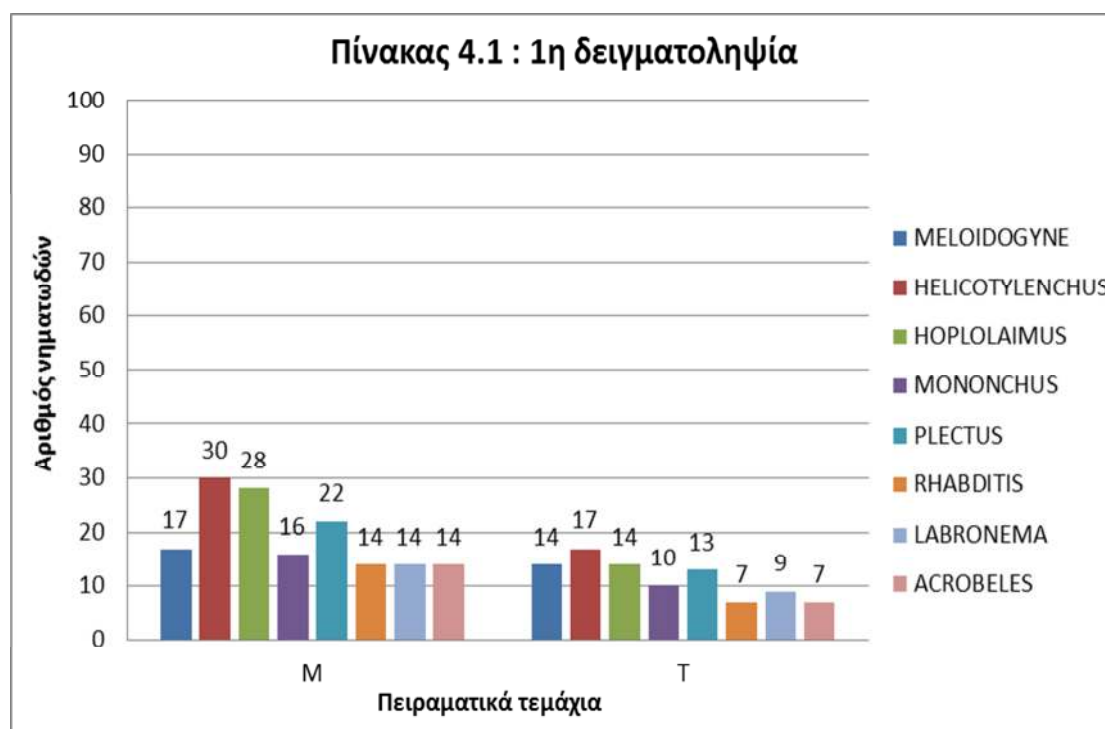
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1. ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΓΡΟΥ

4.1.1. Δειγματοληψίες εδάφους

Στους πίνακες 4.1 έως 4.3 παρουσιάζεται η επίδραση των φυτικών ειδών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στην πληθυσμιακή πυκνότητα φυτοпараσιτικών νηματωδών και νηματωδών ελεύθερης διαβίωσης, στο πείραμα αγρού, που πραγματοποιήθηκε σπορά και στη συνέχεια ενσωμάτωση των καλλιεργειών στο έδαφος. Τα αποτελέσματα αφορούν τον αριθμό των νηματωδών που βρέθηκαν στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα και της *T. foenum-graecum* σε κάθε δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε.

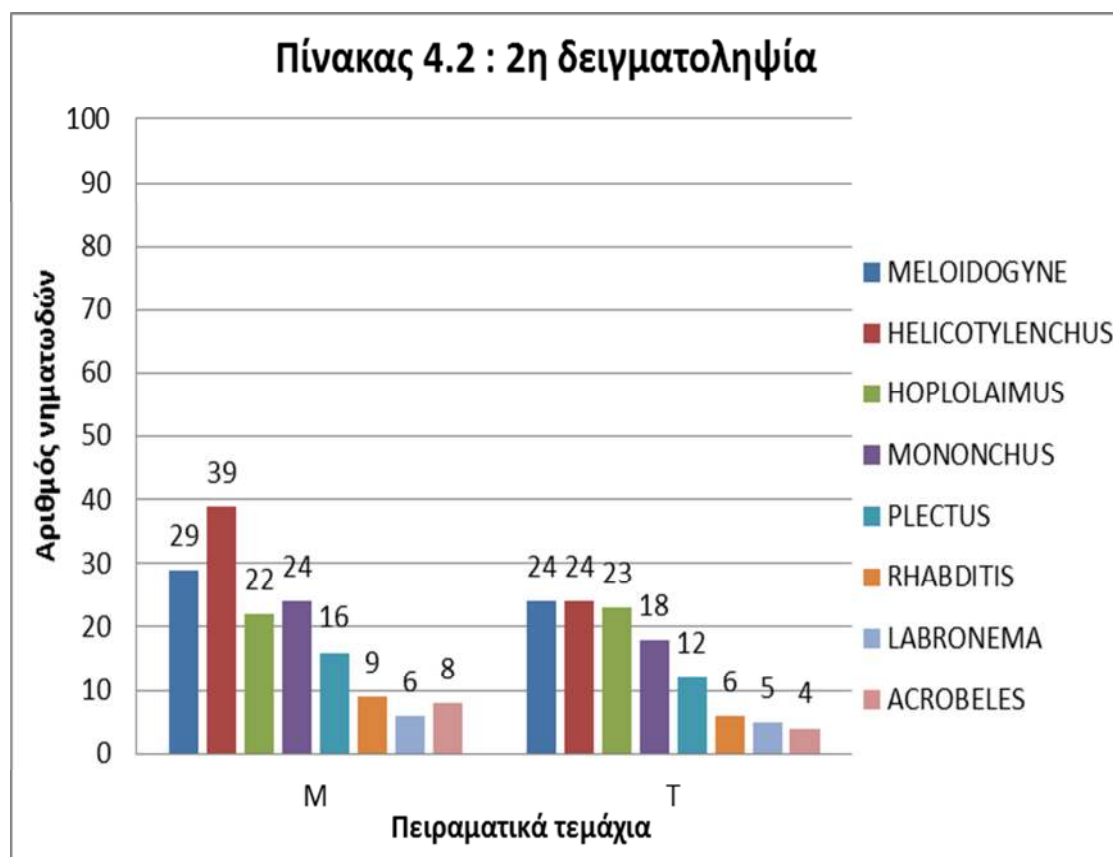
Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζεται η πληθυσμιακή πυκνότητα των νηματωδών στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα και της *T. foenum-graecum* που βρέθηκαν στην πρώτη δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε πριν την σπορά των καλλιεργειών *T. foenum-graecum* και *B. nigra*.



Πίνακας 4.1: Πληθυσμιακή πυκνότητα των νηματωδών στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα και της *T. foenum-graecum* που βρέθηκαν στην 1η δειγματοληψία

Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζεται η επίδραση της ενσωμάτωσης των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στο έδαφος, στην πληθυσμιακή πυκνότητα φυτοπαρασιτικών νηματωδών και νηματωδών ελεύθερης διαβίωσης κατά την δεύτερη δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε.

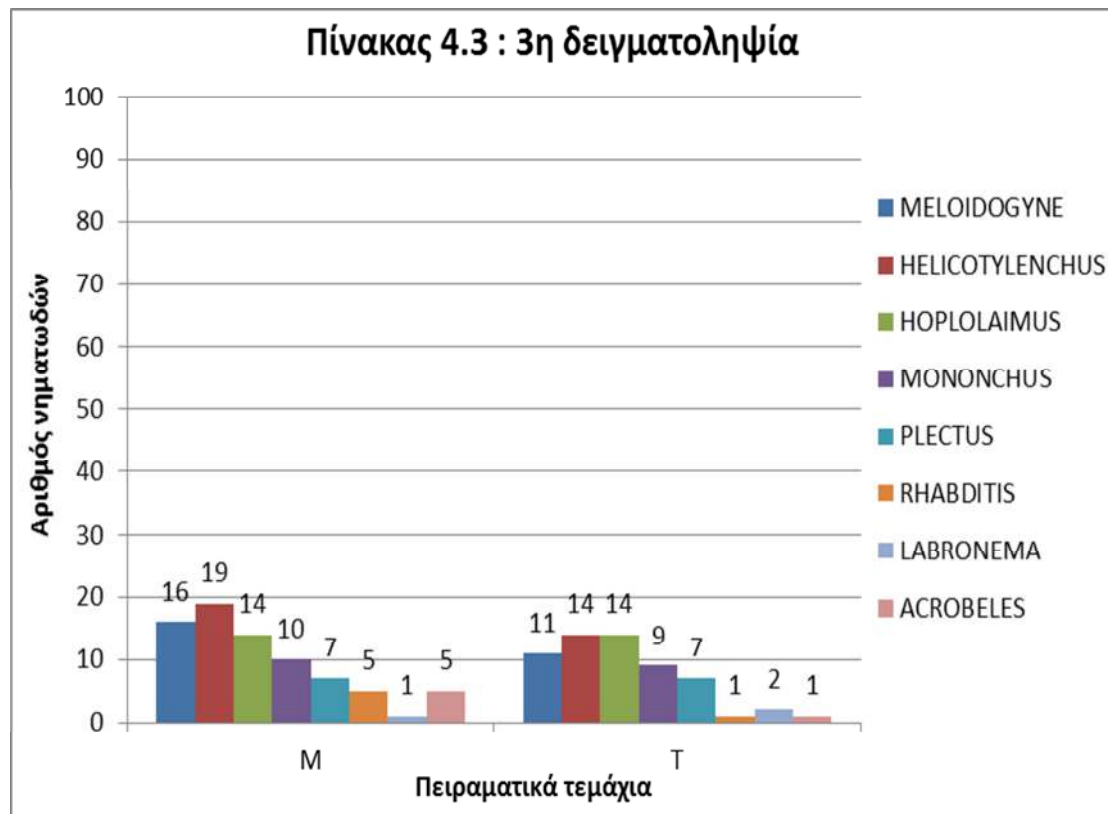
. Παρατηρήθηκε μικρή αύξηση του πληθυσμού των φυτοπαρασιτικών νηματωδών κατά τη δεύτερη δειγματοληψία στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα εκτός από τον *Hoplolaimus* spp που παρατηρήθηκε μείωση του πληθυσμού. Στα πειραματικά τεμάχια της *T. foenum-graecum* παρατηρήθηκε μικρή αύξηση του πληθυσμού των φυτοπαρασιτικών νηματωδών. Όσον αφορά τους νηματώδεις ελεύθερης διαβίωσης, παρατηρήθηκε μείωση του πληθυσμού στην δεύτερη δειγματοληψία στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα και της *T. foenum-graecum* εκτός από τον *Mononchus* spp που παρουσίασε μικρή αύξηση του πληθυσμού.



Πίνακας 4.2: Επίδραση των φυτών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στην πληθυσμιακή πυκνότητα των νηματωδών στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα και της *T. foenum-graecum*.

Στον πίνακα 4.3 παρουσιάζεται η επίδραση της ενσωμάτωσης των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στο έδαφος, κατά την καλλιέργεια αραβόσιτου, στην πληθυσμιακή πυκνότητα φυτοпараσιτικών νηματωδών και νηματωδών ελεύθερης διαβίωσης κατά την τρίτη δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε.

. Παρατηρήθηκε μεγάλη μείωση του πληθυσμού των φυτοпараσιτικών νηματωδών κατά στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα και της *T. foenum-graecum*. Όσον αφορά τους νηματώδεις ελεύθερης διαβίωσης, παρατηρήθηκε μεγάλη μείωση του πληθυσμού στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα και της *T. foenum-graecum*.



Πίνακας 4.3: Επίδραση των φυτών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στην πληθυσμιακή πυκνότητα των νηματωδών στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα και της *T. foenum-graecum* κατά την καλλιέργεια του αραβόσιτου.

4.1.2. Εκτίμηση προσβολής

Για την εκτίμηση της προσβολής εκριζώθηκαν φυτά των *B. nigra* και *T. foenum-graecum*, καθώς και ζιζάνια και φυτά αραβόσιτου (*Z. mays*) υπολογίζοντας το ποσοστό και το μέγεθος των κόμβων των ριζών με βάση την κλίμακα ταξινόμησης των Bridge and Page, 1980 (Εικόνα 3.11). Τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών παρατίθενται παρακάτω.

- **1^η δειγματοληψία, Ιούνιος 2020:**

Στον πίνακα 4.4 παρουσιάζεται ο βαθμός προσβολής από κόμβους στις ρίζες σε φυτά στα πειραματικά τεμάχια των *B. nigra* και *T. foenum-graecum*. Παρατηρήθηκαν παρόμοια αποτελέσματα σε όλα τα πειραματικά τεμάχια του *B. nigra* με 61 φυτά να μην παρουσιάζουν καθόλου κόμβους (0 κόμβοι) , 18 φυτά παρατηρήθηκε προσβολή με κλίμακα ταξινόμησης το 1 ενώ μόλις ένα φυτό παρουσίασε προσβολή με κλίμακα ταξινόμησης το 2. Στα πειραματικά τεμάχια της *T. foenum-graecum* παρατηρήθηκαν παρόμοια αποτελέσματα σε όλα τα πειραματικά τεμάχια με 71 φυτά να μην παρουσιάζουν καθόλου κόμβους ενώ μόλις 9 φυτά παρουσίασαν προσβολή με κλίμακα ταξινόμησης το 1.

Πίνακας 4.4	0 κόμβοι	1 κόμβοι	2 κόμβοι
<i>B. nigra</i>	61 φυτά	18 φυτά	1 φυτό
<i>T. foenum-graecum</i>	71 φυτά	9 φυτά	0 φυτά

Πίνακας 4.4.: Αριθμός φυτών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* με κόμβους στις ρίζες με βάση την κλίμακα ταξινόμησης των Bridge and Page.

Στον πίνακα 4.5 παρουσιάζεται ο βαθμός προσβολής από κόμβους στις ρίζες σε ζιζάνια που είχαν αναπτυχθεί στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα. Στο ζιζάνιο λουβουδιά (*Chenopodium album*) παρατηρήθηκαν 74 φυτά να μην παρουσιάζουν καθόλου κόμβους ενώ 6 φυτά παρουσίασαν προσβολή με κλίμακα ταξινόμησης το 1. Στο ζιζάνιο χρυσάνθεμο το στεφανωματικό (*Glebionis coronaria*). παρατηρήθηκαν 78 φυτά να μην παρουσιάζουν καθόλου κόμβους ενώ μόλις 2 φυτά παρουσίασαν προσβολή με κλίμακα ταξινόμησης το 1. Στο ζιζάνιο βρωμολάχανο (*Lepidium draba*) παρατηρήθηκαν 76 φυτά να μην παρουσιάζουν καθόλου κόμβους ενώ μόλις 4 φυτά παρουσίασαν προσβολή με κλίμακα ταξινόμησης το 1. Τέλος στο ζιζάνιο αγριόβλητο (*Amaranthus retroflexus*) παρατηρήθηκαν 78 φυτά να μην παρουσιάζουν καθόλου κόμβους ενώ μόλις 2 φυτά παρουσίασαν προσβολή με κλίμακα ταξινόμησης το 1

Πίνακας 4.5	0 κόμβοι	1 κόμβοι	2 κόμβοι
<i>Chenopodium album</i> (Λουβουδιά)	74 φυτά	6 φυτά	0 φυτά
<i>Glebionis coronaria</i> (Χρυσάνθεμο το στεφανωματικό)	78 φυτά	2 φυτά	0 φυτά
<i>Lepidium draba</i> (Βρωμολάχανο)	76 φυτά	4 φυτά	0 φυτά
<i>Amaranthus retroflexus</i> (Αγριόβλητο)	78 φυτά	2 φυτά	0 φυτά

Πίνακας 4.5.: Αριθμός φυτών ζιζανίων με κόμβους στις ρίζες με βάση την κλίμακα ταξινόμησης των Bridge and Page.

- **2η δειγματοληψία, Σεπτέμβριος 2020:**

Όσον αφορά την δειγματοληψία σε φυτά αραβόσιτου (*Z. mays*) σε όλα τα πειραματικά τεμάχια δεν παρατηρήθηκε κανένα φυτό με κόμβους στις ρίζες.

4.1.3. Συμπεράσματα

Στο πείραμα αγρού όσον αφορά την διερεύνηση της επίδρασης των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* εναντίον των κομβονηματωδών ενσωματώνοντας στο έδαφος τα φυτικά μέρη των καλλιεργειών, παρατηρήθηκε μικρή αύξηση της πληθυσμιακής πυκνότητας των κομβονηματωδών και άλλων φυτοπαρασιτικών νηματωδών στην 2η δειγματοληψία τους θερινούς μήνες, εκτός από τον *Hoplolaimus* spp που παρατηρήθηκε μείωση του πληθυσμού στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα. Στην 3η δειγματοληψία και 3 μήνες μετά την ενσωμάτωση των καλλιεργειών παρατηρήθηκε μεγάλη μείωση του πληθυσμού των κομβονηματωδών και άλλων φυτοπαρασιτικών νηματωδών σε όλα τα πειραματικά τεμάχια.

Παράλληλα με την διερεύνηση της επίδρασης των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* εναντίον των κομβονηματωδών και άλλων φυτοπαρασιτικών νηματωδών παρατηρήθηκαν αποτελέσματα και για την επίδραση σε νηματώδεις ελεύθερης διαβίωσης. Παρατηρήθηκε μείωση του πληθυσμού των νηματωδών ελεύθερης διαβίωσης στην 2^η δειγματοληψία εκτός από τους *Mononchus* spp που παρουσίασαν αύξηση σε όλα τα πειραματικά τεμάχια. Στην 3η δειγματοληψία και 3 μήνες μετά την ενσωμάτωση των καλλιεργειών παρατηρήθηκε μεγάλη μείωση του πληθυσμού των νηματωδών ελεύθερης διαβίωσης.

Όπως παρατηρούμε από τα αποτελέσματα της ενσωμάτωσης στο έδαφος των φυτικών μερών *B. nigra* και *T. foenum-graecum*, μειώθηκε ο πληθυσμός των κομβονηματωδών και άλλων φυτοπαρασιτικών νηματωδών ωστόσο παρατηρήθηκε μείωση και στους νηματώδεις ελεύθερης διαβίωσης που περιλαμβάνουν μυκητοφάγα, βακτηριοφάγα και αρπακτικά είδη τα οποία είναι ωφέλιμα.

Στο πείραμα αγρού, όσον αφορά την εκτίμηση προσβολής από τους κομβονηματώδεις για την διερεύνηση της ευπάθειας των φυτών *T. foenum-graecum* και *B. nigra* παρατηρήθηκε πολύ μικρό ποσοστό φυτών με κόμβους στις ρίζες. Συγκεκριμένα, στο *B. nigra* παρατηρήθηκαν 61 φυτά και ποσοστό πάνω από 75% σε όλα τα πειραματικά τεμάχια με 0 κόμβους στις ρίζες με βάση την κλίμακα ταξινόμησης των Bridge and Page, (1980) ενώ 18 φυτά και ποσοστό 20% παρατηρήθηκε με 1 κόμβο στις ρίζες με βάση την κλίμακα ταξινόμησης. Ένα μόνο φυτό του *B. nigra* και ποσοστό 5% παρατηρήθηκε με 2 κόμβους στις ρίζες με βάση την κλίμακα ταξινόμησης. Όσον αφορά την *T. foenum-graecum*, παρατηρήθηκαν 71

φυτά με 0 κόμβους στις ρίζες με βάση την κλίμακα ταξινόμησης και τα υπόλοιπα 9 παρατηρήθηκαν με 1 κόμβο στις ρίζες με βάση την κλίμακα ταξινόμησης.

Στις δειγματοληψίες στα ζιζάνια των πειραματικών τεμαχίων του μάρτυρα παρατηρήθηκε πολύ μεγάλος αριθμός φυτών με 0 κόμβους στις ρίζες. Συγκεκριμένα, στο *C. album* (λουβουδιά) παρατηρήθηκαν 74 φυτά με 0 κόμβους στις ρίζες και 6 φυτά με 1 κόμβο στις ρίζες με βάση την κλίμακα ταξινόμησης. Στο *G. coronaria* (χρυσάνθεμο το στεφανωματικό) παρατηρήθηκαν 78 φυτά με 0 κόμβους στις ρίζες και μόλις 2 φυτά με 1 κόμβο στις ρίζες με βάση την κλίμακα ταξινόμησης. Στο *L. draba* (βρωμολάχανο) παρατηρήθηκαν 76 φυτά με 0 κόμβους στις ρίζες και 4 φυτά με 1 κόμβο στις ρίζες με βάση την κλίμακα ταξινόμησης. Στο *A. retroflexus* (αγριόβλητο) παρατηρήθηκαν 78 φυτά με 0 κόμβους στις ρίζες και μόλις 2 φυτά με 1 κόμβο στις ρίζες με βάση την κλίμακα ταξινόμησης. Τέλος στην καλλιέργεια *Zea mays* παρατηρήθηκαν 0 κόμβοι στις ρίζες με βάση την κλίμακα ταξινόμησης.

Όπως παρατηρούμε από τα αποτελέσματα, στα φυτικά είδη *B. nigra* και *T. foenum-graecum* αναπτύχθηκε ένα μικρό ποσοστό κόμβων στις ρίζες από κομβονηματώδεις χωρίς να καταφέρουν να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο και να βοηθήσουν στην αύξηση του πληθυσμού κάτι που καθιστά τα φυτικά είδη φτωχούς ξενιστές των κομβονηματωδών. Όσον αφορά τα ζιζάνια στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα, παρατηρήθηκε πολύ μικρό ποσοστό φυτών με κόμβους στις ρίζες που μας δείχνει ότι τα ζιζάνια *C. album*, *G. coronaria*, *L. draba* και *A. retroflexus* είναι φτωχοί ξενιστές των κομβονηματωδών και δεν βοηθάνε στην αύξηση των πληθυσμών τους.

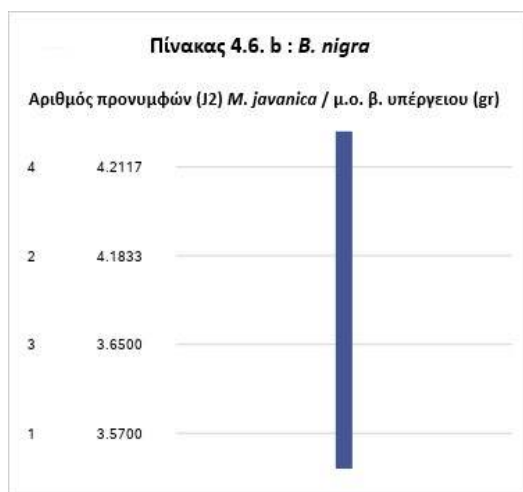
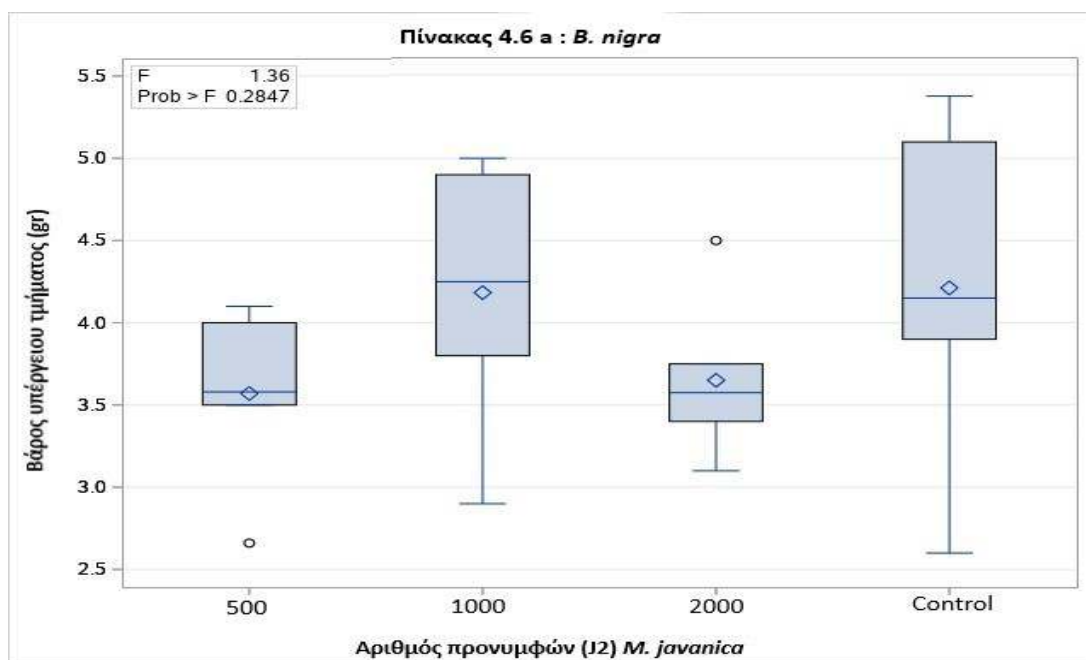
4.2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

4.2.1. Πείραμα ευπάθειας των φυτών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στον *M. Javanica*

4.2.1.1. *B. nigra*

Στον πίνακα 4.6 παρουσιάζεται η επίδραση του *M. javanica* στο βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών *B. nigra* μετά από μόλυνση με 500, 1000 και 2000 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο βάρος του υπέργειου τμήματος στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα.

