



Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

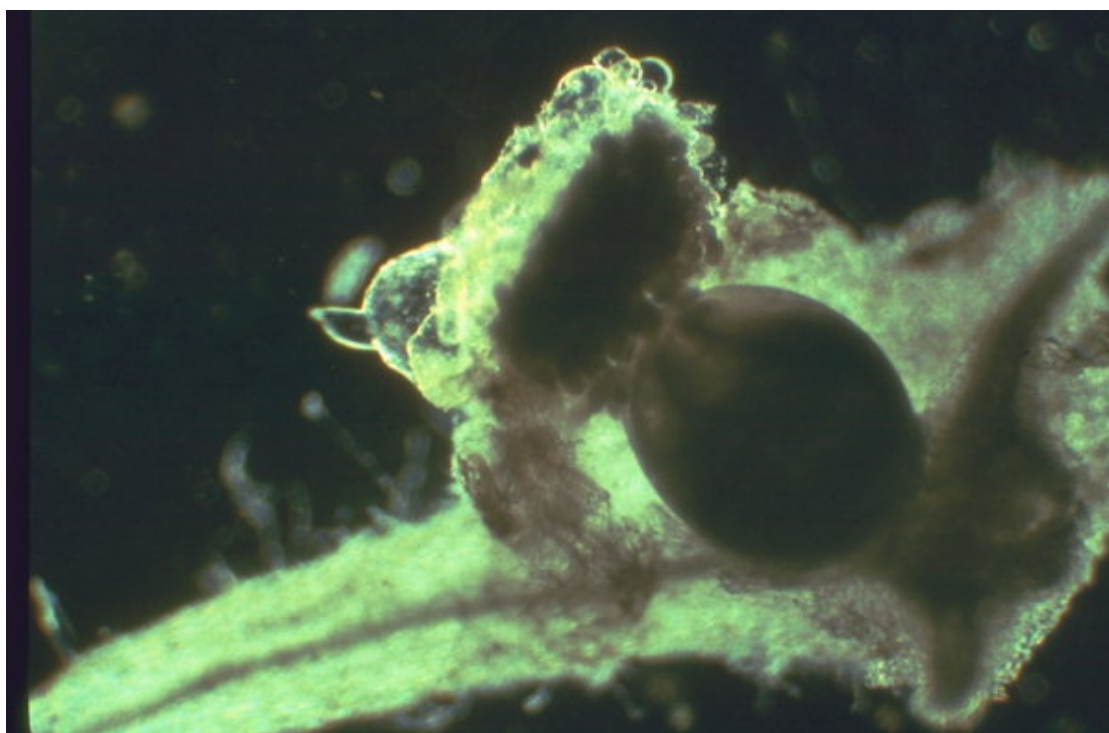
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ &
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ

In vitro μελέτη επί της δραστηριότητας του εμπορικού σκευάσματος
VACCIPLANT SL εναντίον φυτοπαρασιτικών νηματωδών σε φυτά
τομάτας.



ΛΙΑΠΗ ΜΑΡΙΑ ΑΜ.: 11446

ΚΑΤΡΙΒΕΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΜ.: 11294

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΚΑΡΑΝΑΣΤΑΣΗ ΕΙΡΗΝΗ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσης πτυχιακής εργασίας μας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την καθηγήτριά μας και εισηγήτρια της πτυχιακής μας εργασίας, Δρ. Καραναστάση Ειρήνη για την καθοδήγηση, τη βοήθεια, τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε για την εκπόνηση αυτής της εργασίας, καθώς και για την άψογη συνεργασία που είχαμε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις είναι πολυκύτταρα, πολύ μικρά σε μέγεθος, αλλά σημαντικότερα φυτοπαράσιτα. Ορισμένα είδη τρέφονται στις εξωτερικές φυτικές επιφάνειες, ενώ άλλα εισέρχονται στους φυτικούς ιστούς. Ζημιώνουν τα φυτά διατρυπώντας τα κυτταρικά τοιχώματα με τη χρήση ενός εξειδικευμένου στιλέτου, εγχέοντας ένζυμα στο εσωτερικό των κυττάρων και τελικά προσροφώντας το περιεχόμενό τους, προσβάλλοντας κυρίως τις ρίζες αλλά και το στέλεχος, το φύλλωμα, τα άνθη και τους σπόρους. Μπορούν επίσης να μεταφέρουν φυτικούς ιούς και να προκαλούν δευτερογενείς μικροβιακές προσβολές δημιουργώντας οπές εισόδου.

Τα φυτά ως σταθεροί οργανισμοί πρέπει να αναπτύξουν ένα περίπλοκο χημικό οπλοστάσιο προκειμένου να ανταπεξέλθουν στις βιοτικές και αβιοτικές επιθέσεις, στις οποίες αντιδρούν με ταχεία έκφραση σχετιζόμενων με την άμυνα γονιδίων. Η προκαλούμενη αντίδραση είναι ένας μηχανισμός βιοχημικού ελέγχου, όπου ο παράγοντας ελέγχου και το φυτοπαθογόνο δεν έρχονται σε φυσική επαφή μεταξύ τους.