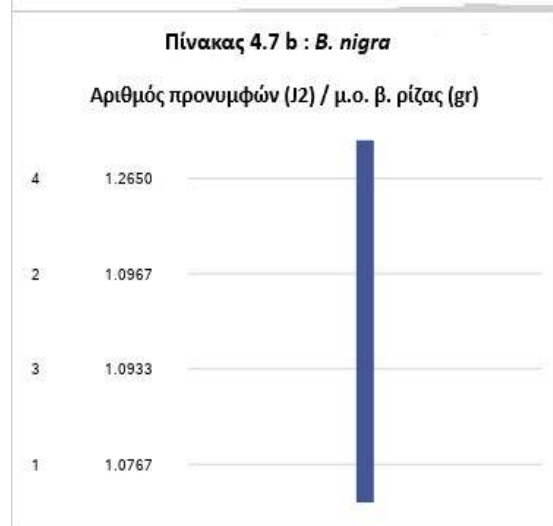
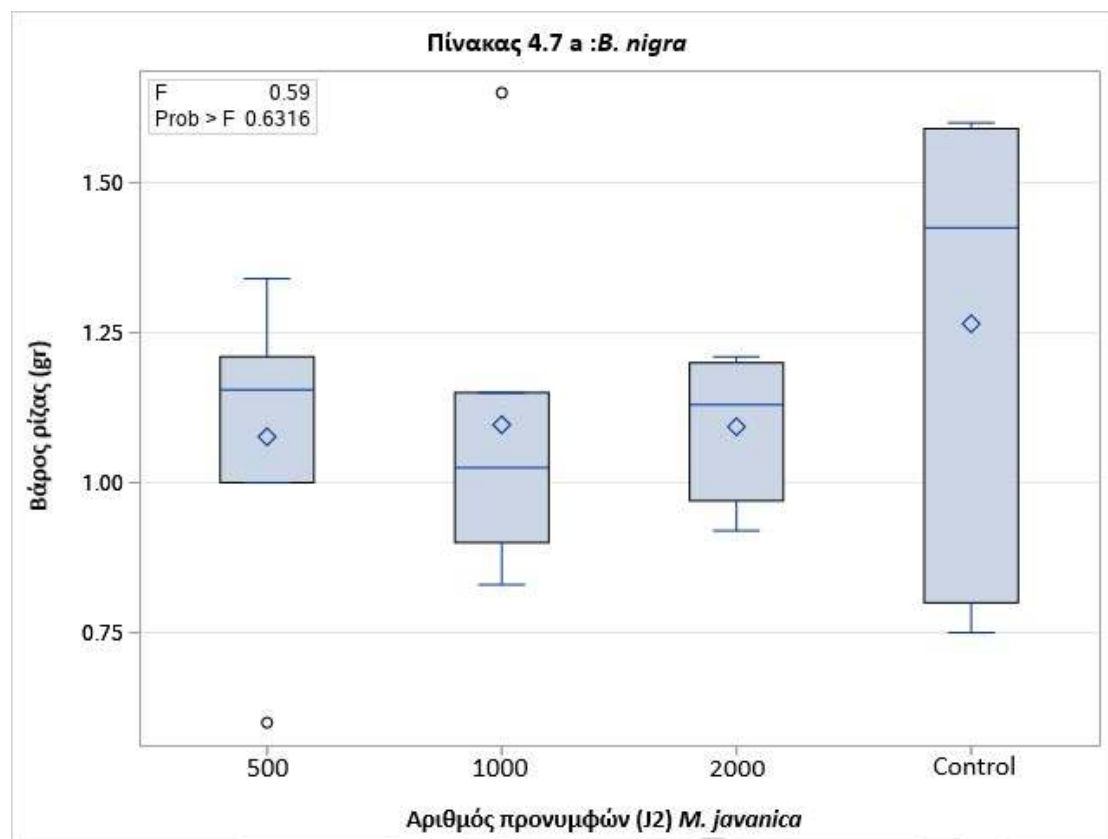


α/α	Αριθμός προνυμφών <i>M. javanica</i>	Μετρήσεις
1	500	a
2	1000	a
3	2000	a
4 (Control)	0	a

Πίνακας 4.6. : Επίδραση του *M. javanica* στο βάρος του υπέργειου τμήματος του φυτού *B. nigra*.

Στον πίνακα 4.7 παρουσιάζεται η επίδραση του *M. javanica* στο βάρος του ριζικού συστήματος των φυτών *B. nigra* μετά από μόλυνση με 500, 1000 και 2000 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο βάρος του ριζικού συστήματος στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα.

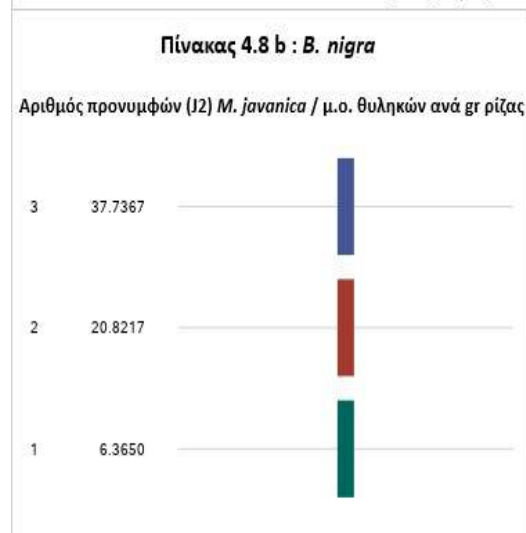
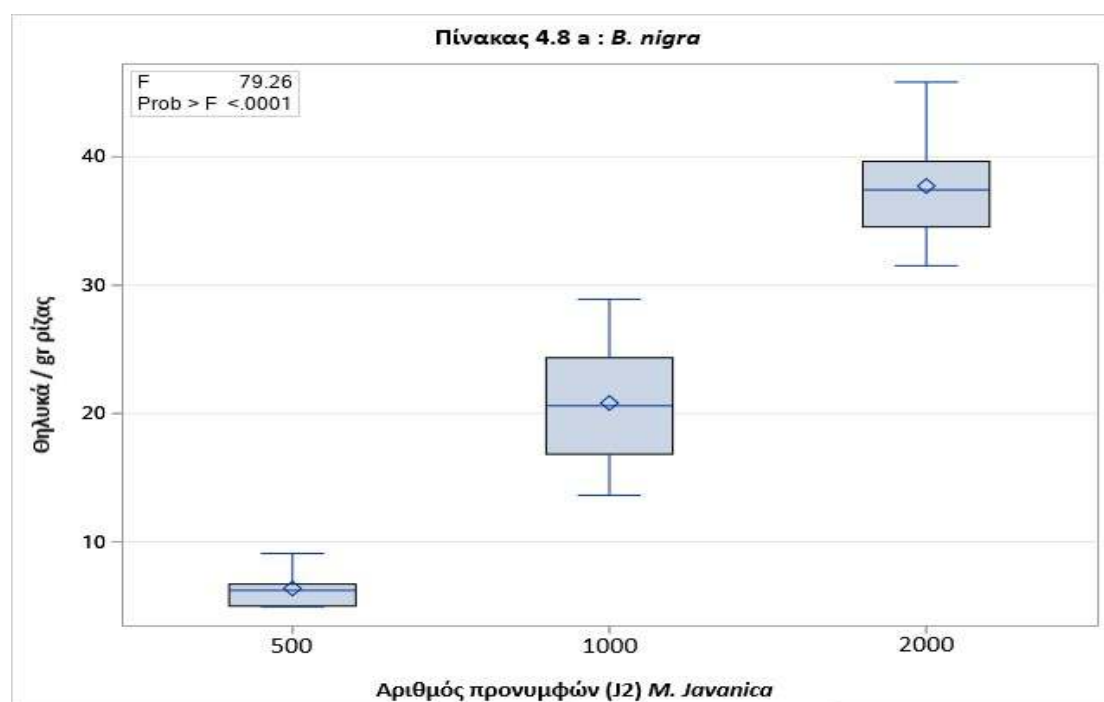


α/α	Αριθμός προνυμφών <i>M. javanica</i>	Μετρήσεις
1	500	a
2	1000	a
3	2000	a
4 (Control)	0	a

Πίνακας 4.7.: Επίδραση του *M. javanica* στο βάρος του ριζικού συστήματος του φυτού *B. nigra*.

Στον πίνακα 4.8 παρουσιάζεται ο αριθμός των θηλυκών του *M. javanica* ανά gr βάρους του ριζικού συστήματος που αναπτύχθηκαν σε φυτά *B. nigra* μετά από μόλυνση με 500, 1000 και 2000 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στον αριθμό των θηλυκών που αναπτύχθηκαν στο ριζικό σύστημα. Μεγαλύτερο μ.ο. θηλυκών ανά gr ρίζας παρουσίασαν τα φυτά με 2000 προνύμφες (J2) του *M. javanica* ενώ αντίστοιχα μικρότερο μ.ο. θηλυκών στην μεταχείριση με τον μικρότερο αριθμό προνυμφών (500) του *M. javanica*.

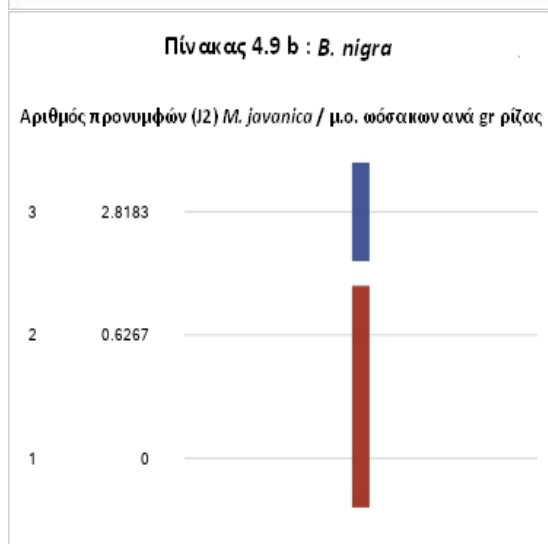
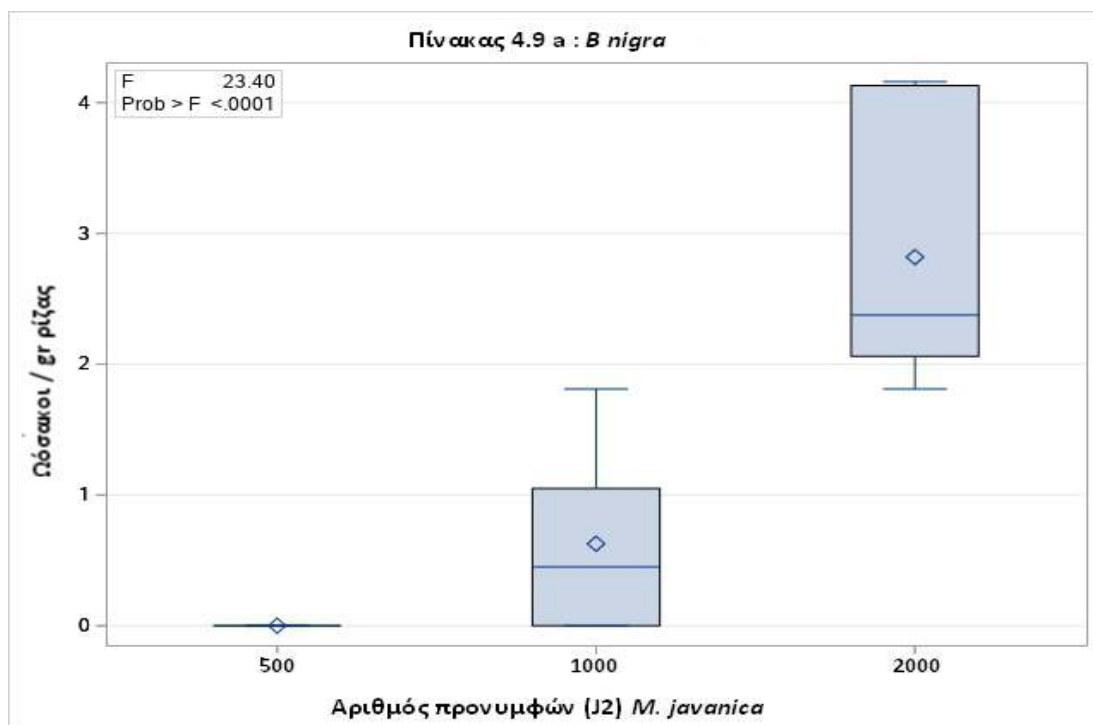


a/a	Αριθμός προνυμφών <i>M. javanica</i>	Μετρήσεις
1	500	c
2	1000	b
3	2000	a

Πίνακας 4.8.: Αριθμός θηλυκών του *M. javanica* ανά gr ρίζας του φυτού *B. nigra*.

Στον πίνακα 4.9 παρουσιάζεται ο αριθμός των ωόσακων του *M. javanica* που αναπτύχθηκαν ανά gr βάρους του ριζικού συστήματος των φυτών *B. nigra* μετά από μόλυνση με 500, 1000 και 2000 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στον αριθμό των ωόσακων που αναπτύχθηκαν στη μεταχείριση με 2000 προνύμφες (J2) σε σύγκριση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις που δεν διέφεραν μεταξύ τους. Στην μεταχείριση με 500 προνύμφες (J2) δεν παρατηρήθηκαν ωόσακοι στα θηλυκά του *M. javanica*.

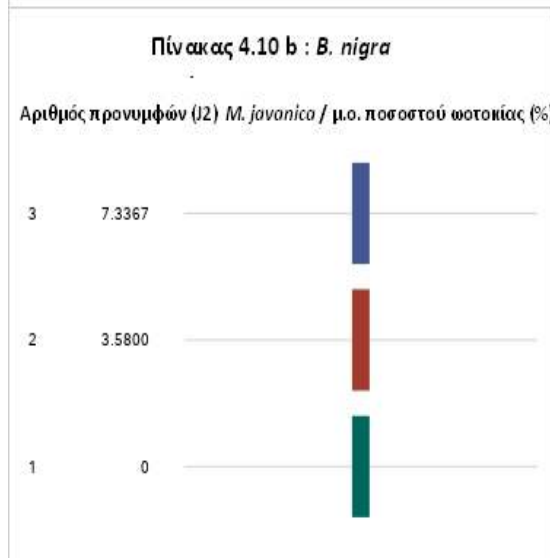
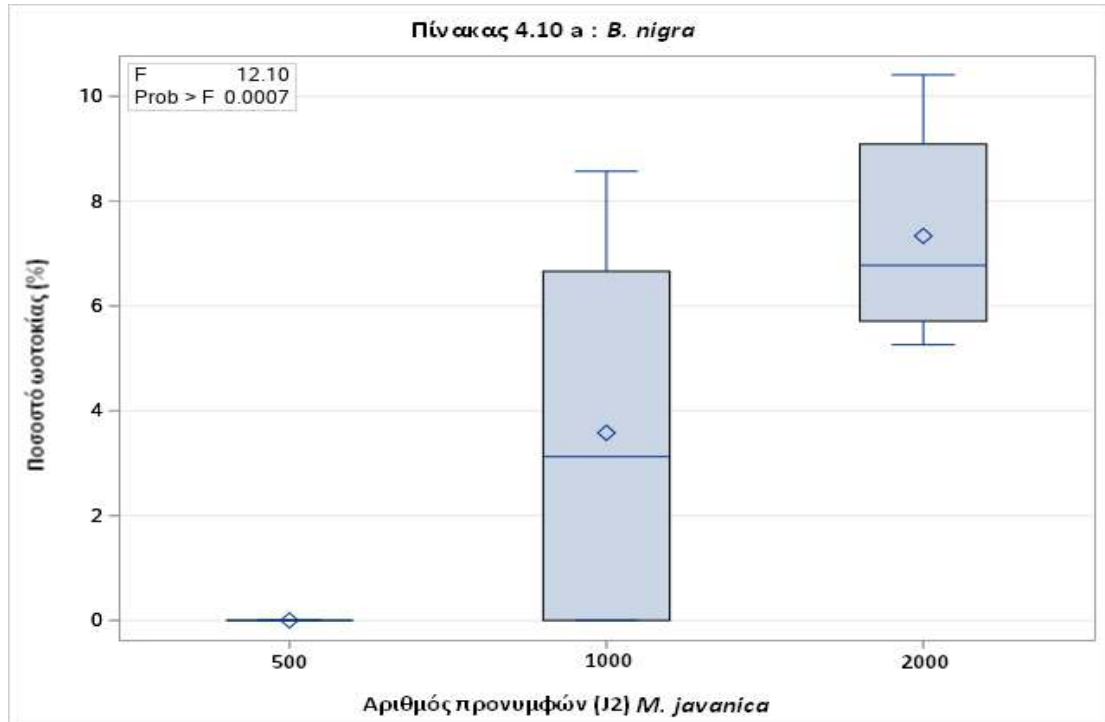


α/α	Αριθμός προνυμφών <i>M. javanica</i>	Μετρήσεις
1	500	b
2	1000	b
3	2000	a

Πίνακας 4.9. Αριθμός ωόσακων του *M. javanica* ανά gr ρίζας του φυτού *B. nigra*.

Στον πίνακα 4.10 παρουσιάζεται το ποσοστό ωτοκίας (%) θηλυκών του *M. javanica* σε φυτά *B. nigra* μετά από μόλυνση με 500, 1000 και 2000 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο ποσοστό ωτοκίας μεταξύ των μεταχειρίσεων με μεγαλύτερο μ.ο. ποσοστού ωτοκίας του *M. javanica* να παρατηρείται στη μεταχείριση με 2000 προνύμφες (J2) το οποίο ήταν 7,3%. Στην μεταχείριση με 500 προνύμφες σε κανένα θηλυκό δεν παρατηρήθηκε ωτοκία.



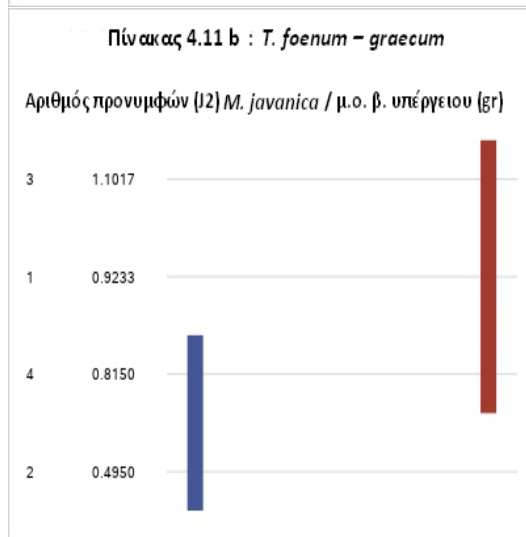
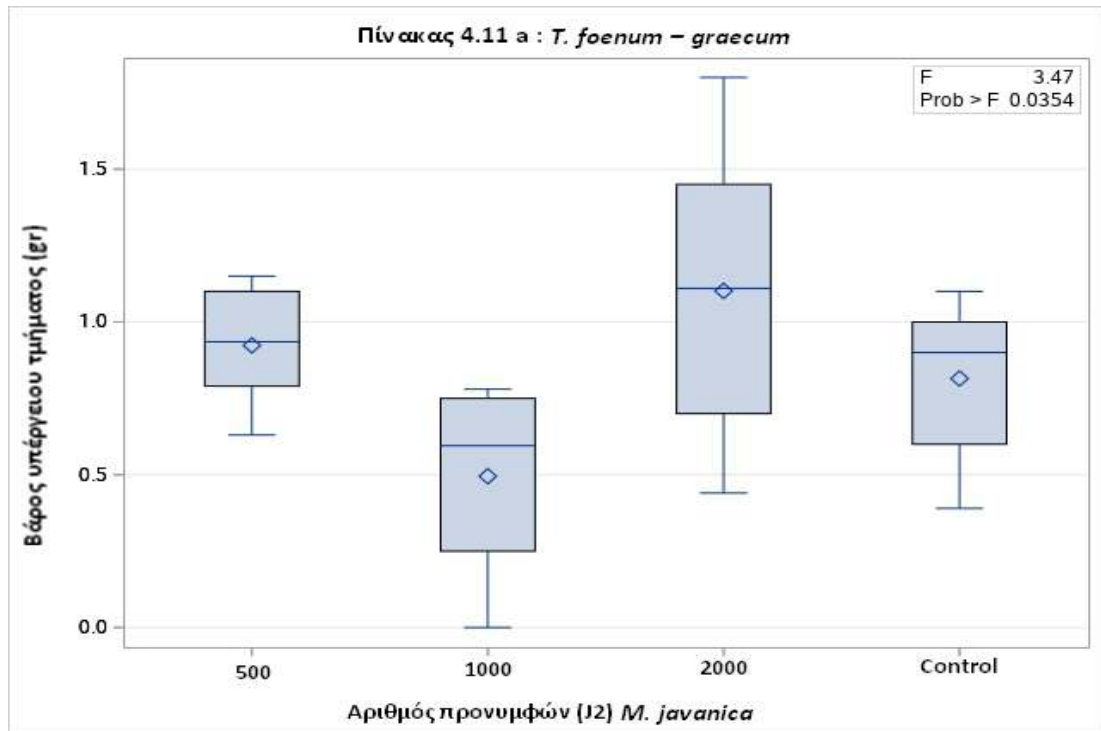
a/a	Αριθμός προνυμφών <i>M. javanica</i>	Μετρήσεις
1	500	c
2	1000	b
3	2000	a

Πίνακας 4.10: Ποσοστό ωτοκίας (%) των θηλυκών του *M. javanica*.

4.2.1.2. *T. foenum-graecum*

Στον πίνακα 4.11 παρουσιάζεται η επίδραση του *M. javanica* στο βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών *T. foenum-graecum* μετά από μόλυνση με 500, 1000 και 2000 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο βάρος του υπέργειου τμήματος στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Ωστόσο η μεταχείριση με 1000 προνύμφες (J2) διέφερε από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.

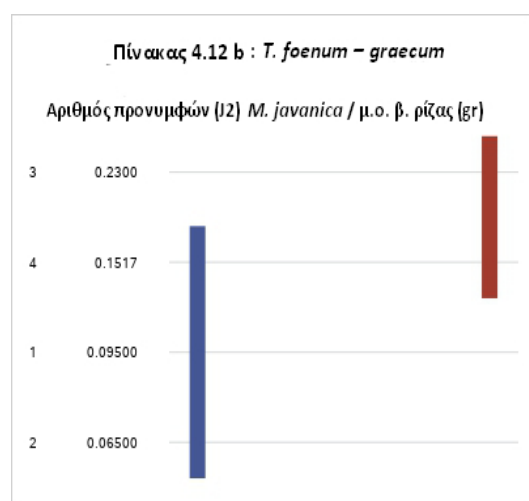
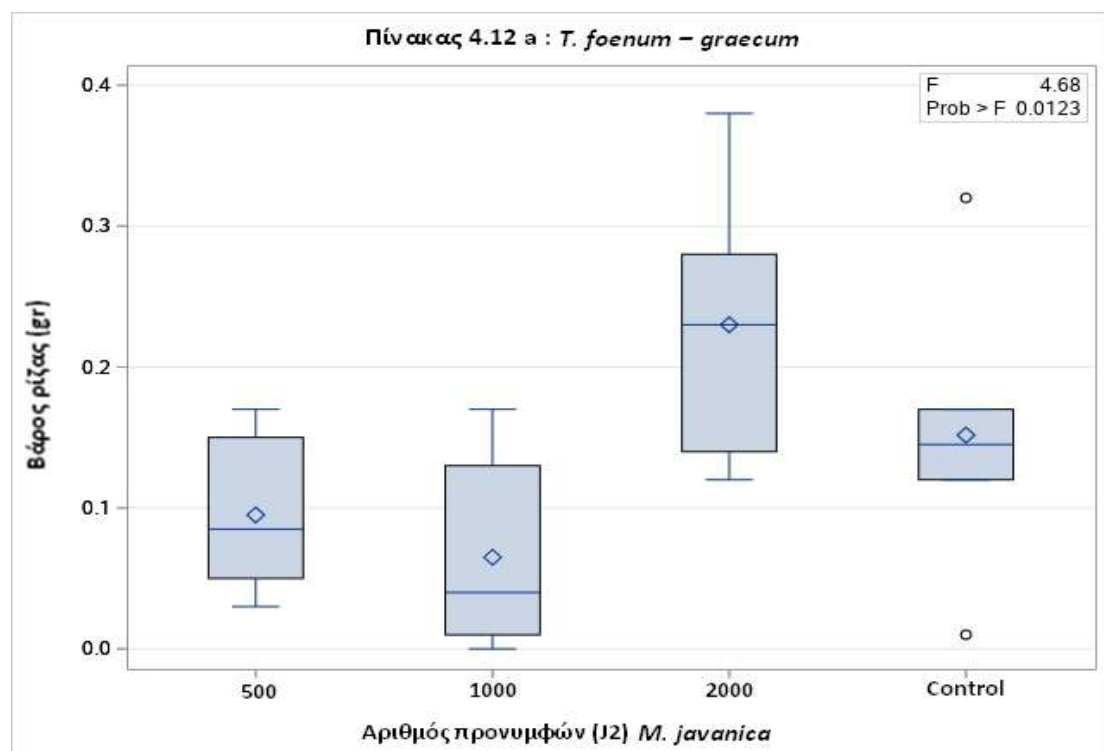


a/a	Αριθμός προνυμφών <i>M. javanica</i>	Μετρήσεις
1	500	b
2	1000	a
3	2000	b
4 (Control)	0	a,b

Πίνακας 4.11: Επίδραση του *M. javanica* στο βάρος του υπέργειου τμήματος του φυτού *T. foenum-graecum*

Στον πίνακα 4.12 παρουσιάζεται η επίδραση του *M. javanica* στο βάρος του ριζικού συστήματος των φυτών *T. foenum-graecum* μετά από μόλυνση με 500, 1000 και 2000 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο βάρος του ριζικού συστήματος στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Ωστόσο η μεταχείριση με 2000 προνύμφες (J2) διέφερε από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.

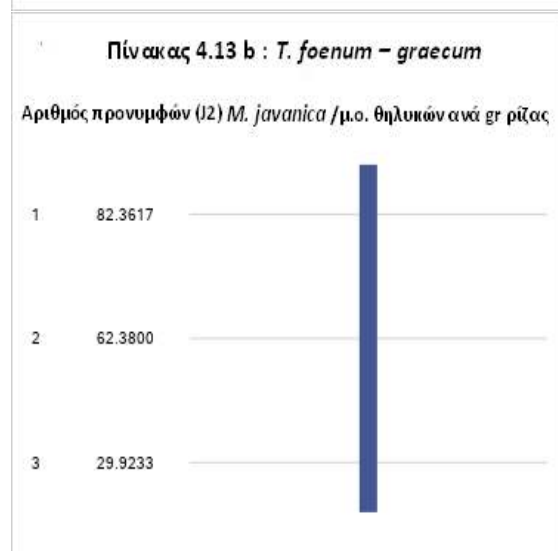
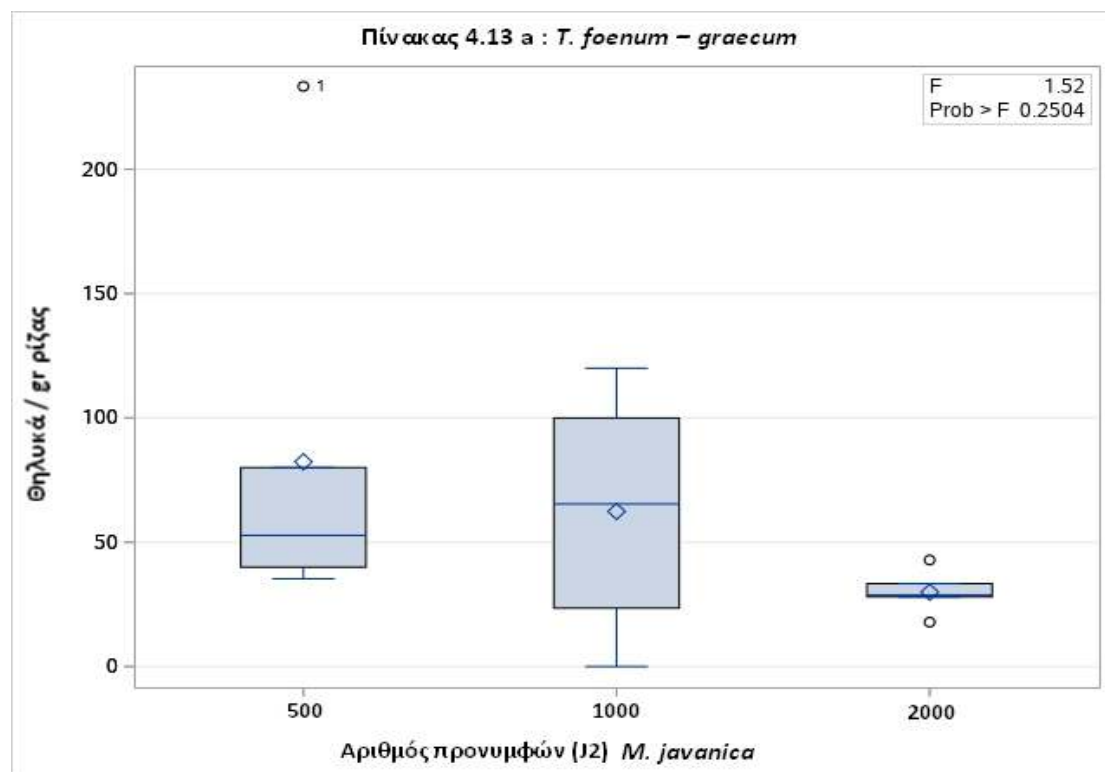


α/α	Αριθμός προνυμφών <i>M. javanica</i>	Μετρήσεις
1	500	a
2	1000	a
3	2000	b
4 (Control)	0	a,b

Πίνακας 4.12: Επίδραση του *M. javanica* στο βάρος του ριζικού συστήματος του φυτού *T. foenum-graecum*.