Το σκεύασμα Vacciplant, με δραστική ουσία το laminarin, συνιστάται για την ενίσχυση της άμυνας καλλιεργούμενων φυτών εναντίον διαφόρων ασθενειών (βακτηριακό κάψιμο, ωΐδιο, βοτρυτή, φουζικλάδιο και περονόσπορο), μειώνοντας τις βλαβερές τους επιπτώσεις χωρίς να αποτελεί μυκητοκτόνο ή βακτηριοκτόνο. Σαν ενεργοποιητής μηχανισμών αυτοάμυνας των φυτών, μελετήθηκε η δραστηριότητά του σκευάσματος σε φυτά τομάτας ποικιλίας Anje τεχνητά μολυσμένων με νηματώδεις του είδους *Meloidogyne javanica* και διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της δόσης 1ml/l και 2ml/l σε σχέση με τους μάρτυρες.

Η παρούσα μελέτη έδειξε ότι το σκεύασμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε φυτά προσβεβλημένα με νηματώδεις πιθανότερα δε στο πλαίσιο ενός συστήματος ολοκληρωμένης διαχείρισης. Ωστόσο πρέπει να μελετηθεί εκτενέστερα και σε μεγαλύτερη κλίμακα ώστε να προσδιορισθεί επακριβώς ο τρόπος δράσης και η απαιτούμενη δόση.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	4
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΟΙ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ	6
1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	6
1.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ	8
1.3 ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΦΥΤΟΠΑΡΑΣΙΤΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ	11
1.4 ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ ΚΑΙ ΦΥΤΑ ΞΕΝΙΣΤΕΣ	12
1.4.1 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ - ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	12
1.4.2 ΔΙΑΤΡΟΦΗ – ΠΑΡΑΣΙΤΙΣΜΟΣ	13
1.4.3 ΕΝΔΟΠΑΡΑΣΙΤΙΚΟΙ ΚΑΙ ΕΚΤΟΠΑΡΑΣΙΤΙΚΟΙ ΦΥΤΟΠΑΡΑΣΙΤΙΚΟΙ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ	14
1.5 ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	15
1.5.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	15
1.5.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	16
1.6 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ	17
1.7 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ	18
1.8 ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΤΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ	19
1.9 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ–ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ	21
1.9.1 ΓΕΝΙΚΑ	21
1.9.2 ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ	22
1.9.3 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	24
1.9.4 ΠΕΠΤΙΚΟ - ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	26
1.10 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΦΥΤΟΠΑΡΑΣΙΤΙΚΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ	29
1.10.1 ΠΡΟΛΗΨΗ	30
1.10.2 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ	30
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ	39
2.1 Σκοπός του πειράματος	39
2.2 Υλικά και Μέθοδοι	39
2.2.1 ΥΛΙΚΑ	39
2.2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ	40
2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	49

2.4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	54
ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	57
3.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	57
3.2 ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	57
3.3 ΔΙΑΔΙΚΤΙΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	59

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΟΙ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις είναι πολυκύτταρα, πολύ μικρά σε μέγεθος, αλλά σημαντικότερα φυτοπαράσιτα. Ορισμένα είδη τρέφονται στις εξωτερικές φυτικές επιφάνειες, ενώ άλλα εισέρχονται στους φυτικούς ιστούς. Ζημιώνουν τα φυτά διατρυπώντας τα κυτταρικά τοιχώματα με τη χρήση ενός εξειδικευμένου στιλέτου, εγχέοντας ένζυμα στο εσωτερικό των κυττάρων και τελικά προσροφώντας το περιεχόμενό τους, προσβάλλοντας κυρίως τις ρίζες αλλά και το στέλεχος, το φύλλωμα, τα άνθη και τους σπόρους. Μπορούν επίσης να μεταφέρουν φυτικούς ιούς και να προκαλούν δευτερογενείς μικροβιακές προσβολές δημιουργώντας οπές εισόδου (Dorris et al., 1999).

Μορφολογικά, χαρακτηρίζονται από λεπτό, σχεδόν διαφανές, και σχήμα σκωληκόμορφο, το οποίο για την προστασία του περιβάλλεται από το επιδερμίδιο που χαρακτηρίζεται ως ανθεκτικό, ενώ εσωτερικά αυτού υπάρχει, εκατέρωθεν, η υποδερμίδα και εν συνεχεία ένα στρώμα που αναφέρεται ότι είναι μυϊκής σύστασης. Το σώμα των περισσότερων νηματωδών φτάνει σε μήκος τα 0,5 έως και 2mm, ενώ σχετικά με το σχήμα του, παρατηρείται μια διαφοροποίηση ανάμεσα στα θηλυκά και τα αρσενικά άτομα (Lambshhead, 1993). Έτσι στους αρσενικούς, δεν αλλάζει το σχήμα τους κατά τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου παραμένοντας σκωληκόμορφο, ενώ στους θηλυκούς παρατηρείται πολλές φορές μετάβαση σε διογκωμένα σχήματα, όπως σφαιρικό, ελλειψοειδές, ωοειδές, απιοειδές κλπ.

Τα γενικά χαρακτηριστικά των νηματωδών έχουν ως εξής (Κύρου, 2004):

- ✓ Ένα σύνολο μυών που αναφέρονται ως επιμηκυσμένοι και εξειδικευμένοι, συνθέτουν το μυϊκό σύστημα.
- ✓ Το πεπτικό σύστημα αποτελείται από το στόμα, τον οισοφάγο, τους αδένες της πέψης και το έντερο. Στους θηλυκούς νηματώδεις καταλήγει στην έδρα, ενώ στους αρσενικούς στην αμάρα.
- ✓ Το αναπαραγωγικό σύστημα διαφέρει ανάλογα με το φύλο τους. Στα αρσενικά άτομα απαντώνται οι όρχις και οι συζευκτικές άκανθες, ενώ στα

θηλυκά αναφέρονται οι ωοθήκες, η μήτρα, ο κόλπος και ένα άνοιγμα που ονομάζεται γεννητικό.

- ✓ Το απεκκριτικό σύστημα είναι αδενωτό και έχει σωληνωτό σχήμα.
- ✓ Το νευρικό σύστημα απαρτίζεται από δύο βασικά κέντρα, το πρώτο βρίσκεται κοντά στον οισοφάγο και το δεύτερο στην περιοχή του απευθυσμένου. Τα δύο αυτά κέντρα συνδέονται μέσω ενός δακτυλίου που ονομάζεται νευρικός.

Αξιοσημείωτο είναι πως στους νηματώδεις δεν παρατηρείται η ύπαρξη αναπνευστικού συστήματος, άκρων, ακουστικών οργάνων, ή οφθαλμών ενώ, δεν υπάρχουν εξωτερικές προσαρτήσεις και σκελετός (ανήκουν στα ασπόνδυλα).

Διακριτικό χαρακτηριστικό των φυτοпараσιτικών νηματωδών είναι η εντός της στοματικής κοιλότητας παρουσία του στιλέτου, το οποίο βοηθά στη διάτρηση των φυτικών κυτταρικών τοιχωμάτων μέσω μιας ταχείας παλινδρομικής κίνησης που πραγματοποιείται με τη βοήθεια εξειδικευμένων μυών (Fiscus & Neher, 2000).



Εικόνα 1. Ο φυτοπαρασιτικός νηματώδης *Anguina tritici* (πηγή : www.apsnet.org)

1.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

Ο βιολογικός κύκλος των νηματώδων αποτελείται από 6 βασικά στάδια (Κύρου, 2004):

- Ωό
- Προνύμφη 1^{ου} σταδίου
- Προνύμφη 2^{ου} σταδίου
- Προνύμφη 3^{ου} σταδίου
- Προνύμφη 4^{ου} σταδίου
- Προνύμφη 5^{ου} σταδίου
- Ωριμο αρσενικό ή θηλυκό.

Οι θηλυκοί νηματώδεις, γεννούν τα ωά τους εσωτερικά ή εξωτερικά των φυτικών ριζών, ανάλογα με το είδος τους. Κάθε θηλυκός νηματώδης μπορεί να γεννήσει πολυάριθμα ωά, εφόσον βέβαια διασταυρωθούν με επιτυχία τα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα (αμφιμικτικά) ή και παρθενογενετικά. Όταν ολοκληρώνεται ο κύκλος μιας καλλιέργειας και αφού μαραζώσουν τα φυτά, τα ωά παραμένουν στις νεκρές ρίζες των φυτών ή στο έδαφος. Υπάρχουν ορισμένα είδη ωών, όπως της πατάτας και των τεύτλων, τα οποία έχουν τη δυνατότητα παραμονής στον αγρό για πολλά χρόνια (Κύρου, 2004).

Ο αριθμός των ωών καθορίζεται από το είδος του νηματώδη. Για την πατάτα ή τα τεύτλα, τα ωά υπολογίζονται σε 500-600 ανά θηλυκό. Ένας συνήθης αριθμός ωών μπορεί να κυμανθεί μεταξύ 100 και 200 ωών. Τα ωά των νηματώδων εξωτερικά περιβάλλονται από ένα κέλυφος που λειτουργεί ως προστασία για την προνύμφη 1^{ου} σταδίου που αναπτύσσεται στο εσωτερικό του, ενάντια στις αντίξοες συνθήκες του εδάφους (Ηλιόπουλος, 1997). Η εκκόλαψη των ωών που στη συνέχεια θα προσβάλλουν τα φυτά, επάγεται από τις ουσίες που εκκρίνουν οι ρίζες των φυτών ξενιστών. Όταν πραγματοποιηθεί η εκκόλαψη, οι προνύμφες μετακινούνται μέσα από μια λεπτή μεμβράνη νερού με κατεύθυνση προς τις ρίζες. Στη συνέχεια οι νηματώδεις, ανάλογα με το είδος τους, είτε θα εισαχθούν ολόκληροι μέσα στη ρίζα, είτε θα εισάγουν το στιλέτο τους σε αυτή και θα αρχίσουν να παίρνουν την τροφή τους (Fiscus & Neher, 2000).

Ειδικά για τους νηματώδεις του γένους των ριζοκόμβων (*Meloidogyne* spp.), παρατηρείται μια αποδερμάτωση (έκδυση) εσωτερικά του ωού οπότε προκύπτει η προνύμφη 2^{ου} σταδίου (J2), ακολουθεί το στάδιο της εκκόλαψης και στη συνέχεια οι J2 εισέρχονται στις ρίζες του φυτού ξενιστή, όπου για την εξασφάλιση της τροφής τους λειτουργούν ως ενδοπαράσιτα, τρεφόμενες σε μεγάλα κύτταρα που ονομάζονται κοινοκύτταρα. Οι προνύμφες που θα εξελιχθούν σε θηλυκά, αναπτύσσονται εσωτερικά των ριζών, αλλάζει η σκωληκόμορφη διάπλασή τους και γίνονται απιοειδείς με χρώμα άσπρο μαργαριταρένιο. Οι προνύμφες που θα εξελιχθούν σε αρσενικά εξέρχονται των ριζών, διαβιούν ελεύθερα στο έδαφος τρεφόμενες εκτοπαρασιτικά και όταν ενηλικιωθούν αναζητούν τα θηλυκά για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία της σύζευξης. Μετά τη σύζευξη, η εναπόθεση των ωών γίνεται εντός μιας ζελατινώδους μάζας δημιουργώντας τον ωοσάκκο που ανιχνεύεται εξωτερικά των ριζών ή ελαφρώς κάτω από την ριζοδερμίδα. Το ζελατινώδες αυτό υλικό δεν έχει χρώμα αλλά με το πέρασ του χρόνου μετατρέπεται σε καφέ (Κύρου, 2004).