Στον πίνακα 4.13 παρουσιάζεται ο αριθμός των θηλυκών του *M. javanica* που αναπτύχθηκαν ανά gr βάρους του ριζικού συστήματος των φυτών *T. foenum-graecum* μετά από μόλυνση με 500, 1000 και 2000 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στον αριθμό των θηλυκών που αναπτύχθηκαν στο ριζικό σύστημα.

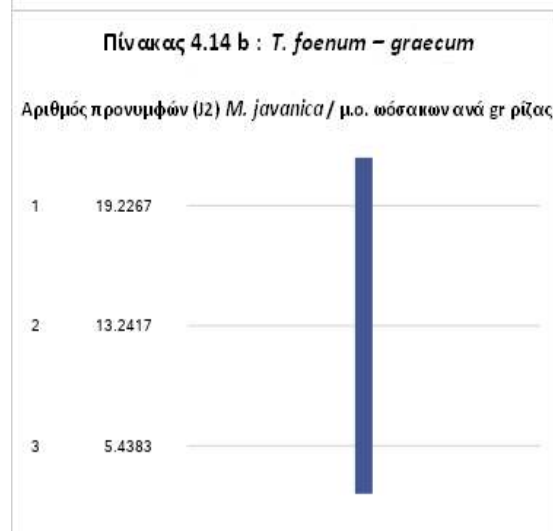
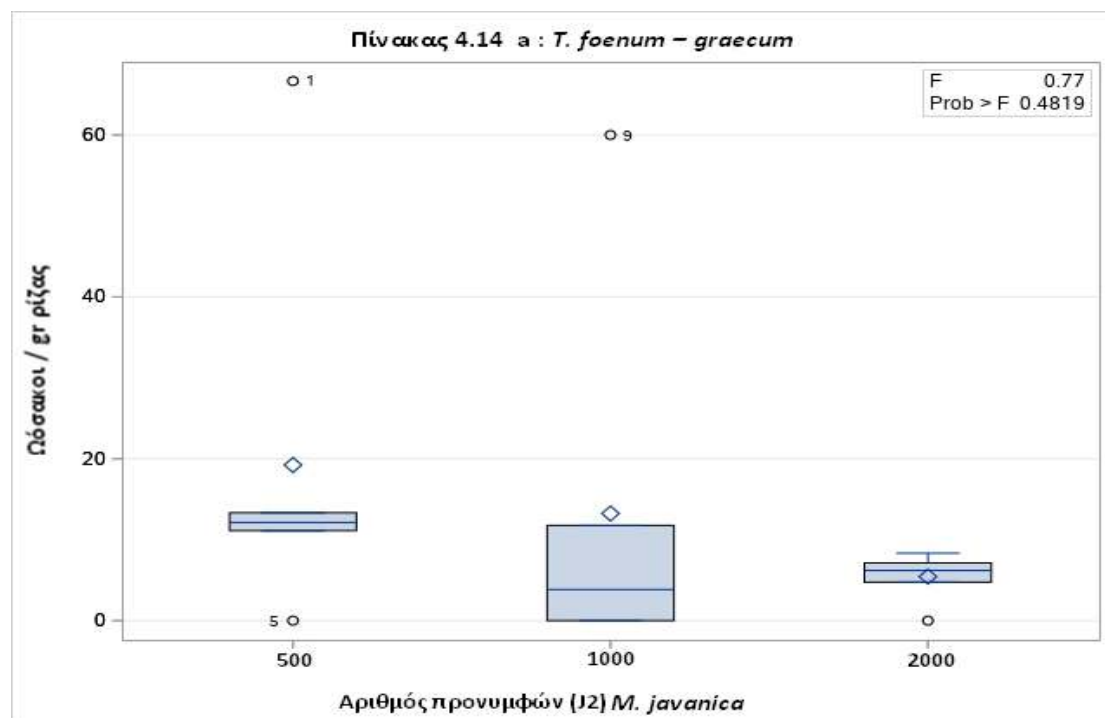


a/a	Αριθμός προνυμφών <i>M. javanica</i>	Μετρήσεις
1	500	a
2	1000	a
3	2000	a

Πίνακας 4.13: Αριθμός θηλυκών του *M. javanica* ανά gr ρίζας του φυτού *T. foenum-graecum*.

Στον πίνακα 4.14 παρουσιάζεται ο αριθμός των ωόσακων του *M. javanica* που αναπτύχθηκαν ανά γραμμάριο βάρους του ριζικού συστήματος των φυτών *T. foenum-graecum* μετά από μόλυνση με 500, 1000 και 2000 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στον αριθμό των ωόσακων που αναπτύχθηκαν.

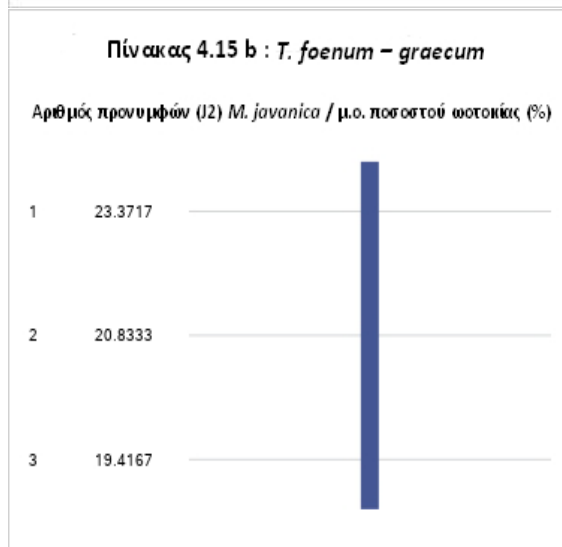
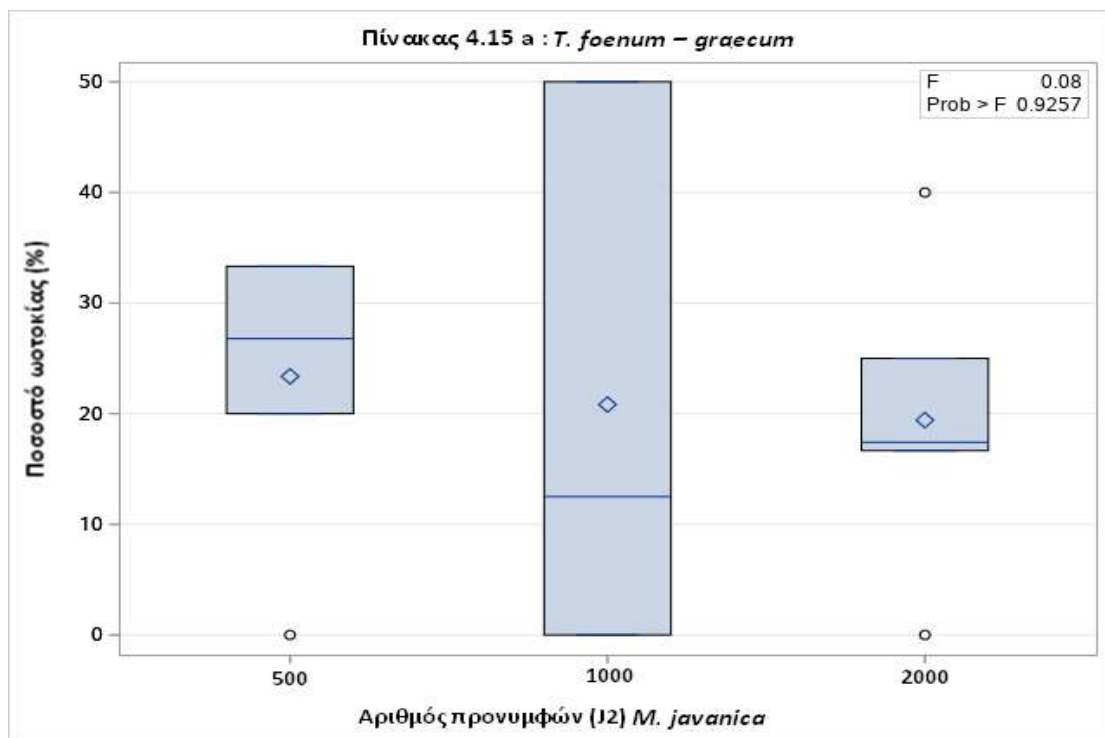


α/α	Αριθμός προνυμφών <i>M. javanica</i>	Μετρήσεις
1	500	a
2	1000	a
3	2000	a

Πίνακας 4.14: Αριθμός ωόσακων του *M. javanica* ανά γραμμάριο ρίζας του φυτού *T. foenum-graecum*.

Στον πίνακα 4.15 παρουσιάζεται το ποσοστό ωοτοκίας (%) θηλυκών του *M. javanica* σε φυτά *T. foenum-graecum* μετά από μόλυνση με 500, 1000 και 2000 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στο ποσοστό ωοτοκίας (%) του *M. javanica*. Ο μ.ο. ποσοστού ωοτοκίας μεταξύ των μεταχειρίσεων κυμάνθηκε από 19,4–23,3 %.



a/a	Αριθμός προνυμφών <i>M. javanica</i>	Μετρήσεις
1	500	a
2	1000	a
3	2000	a

Πίνακας 4.15: Ποσοστό ωοτοκίας (%) των θηλυκών του *M. javanica*.

4.2.1.3. Συμπεράσματα

Στο πείραμα εργαστηρίου για την διερεύνηση της ευπάθειας των φυτών *T. foenum-graecum* και *B. nigra*, όσον αφορά το *B. nigra* δεν παρατηρήθηκε επίδραση στο βάρος του υπέργειου τμήματος και του ριζικού συστήματος. Στον αριθμό θηλυκών του *M. javanica* ανά gr ρίζας παρατηρήθηκε υψηλότερος αριθμός θηλυκών στη μεταχείριση με 2000 προνύμφες με μ.ο. θηλυκών 37,7 και μ.ο. ωοτοκίας των θηλυκών να είναι 2,8. Στη μεταχείριση με 500 προνύμφες του *M. javanica* παρατηρήθηκε πολύ μικρός αριθμός θηλυκών με μ.ο. 6,3 θηλυκά από τα οποία δεν κατάφερε να ωοτοκήσει κανένα. Τέλος, ο μ.ο. ποσοστού ωοτοκίας των θηλυκών του *M. javanica* διέφερε στατιστικώς μεταξύ των μεταχειρίσεων και αυξανόταν ανάλογα με τον αριθμό των προνυμφών που είχε πραγματοποιηθεί η μόλυνση με μ.ο. ποσοστού ωοτοκίας στη μεταχείριση με 500 προνύμφες να είναι 0%, στη μεταχείριση με 1000 προνύμφες να είναι 3,5% και στη μεταχείριση με 2000 προνύμφες να είναι 7,3%. Όσον αφορά την *T. foenum-graecum* δεν παρατηρήθηκε επίδραση στο βάρος του υπέργειου τμήματος και του ριζικού συστήματος εκτός από την μεταχείριση με 1000 προνύμφες του *M. javanica* όπου ο μ.ο βάρους του υπέργειου τμήματος ήταν μεγαλύτερος σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Στον αριθμό θηλυκών του *M. javanica* ανά gr ρίζας του φυτού παρατηρήθηκαν υψηλότερος αριθμός θηλυκών στη μεταχείριση με 500 προνύμφες με μ.ο. θηλυκών τα 82,3 και μ.ο. ωοτοκίας των θηλυκών να είναι 19,2. Στη μεταχείριση με 2000 προνύμφες του *M. javanica* παρατηρήθηκε αριθμός θηλυκών με μ.ο. 30 και μ.ο. ωοτοκίας 5,4. Τέλος, ο μ.ο. ποσοστού ωοτοκίας των θηλυκών του *M. javanica* δεν διέφερε στατιστικώς μεταξύ των μεταχειρίσεων ωστόσο τα ποσοστά ωοτοκίας ήταν χαμηλά και κυμάνθηκαν από 19,4 – 23,3% σε όλες τις μεταχειρίσεις.

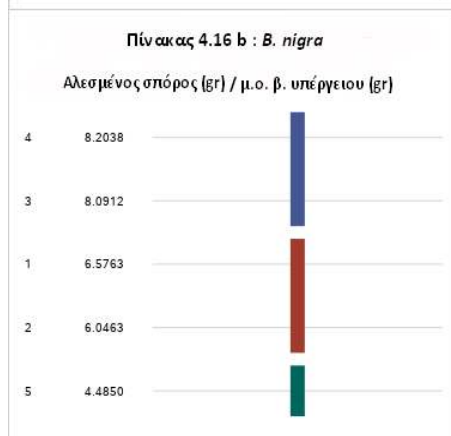
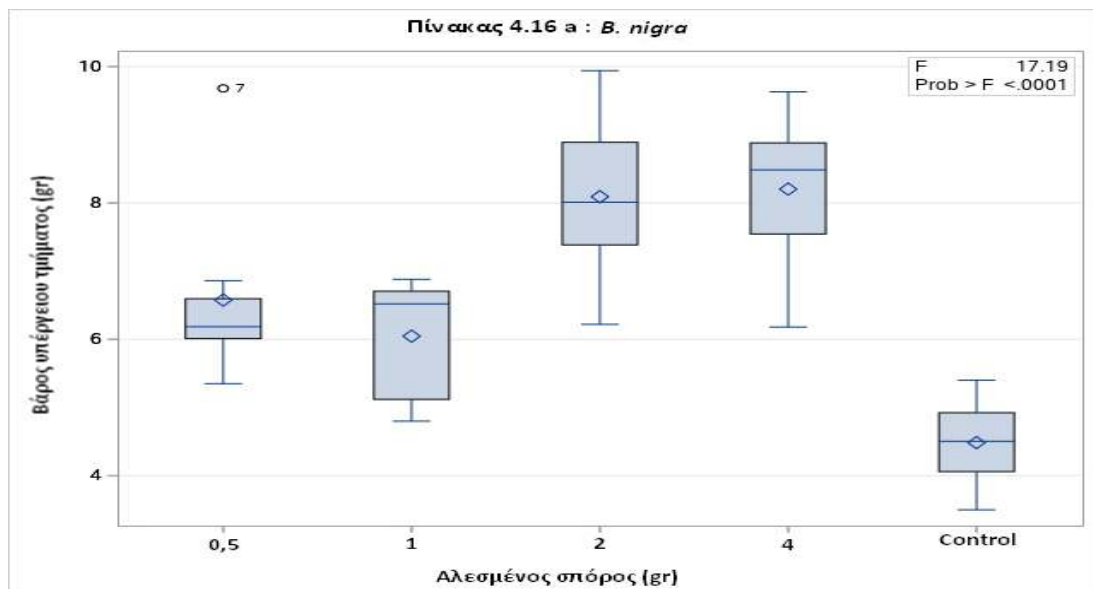
Όπως παρατηρούμε από τα αποτελέσματα, το *B. nigra* δεν παρουσίασε διαφορά στην ανάπτυξη του φυτού σε σύγκριση με τον μάρτυρα αν και αναπτύχθηκαν θηλυκά του *M. javanica* στο ριζικό σύστημα από τα οποία πολύ μικρός αριθμός κατάφερε να ωοτοκήσει και επομένως να ολοκληρώσει τον βιολογικό του κύκλο, κάτι που χαρακτηρίζει το *B. nigra* φτωχό ξενιστή του *M. javanica*. Αντίθετα, η *T. foenum-graecum* ανέπτυξε μεγαλύτερο αριθμό θηλυκών στο ριζικό σύστημα σε σχέση με το *B. nigra* αλλά με χαμηλό μ.ο. ποσοστού ωοτοκίας το οποίο ήταν κοντά στο 20%.

4.2.2. Επίδραση αλεσμένου σπόρου των φυτών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στον βιολογικό κύκλο του *M. javanica*

4.2.2.1. *B. nigra*

Στον πίνακα 4.16 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *B. nigra* στο βάρος του υπέργειου τμήματος φυτών τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2) του *M. javanica*.

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο βάρος του υπέργειου τμήματος στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Παρατηρήθηκε μεγαλύτερος μ.ο. βάρους στις μεταχειρίσεις με την προσθήκη μεγαλύτερης ποσότητας αλεσμένου σπόρου το οποίο δείχνει ότι η προσθήκη αλεσμένου σπόρου προσέθεσε οργανική ουσία στο έδαφος η οποία βοήθησε στην ανάπτυξη του φυτού.

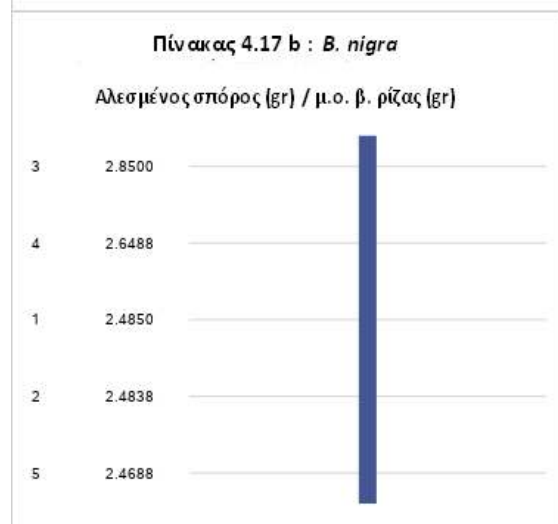
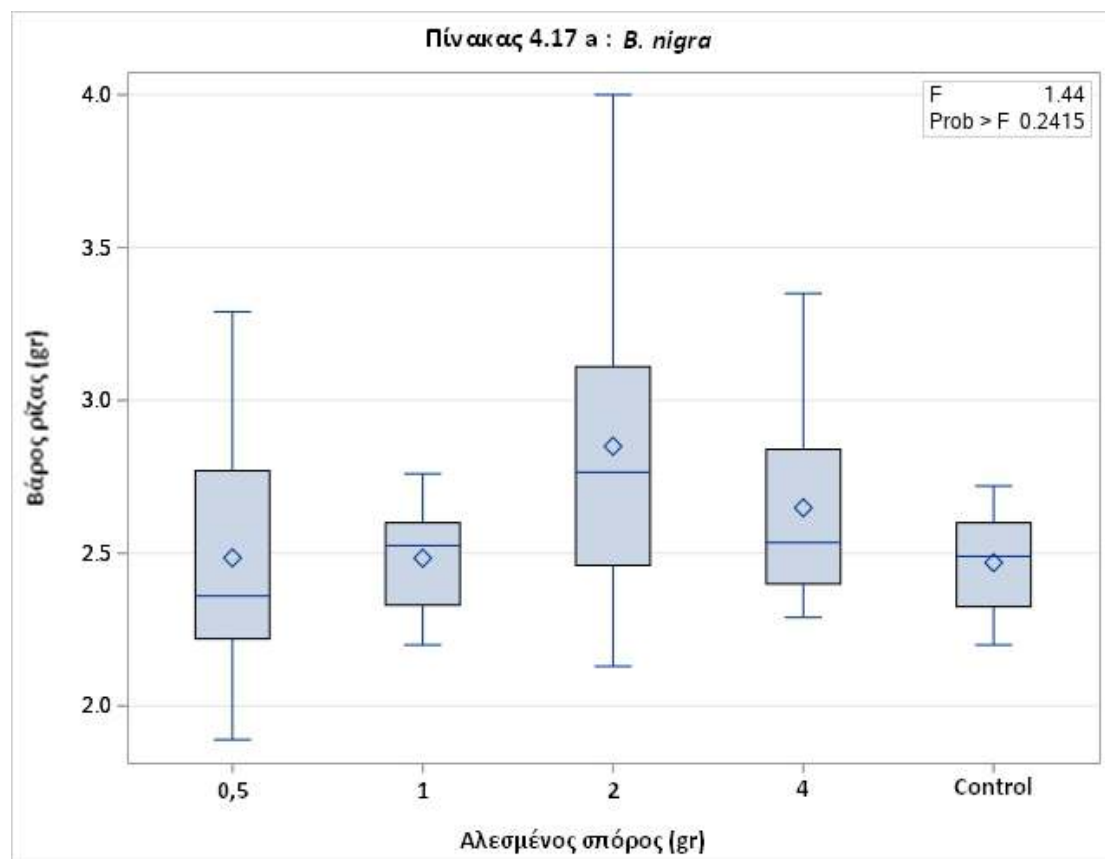


a/a	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	b
2	1	b
3	2	a
4	4	a
5 (Control)	0	c

Πίνακας 4.16: Επίδραση αλεσμένου σπόρου του *B. nigra* στο υπέργειο βάρος φυτών τομάτας.

Στον πίνακα 4.17 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *B. nigra* στο βάρος του ριζικού συστήματος φυτών τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2) του *M.javanica*.

Στο πείραμα δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο βάρος του ριζικού συστήματος στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα.

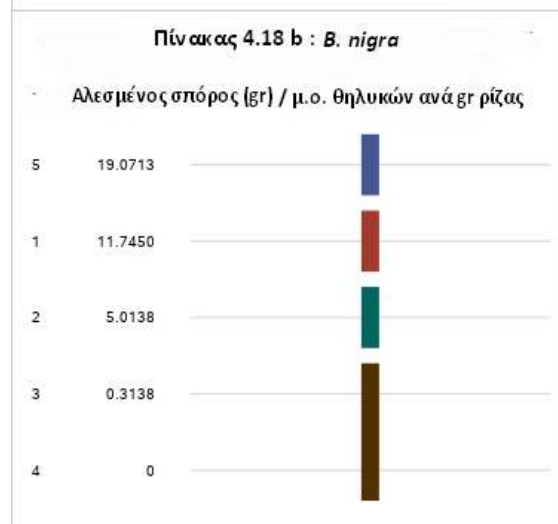
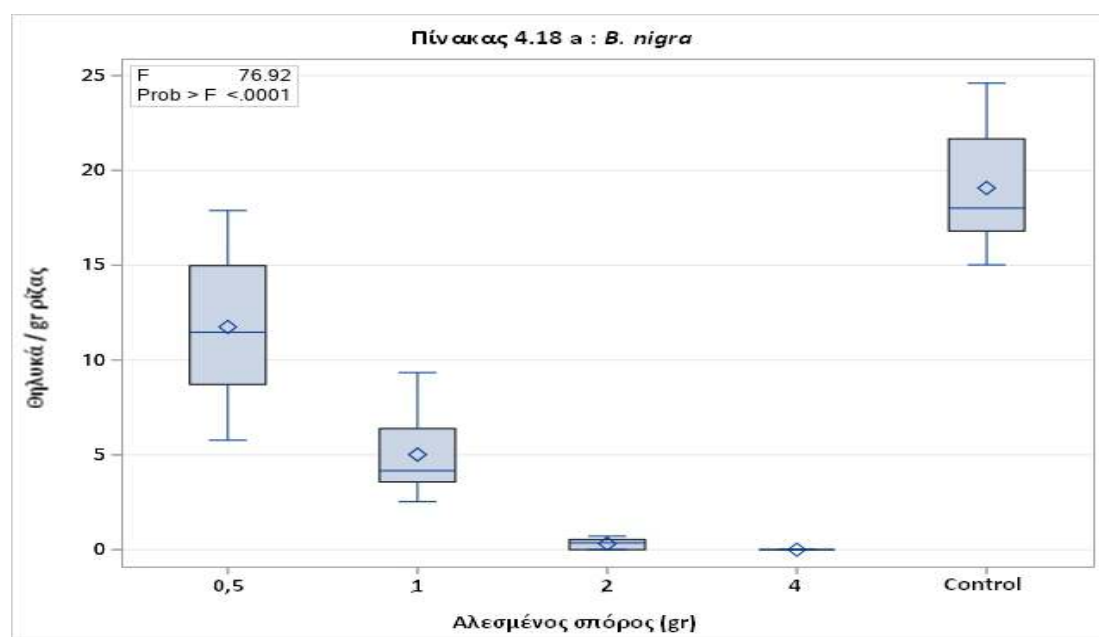


a/a	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	a
2	1	a
3	2	a
4	4	a
5 (Control)	0	a

Πίνακας 4.17: Επίδραση αλεσμένου σπόρου του *B. nigra* στο βάρος ριζών φυτών τομάτας.

Στον πίνακα 4.18 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *B. nigra* στον αριθμό των θηλυκών του *M. javanica* ανά gr ρίζας που αναπτύχθηκαν σε φυτά τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά, στον αριθμό των θηλυκών που αναπτύχθηκαν στο ριζικό σύστημα στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσο μεγαλύτερη ποσότητα αλεσμένου σπόρου προστέθηκε τόσο μικρότερος μ.ο. θηλυκών αναπτύχθηκε στα φυτά τομάτας, και στην μεταχείριση με 4 gr να μην παρατηρείται κανένα θηλυκό.

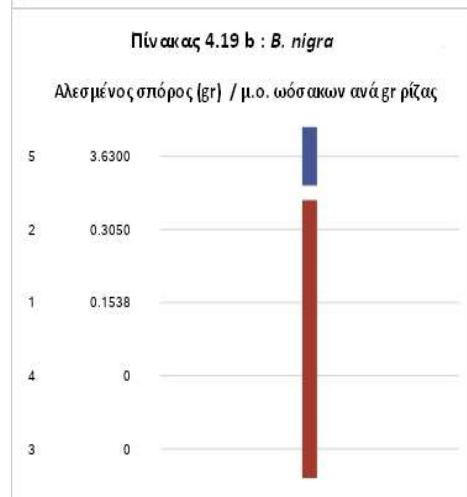
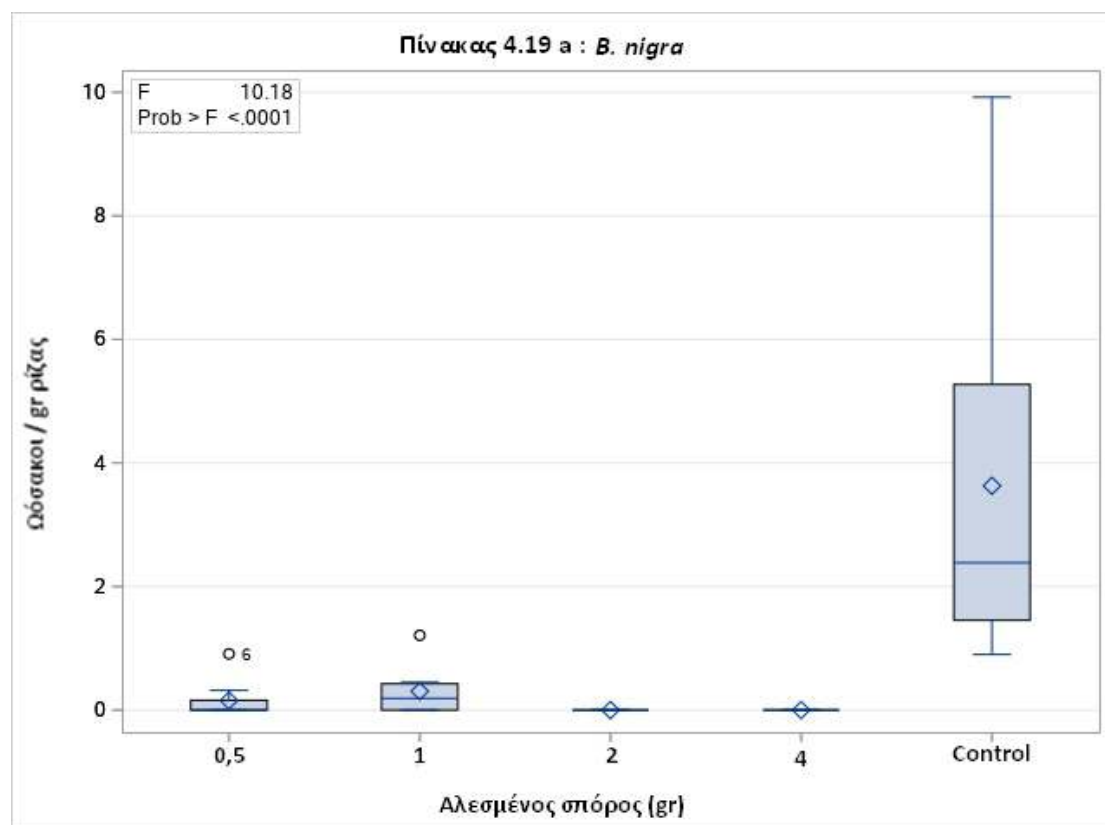


a/a	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	b
2	1	a
3	2	d
4	4	d
5 (Control)	0	a

Πίνακας 4.18: Επίδραση αλεσμένου σπόρου του *B. nigra* στην ανάπτυξη θηλυκών του *M. javanica* στις ρίζες.

Στον πίνακα 4.19 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *B. nigra* στον αριθμό των ωόσακων του *M. javanica* ανά gr ρίζας που αναπτύχθηκαν σε φυτά τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στον αριθμό των ωόσακων που αναπτύχθηκαν στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Στις μεταχειρίσεις με 2 και 4 gr δεν αναπτύχθηκε κανένας ωόσακος.

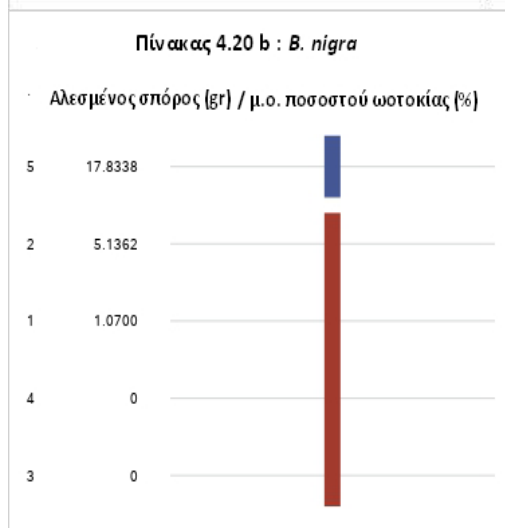
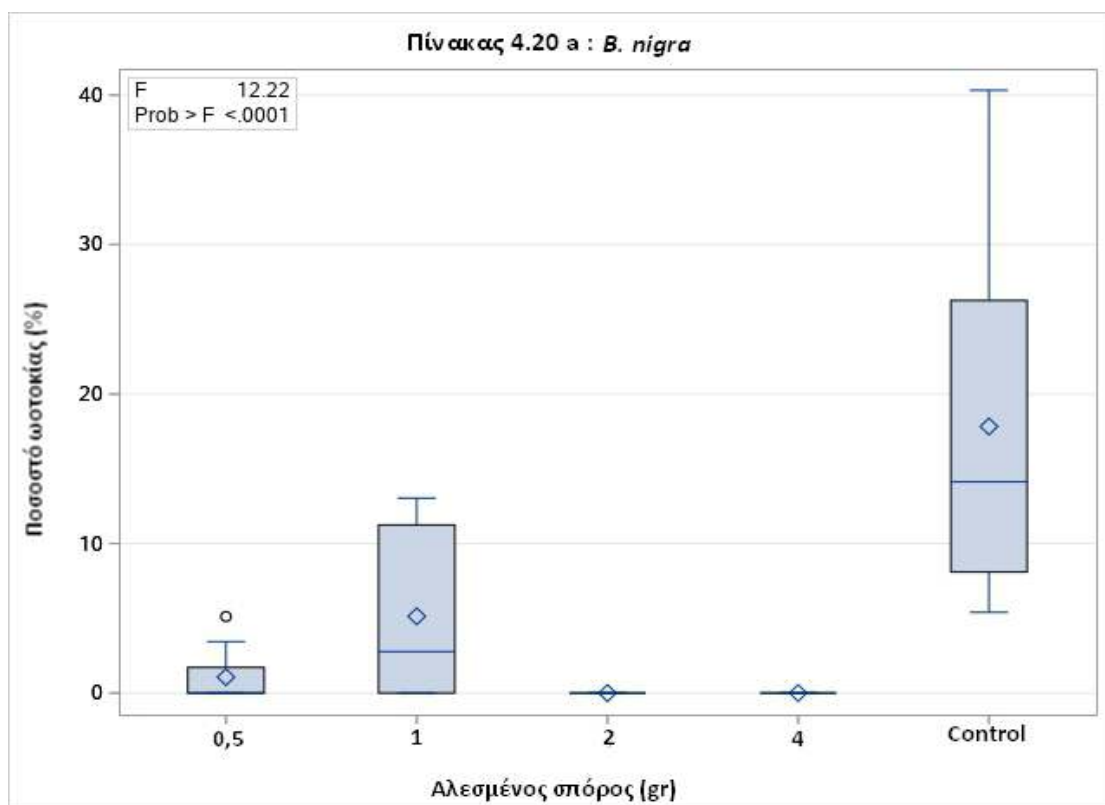


a/a	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	b
2	1	b
3	2	b
4	4	b
5 (Control)	0	a

Πίνακας 4.19: Επίδραση αλεσμένου σπόρου του *B. nigra* στην ανάπτυξη ωόσακων του *M. javanica*.

Στον πίνακα 4.20 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *B. nigra* στο ποσοστό ωοτοκίας (%) θηλυκών του *M. javanica* σε φυτά τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο ποσοστό ωοτοκίας στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Στις μεταχειρίσεις με 2 και 4 gr σε κανένα θηλυκό δεν παρατηρήθηκε ωοτοκία.



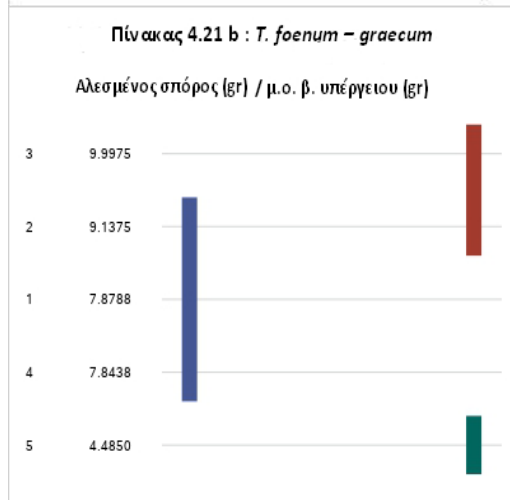
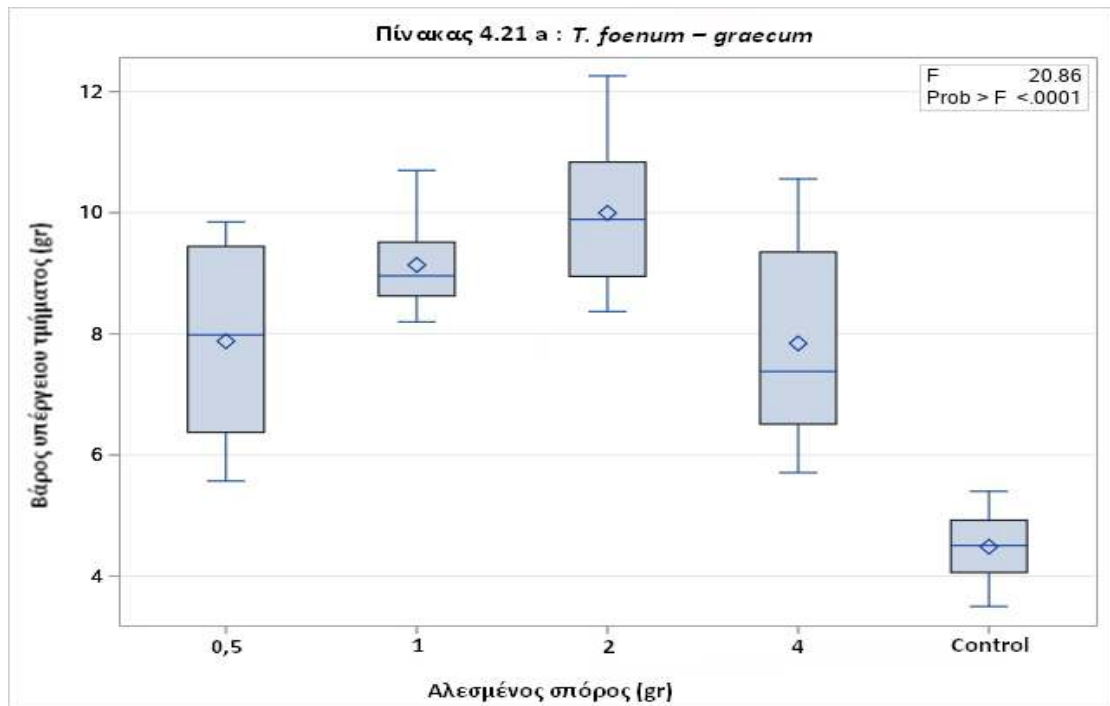
α/α	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	b
2	1	b
3	2	b
4	4	b
5 (Control)	0	a

Πίνακας 4.20: Επίδραση αλεσμένου σπόρου του *B. nigra* στο ποσοστό ωοτοκίας του *M. javanica*.

4.2.2.2. *T. foenum-graecum*

Στον πίνακα 4.21 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *T. foenum-graecum* στο βάρος του υπέργειου τμήματος φυτών τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2) του *M. javanica*.

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο βάρος του υπέργειου τμήματος στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Παρατηρήθηκε μεγαλύτερο μ.ο. βάρους στην μεταχείριση με 2 gr αλεσμένου σπόρου και διέφερε από τις μεταχειρίσεις με 0,5 και 4 gr.

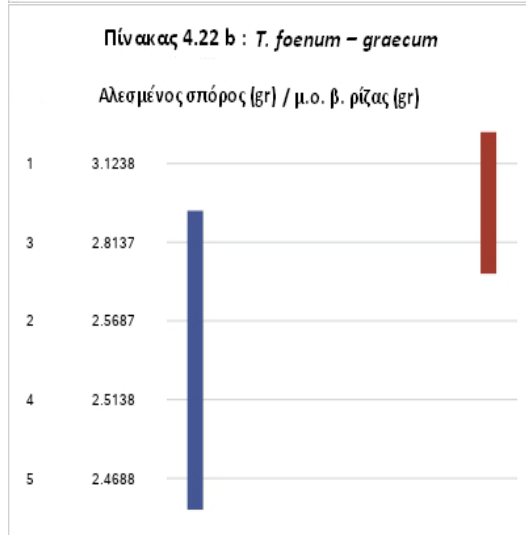
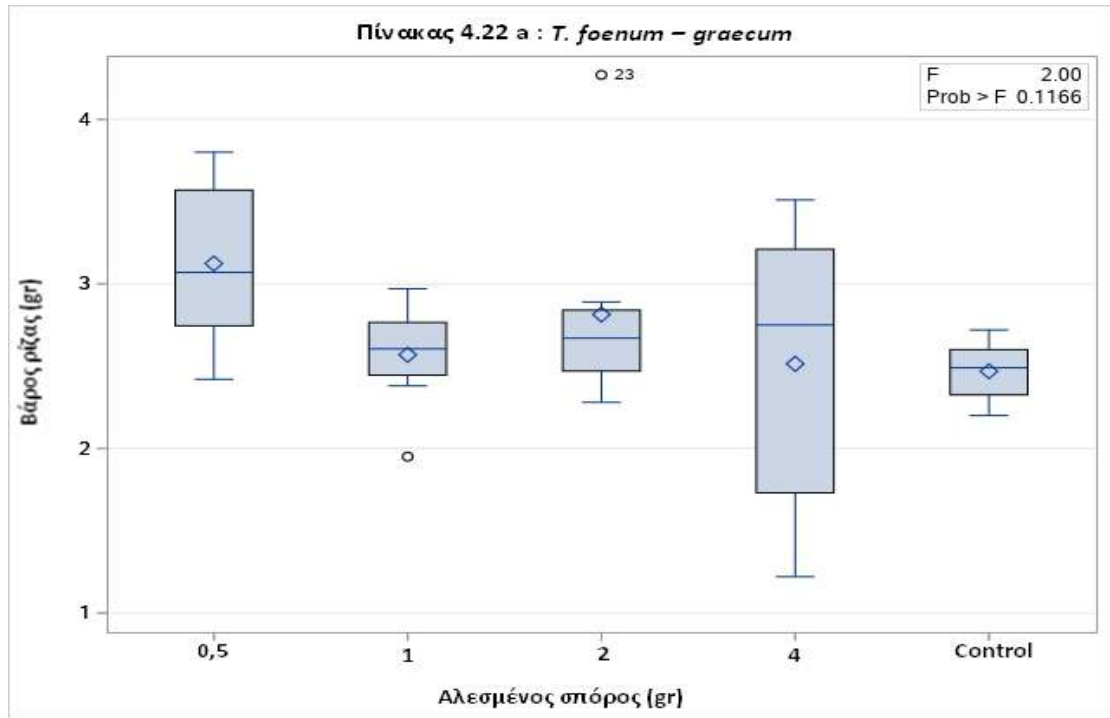


a/a	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	a
2	1	a,b
3	2	b
4	4	a
5 (Control)	0	c

Πίνακας 4.21: Επίδραση αλεσμένου σπόρου της *T. foenum-graecum* στο υπέργειο βάρος φυτών τομάτας.

Στον πίνακα 4.22 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *T. foenum-graecum* στο βάρος του ριζικού συστήματος φυτών τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2) του *M. javanica*.

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο βάρος του ριζικού συστήματος στη μεταχείριση με 0,5 gr σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις και τον μάρτυρα.

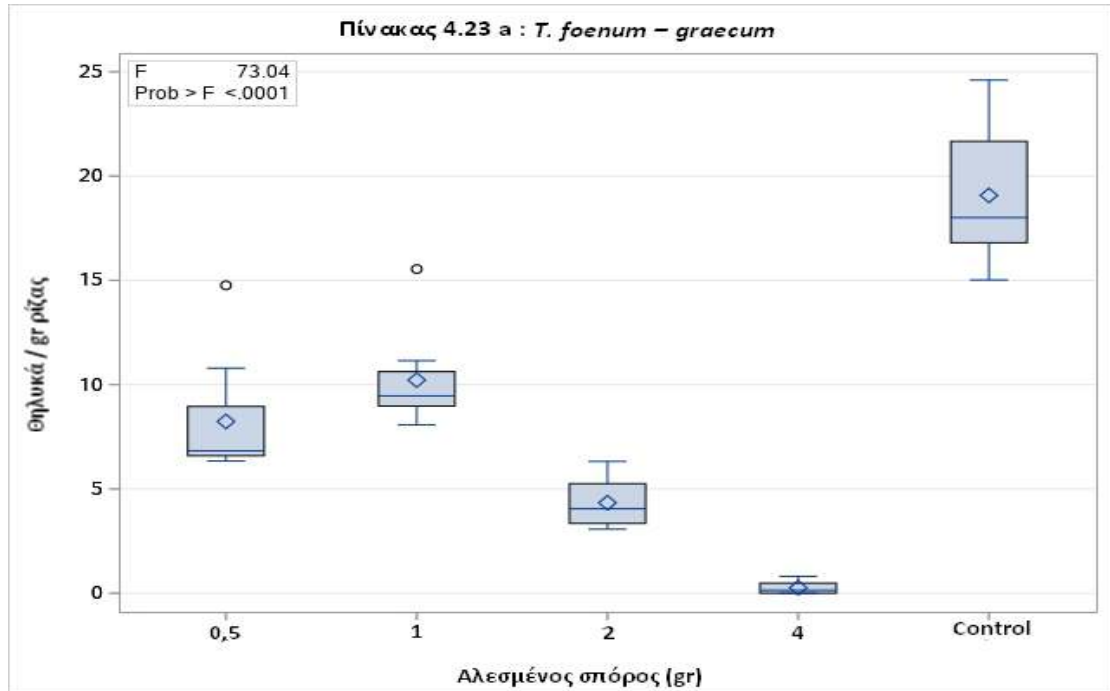


a/a	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	b
2	1	a
3	2	a,b
4	4	a
5 (Control)	0	a

Πίνακας 4.22: Επίδραση αλεσμένου σπόρου της *T. foenum-graecum* στο βάρος ριζών φυτών τομάτας.

Στον πίνακα 4.23 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *T. foenum-graecum* στον αριθμό των θηλυκών του *M. javanica* ανά gr ρίζας που αναπτύχθηκαν σε φυτά τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στον αριθμό των θηλυκών που αναπτύχθηκαν στο ριζικό σύστημα μεταξύ των μεταχειρίσεων και σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Οι μεταχειρίσεις 2 και 4 gr διέφεραν μεταξύ τους και από τις μεταχειρίσεις με 0,5 και 1 gr που δεν διέφεραν μεταξύ τους.

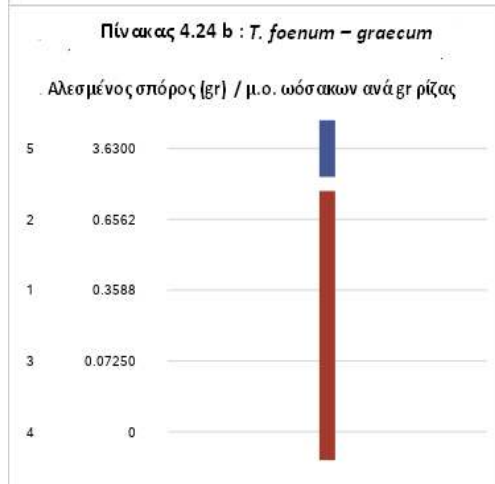
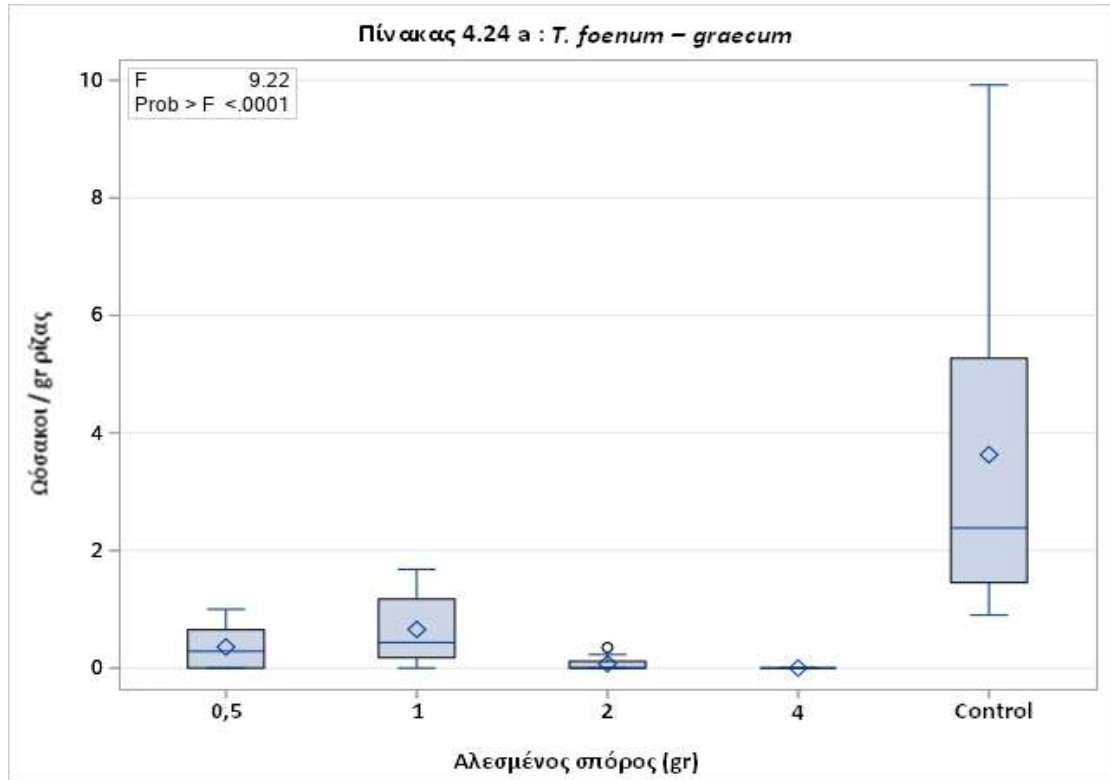


a/a	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	b
2	1	b
3	2	c
4	4	d
5 (Control)	0	a

Πίνακας 4.23: Επίδραση αλεσμένου σπόρου της *T. foenum-graecum* στην ανάπτυξη θηλυκών *M. javanica* στις ρίζες.

Στον πίνακα 4.24 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *T. foenum-graecum* στον αριθμό των ωόσ ακων του *M. javanica* ανά gr ρίζας που αναπτύχθηκαν σε φυτά τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στον αριθμό των ωόσ ακων που αναπτύχθηκαν στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα.

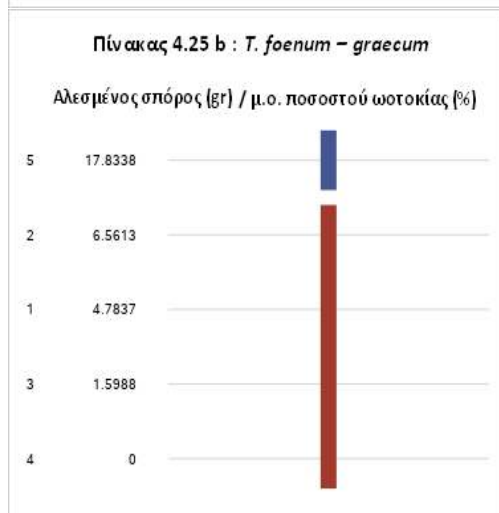
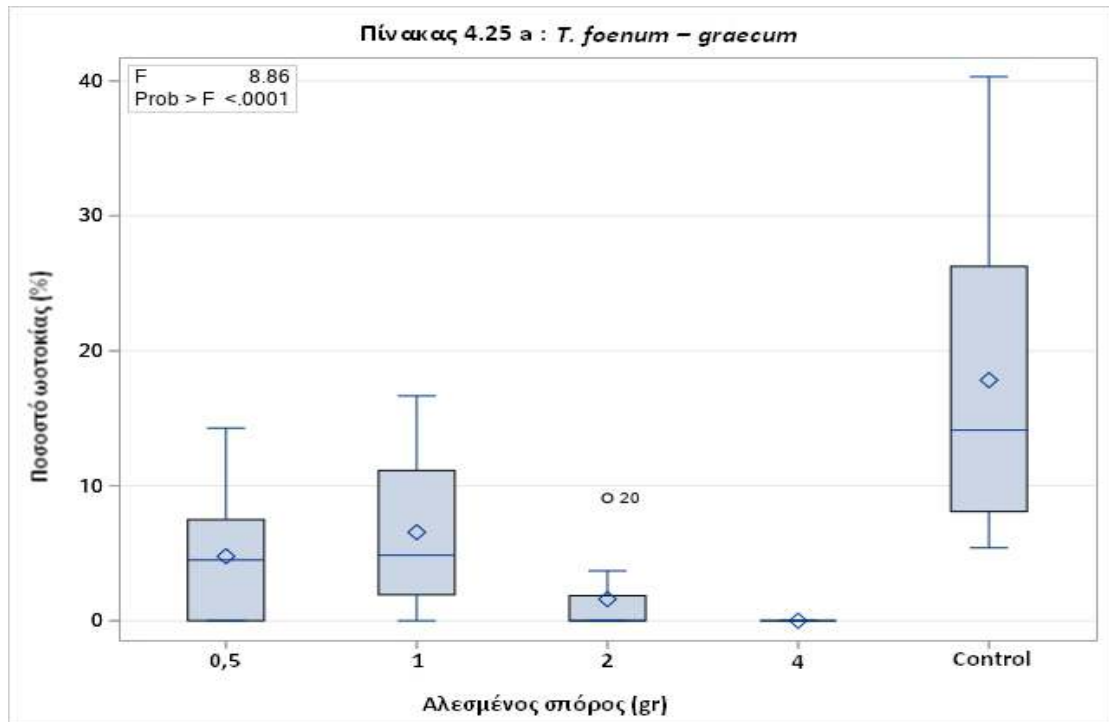


a/a	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	b
2	1	b
3	2	b
4	4	b
5 (Control)	0	a

Πίνακας 4.24: Επίδραση αλεσμένου σπόρου της *T. foenum - graecum* στην ανάπτυξη ωόσ ακων του *M. javanica*

Στον πίνακα 4.25 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *T. foenum-graecum* στο ποσοστό ωοτοκίας (%) θηλυκών του *M. javanica* σε φυτά τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο ποσοστό ωοτοκίας στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα.