Παρόμοιος βιολογικός κύκλος παρατηρείται και στην ανάπτυξη των προνυμφών των *Heterodera* και *Globodera*. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι τα θηλυκά, αφού ολοκληρωθεί η ωοτοκία, μετατρέπονται σε ανθεκτικές κύστες, στις οποίες προφυλάσσονται τα ωά. Οι κύστες αυτές διαφέρουν σε χρωματισμό ανάλογα με το είδος και έχουν την ικανότητα να διατηρούν τη βιωσιμότητά τους ακόμη και για 20 χρόνια στο έδαφος, απουσία ξενιστή (Κολιοπάνος, 1999).

Ο βιολογικός κύκλος των νηματωδών διαρκεί περίπου 20-40 ημέρες (Πίνακας 1). Ο αριθμός αυτός ποικίλλει ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Ο βιολογικός κύκλος των ριζοκόμβων νηματωδών μπορεί να διαρκέσει από 21 ημέρες έως αρκετούς μήνες, αριθμός που εξαρτάται, όχι μόνο από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, αλλά μπορεί να εξαρτηθεί και από την ύπαρξη ή μη φυτών ξενιστών (Κύρου, 2004).

Πίνακας 1. Διάρκεια του βιολογικού κύκλου των φυτοπαράσιτων νηματωδών *		
Είδη	Διάρκεια βιολογικού κύκλου σε ημέρες	Θερμοκρασία (°C)
<i>Anguina agrosti</i>	21-28	-
<i>Aphelenchoides ritzemabosi</i>	14	-
<i>Ditylenchus dipsasi</i>	19-23	15
<i>A. ritzemabosi</i>	13-14	13-18
<i>A. ritzemabosi</i>	10-13	14
<i>A. ritzemabosi</i>	1-12	17-23
<i>Heterodera glycines</i>	21	23
<i>H. glycines</i>	24	-
<i>Heterodera trifolii</i>	31	20
<i>H. trifolii</i>	45	15
<i>Heterodera schachtii</i>	31	19
<i>Meloidogyne incognita acrita</i>	28-33	26-31
<i>M. incognita acrita</i>	25-90	-
<i>Meloidogyne sp.</i>	19-35	-
<i>Meloidogyne sp.</i>	25	27
<i>Meloidogyne sp.</i>	87	16.5
<i>Paratylenchus projectus</i>	30-31	25-28
<i>Paratylenchus pratensis</i>	45-48	-
<i>Radopholus similis</i>	20-25	-
<i>Trichodorus sp.</i>	16-17	24-32
<i>Trichodorus sp.</i>	21-22	30
<i>Tylencohormynchus claytoni</i>	33	22
<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	42-56	24
<i>H. avenae</i> **	85+-7	-

*Wallace, 1963, **Κύρου, 1976

1.3 ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΦΥΤΟΠΑΡΑΣΙΤΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

Το νερό και το οξυγόνο θεωρούνται τα απαραίτητα στοιχεία για την επιβίωση των φυτοπαράσιτων νηματωδών. Ωστόσο, παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, επηρεάζουν το χρονικό διάστημα ζωής των νηματωδών (Πίνακας 2).

Επίσης, οι νηματώδεις των ριζοκόμβων ευνοούνται περισσότερο στις καλοκαιρινές θερμές περιόδους, και όχι ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες. Η δραστηριότητα περιορίζεται ή σταματά τον χειμώνα, όταν η εδαφική θερμοκρασία πέσει κάτω από 13°C. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζει και η παρουσία ή μη φυτών ξενιστών (Daulton & Nusbaum, 1961).

Η διάρκεια ζωής των φυτοпараσιτικών νηματωδών είναι σημαντική στην προσπάθεια αντιμετώπισής τους, όταν γίνεται μέσω εφαρμογής αμειψισποράς ή αγρανάπαυσης.

Πίνακας 2. Μακροβιότητα φυτοπαράσιτων νηματωδών σε γέρσο έδαφος (Wallace, 1963)	
Είδη	Διάρκεια Ζωής
<i>Anguina agrostis</i>	1 χρόνο
<i>A. tritici</i>	1 χρόνο
<i>Aphelenchoides ritzemabosi</i>	3 μήνες
<i>Ditylenchus dipsasi</i>	2 χρόνια
<i>Helicotylenchus bixophilus</i>	8 μήνες
<i>Heterodera rostochiensis</i> larvae (νύμφες)	9 μήνες
<i>H. rostochiensis</i> cysts	7 χρόνια, 28 μερικοί νηματώδεις
<i>H. schachtii</i> larvae	1 χρόνο
<i>H. schachtii</i> cysts	6 χρόνια
<i>Meloidogyne</i> sp.	16 μήνες
<i>M. halpa</i>	6 μήνες
<i>Paratylenchus dianthus</i>	4 χρόνια και 7 μήνες
<i>Paratylenchus brachyurous</i>	6 μήνες
<i>Radopholus similis</i>	3 μήνες
<i>Tylencohornynchus claytoni</i>	10 μήνες
<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	10 χρόνια
<i>Heterodera avenae</i>	30 μήνες ή και περισσότερο
* Κύρου, 1976	