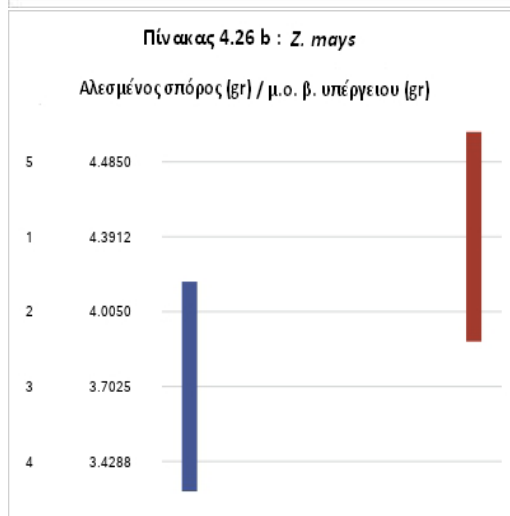
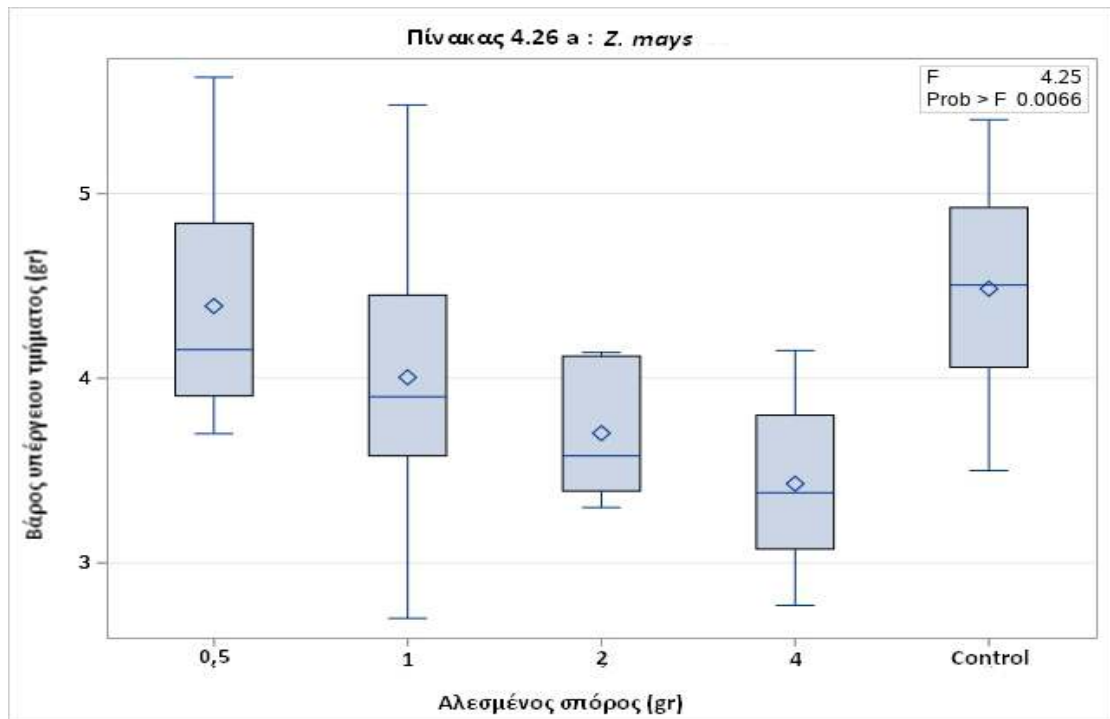
a/a	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	b
2	1	b
3	2	b
4	4	b
5 (Control)	0	a

Πίνακας 4.25: Επίδραση αλεσμένου σπόρου της *T. foenum-graecum* στο ποσοστό ωοτοκίας (%) του *M. javanica*.

4.2.2.3. *Z. mays*

Στον πίνακα 4.26 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *Z. mays* στο βάρος του υπέργειου τμήματος φυτών τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2) του *M. javanica*

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο βάρος του υπέργειου τμήματος στις μεταχειρίσεις και σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Οι μεταχειρίσεις 2 και 4 gr δεν διέφεραν μεταξύ τους αλλά διέφεραν από την μεταχείριση με 0,5 gr.

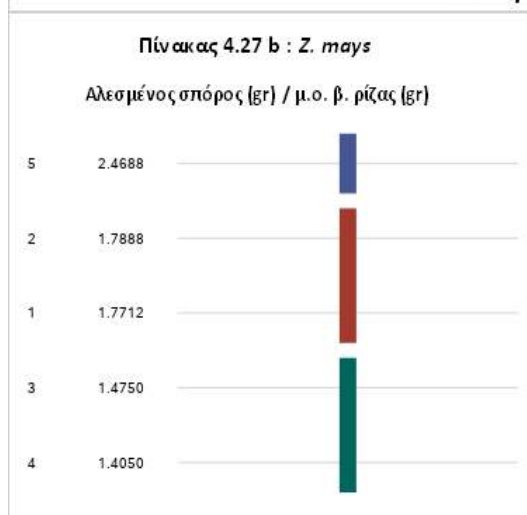
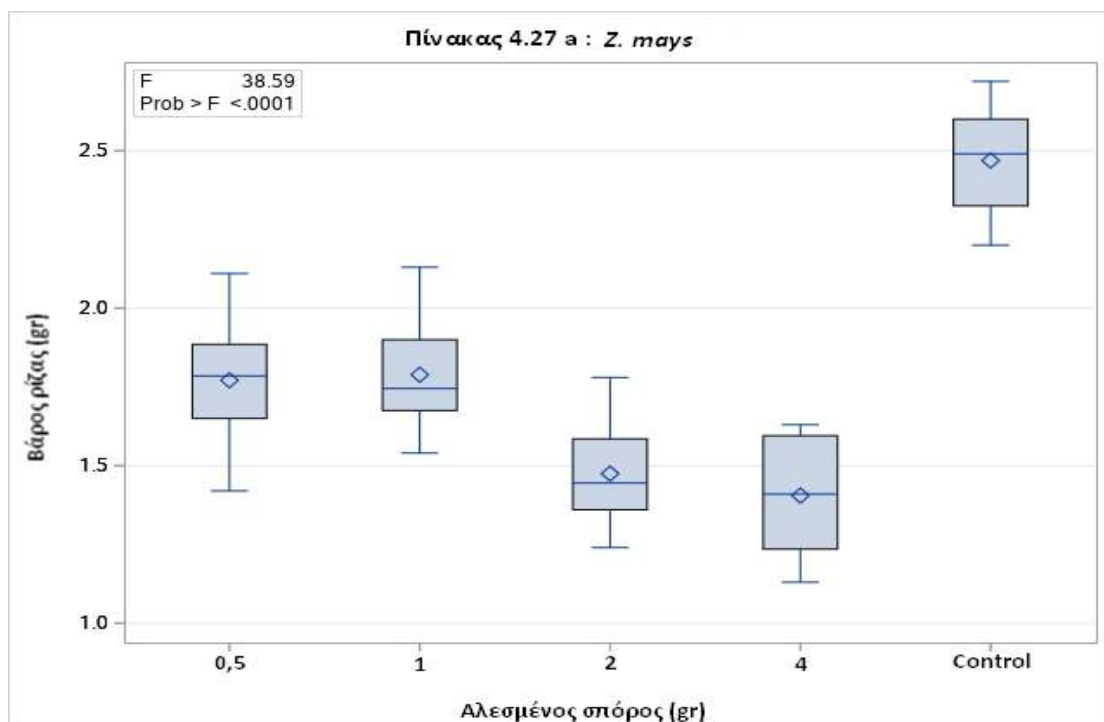


α/α	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	b
2	1	a,b
3	2	a
4	4	a
5 (Control)	0	b

Πίνακας 4.26: Επίδραση αλεσμένου σπόρου του *Z. mays* στο υπέργειο βάρος φυτών τομάτας.

Στον πίνακα 4.27 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *Z. mays* στο βάρος του ριζικού συστήματος φυτών τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2) του *M. javanica*.

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο βάρος του ριζικού συστήματος στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Οι μεταχειρίσεις 2 και 4 gr δεν διέφεραν μεταξύ τους αλλά διέφεραν από τις μεταχειρίσεις με 0,5 και 1 gr.

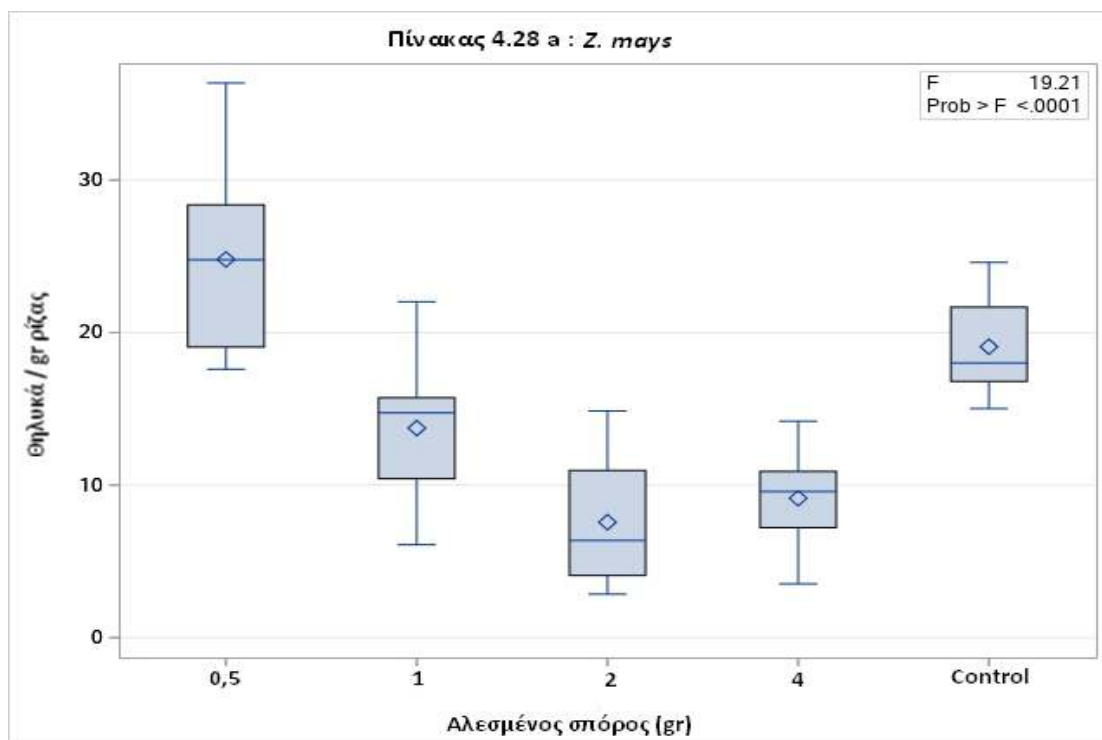


a/a	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	b
2	1	b
3	2	c
4	4	c
5 (Control)	0	a

Πίνακας 4.27: Επίδραση αλεσμένου σπόρου του *Z. mays* στο βάρος ριζών φυτών τομάτας.

Στον πίνακα 4.28 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *Z. mays* στον αριθμό των θηλυκών του *M. javanica* ανά gr ρίζας που αναπτύχθηκαν σε φυτά τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στον αριθμό των θηλυκών που αναπτύχθηκαν στο ριζικό σύστημα στις μεταχειρίσεις και σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Παρατηρήθηκε μεγαλύτερος μ.ο. θηλυκών στην μεταχείριση με 0,5 gr και ακολούθησε ο μαρτυρας.

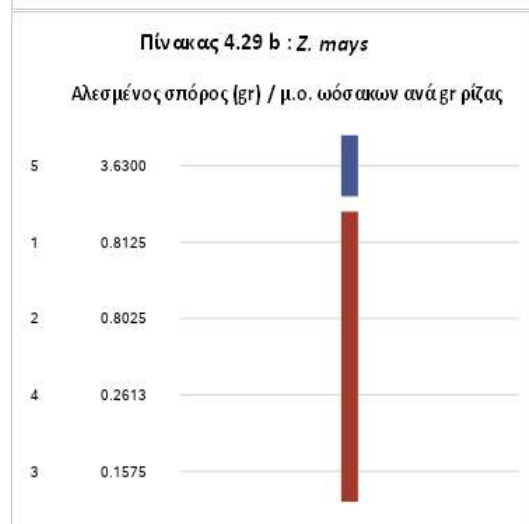
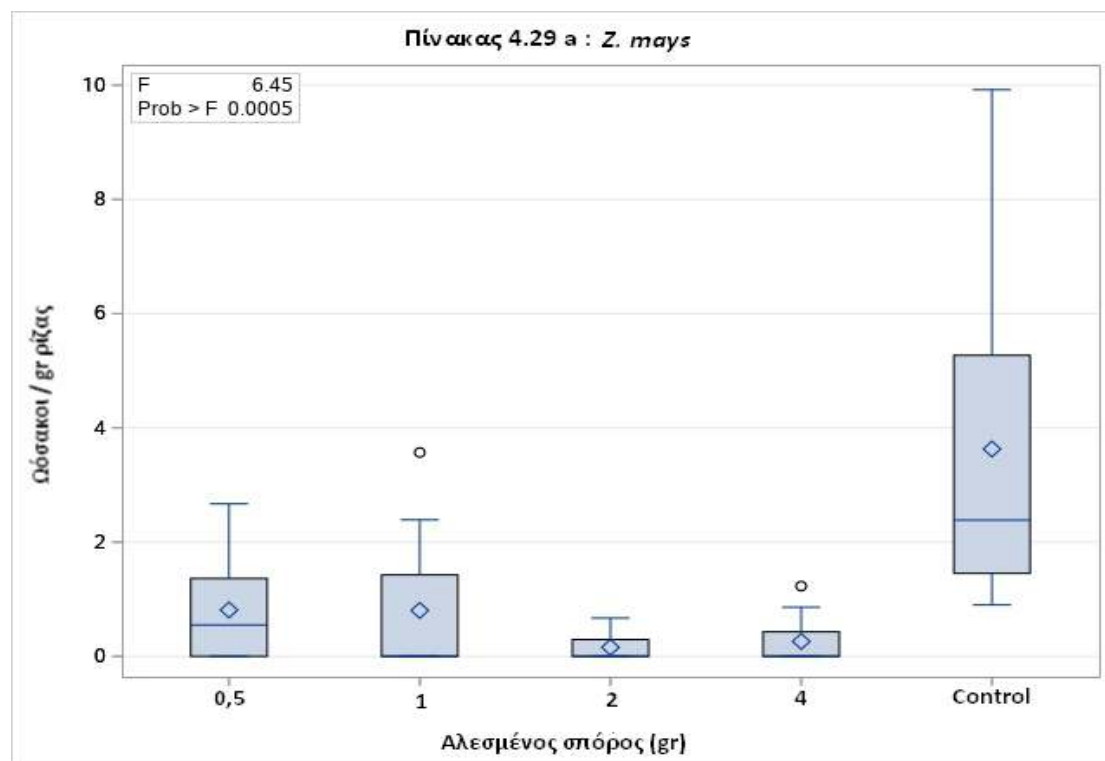


α/α	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	b
2	1	d
3	2	a
4	4	a,d
5 (Control)	0	c

Πίνακας 4.28: Επίδραση αλεσμένου σπόρου του *Z. mays* στην ανάπτυξη θηλυκών *M. javanica* στις ρίζες.

Στον πίνακα 4.29 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *Z. mays* στον αριθμό των ωόσακων του *M. javanica* ανά gr ρίζας που αναπτύχθηκαν σε φυτά τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στον αριθμό των ωόσακων που αναπτύχθηκαν στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα.

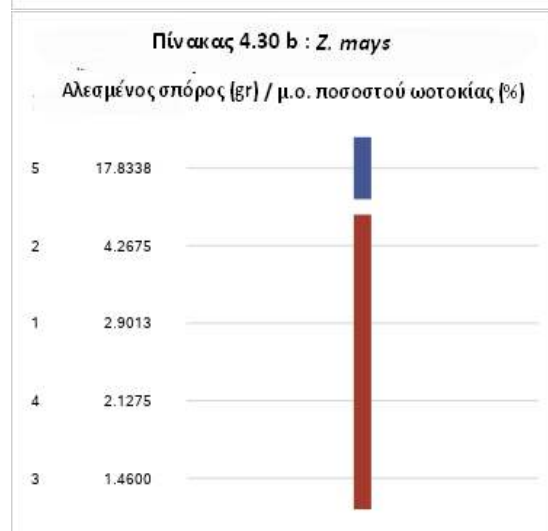
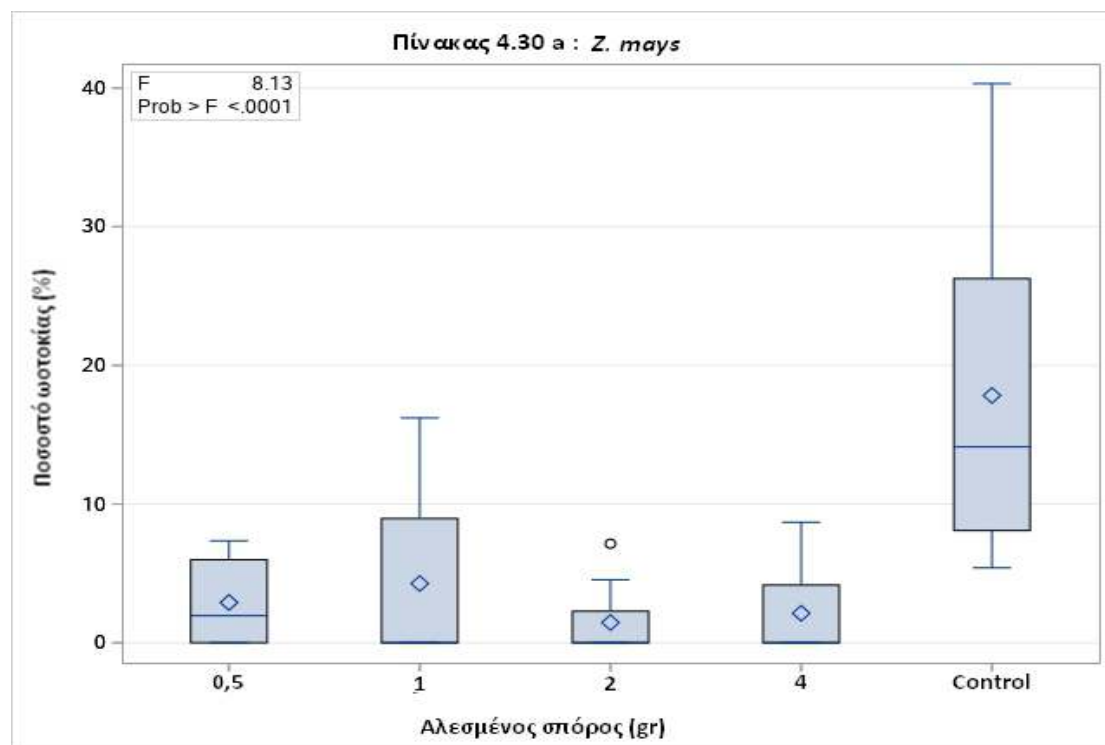


a/a	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	b
2	1	b
3	2	b
4	4	b
5 (Control)	0	a

Πίνακας 4.29: Επίδραση αλεσμένου σπόρου του *Z. mays* στην ανάπτυξη ωόσακων του *M. javanica*

Στον πίνακα 4.30 παρουσιάζεται η επίδραση αλεσμένου σπόρου του φυτού *Z. mays* στο ποσοστό ωοτοκίας (%) θηλυκών του *M. javanica* σε φυτά τομάτας μετά από μόλυνση με 200 προνύμφες (J2).

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο ποσοστό ωοτοκίας στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα.



a/a	Ποσότητα αλεσμένου σπόρου (gr)	Μετρήσεις
1	0,5	b
2	1	b
3	2	b
4	4	b
5 (Control)	0	a

Πίνακας 4.30: Επίδραση αλεσμένου σπόρου του *Z. mays* στο ποσοστό ωοτοκίας (%) του *M. javanica*.

4.2.2.4. Συμπεράσματα

Στο πείραμα εργαστηρίου για την διερεύνηση της επίδρασης στο βιολογικό κύκλο του *M. javanica* με προσθήκη αλεσμένου σπόρου στο έδαφος των *B. nigra* και *T. foenum-graecum*, όσον αφορά το *B. nigra* παρατηρήθηκε επίδραση στο βάρος του υπέργειου τμήματος με μεγαλύτερο μ.ο. βάρους στις μεταχειρίσεις με προσθήκη 2 και 4 gr αλεσμένου σπόρου. Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκε επίδραση στο βάρος του ριζικού συστήματος. Στον αριθμό θηλυκών του *M. javanica* ανά gr ρίζας παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση με τη προσθήκη αλεσμένου σπόρου. Συγκεκριμένα, στη μεταχείριση με 4 gr αλεσμένου σπόρου δεν αναπτύχθηκαν καθόλου θηλυκά και στη μεταχείριση με 2 gr αναπτύχθηκε πολύ μικρός αριθμός θηλυκών από τα οποία δεν ωτόκησε κανένα. Ωστόσο και στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις αναπτύχθηκε πολύ μικρός αριθμός θηλυκών. Τέλος, ο μ.ο. ποσοστού ωτοκίας των θηλυκών του *M. javanica* ήταν χαμηλό σε όλες τις μεταχειρίσεις με 0% στις μεταχειρίσεις με 2 και 4 gr ενώ στις μεταχειρίσεις με 0,5 gr και 1 gr ήταν 5,1 και 1% αντίστοιχα

Όσον αφορά την *T. foenum-graecum* παρατηρήθηκε επίδραση βάρος του υπέργειου τμήματος με μεγαλύτερο μ.ο. βάρους στις μεταχειρίσεις με προσθήκη 1 και 2 gr αλεσμένου σπόρου. Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκε επίδραση στο βάρος του ριζικού συστήματος. Στον αριθμό θηλυκών του *M. javanica* ανά gr ρίζας παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση με την προσθήκη αλεσμένου σπόρου. Συγκεκριμένα, στη μεταχείριση με 4 gr αλεσμένου σπόρου αναπτύχθηκε μικρός αριθμός θηλυκών από τα οποία δεν ωτόκησε κανένα. Στην μεταχείριση με 2 gr αναπτύχθηκε πολύ μικρός αριθμός θηλυκών με μ.ο. 4,3 θηλυκά. Τέλος, ο μ.ο. ποσοστού ωτοκίας των θηλυκών του *M. javanica* ήταν χαμηλό σε όλες τις μεταχειρίσεις με 0% στην μεταχείριση με 4 gr, 1,5% στην μεταχείριση με 2 gr, 6,5% στην μεταχείριση με 1 gr και 4,7% στην μεταχείριση με 0,5 gr.

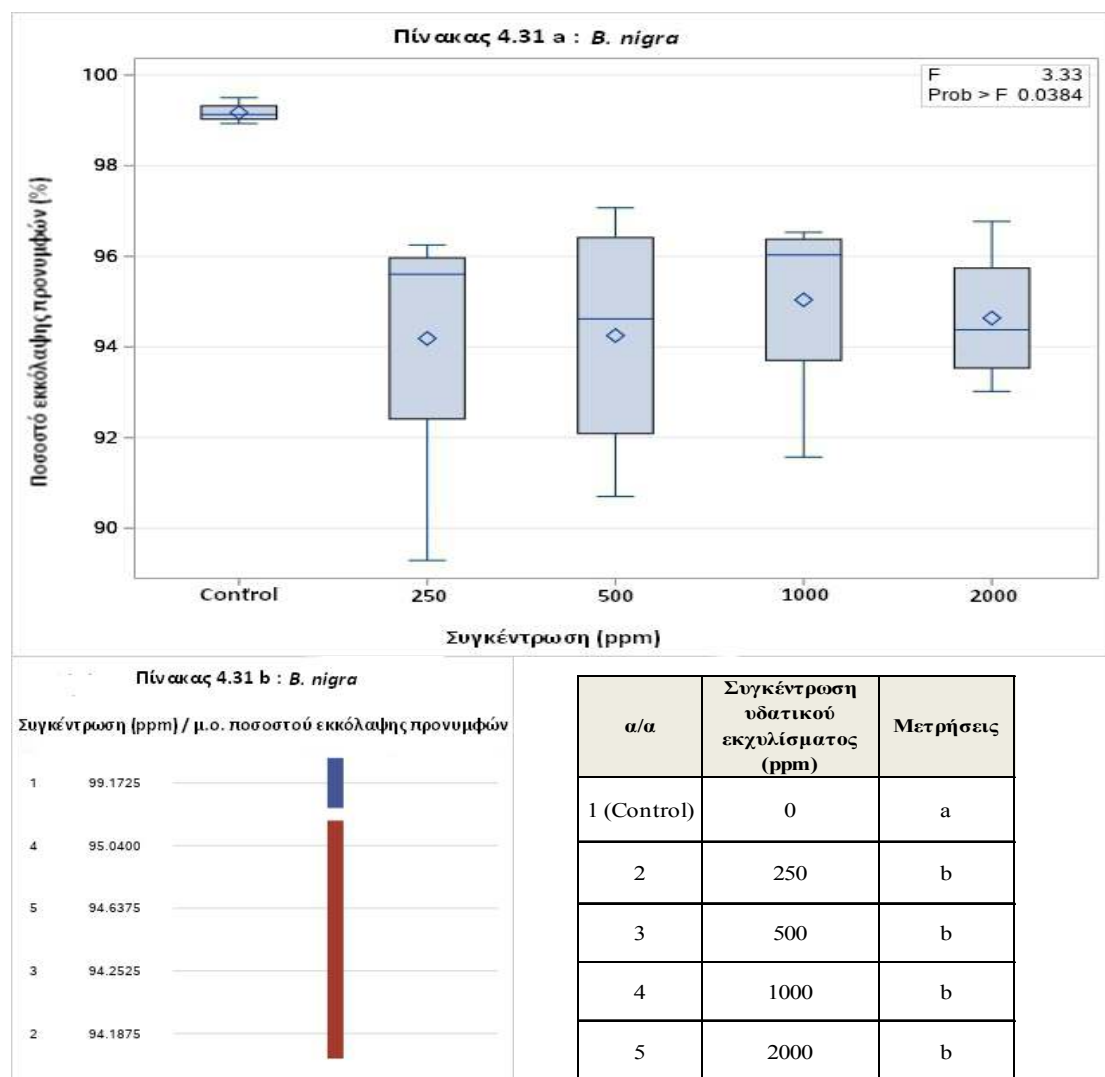
Όπως παρατηρούμε από τα αποτελέσματα, η προσθήκη αλεσμένου σπόρου σε του *B. nigra* και της *T. foenum-graecum* είχε σημαντική επίδραση στην ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου του *M. javanica*. Ο αριθμός των θηλυκών που αναπτύχθηκαν στο ριζικό σύστημα των φυτών ήταν πολύ μικρός σε όλες τις μεταχειρίσεις και τα ποσοστά ωτοκίας των θηλυκών ήταν κάτω από 5% σε όλες τις μεταχειρίσεις στο *B. nigra* και κάτω από 6,5% στη *T. foenum-graecum*.

4.2.3. Επίδραση των υδατικών εκχυλισμάτων των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στην εκκόλαψη προνυμφών (J2) από τους ωόσακους του *M. javanica*

4.2.3.1. *B. nigra*

Στον πίνακα 4.31 παρουσιάζεται η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων υδατικού εκχυλίσματος από αλεσμένους σπόρους του φυτού *B. nigra* στην εκκόλαψη των προνυμφών (J2) του *M. javanica* από ωόσακους.

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στην εκκόλαψη των προνυμφών (J2) στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα ωστόσο ο μέσος όρος των ποσοστών εκκόλαψης που παρατηρήθηκε ήταν πάνω από 94% σε όλες τις δόσεις.

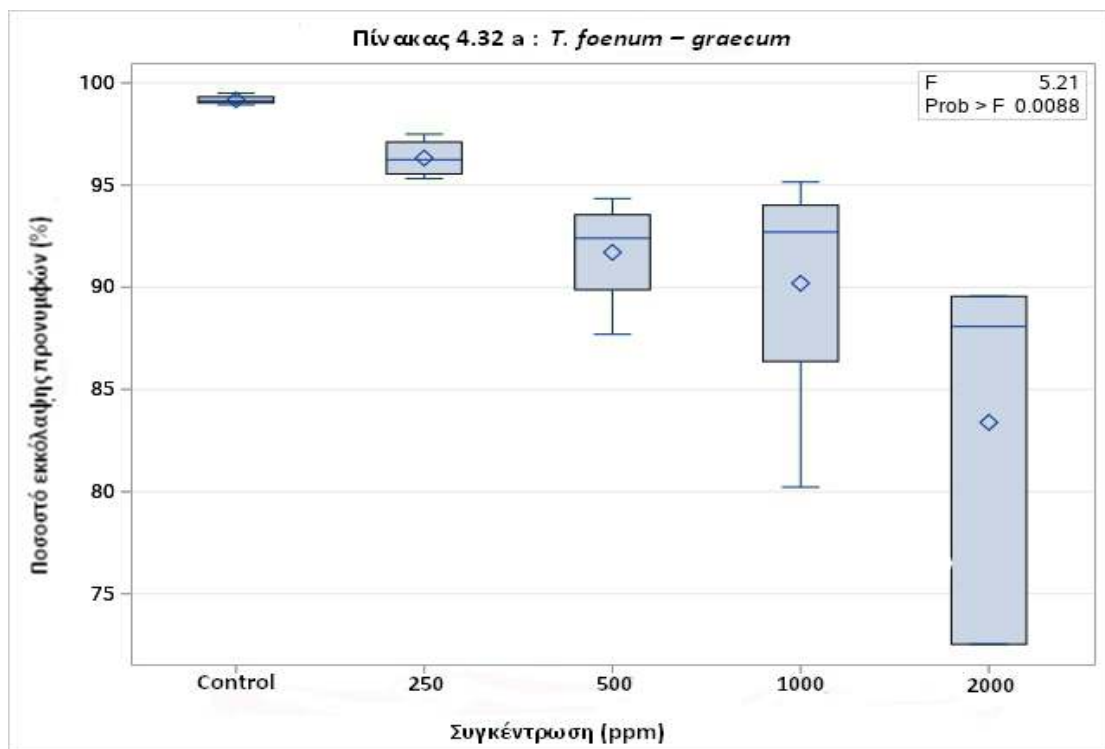


Πίνακας 4.31: Επίδραση των υδατικών εκχυλισμάτων του *B. nigra* στην εκκόλαψη προνυμφών (J2) του *M. javanica*.

4.2.3.2. *T. foenum-graecum*

Στον πίνακα 4.32 παρουσιάζεται η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων υδατικού εκχυλίσματος από αλεσμένους σπόρους του φυτού *T. foenum-graecum* στην εκκόλαψη των προνυμφών (J2) του *M. javanica* από ωόσακους.

Στο πείραμα παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στην εκκόλαψη στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Στη δόση των 2000 ppm παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στην εκκόλαψη των προνυμφών (J2)

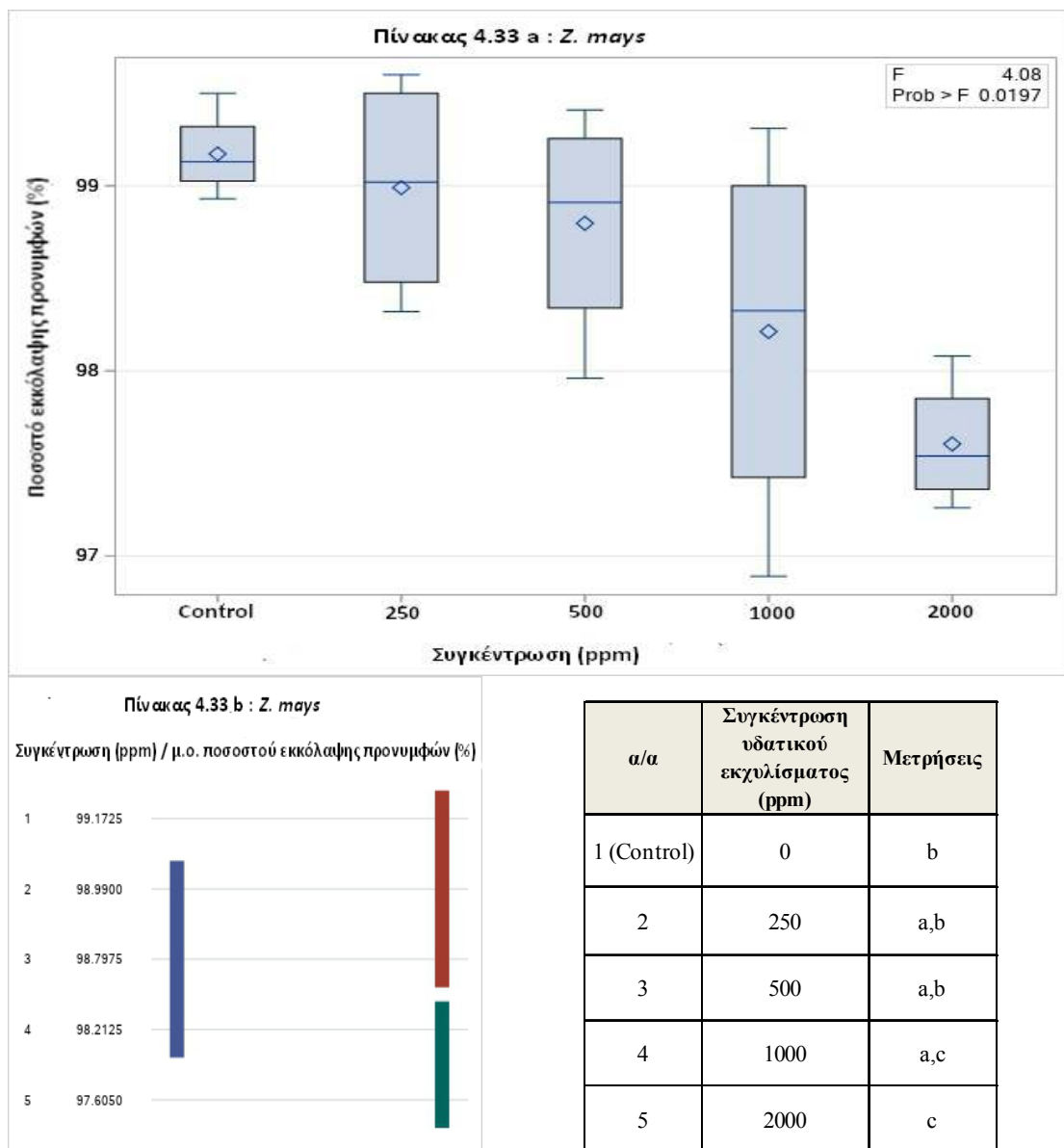


Πίνακας 4.32: Επίδραση των υδατικών εκχυλισμάτων της *T. foenum - graecum* στην εκκόλαψη προνυμφών (J2) του *M. Javanica*.

4.2.3.3. *Z. mays*

Στον πίνακα 4.33 παρουσιάζεται η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων υδατικού εκχυλίσματος από αλεσμένους σπόρους του φυτού *Z. mays* στην εκκόλαψη των προνυμφών (J2) του *M. javanica* από ωόσακους.

Στο πείραμα δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στην εκκόλαψη των προνυμφών (J2) στις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Η δόση με 2000 ppm διέφερε στατιστικώς σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Ο μέσος όρος των ποσοστών εκκόλαψης που παρατηρήθηκε ήταν πάνω από 97% σε όλες τις δόσεις.



Πίνακας 4.33: Επίδραση των υδατικών εκχυλισμάτων του *Z. mays* στην εκκόλαψη προνυμφών (J2) του *M. javanica*.

4.2.3.4. Συμπεράσματα

Στο πείραμα εργαστηρίου για την επίδραση των υδατικών εκχυλισμάτων των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στην εκκόλαψη προνυμφών (J2) από τους ωόσακους του *M. javanica* όσον αφορά τα υδατικά εκχυλίσματα του *B. nigra*, παρατηρήθηκαν υψηλά ποσοστά εκκόλαψης προνυμφών (J2) σε όλες τις συγκεντρώσεις με μ.ο. ποσοστού εκκόλαψης να ήταν 94 - 95% . Αντιστοίχως, στα υδατικά εκχυλίσματα της *T. foenum-graecum* τα ποσοστά εκκόλαψης προνυμφών (J2) ήταν υψηλά στις συγκεντρώσεις με 250 ppm, 500 ppm και 1000 ppm ενώ στη συγκέντρωση των 2000 ppm παρουσιάστηκαν μικρότερα ποσοστά εκκόλαψης.

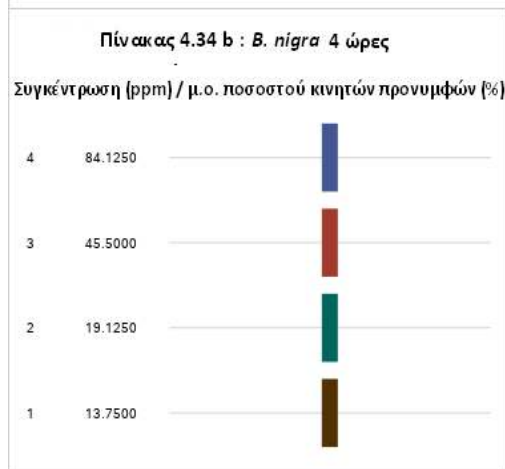
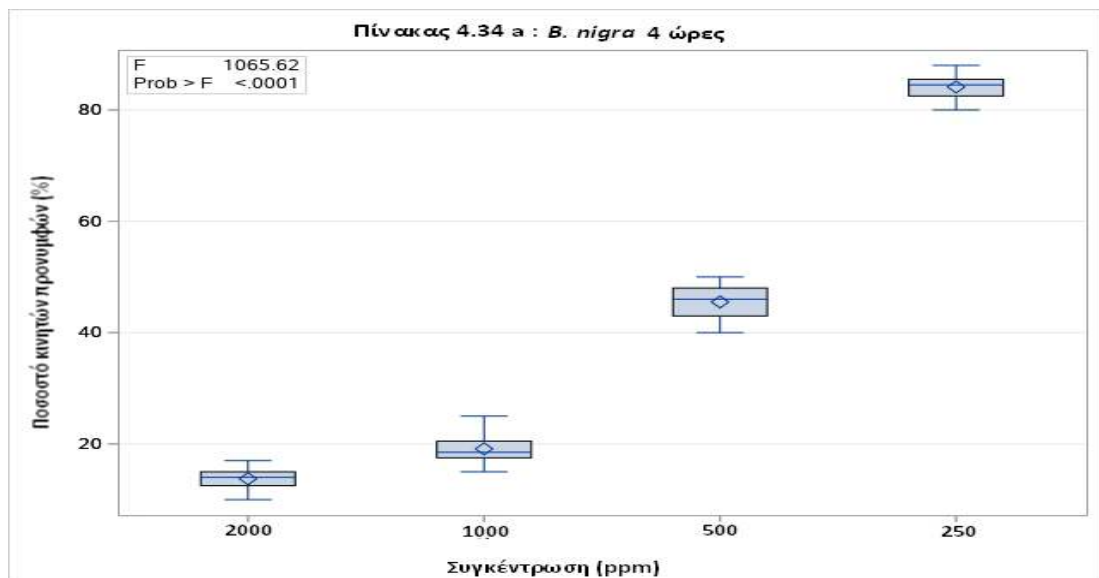
Όπως παρατηρούμε από τα αποτελέσματα η επίδραση των υδατικών εκχυλισμάτων των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στην εκκόλαψη προνυμφών (J2) από τους ωόσακους του *M. javanica* δεν παρουσίασε θετικά αποτελέσματα καθώς παρατηρήθηκε υψηλός μ.ο. ποσοστού εκκόλαψης προνυμφών (J2) που ήταν 94 – 95% στο *B. nigra* και 84 – 96% στη *T. foenum-graecum*.

4.2.4. Επίδραση των υδατικών εκχυλισμάτων των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στην παράλυση των προνυμφών (J2) του *M. javanica*

4.2.4.1. *B. nigra*

Στον πίνακα 4.34 παρουσιάζεται η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων υδατικού εκχυλίσματος από αλεσμένους σπόρους του φυτού *B. nigra* στην παράλυση προνυμφών (J2) του *M. javanica* σε χρόνο έκθεσης 4 ωρών.

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στην παράλυση προνυμφών (J2). Στη δόση των 2000 ppm παρατηρήθηκε πολύ μικρό ποσοστό κινητών προνυμφών μετά από 4 ώρες έκθεσης με μ.ο. 13,7%. Ακολούθησε η δόση των 1000 ppm με μ.ο. 19,1%.

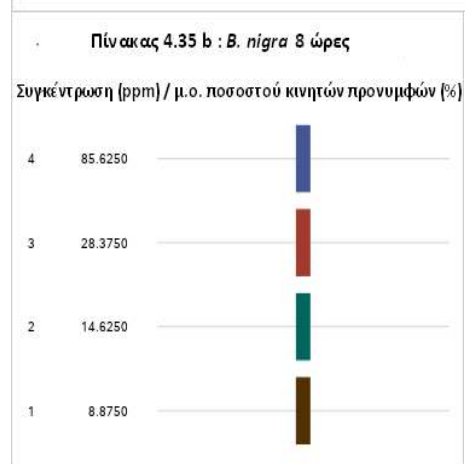
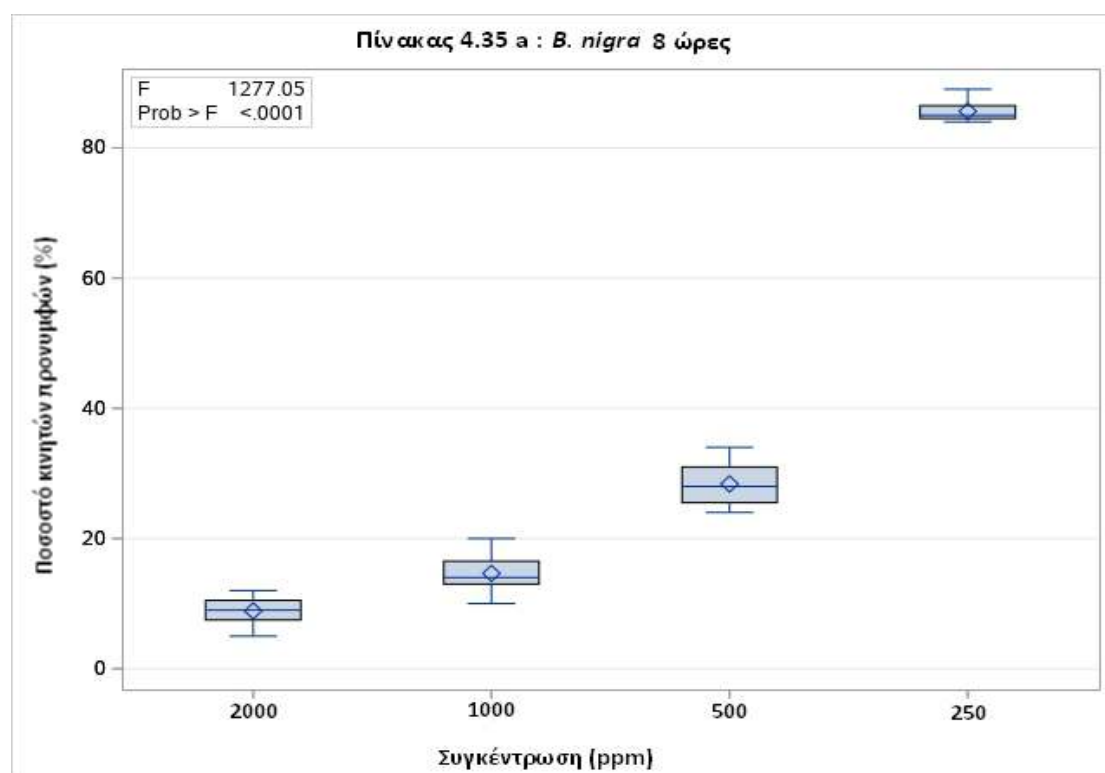


a/a	Συγκέντρωση υδατικού εκχυλίσματος (ppm)	Μετρήσεις
1	2000	d
2	1000	c
3	500	b
4	250	a

Πίνακας 4.34: Επίδραση υδατικού εκχυλίσματος του *B. nigra* στην παράλυση προνυμφών (J2) *M. javanica* μετά 4 ώρες έκθεσης.

Στον πίνακα 4.35 παρουσιάζεται η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων υδατικού εκχυλίσματος από αλεσμένους σπόρους του φυτού *B. nigra* στην παράλυση προνυμφών (J2) του *M. javanica* σε χρόνο έκθεσης 8 ωρών.

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στην παράλυση προνυμφών (J2). Στη δόση των 2000 ppm παρατηρήθηκε ακόμα μεγαλύτερη μείωση στο ποσοστό κινητών προνυμφών μετά από 8 ώρες έκθεσης με μ.ο. 8,8%. Μείωση παρατηρήθηκε και στις δόσεις 1000 και 500 ppm με μ.ο. ποσοστού κινητών προνυμφών 14,6 και 28,3% αντίστοιχα.

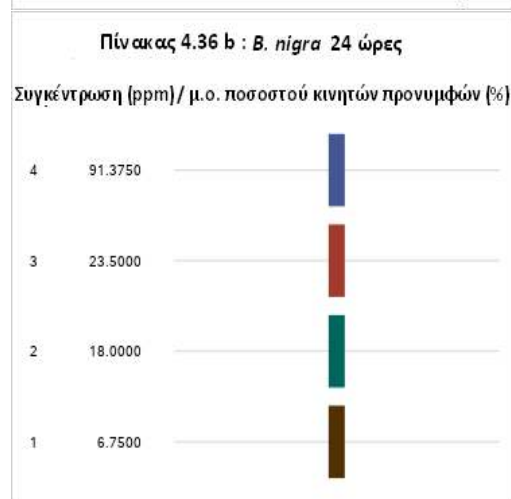
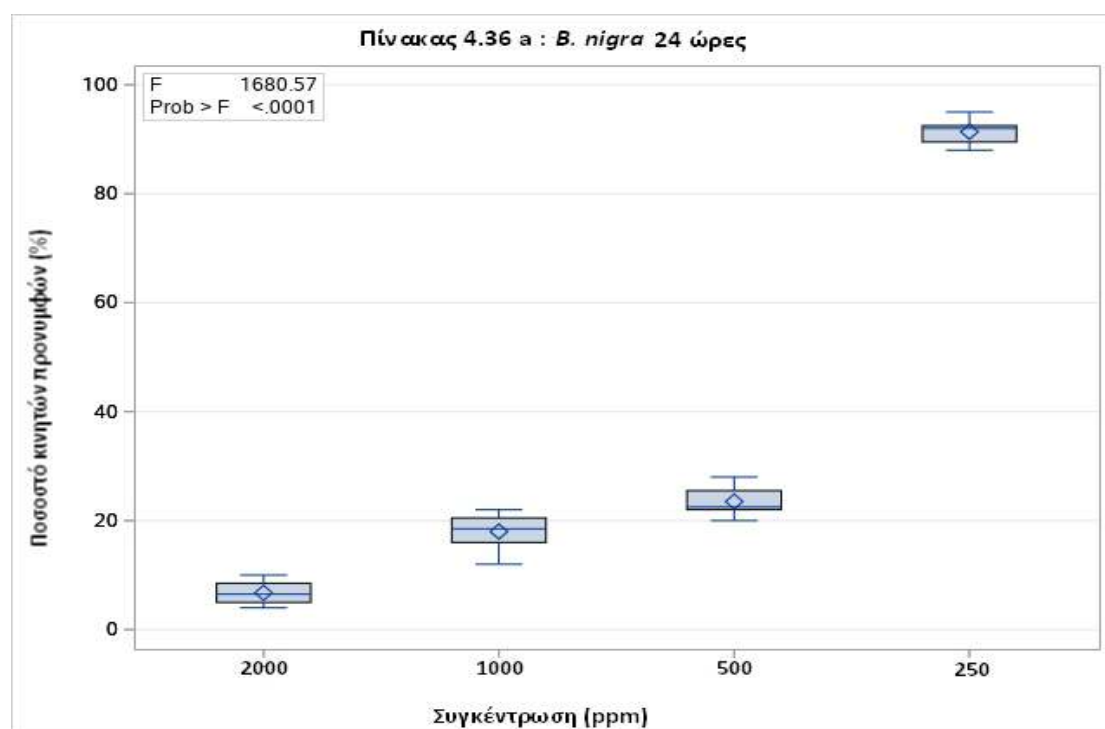


a/a	Συγκέντρωση υδατικού εκχυλίσματος (ppm)	Μετρήσεις
1	2000	d
2	1000	c
3	500	b
4	250	a

Πίνακας 4.35: Επίδραση υδατικού εκχυλίσματος του *B. nigra* στην παράλυση προνυμφών (J2) *M. javanica* μετά 8 ώρες έκθεσης.

Στον πίνακα 4.36 παρουσιάζεται η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων υδατικού εκχυλίσματος από αλεσμένους σπόρους του φυτού *B. nigra* στην παράλυση προνυμφών (J2) του *M. javanica* σε χρόνο έκθεσης 24 ωρών.

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στην παράλυση προνυμφών (J2). Στη δόση των 2000 ppm παρατηρήθηκε ακόμα μεγαλύτερη μείωση στο ποσοστό κινητών προνυμφών μετά από 24 ώρες έκθεσης με μ.ο. 6,7%. Μείωση παρατηρήθηκε και στις δόσεις 1000 και 500 ppm με μ.ο. ποσοστού κινητών προνυμφών 18.5 και 23,5% αντίστοιχα.



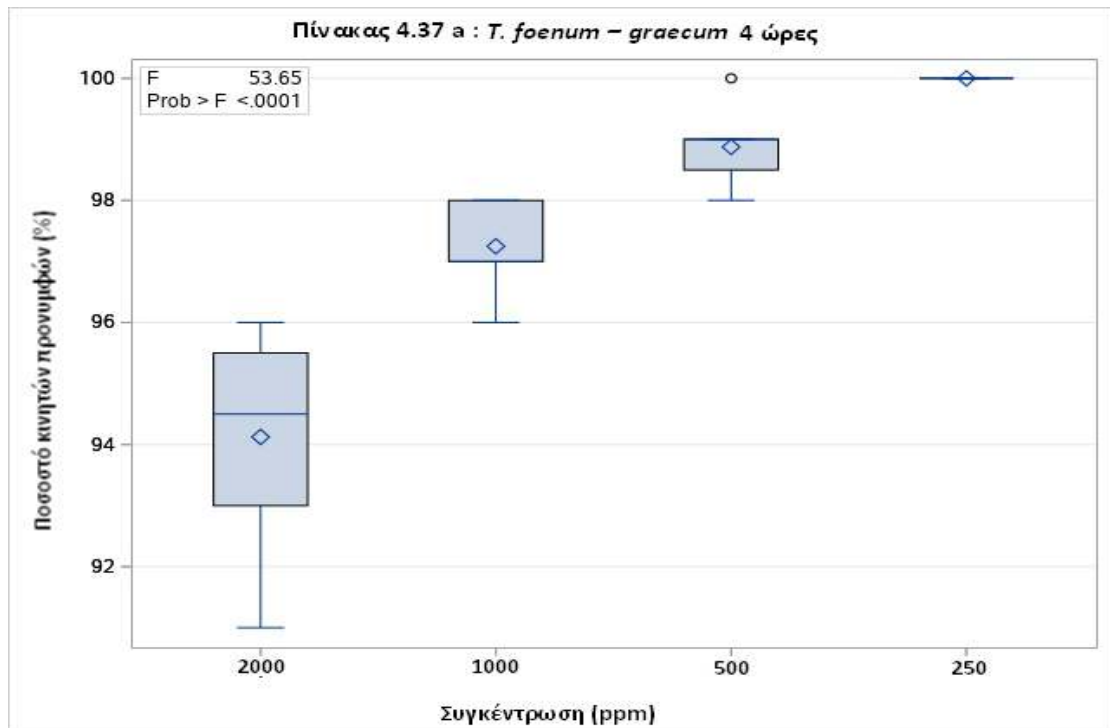
α/α	Συγκέντρωση υδατικού εκχυλίσματος (ppm)	Μετρήσεις
1	2000	d
2	1000	c
3	500	b
4	250	a

Πίνακας 4.36: Επίδραση υδατικού εκχυλίσματος του *B. nigra* στην παράλυση προνυμφών (J2) *M. javanica* μετά 24 ώρες έκθεσης.

4.2.4.2. *T. foenum-graecum*

Στον πίνακα 4.37 παρουσιάζεται η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων υδατικού εκχυλίσματος από αλεσμένους σπόρους του φυτού *T. foenum-graecum* στην παράλυση προνυμφών (J2) του *M. javanica* σε χρόνο έκθεσης 4 ωρών.

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στην παράλυση προνυμφών (J2). Σε όλες τις δόσεις παρατηρήθηκε υψηλό ποσοστό κινητών προνυμφών μετά από 4 ώρες έκθεσης με μ.ο. πάνω από 94%.