1.4 ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ ΚΑΙ ΦΥΤΑ ΞΕΝΙΣΤΕΣ

Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις είναι παράσιτα και για αυτό το λόγο η βασική τους τροφή αποτελείται από διαφορετικά είδη καλλιεργουμένων φυτών. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο νηματώδης των ριζοκόμβων μπορεί να έχει περίπου 2000 ξενιστές, ενώ παράλληλα άλλα είδη παρουσιάζουν μικρότερο εύρος. Επίσης, αναφέρονται οι κυστογόνοι νηματώδεις της πατάτας, οι οποίοι προσβάλλουν κυρίως το φυτό της πατάτας, ενώ μπορεί να προσβάλλουν σπανιότερα τη μελιτζάνα και τη τομάτα. Στις καλλιέργειες των σιτηρών, η βρώμη και το σιτάρι προσβάλλονται ευκολότερα, ενώ η σίκαλη και το κριθάρι σπανιότερα. Οι νηματώδεις των τεύτλων, μπορούν να προσβάλλουν πολλές διαφορετικές οικογένειες, όπως την οικογένεια *Chenopodiaceae* (ζαχαρότευτλα, τεύτλα, σπανάκι κ.α.), την οικογένεια *Brassicaceae* (λάχανο, κουνουπίδι, κ.α.), την οικογένεια *Apiaceae* (σκιαδανθών), το σέλινο, το καρότο και ένα μεγάλο αριθμό αυτοφυών φυτών (Filipjev et al., 1959).

1.4.1 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ - ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Αξίζει να σημειωθεί ότι από μετρήσεις που έχουν γίνει για τον πληθυσμό των νηματωδών, σε εδάφη που καλλιεργούνται και υπάρχει αυξημένη γονιμότητα, παρατηρήθηκαν πληθυσμοί μέχρι και 20 χιλιάδες εκατομμύρια άτομα στο στρέμμα. Ο εντοπισμός των πληθυσμών αυτών γίνεται κυρίως στη ρίζα, δηλαδή σε βάθος 25 έως 40 εκατοστά. Σύμφωνα, με μετρήσεις, σε ένα γραμμάριο ρίζας φυτού ανανά ανιχνεύθηκαν 23800 άτομα του είδους *Pratylenchus minutus*, ενώ σε 10 γραμμάρια ρίζας σίκαλης 106000 άτομα του είδους *P. penetrans*. Αντίστοιχα, από την μελέτη του νηματώδη που προσβάλλει το σιτάρι *Anguina tritici*, ότι σε ένα προσβεβλημένο σπόρο καταμετρήθηκαν 32400 άτομα (J2), ενώ οι πληθυσμοί του *Hoplolaimus tylenchiformis* γύρω από την ρίζα βαμβακόφυτων, εμφάνισαν αυξητική τάση από 500 σε 13000 μέσα σε ένα έτος (Wang & Zhang, 1992).

Τα παραπάνω νούμερα, καταδεικνύουν την υψηλή αναπαραγωγική ικανότητα των φυτοπαρασίτων νηματωδών, όπως για παράδειγμα στο γένος *Meloidogyne*, για το οποίο έχει παρατηρηθεί δυνατότητα παραγωγής περισσότερων από 2000 ωά/θηλυκό (Wang & Zhang, 1992).



Εικόνα 2. Ο φυτοπαρασιτικός νηματώδης *Meloidogyne hapla* (πηγή : www.apsnet.org)

1.4.2 ΔΙΑΤΡΟΦΗ - ΠΑΡΑΣΙΤΙΣΜΟΣ

Οι νηματώδεις θεωρούνται ως η πιο διαδεδομένη και πολυπληθής ομάδα οργανισμών στο ζωικό βασίλειο. Είναι μάλιστα σημαντικό να τονιστεί ότι σε ένα καλλιεργούμενο έδαφος οι περισσότεροι νηματώδεις δεν είναι επιβλαβείς για τα φυτά, αλλά υπάρχουν αρκετές κατηγορίες με ωφέλιμη δράση και συμβολή στη γονιμότητα του εδάφους. Τέτοιοι νηματώδεις μπορεί τρέφονται από έντομα, βακτήρια ή μύκητες. Στο έδαφος λοιπόν, μπορεί να απαντώνται διάφορα είδη νηματωδών, ενώ περίπου τα μισά είναι φυτοπαρασιτικά. Τα υπόλοιπα αφορούν διάφορες κατηγορίες (Bunt, 1975).

Γενικά, οι νηματώδεις ανάλογα με το είδος ενδισιτήματος, χωρίζονται σε:

1. Σαπροφάγους που τρέφονται με νεκρά οργανικά υλικά.
2. Αρπακτικοί που η τροφή τους είναι κυρίως άλλοι οργανισμοί.
3. Φυτοπαρασιτικοί που τρέφονται σε ζωντανούς φυτικούς ιστούς και
4. Ζωοπαρασιτικοί που τρέφονται σε ζωντανούς ζωικούς ιστούς.

Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις φέρουν στο στόμα τους μια επιδερμική κατασκευή, η οποία χρησιμεύει στη διατροφή τους και ονομάζεται στιλέτο ή δόρυ. Με αυτόν τον τρόπο, τρυπούν τον ιστό του φυτού, ώστε να τραφούν με τους χυμούς του (Fiscus & Neher, 2000). Στο σημείο αυτό ο μυώδης οισοφάγος τρυπά το φυτό, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται σοβαρές βλάβες στις ρίζες, τα στελέχη, τα φύλλα και τα άνθη. Η διατροφή των φυτοπαρασίτων περιγράφεται μέσω των παρακάτω φάσεων.

Αρχικά, με την άφιξη του νηματώδους στην επιφάνεια της ρίζας, ανιχνεύονται οι κυτταρικοί ιστοί. Με γρήγορες κινήσεις και προκειμένου να εντοπίσει το ιδανικότερο σημείο προσβολής, γυρίζει το κεφάλι του έως και την περιοχή των χειλιών του. Για αυτό και στο στάδιο αυτό γίνεται η ενεργοποίηση όλων των αισθητήριων οργάνων και παραγωγή ουσιών που είναι απαραίτητες για την διατροφή του. Στην συνέχεια, περνώντας στην φάση της διείσδυσης, ο νηματώδης φέρνει τη κεφαλή με το στιλέτο σε ορθή γωνία με την επιφάνεια της ρίζας και δημιουργεί μια τρύπα στο τοίχωμα του κυττάρου με τη βοήθεια του στιλέτου. Ακολουθεί μια περίοδος ακινησίας και έκχυση ενζύμων. Στη συνέχεια, ανάλογα με το είδος του νηματώδη, ο μυώδης οισοφάγος καταναλώνει το περιεχόμενο του κυττάρου. Η ταχύτητα άντλησης είναι σχετική με το άνοιγμα του κεντρικού κοιλώματος του οισοφαγικού αγωγού και η άντληση πραγματοποιείται μέσω ενός μηχανισμού αλληπάλληλων στιγμιαίων διαστολών και συστολών (Crofton, 1971).

1.4.3 ΕΝΔΟΠΑΡΑΣΙΤΙΚΟΙ ΚΑΙ ΕΚΤΟΠΑΡΑΣΙΤΙΚΟΙ ΦΥΤΟΠΑΡΑΣΙΤΙΚΟΙ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ

Ανάλογα με τον τρόπο που παρασιτούν τους ιστούς των ξενιστών τους, οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

1. Αυτοί που ζουν παρασιτικά στο έδαφος και τρέφονται από τα υπόγεια μέρη του φυτού (ρίζες, βολβούς, κονδύλους, ριζώματα)
2. Αυτοί που προσβάλλοντας τα φυτά μετακινούνται στα στελέχη, τα φύλλα, τα άνθη και εν συνεχεία στους σπόρους, στους οποίους παρασιτούν (π.χ. *Anguina tritici*, *Aphelenchoides* spp.).

Επίσης διαφοροποίηση παρατηρείται και ως προς την σχέση τους με τους φυτικούς ιστούς. Τα περισσότερα είδη νηματωδών προσβάλλουν τα φυτά ζώντας ελεύθερα στο έδαφος και τρέφονται μέσω του στιλέτου, βυθίζοντάς το στους

φυτικούς ιστούς (εκτοπαρασιτικοί). Άλλοι τρέφονται και αναπαράγονται μέσα στους φυτικούς ιστούς (ενδοπαρασιτικοί) (*Pratylenchus* spp.).

Έπειτα, οι εκτοπαρασιτικοί και ενδοπαρασιτικοί χωρίζονται σε **μόνιμους και πλανήτες**. Οι μόνιμοι επιλέγουν ένα σημείο του ξενιστή και μένουν μόνιμα σε αυτό, ενώ οι πλανήτες, μετακινούνται είτε σε διάφορα μέρη του ίδιου ξενιστή, είτε από τον ένα ξενιστή στον άλλον (Κύρου, 2004).

1.5 ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

1.5.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το μυϊκό σύστημά τους είναι αυτό που βοηθά τους νηματώδεις να κινηθούν με μια κίνηση που έχει χαρακτηριστεί κυματοειδής και διευκολύνεται από την ύπαρξη νερού. Μετά την εκκόλαψη των προνυμφών, βρίσκουν στο έδαφος το φυτό-ξενιστή ή εναλλακτικά μετακινούνται από ρίζα σε ρίζα για την εξεύρεση τροφής. Η κίνηση αυτή γίνεται εκούσια και συνήθως δεν είναι μεγαλύτερη από μερικά εκατοστά ανά έτος. Σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει μέχρι 1 ή 2 μέτρα το πολύ. Το νερό είναι απαραίτητο στοιχείο για να επιβιώσουν και να μετακινηθούν τα νηματώδη (Κύρου, 2004). Έτσι, αν στο έδαφος ή στην επιφάνεια του φυτού δεν ανιχνευθεί νερό, τότε τα νηματώδη δεν μετακινούνται. Στην περίπτωση που το νερό εκλείψει ή γίνει μεταφορά του ξενιστή σε πιο ξηρό εδαφικό περιβάλλον, τότε η δράση των νηματωδών σταματάει ή πεθαίνουν. Ωστόσο μερικά είδη είναι ανθεκτικά στα ξηρά περιβάλλοντα και στις χαμηλές θερμοκρασίες, όπου μπορούν να διατηρούν την κινητικότητά τους για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, όπως ο νηματώδης του στελέχους (*Ditylenchus dipsaci*). Το συγκεκριμένο είδος μπορεί να ζήσει σε ξηρό περιβάλλον 20 χρόνια ή και περισσότερο (Fielding, 1951, Boshier & Mckeen, 1954). Το ίδιο ανθεκτικός είναι και ο νηματώδης του σίτου (*Anguina tritici*), ο οποίος μπορεί να επιβιώσει μέσα στις σποροκηκίδες του σίτου έως 28 χρόνια (Fielding, 1951).