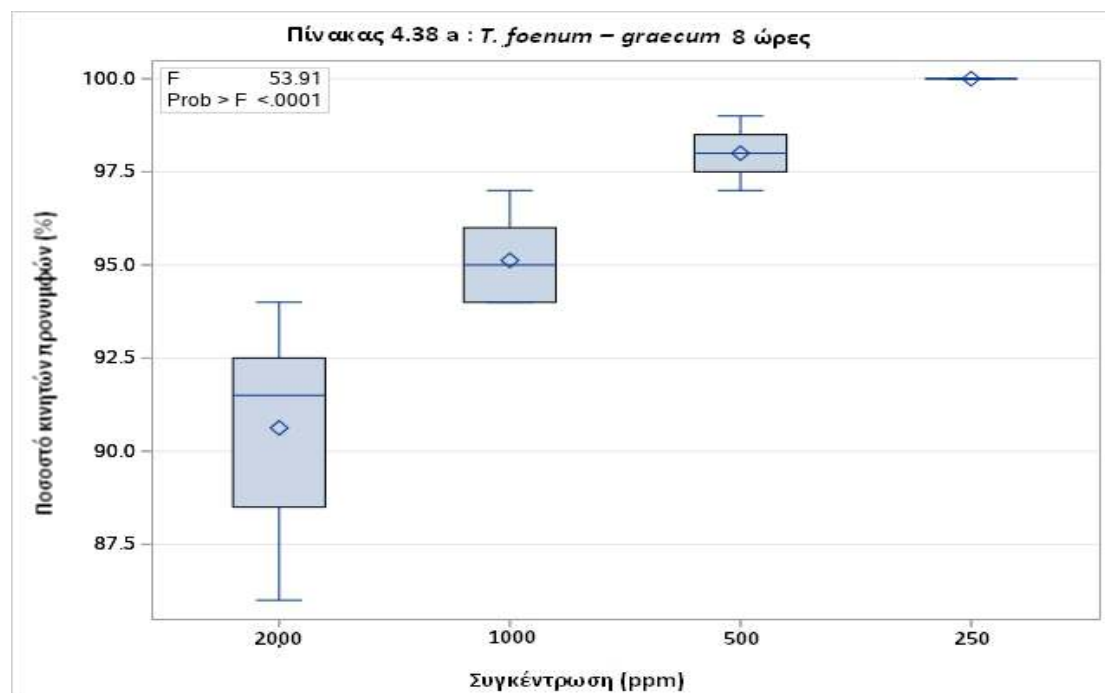


α/α	Συγκέντρωση υδατικού εκχυλίσματος (ppm)	Μετρήσεις
1	2000	d
2	1000	c
3	500	b
4	250	a

Πίνακας 4.37: Επίδραση υδατικού εκχυλίσματος της *T. foenum-graecum* στην παράλυση προνυμφών (J2) *M. javanica* μετά 4 ώρες έκθεσης.

Στον πίνακα 4.38 παρουσιάζεται η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων υδατικού εκχυλίσματος από αλεσμένους σπόρους του φυτού *T. foenum-graecum* στην παράλυση προνυμφών (J2) του *M. javanica* σε χρόνο έκθεσης 8 ωρών.

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στην παράλυση προνυμφών (J2). Σε όλες τις δόσεις παρατηρήθηκε υψηλό ποσοστό κινητών προνυμφών μετά από 8 ώρες έκθεσης με μ.ο. πάνω από 90%.

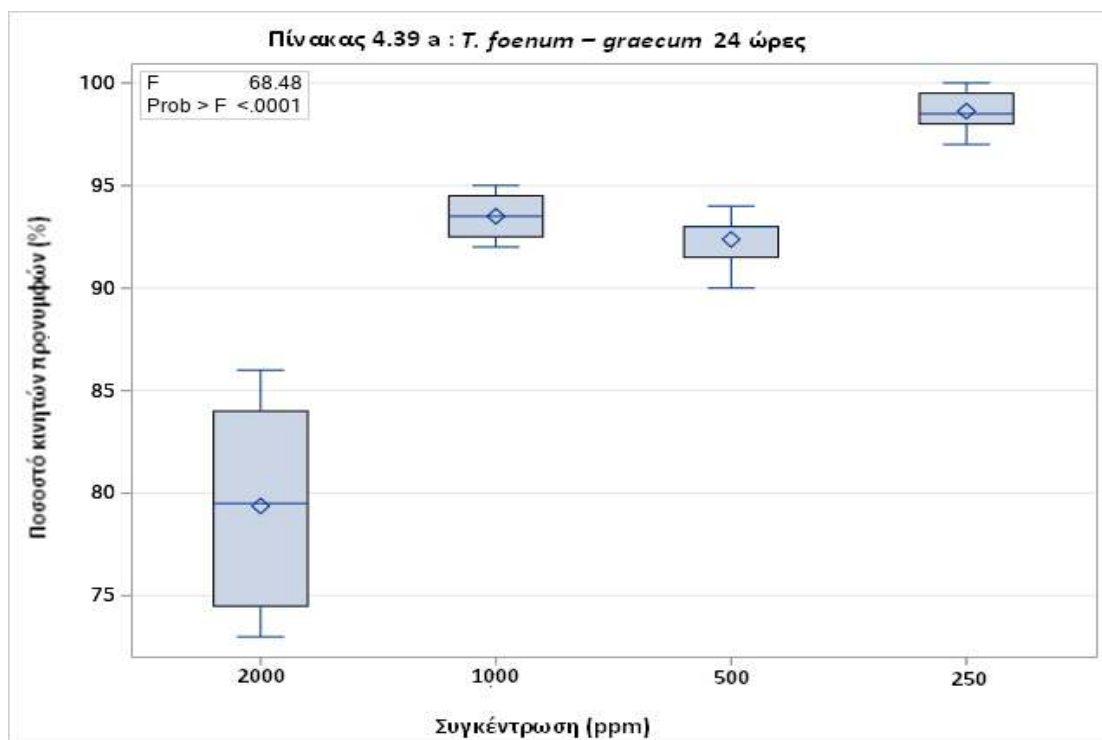


a/a	Συγκέντρωση υδατικού εκχυλίσματος (ppm)	Μετρήσεις
1	250	d
2	500	c
3	1000	b
4	2000	a

Πίνακας 4.38: Επίδραση υδατικού εκχυλίσματος της *T. foenum-graecum* στην παράλυση προνυμφών (J2) *M. javanica* μετά 8 ώρες έκθεσης.

Στον πίνακα 4.39 παρουσιάζεται η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων υδατικού εκχυλίσματος του φυτού *T. foenum-graecum* στην παράλυση προνυμφών (J2) του *M. javanica* σε χρόνο έκθεσης 24 ωρών.

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων με 2000 και 250 ppm σε σύγκριση με τις άλλες μεταχειρίσεις στην παράλυση προνυμφών (J2). Στη μεταχείριση με 2000 ppm παρατηρήθηκε μείωση στο ποσοστό κινητών προνυμφών μετά από 24 ώρες έκθεσης με μ.ο. 79,3%.



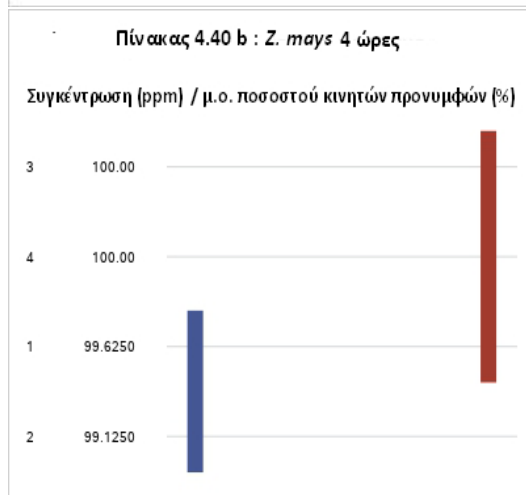
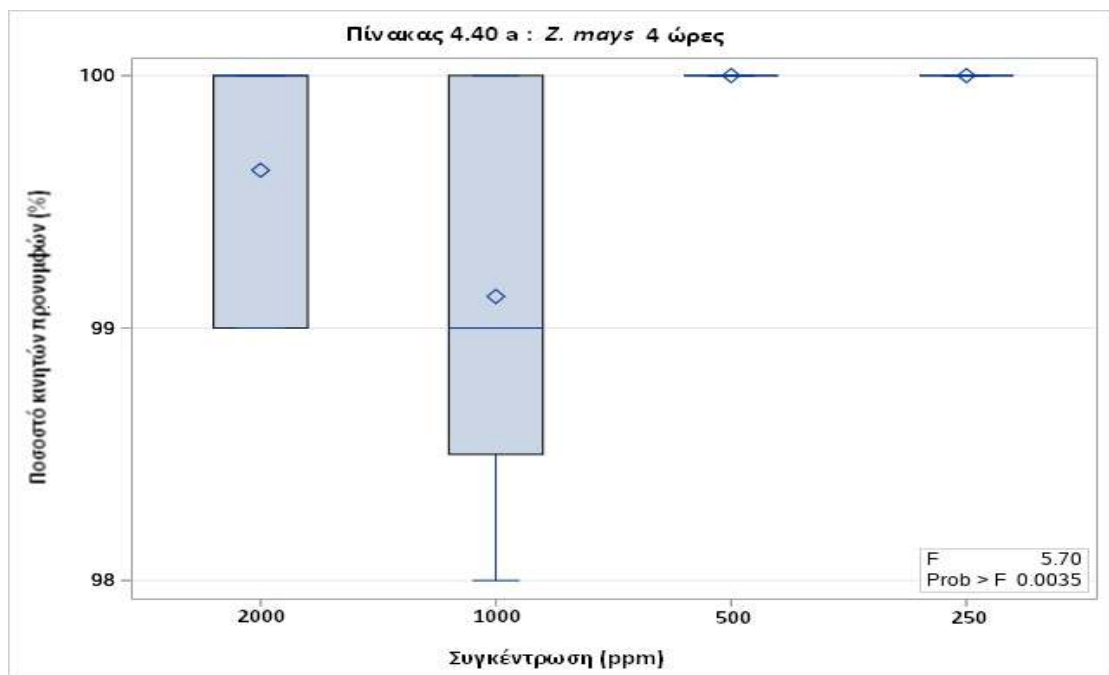
a/a	Συγκέντρωση υδατικού εκχυλίσματος (ppm)	Μετρήσεις
1	2000	c
2	1000	b
3	500	b
4	250	a

Πίνακας 4.39: Επίδραση υδατικού εκχυλίσματος της *T. foenum-graecum* στην παράλυση προνυμφών (J2) *M. javanica* μετά 24 ώρες έκθεσης.

4.2.4.3. *Z. mays*

Στον πίνακα 4.40 παρουσιάζεται η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων υδατικού εκχυλίσματος του φυτού *Z. mays* στην παράλυση προνυμφών (J2) του *M. javanica* σε χρόνο έκθεσης 4 ωρών.

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά της μεταχείρισης με 1000 ppm σε σύγκριση με τις μεταχειρίσεις με 500 και 250 ppm στην παράλυση προνυμφών (J2). Ο μ.ο. ποσοστού κινητών προνυμφών ήταν πάνω από 99% σε όλες τις δόσεις.

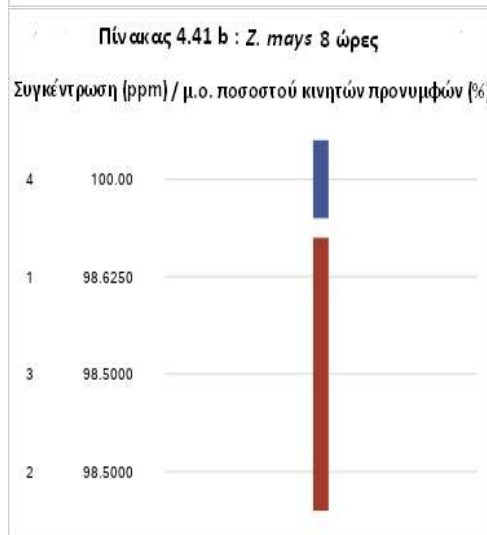
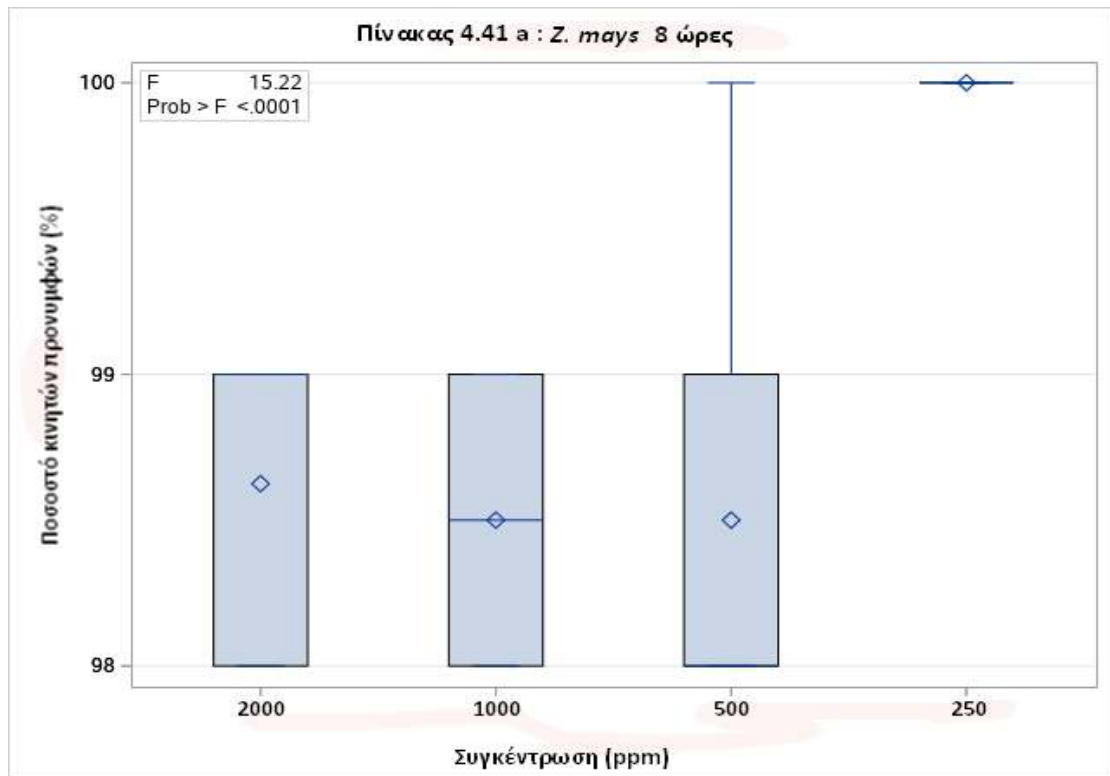


a/a	Συγκέντρωση υδατικού εκχυλίσματος (ppm)	Μετρήσεις
1	2000	a,b
2	1000	a
3	500	b
4	250	b

Πίνακας 4.40: Επίδραση υδατικού εκχυλίσματος του *Z. mays* στην παράλυση προνυμφών (J2) *M. javanica* μετά 4 ώρες έκθεσης.

Στον πίνακα 4.41 παρουσιάζεται η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων υδατικού εκχυλίσματος του φυτού *Z. mays* στην παράλυση προνυμφών (J2) του *M. javanica* σε χρόνο έκθεσης 8ωρών.

Στο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά της μεταχείρισης με 250 ppm σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις στην παράλυση προνυμφών (J2). Ο μ.ο. ποσοστού κινητών προνυμφών ήταν πάνω από 98,5% σε όλες τις δόσεις.

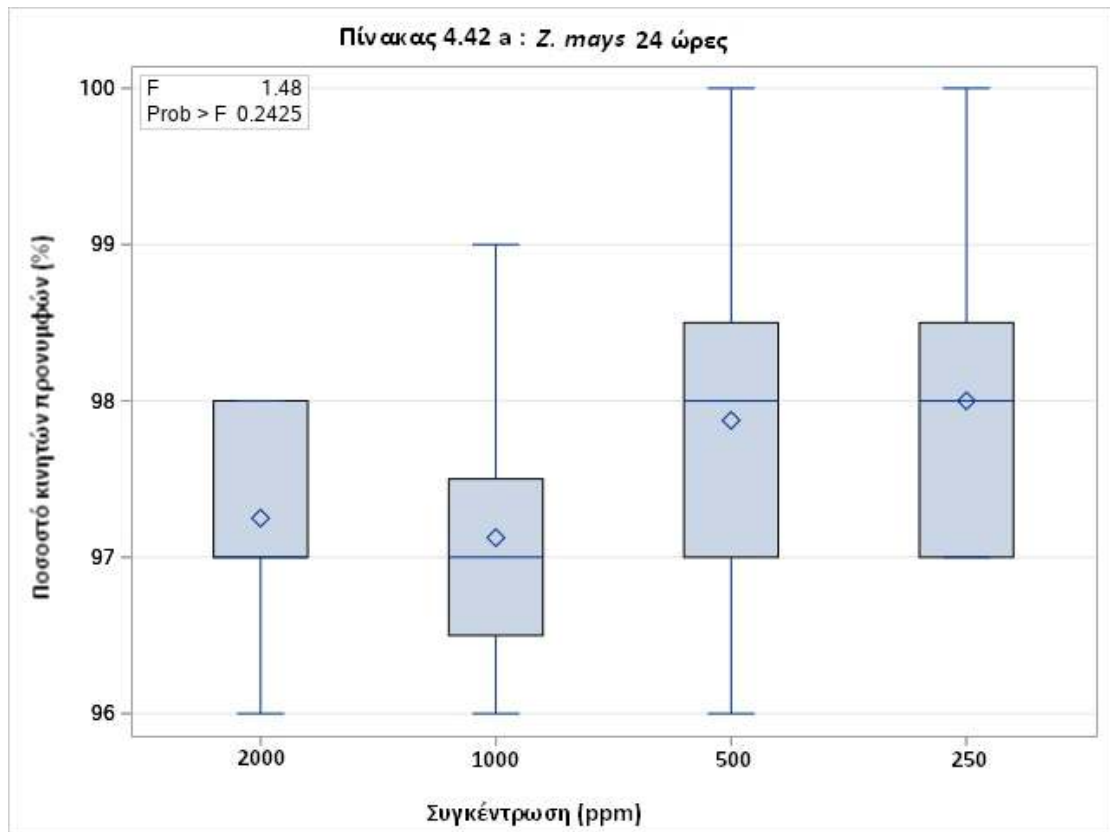


a/a	Συγκέντρωση υδατικού εκχυλίσματος (ppm)	Μετρήσεις
1	2000	b
2	1000	b
3	500	b
4	250	a

Πίνακας 4.41: Επίδραση υδατικού εκχυλίσματος του *Z. mays* στην παράλυση προνυμφών (J2) *M. javanica* μετά 8 ώρες έκθεσης.

Στον πίνακα 4.42 παρουσιάζεται η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων υδατικού εκχυλίσματος του φυτού *Z. mays* στην παράλυση προνυμφών (J2) του *M. javanica* σε χρόνο έκθεσης 24 ωρών.

Στο πείραμα δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στην παράλυση προνυμφών (J2). Ο μ.ο. ποσοστού κινητών προνυμφών ήταν πάνω από 97,1% σε όλες τις δόσεις.



a/a	Συγκέντρωση υδατικού εκχυλίσματος (ppm)	Μετρήσεις
1	2000	a
2	1000	a
3	500	a
4	250	a

Πίνακας 4.42: Επίδραση υδατικού εκχυλίσματος του *Z. mays* στην παράλυση προνυμφών (J2) *M. javanica* μετά 24 ώρες έκθεσης.

4.2.4.4. Συμπεράσματα

Στο πείραμα εργαστηρίου για την επίδραση των υδατικών εκχυλισμάτων των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στην παράλυση των προνυμφών (J2) του *M. javanica*, όσον αφορά την έκθεση των προνυμφών σε διαφορετικές συγκεντρώσεις υδατικών εκχυλισμάτων του *B. nigra* παρατηρήθηκε συσχέτιση της μείωσης του μ.ο. ποσοστού κινητών προνυμφών με την αύξηση της συγκέντρωσης των υδατικών εκχυλισμάτων στις 4 ώρες. Συγκεκριμένα, στη μεταχείριση με 2000 ppm ο μ.ο. ποσοστού κινητών προνυμφών ήταν 13,7%, με 1000 ppm ήταν 19%, με 500 ppm ήταν 45,5% ενώ με 250 ppm ήταν 84,1%. Στις 8 ώρες έκθεσης των προνυμφών (J2) σε διαφορετικές συγκεντρώσεις υδατικών εκχυλισμάτων συνεχίστηκε η μείωση του μ.ο. ποσοστού κινητών προνυμφών σε όλες τις μεταχειρίσεις ενώ και στις 24 ώρες μειώθηκε ακόμα περισσότερο ο μ.ο. του ποσοστού κινητών προνυμφών εκτός από τις μεταχειρίσεις με 250 και 1000 ppm που αυξήθηκε σε πολύ μικρά επίπεδα.

Όσον αφορά την έκθεση των προνυμφών (J2) σε διαφορετικές συγκεντρώσεις υδατικών εκχυλισμάτων της *T. foenum-graecum*, παρατηρήθηκε υψηλός μ.ο. ποσοστού κινητών προνυμφών σε όλες τις συγκεντρώσεις μετά από 4 ώρες έκθεσης με ποσοστά πάνω από 94%. Στις 8 ώρες ο μ.ο. ποσοστού κινητών προνυμφών μειώθηκε από το 94% στο 90% στην μεταχείριση με 2000 ppm ενώ στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις παρέμεινε υψηλός. Τέλος, στις 24 ώρες έκθεσης παρατηρήθηκε περεταίρω μείωση του μ.ο. ποσοστού κινητών προνυμφών στην μεταχείριση με 2000 ppm που ήταν 79,3% ενώ στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις παρέμεινε υψηλός.

Όπως παρατηρούμε από τα αποτελέσματα η επίδραση των υδατικών εκχυλισμάτων των *B. nigra* στην παράλυση των προνυμφών (J2) του *M. javanica*, ήταν θετική αφού προκλήθηκε παράλυση των προνυμφών από τις 4 ώρες έκθεσης η οποία αυξήθηκε σε συνάρτηση με τον χρόνο έκθεσης. Αυτό μας έδειξε ότι η δράση του υδατικού εκχυλίσματος από αλεσμένους σπόρους του *B. nigra* έχει αξιόλογη δράση ενάντια του κομβονηματώδη *M. javanica* και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά για τον έλεγχο και τη διαχείρισή του. Αντιθέτως, η επίδραση των υδατικών εκχυλισμάτων της *T. foenum-graecum* στην παράλυση των προνυμφών (J2) του *M. javanica* δεν ήταν αρκετά θετική αφού δεν προκλήθηκαν υψηλά ποσοστά παράλυσης των προνυμφών από τις 4 ώρες έκθεσης έως τις 24 ώρες εκτός από την υψηλή συγκέντρωση των 2000 ppm, η οποία όμως είχε ποσοστά κινητικότητας με μ.ο. κοντά στο 80% μετά από 24 ώρες έκθεσης.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι κομβονηματώδεις (Root-Knot Nematodes) ανήκουν στο γένος *Meloidogyne*, είναι από τους πιο διαδεδομένους και οικονομικά σημαντικούς νηματώδεις στη γεωργία και εξαπλώνονται σε όλο τον κόσμο παρασιτώντας χιλιάδες διαφορετικά είδη φυτών. Ενδεικτικά, από τις ετήσιες οικονομικές απώλειες που προκαλούνται από τους νηματώδεις και υπολογίζονται σε 100 δισεκατομμύρια δολάρια, το γένος *Meloidogyne* ευθύνεται για ένα μεγάλο μέρος αυτών.

Τα τελευταία χρόνια ο μειωμένος αριθμός των εγκεκριμένων χημικών νηματοδοκτόνων καθώς και οι υψηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους, έχουν ενθαρρύνει την αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων ασφαλέστερων και φιλικών προς το περιβάλλον με σκοπό τη μείωση και τη σταδιακή κατάργηση των χημικών φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Αρκετές έρευνες ενσωμάτωσης φυτικών μερών ή και υπολειμμάτων στο έδαφος αρκετών φυτικών ειδών σε πειράματα αγρού, έχουν αποδείξει σημαντική μείωση του πληθυσμού των κομβονηματωδών. Επίσης, έντονο ενδιαφέρον για τη βιολογική δράση εναντίον των κομβονηματωδών παρουσιάζουν ουσίες φυσικής προέλευσης, με έρευνες να έχουν αποδείξει νηματοδοκτόνο δράση ουσιών που προέρχονται από αρκετά φυτικά είδη.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης των φυτικών ειδών *Brassica nigra* και *Trigonella foenum-graecum* εναντίον των κομβονηματωδών. Σε πείραμα αγρού μελετήθηκε η νηματοδοκτόνος δράση των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* εναντίον των κομβονηματωδών και άλλων νηματωδών εδάφους ενσωματώνοντας στο έδαφος τα φυτικά μέρη των καλλιεργειών, ενώ σε εργαστηριακά πειράματα μελετήθηκε η νηματοδοκτόνος δράση των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* εναντίον του κομβονηματώδη *Meloidogyne javanica* είτε μέσω της προσθήκης ποσότητας αλεσμένου σπόρου στο έδαφος είτε μέσω έκθεσης προνυμφών (J2) και ωόσακων του *M. javanica* σε διαφορετικές συγκεντρώσεις υδατικών εκχυλισμάτων από αλεσμένους σπόρους. Επίσης, στο πείραμα αγρού και σε πείραμα εργαστηρίου μελετήθηκε η ευπάθεια των φυτικών ειδών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* εναντίον των κομβονηματωδών *M. javanica*.

Στα αποτελέσματα του πειράματος αγρού, όσον αφορά την επίδραση της ενσωμάτωσης στο έδαφος των φυτικών μερών των *B. nigra* και *T. foenum-graecum*, παρατηρήθηκε μείωση του πληθυσμού των φυτοπαρασιτικών νηματωδών αλλά παρατηρήθηκε μείωση του πληθυσμού και των νηματωδών ελεύθερης διαβίωσης που

περιλαμβάνουν μυκητοφάγα, βακτηριοφάγα και αρπακτικά είδη τα οποία είναι ωφέλιμα.

Στα πειράματα αγρού και εργαστηρίου για την διερεύνηση της ευπάθειας των φυτικών ειδών *B. nigra* και *T. foenum-graecum* εναντίων των κομβοηματώδη παρατηρήθηκε ανάπτυξη μικρού ποσοστού κόμβων στις ρίζες, χωρίς να καταφέρουν να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο και να βοηθήσουν στην αύξηση του πληθυσμού κάτι που καθιστά τα φυτικά είδη φτωχούς ξενιστές των κομβοηματωδών. Συγκεκριμένα, στο *B. nigra* στο πείραμα αγρού ποσοστό φυτών πάνω από 75% δεν ανέπτυξε καθόλου κόμβους στις ρίζες ενώ στο πείραμα εργαστηρίου παρατηρήθηκε πολύ μικρός αριθμός θηλυκών στις ρίζες από τα οποία στις μεταχειρίσεις με 250 και 500 προνύμφες δεν κατάφερε να ωοτοκήσει κανένα. Ομοίως, στην *T. foenum-graecum* ποσοστό φυτών πάνω από 75% δεν ανέπτυξε καθόλου κόμβους στις ρίζες στο πείραμα αγρού ενώ στο πείραμα εργαστηρίου παρατηρήθηκε μεγαλύτερος αριθμός θηλυκών στις ρίζες από το *B. nigra* ωστόσο το ποσοστό ωοτοκίας ήταν χαμηλό και κυμάνθηκε στο 20% σε όλες τις μεταχειρίσεις.

Στο πείραμα εργαστηρίου για την διερεύνηση της επίδρασης προσθήκης ποσότητας αλεσμένου σπόρου των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στο έδαφος στην εξέλιξη του βιολογικού κύκλου του *M. javanica*, παρατηρήθηκε ανάπτυξη πολύ μικρού αριθμού θηλυκών στις ρίζες σε συνδυασμό με πολύ χαμηλά ποσοστά ωοτοκίας αυτών. Συγκεκριμένα, ο αριθμός των θηλυκών που αναπτύχθηκαν στο ριζικό σύστημα των φυτών ήταν πολύ μικρός σε όλες τις μεταχειρίσεις και τα ποσοστά ωοτοκίας των θηλυκών ήταν <5% σε όλες τις μεταχειρίσεις στο *B. nigra* και <6,5% στη *T. foenum-graecum*.