Όσον αφορά στους νηματώδεις που προσβάλλουν τα υπέργεια μέρη των φυτών, για την κίνηση, αλλά και για την επιβίωσή τους, είναι απολύτως αναγκαία η ύπαρξη νερού.

1.5.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Θερμοκρασία

Η ιδανική θερμοκρασία για την επιβίωση των νηματωδών παρουσιάζει διαφορές ανάλογα με το είδος και κυμαίνεται μεταξύ 10 και 30°C. Υπάρχουν διάφορες περιπτώσεις, όπως ο νηματώδης των τεύτλων (*Heterodera schachtii*), για τον οποίο οι ιδανικές θερμοκρασίες κυμαίνονται στους 15°C, ο νηματώδης του στελέχους (*Ditylenchus dipsaci*), ο οποίος επιβιώνει στους 15 – 20 °C και ο *Tylenchorhynchus icarus*, ο οποίος χρειάζεται θερμοκρασία 20°C (Daulton & Nusbaum, 1961).

Υγρασία και μέγεθος πόρων του εδάφους

Η υγρασία και το μέγεθος των πόρων του εδάφους επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την κίνηση των νηματωδών. Ανάλογα με την υγρασία του εδάφους παρατηρείται αύξηση ή μείωση των εδαφικών πόρων, γεγονός που διαφοροποιεί την κίνηση των νηματωδών. Επίσης έχει παρατηρηθεί ότι η ανοδική κίνηση των προνυμφών του *Heterodera schachtii* μέσω στήλης υγρής άμμου δημιουργεί σημαντικά εμπόδια όταν τα μόρια της άμμου πλησιάζουν τα 50μm (Κολιοπάνος, 1999).

Οσμωτική πίεση

Σε εδάφη που λιπαίνονται, η οσμωτική πίεση δεν ξεπερνά ποτέ τις 2 ατμόσφαιρες, καθώς παρατηρείται υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο νερό του εδάφους. Προκειμένου να κινηθούν τα νηματώδη, θα πρέπει να υπάρχει πίεση άνω των 10 ατμοσφαιρών, συνεπώς η επίδραση της οσμωτικής πίεσης στην κίνηση των νηματωδών είναι μηδαμινή (Wallace, 1963)..

Προσανατολισμός

Παράγοντες όπως το φως, η υγρασία, η βαρύτητα, η θερμοκρασία, η κυκλοφορία του νερού, η κλίση και η σύσταση του εδάφους, οι χημικές αντιδράσεις, η χρήση του εδάφους, οι τεχνικές καλλιέργειας ασκούν σημαντική επίδραση στον προσανατολισμό των νηματωδών κατά την κίνησή τους στο έδαφος (Κύρου, 2004).

Οριζόντια διάδοση

Στην οριζόντια διάδοση των νηματωδών, απαραίτητος παράγοντας είναι τα ερεθίσματα που δέχονται από τα φυτά και το περιβάλλον (Κύρου, 2004).

Κατακόρυφη διάδοση

Οι νηματώδεις τείνουν να συγκεντρώνονται σε συγκεκριμένο βάθος ανάλογα με τον τύπο και την κλίση του εδάφους, το διαθέσιμο οξυγόνο, τις επικρατούσες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας και το είδος του φυτού – ξενιστή (ξενιστές με βαθύτερο ριζικό σύστημα προκαλούν πιο μεγάλη κάθετη διάδοση). Στην κατακόρυφη διάδοση παρατηρούνται διαφορές, οι οποίες σχετίζονται με το γένος, αλλά και με το είδος του νηματώδη.

Οι συνθήκες του εδάφους παρουσιάζουν άμεση συσχέτιση με το είδος των φυτοπαράσιτων νηματωδών. Η εδαφική σύσταση (ελαφριά ή βαριά) επιδρά στην οριζόντια και την κατακόρυφη διάδοση. Τα περισσότερα είδη νηματωδών προτιμούν τα ελαφριά εδάφη. Από την άλλη πλευρά, το είδος *D. dipsaci* έχει ανθεκτικότητα και στα αργιλώδη, των οποίων η εξωτερική επιφάνεια τους γίνεται σταδιακά πιο ξηρή (Κύρου, 2004).

Άλλα χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι: για το νηματώδη της αμπέλου (*Xiphinema diversicaudatum*) 7,6 - 22,9cm, για τους κυστογόνους νηματώδεις της πατάτας (*Globodera rostochiensis*, *G. pallida*), ελάχιστο βάθος 5.1cm, για το *Pratylenchus penetrans* (σε φυτώρια αχλαδιάς) 16-20cm, του νηματώδη των εσπεριδοειδών *Tylenchulus semipenetrans* 2,44m. Εξάλλου, οι πληθυσμοί *Meloidogyne* spp. Έχουν ανιχνευτεί μέχρι και 85cm στην περιοχή της Β. Καρολίνα, ενώ το *Radopholus similis* (σε εσπεριδοειδή) σε βάθος 0,31-1,53m.