Τέλος, στα πειράματα εργαστηρίου για την επίδραση των υδατικών εκχυλισμάτων των *B. nigra* και *T. foenum-graecum* στην εκκόλαψη προνυμφών από τους ωόσακους και στην παράλυση των προνυμφών του *M. javanica*, όσον αφορά την εκκόλαψη προνυμφών δεν παρατηρήθηκαν θετικά αποτελέσματα καθώς τα ποσοστά εκκόλαψης ήταν υψηλά σε όλες τις συγκεντρώσεις με τον μ.ο. ποσοστού να ήταν 94 - 95% στο *B. nigra* και 84 - 96% στην *T. foenum-graecum*. Όσον αφορά την παράλυση των προνυμφών τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το υδατικό εκχύλισμα από αλεσμένους σπόρους του *B. nigra* έχει αξιόλογη δράση ενάντια του κομβοηματώδη *M. javanica* και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά για τον έλεγχο και τη διαχείρισή του. Συγκεκριμένα, ο μ.ο. ποσοστού κινητών προνυμφών ήταν 6,7% στην μεταχείριση με 2000 ppm μετά από 24 ώρες έκθεσης ενώ στις υπόλοιπες

μεταχειρίσεις ήταν 18% και 23,5%. Στην *T. foenum-graecum* το υδατικό εκχύλισμα από αλεσμένους σπόρους δεν είχε θετικά αποτελέσματα με μ.ο. ποσοστού κινητών προνυμφών >80% σε όλες τις μεταχειρίσεις μετά από 24 ώρες έκθεσης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη βιβλιογραφία

- Abawi, G.S., Vogel, C. 2000. Evaluation of green manures of marigold against root-knot nematode on lettuce. *Biol. Cult. Tests Control Plant Dis.* 2000, 15, p. 158.
- Abid, M., Maqbool, M. 1990. Effects of inter-cropping of *Tagetes erecta* on root-knot disease and growth of tomato. *Int. Nematol. Netw. Newslett.* 1990, 7, pp. 41-42.
- Andres, M.F., Gonzalez-Columa, A., Sanz, J., Burillo, J., Sainz, P. 2012. Nematicidal activity of essential oils: a review. *Phytochemistry Reviews*, 11:371-390.
- Ayalew, T. 2014. Opportunities for biological control of root-knot nematodes in organic farming system: A review. *International Journal of Organic Agriculture*. vol: 9, pp 87-107.
- Basu, S.K., 2006. Seed production technology for fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in the Canadian prairies. *Master of Science Thesis*. Department of Biological Sciences University of Lethbridge, Alberta, Canada
- Bellostas, N., Sørensen J.C., Sørensen, H. 2004. Qualitative and quantitative evaluation of glucosinolates in cruciferous plants during their life cycles. *Agroindustria* 3:5-10.
- Bellostas, N., Sørensen J.C., Sørensen, H. 2007. Profiling glucosinolates in vegetative and reproductive tissues of four *Brassica* species of the U□triangle for their biofumigation potential. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87:1586-1594.
- Brand, D., Soccol, C.R., Sabu, A., Roussos, S. 2010. Production of fungal biological control agents through solid state fermentation: A case study on *Paecilomyces lilacinus* against root-knot nematodes. *Micología Aplicada International*. 22(1), pp 31-48.
- Carneiro, R.M.D.G., Correa, V.R., Almeida, M.R.A., Gomes, A.C.M.M, Deimi, A.M., Castagnone-Sereno, P., Karssen G. 2014. *Meloidogyne luci* n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing different crops in Brazil, Chile and Iran. *Nematology* 16:231–289.
- Changkwian, A., Venkatesh, J., Ho-Lee, Y., Han, J.-W., Kwon, J.-K., Siddique, M.I., Solomon, A.K., Choi, G.-J., Kim, E., Seo, Y., Kim, Y.-H., Kang, B.-C. 2019. Physical Localization of the Root-Knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) Resistance Locus Me7 in Pepper (*Capsicum annuum*). *Frontiers in Plant Science* Vol 10, Article 889, 1-5. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00886>.
- Chaundhary, S., Chaundhary, P.S., Chikara, S.K., Sharma, M.C., Iriti, M. 2017. Review on Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and its Important Secondary Metabolite Diosgenin. *Not Bot Horti Agrobo*, 46(1):22-31. DOI: 10.15835/nbha46110996.

- Chitwood, D.J. 2002. Phytochemical based strategies for nematode control. *Annual Review of Phytopathology*. 40: 221-249.
- Collange, B., Navarrete, M., Peyre, G., Mateille, T., Tchamitchian M. 2011. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: The challenge of an agronomic system analysis. *Crop Protection*. 30(10):1251-1262.
- Conceição, I.L., Tzortzakakis, E., Gomes, P., Abrantes, I., Cunha, M.J. da 2012. Detection of the root-knot nematode *Meloidogyne ethiopica* in Greece. *European Journal of Plant Pathology*. 134:451-457. DOI: 10.1007/s10658-012-0027-0.
- Dahlin, P., Eder, R. Consoli, E., Krauss, J., Kiewnick, S. 2019. Integrated control of *Meloidogyne incognita* in tomatoes using fluopyram and *Purpureocillium lilacinum* strain 251. *Crop Protection*. 124:104874. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.104874.
- Davis, E.L., Rich, J.R. 1987. Nicotine content of tobacco roots and toxicity to *Meloidogyne incognita*. *J. Nematol.* 19:23–29.
- Desmedt, W., Mangelinck, S., Kyndt, T., Vanholme, B. 2020. A Phytochemical Perspective on Plant Defense Against Nematodes. *Frontiers in Plant Science*. Vol:11, Article 602079. DOI: 10.3389/fpls.2020.602079.
- Desjardins, A.E., McCormick, S.P., Corsini, D.L. 1995. Diversity of sesquiterpenes in 46 potato cultivars and breeding selections. *J. Agric. Food Chem.* 43:2267–2272. DOI: 10.1021/jf00056a056.
- Dutta, T.K., Khan, M.R, Phani., V. 2019. Plant-parasitic nematode management via biofumigation using brassica and non-brassica plants: Current status and future prospects. *Current Plant Biology*, 17:17-32. DOI:https://doi.org/10.1016/j.cpb.2019.02.001.
- Dutta, A., Mandal, A., Kundu, A., Malik, A., Chaunhary, A., Khan, M.R., Shanmugen, V., Rao, U., Saha, S., Patanjali, N., Kumar, R., Kumar, A., Dash, S., Singh, P.K., Singh, A. 2021. Deciphering the Behavioral Response of *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* Toward Mustard Essential Oil. *Frontiers in Plant Science* 12:714730. DOI: 10.3389/fpls.2021.714730.
- Eisenback, J.D., Triantaphyllou, H.H. 1991. Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species and races. In: *Manual of Agricultural Nematology*, W. R. Nickle. (Ed). Marcel Dekker. New York. pp 191-274.
- Eisenback, J.D., Hunt, D.J. 2009. General Morphology In: Perry, R.N., Moens, M., Starr, J.L. (Eds) *Root-knot Nematodes*. U.K. CABI publishing. pp 18-54.
- Edwards, S., Ploeg, A. 2014. Evaluation of 31 potential biofumigant brassicaceous plants as hosts for three *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology* 46:287.
- Fourie, H., Ahuja, P., Lammers, J., Daneel, M. 2016. Brassicaceae-based management strategies as an alternative to combat nematode pests: a synopsis, *Crop. Prot.* 80:21–41.

- Gerič Stare, B., Strajnar, P., Susič, N., Urek, G. and Širca, S. 2017. Reported populations of *Meloidogyne ethiopica* in Europe identified as *Meloidogyne luci*. *Plant Disease* 101: 1627-1632.
- Gonçalves, A.R., Conceição, I.L., Kormpi, M., Tzortzakakiç, E.A. 2020. *Lavandula angustifolia* and *Oxalis pes-caprae*, hosts of *Meloidogyne hapla* and *Meloidogyne javanica* - A note for *Meloidogyne luci* in Greece. *Hellenic Plant Protection Journal*. 13:78-82. DOI 10.2478/hppj-2020-0008.
- Gupta, A, Sharma, S, Naik, SN 2011. Biopesticidal value of selected EOs against pathogenic fungus, termites, and nematodes. *Int. Biodeter. Biodegr.* 65:703–707.
- Hafez, S.L., Sundararaj, P. 2009. Evaluation of suppressive effect of trap crops on. *Nematologia Mediterranea*. 37:245–248.
- Hafiza, N, Ralmi, A.A., Khandaker, M.M., Nashriyah, M. 2016 Occurrence and control of root knot nematode in crops: A review. *Australian Journal of Crops Science*. AJCS 10(12):1649-1654. DOI:10.21475/ajcs.2016.10.12.p7444.
- Hartmann, T. 2007. From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry* 68:2831–2846. DOI: 10.1016/j.phytochem.2007.09.017.
- Hashem, M., .Abo-Elyousr K.A.M. 2011. Management of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on tomato with combinations of different biocontrol organisms. *Crop Protection*. 30(3):285-292. DOI:10.1016/j.cropro.2010.12.009.
- Hunt, D.J., Handoo, Z.A. 2009. Taxonomy, identification, and principal species. IN: Perry, R.N., Moens, M., Starr, J.L. (Eds). *Root-knot Nematodes*. Europe – U.K. CABI Publishing. pp 55-97.
- Hooks, C.R., Wang, K.H., Ploeg, A., McSorley, R. 2010. Using marigold (*Tagetes* spp.) as a cover crop to protect crops from plant-parasitic nematodes. *Appl. Soil Ecol.* 46:307–320.
- Kavadas, D. S. 1956. Illustrated botanical–phytological dictionary, vol. XII, Athens: Pegasus, 3929–3933.
- Kihika, R., Murungi, L.K., Coyne, D., Ng’ang’a, M., Hassanali, A., Teal, P.E.A., et al. 2017. Parasitic nematode *Meloidogyne incognita* interactions with different *Capsicum annum* cultivars reveal the chemical constituents modulating root herbivory. *Sci. Rep.* 7:2903. DOI: 10.1038/s41598-017-02379-8.
- Kirkegaard, J., Sarwar, M. 1998. Biofumigation potential of Brassicas-I. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown Brassicas. *Plant and Soil*. 201.pp 71-89.
- Kirkegaard, J. A., Gardner, P. A., Desmarchelier, J. M., Angus, J. F. 1993. Biofumigation-using Brassica species to control pests and diseases in horticulture and agriculture. Pp. 77-82 in N. Wratten, R. J. Mailer, eds. *Proceedings 9th Australian Research Assembly on Brassicas*. Wagga, NSW: NSW Agriculture.

- Koenning, S.R., Overstreet, C., Noling, J.W., Donald, P.A., Becker, J.O., Fortnum, B.A. 1999. Survey of Crop Losses in Response to Phytoparasitic Nematodes in the United States for 1994. *Journal of Nematology*. 31(4):587-618.
- Kumar, K.K., Dara, S.K. 2021. Fungal and Bacterial Endophytes as Microbial Control Agents for Plant-Parasitic Nematodes. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(8):4269. DOI:<https://doi.org/10.3390/ijerph18084269>.
- Lamovšek, J., Urec, G., Trdan, S. 2013. Biological Control of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.): Microbes against the Pests. *Acta agriculturae Slovenica*. 101, pp 263-275. DOI: 10.2478/acas-2013-0022.
- Lopez-Perez, J.A., Roubtsova, T., Ploeg A. 2005. Effect of three plant residues and chicken manure used as biofumigants at three temperatures on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato in greenhouse experiments. *J. Nematol.* 37:489–494.
- Matthiessen J.N., Kirkegaard, J.A. 2006. Biofumigation and biodegradation: opportunity and challenge in soil-borne pest and disease management. *Crit. Rev. Plant Sci.* 25: 235–265.
- McSorley, R., Frederick, J.J. 2004. Effect of extraction method on perceived composition of the soil nematode community. *Applied soil ecology*. 27(1) 55-63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2004.02.005>.
- Meyer, S.L.F., Lakshman, D.K., Zasada, I.A., Vinyard, B.T, Chitwood, D.J. 2008. Dose-response effects of clove oil from *Syzygium aromaticum* on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Pest Manag Sci*, 64:223–229.
- Mithöfer, A., and Boland, W. 2012. Plant defense against herbivores: chemical aspects. *Annu. Rev. Plant Biol.* 63:431–450. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042110-103854.
- Moens, M., Perry, R.N., Starr, J.L. 2009. *Meloidogyne* species – a diverse group of novel and important plant parasites. In: Perry, R.N., Moens, M., Starr, J.L. (Eds) *Root-knot Nematodes*. Wallingford. UK CABI publishing. pp 1-17.
- Moreira, F.J.C., Santos, C.D.G., Innecco, R. 2009. Hatching and mortality of second-stage juveniles of *Meloidogyne incognita* race 2 in essential plant oils. *Rev Cienc Agron* 40:441–448.
- Morgan, D.O. 1925. Investigations on eelworm in potatoes in South Lincolnshire. *Journal of Helminthology* 3:185-192.
- Mojtahedi, H., Santo, G.S., Wilson, J.H., Hang, A.N. 1993. Managing *Meloidogyne chitwoodi* on potato with rapeseed as green manure. *Plant Disease*. 77:42–46.
- Mojtahedi, H., Santo, G.S., Ingham, R.E. 1993. Suppression of *Meloidogyne chitwoodi* with sudangrass cultivars as green manure. *J. Nematol.* 25:303–311.
- Muiro, W.M., Ogumo, E., Kimenju, J.W, Mukunya D. (2017). Potential of green manure crops in suppressing root-knot nematodes in French beans. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. 11:90-97.

- Ngala, B.M., Haydock, P.P., Woods, S., and Back, M.A. 2015. Biofumigation with *Brassica juncea*, *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* for the management of field populations of the potato cyst nematode *Globodera pallida*. *Pest Management Science* 71:759-769.
- Noling, J.W. 2019. Nematode Management in Tomatoes, Peppers, and Eggplant. *Entomology and Nematology Department. Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS) University of Florida*. ENY-032.
- Ntalli, N.G., Ferrari, F., Giannakou, I., Menkissoglu-Spiroudi, U. 2011. Synergistic and antagonistic interactions of terpenes against *Meloidogyne incognita* and the nematicidal activity of essential oils from seven plants indigenous to Greece. *Pest Manag. Sci.* 67:341-351[b].
- Oka, Y., Nacar, S., Putievsky, E., Ravid, U., Yaniv, Z., Spiegel, Y. 2000. Nematicidal activity of essential oils and their components against the root-knot nematode. *Phytopathology*. 90:710-715.
- Oka, J. 2020. From Old-Generation to Next-Generation Nematicides. *Agronomy* 10(9):1387. DOI:10.3390/agronomy10091387.
- Otipa, M.J., Kimenju, J.W., Mureithi, J.G., Kyallo, G. 2009. Potential of rotation crops in managing root knot (*Meloidogyne* spp.) nematodes in tomato. *Afr. J. Hortic. Sci.* 2:111–123.
- Ornat, C., Sorribas, F.J. 2008. Integrated management of root-knot nematodes in Mediterranean horticultural crops. In: *Integrated management and biological control of vegetable and grain crops nematodes*. Springer. pp 295-319.
- Palomares-Rius, J.E., Castillo, P., Rapoport, H., Archidona-Yuste, A., Tzortzakakis, E.A. 2015. Host reaction of *Aloe vera* infected by *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* in Crete Island (Greece). *European Journal of Plant Pathology*. 142:887–92.
- Pazouki, L., and Niinemetst, U. 2016. Multi-substrate terpene synthases: their occurrence and physiological significance. *Frontiers in Plant Science*. 7:1019. DOI: 10.3389/fpls.2016.01019.
- Peter, K.V. 2004. Handbook of herbs and species. Woodhead Publishing Limited, Abington Hall. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*. 2, pp 196-205. DOI: doi.org/10.1533/97818557383355.2.196.
- Petropoulos, G.A. 2002. Fenugreek-The genus *Trigonella*, Pp. 1-127. 1st ed. Taylor and Francis, London, and New York.
- Pimentel, C.S., Firmino, P.N., Calvão, T., Ayres, M.P., Miranda, I., Pereira, H. 2017. Pinewood nematode population growth in relation to pine phloem chemical composition. *Plant Pathology*. 66:856–864. DOI: 10.1111/ppa.12638.
- Ploeg, A.T., Stapleton, J.J. 2001. Glasshouse studies on the effects of time, temperature and amendment of soil with broccoli plant residues on the infestation of melon plants by *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. *Nematology*. Vol. 3(8), 855-861.

- Ploeg, A. 2008. Biofumigation to manage plant-parasitic nematodes. Pp. 239-248 in A. Ciancio, K. G. Mukerji, Eds. *Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crop Nematodes*, vol. 2. Dordrecht: Springer.
- Ralmi, N.H. AL A., Khandaker, M.M., Nashriyah, M. 2016. Occurrence and control of root-knot nematode in crops: A review. *Australian Journal of Crop Science* 10(12):1649-1654. DOI: 10.21475/ajcs.2016.10.12.p7444.
- Rosa, E.A.S., Heaney, R.K., Fenwick, G.R., Portas, C.A.M. 1997. Glucosinolates in crop plants. *Horticultural Reviews* 19:99-215.
- Rudolph, R.E., Sams, C., Steiner, R., Thomas, S.H., Walker, S., Uchanski, M.E. 2015. Biofumigation performance of four *Brassica* crops in a green chile pepper (*Capsicum annuum*) rotation system in southern New Mexico. *HortScience* 50:247-253.
- Schläger, S., Dräger, B. 2016. Exploiting plant alkaloids. *Curr. Opin. Biotechnol.* 37:155–164. DOI: 10.1016/j.copbio.2015.12.003.
- Seigler, D. S. 1998. Plant secondary metabolism. 1st Edn. New York: Springer *Science. Nematol. medit*, 17:131-133.
- Sharm, A., Trivedi, P.C. 1989. Control of root-knot nematodes on *Trigonella foenum-graecum* by *Paecilomyces lilacinus*. *Nematol. Medit.* 17:131-133.
- Sikora, R.A., Fernandez, E. 2005. Nematode Parasites of Vegetables. In: *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. Luc, M. Sikora, R.A. and Bridge, J. (Eds). CABI, pp 319-392.
- Sinha, A, Maheshwari, R.C., Dureja, P, Mojumder, V. 2006. Nematicidal activity of EOs and their components against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Indian J Nematol* 36:109–114.
- Sipes, B.S., Arakaki, A.S. 1997. Root-knot nematode management in dryland taro with tropical cover crops. *J. Nematol.* 29:721–724.
- Stapleton, J.J., Duncan, R.A. 1998. Soil disinfestation with cruciferous amendents and sublethal heating: effect on *Meloidogyne incognita*, *Sclerotium rolfsii* and *Pythium ultimum*. *Plant Pathol.* 46:737-742.
- Tariq, M., Khan, T.A., Akhtar G., Khan, N. 2016. Screening of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) Varieties against Root-knot Nematode *Meloidogyne incognita*. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2016, 12, pp. 45-48. DOI: 10.5829/idosi.wjas.2016.12.1.1900.
- Taylor, A.L., Sasser, J.N. 1978. Biology, identification and control of Root-knot Nematodes (*Meloidogyne* species). A cooperative publication of the Department of Plant Pathology, North Carolina State University and the United States Agency for International Development Raleigh, North Carolina USA.
- Teixeira, M.A., Wei, L., Kaloshian, I. 2016. Root-knot nematodes induce pattern-triggered immunity in *Arabidopsis thaliana* roots. *New Phytol.* 211:276–287. DOI: 10.1111/nph.13893.
- Thomas, J., Kuruvilla, K.M., Hrideek, T.K. 2012. Mustard Handbook of herbs and spixces, pp38-398. DOI:10.1533/9780857095671.388.

- Tiyyagi, S.A., Khan, A.V., Alam, M.M. 2002. Biodegradable effect of oilseed cakes on plant parasitic nematodes and soil inhabiting fungi infesting *Trigonella foenum graecum* and *Phaseolus aureus*. *Indian Journal of Nematology* 32: 47-57.
- Tranier, M.-S., Pognant-Gros, J., Quiroz, R.De la C., González, C.N.A, Mateille, T., Roussos, S. 2014. Commercial Biological Control Agents Targeted against Plant-Parasitic Root-knot Nematodes. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Vol. 57(6): pp. 831-841. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-8913201402540>.
- Tsiafouli, M.A., Argyropoulou, M.D., Stamou, G.P., Sgardelis, S.P. 2006. Soil nematode biodiversity in organic and conventional agroecosystems of Northern Greece. *Russian Journal of Nematology*. 14 (2), 159-169.
- Turgis, M., Han, J., Caillet, S., and Lacroix, M. 2009. Antimicrobial activity of mustard essential oil against *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella typhi*. *Food Cont.* 20:1073–1079. DOI: 10.1016/j.foodcont.2009.02.001.
- Tzortzakakis, E.A., Petsas, S.E. 2003. Investigation of alternatives to Methyl bromide for Management of *Meloidogyne javanica* on greenhouse grown tomato. *Pest Management Science* 59:1311-1320.
- Tzortzakakis, E.A., Conceição, I.L.P.M da. Santos, M.C.V. dos, Abrantes, I.M. de O. (2011). Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Greece. *Hellenic Plant Protection Journal*. 4:25-30.
- Tzortzakakis, E.A., Anastasiadis, K.B., Simoglou, K.B., Cantalapiedra-Navarrete, C., Palomares-Ruis, J.E., Castillio, P. 2014. First report of the Root-knot Nematode, *Meloidogyne hispanica*, Infective Sunflower in Greece. *Plant Disease*, vol 98 p.703. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-08-13-0833-PDN>.
- Tzortzakakis, E.A., Viera, dos Santos M.-C., Conceição, I. (2016). An update on the occurrence of resistance-breaking populations of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) on resistance tomato in Greece with six new records from Crete. *Hellenic Plant Protection Journal*. 9: 60-65. DOI: <https://doi.org/10.1515/hppj-2016-0007>.
- Tzortzakakis, E.A., Cantalapiedra-Navarrete, C., Archidona-Yuste, A., Korpni, M., Palomares-Rius, J.E. Castillo P. 2019. First report of cultivated Cretan mountain tea (*Sideritis syriaca*) as a host of *Meloidogyne hapla* and *M. javanica* in Crete, with some additional records on the occurrence of *Meloidogyne* species in Greece. *Journal of Nematology*. 51(1), 1-4. DOI: 10.21307/jofnem-2019-010.
- Van Dam, N.M., Tytgat, T.O.G., Kirkegaard, J.A. 2009. Root and shoot glucosinolates: a comparison of their diversity, function and interactions in natural and managed ecosystems. *Phytochem. Rev.* 8:171–186. DOI: 10.1007/s11101-008-9101-9.
- VanEtten, H.D., Mansfield, J.W., Bailey, J.A., Farmer, E.E. 1994. Two classes of plant antibiotics: phytoalexins versus “phytoanticipins”. *Plant Cell*. 6:1191–1192. DOI: 10.1105/tpc.6.9.1191.

- Viaene, N.M., Abawi, G.S. 1998. Management of *Meloidogyne hapla* on lettuce in organic soil with sudangrass as a cover crop. *Plant Disease*. 82:945–952.
- Viant, M. R., Kurland, I.J., Jones, M.R., and Dunn, W.B. 2017. How close are we to complete annotation of metabolomes? *Curr. Opin. Chem. Biol.* 36: 64–69. DOI: 10.1016/j.cbpa.2017.01.001.
- Wesemael, W. M. L., Viaene, N., Moens, M. 2011. Root-knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Europe. *Nematology* Vol 13(1), 3-16.
- Wesemael, W.M.L. and Moens, M. 2008a. Vertical distribution of the plant-parasitic nematode, *Meloidogyne chitwoodi*, under field crops. *European Journal of Plant Pathology*. 120, 249-257.
- Wesemael, W.M.L. and Moens, M. 2008b. Quality damage on carrots (*Daucus carota* L.) caused by the root-knot nematode *Meloidogyne chitwoodi*. *Nematol.* 10, 261-270.
- Yates, G.W., Bongers, T., Goede, R.G.M. DE, Freckman, D.W., Georgieva, S.S. 1993. Feeding Habits in Soil Nematode Families and Genera — An Outline for Soil Ecologists. *Journal of Nematology*. 1993, 25, pp. 315-331.
- Zandi, P., Basu, S.K., Cetzal-Ix, W., Kordostami, M., Chalaras, S.k., Khatibai, L.B. 2017. Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.): An Important Medicinal and Aromatic Crop. In book: *Active Ingredients from Aromatic and Medicinal Plants Edition: 1st Chapter: 12* Publisher: In Tech Editors: Hany A. El-Shemy. DOI:10.5772/66506.
- Zia, T., Siddiqui, I.A., Shaukat, S.S., NazaruI -Hasnain, S. 2002. *Trigonella foenum-graecum* (fenugreek)-mediated suppression of *Meloidogyne javanica* in mungbean. *Acta Agrobotanica*. 2002, 55, pp. 121-132.
- Zia, T., Siddiqui, I.A., NazaruI -Hasnain, S. 2001. Nematicidal activity of *Trigonella foenum-graecum* L. *Phytotherapy Research*. 2001, 15, pp. 538-540.

Ελληνική βιβλιογραφία

- Κουτσός, Θ.Β. 2006. Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. *Εκδόσεις Ζήτη*. Σελ. 269-274. ISBN: 960-431-992-2.
- Κύρου, Χ. Ν. 2004 Φυτοпараσιτικοί Νηματώδεις. *Εκδόσεις Αγροτόπος αε*. ISBN: 960-7667-21-2.
- Ντάλλη, Γ.Ν. 2010. Αντιμετώπιση των ριζοκόμβων νηματωδών (*Meloidogyne incognita*) σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες με φυσικά προϊόντα και μελέτη της χημικής σύστασης αυτών. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο. Θεσσαλονίκη.
- Πλατής, Δ.Ν. 2003. Μπαχαρικό Λεξικό. Εκδόσεις Κέδρος Α.Ε., Σελ. 288, 447, 449, 455-467, 476. ISBN 960-04-2303-2.
- Ριζοπούλου, Σ. 2008. Ριζοτόμος. Εκδόσεις Δίαυλος. Σελ. 153. ISBN 978-960-531-241-1.

Πηγές

- Mustard Production Manual- SASKATCEWAN MUSTARD DEVELOPMENT COMMISSION: https://saskmustard.com/production-manual/Mustard-Production-Manual_2021.pdf.
- Κατάλογος Φυτοπροστατευτικών προϊόντων και βιοκτόνων κατά κατηγορία ή δραστικό :<https://1click.minagric.gr/oneClickUI/frmFytoPro.zul>.
- www.cabi.org
- www.minagric.gr