1.6 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

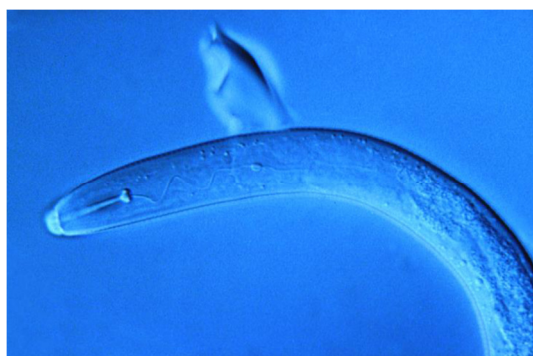
Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις και τα φυτά-ξενιστές τους συμβαδίζουν στη γεωγραφική τους διάδοση. Ένα είδος νηματώδη για να συνεχίζει να υπάρχει σε μια περιοχή είναι φυσικό να εξαρτάται από τα είδη των φυτών που βρίσκονται εκεί που είναι στην ουσία οι ξενιστές του. Ο *Tylenchulus semipenetrans* αποτελεί ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα καθώς συνδέεται δυναμικά με όλες τις περιοχές που καλλιεργούνται εσπεριδοειδή, ενώ η διάδοση της καλλιέργειας σχετίζεται με τις άμεσα με τις περιοχές όπου υπάρχει έχει ανιχνευτεί η παρουσία αυτού του είδους (Κολιοπάνος, 1999).

Από την διεθνή χαρτογράφηση των νηματωδών φαίνεται ότι προτιμούν τις τροπικές και εύκρατες περιοχές. Βέβαια, υπάρχουν μερικά είδη που αναπτύσσονται

σε πιο πολλές ζώνες, ενώ κάποια γένη νηματωδών εκπροσωπούνται από διαφορετικά είδη ή φυλές σε όλες τις ζώνες που έχουν χαρακτηριστεί ως κλιματολογικές.

Από την άλλη μεριά, σε υψηλά γεωγραφικά πλάτη, ανιχνεύονται νηματώδεις που συνήθως περιορίζονται σε ψυχρότερα κλίματα. Εξάλλου, υπάρχουν είδη που εμφανίζουν ποικιλομορφία σε βιολογικές φυλές, όπως το *Ditylenchus dipsaci* που εντοπίζεται κυρίως σε περιοχές με δροσερό κλίμα, αλλά και σε θερμά αρδευόμενα εδάφη, ή στις ψηλές κρύες κοιλάδες των βραχωδών ορέων (Κολιοπάνος, 1999).

Το είδος *Globodera rostochiensis*, όπως διάφορα είδη *Heterodera*, δραστηριοποιούνται σε εύκρατες περιοχές, ενώ δρουν επιτυχημένα και σε περιοχές καλλιέργειας του φυτού της πατάτας στη Β. Αφρική, ή τη Νότια Αμερική. Μερικά είδη νηματωδών θεωρούνται αυτόχθονα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου είδους είναι το *T. semipenetrans* στη Φλόριδα των Η.Π.Α, το οποίο ανιχνεύτηκε σε ρίζες αυτόχθονης αναρριχόμενης αγριοκάναβης (Κολιοπάνος, 1999).



Εικόνα 3. Ο φυτοпараσιτικός νηματώδης *Globodera rostochiensis* (πηγή : www.apsnet.org)

1.7 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

Τα περισσότερα είδη νηματωδών είναι γονοχωριστικά. Αυτό σημαίνει ότι οι αρσενικοί και θηλυκοί γαμέτες παράγονται σε διαφορετικά άτομα και η γονιμοποίηση μπορεί να γίνει μέσα στο σώμα του θηλυκού (εσωτερική) ή έξω από αυτό (εξωτερική). Ο τρόπος με τον οποίο διαχωρίζονται τα αρσενικά από τα θηλυκά είναι μέσα από ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία ονομάζονται πρωτεύοντα και δευτερεύοντα. Τα πρώτα αφορούν το σχήμα, το μέγεθος, την κεφαλή κλπ, ενώ τα δεύτερα αφορούν τα ουραία πτερύγια (Hirschmann, 1971).

Επιπλέον τα περισσότερα είδη νηματωδών είναι αμφιμικτικά, δηλαδή υπάρχουν τόσο αρσενικά όσο και θηλυκά άτομα και η διαδικασία της γονιμοποίησης πραγματοποιείται με τη διασταύρωση των δύο φύλων, ωστόσο τα θηλυκά είναι συνήθως πιο πολλά από τα αρσενικά, αν και το πλήθος των αρσενικών μπορεί να αλλάξει όταν οι συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές, με σκοπό την αύξηση του ρυθμού αναπαραγωγής (Κύρου, 2004).

Σε ερμαφρόδιτα είδη, δηλαδή παρουσία θηλυκών και αρσενικών οργάνων αναπαραγωγής στο ίδιο άτομο, η διαδικασία της γονιμοποίησης πραγματοποιείται παρθογενετικά. Στην περίπτωση αυτή, οι γεννητικοί αδένες έχουν το ρόλο των όρχεων καθώς παράγουν σπερματοζωάρια, ενώ έχουν και το ρόλο των ωοθηκών που παράγουν ωοκύτταρα και γονιμοποιούνται από την παραγωγή σπέρματος της προηγούμενης φάσης. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται αυτογονιμοποίηση (Triantaphyllou, 1960).

1.8 ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΤΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

Η εκούσια κίνηση των νηματωδών είναι πολύ αργή και περιορισμένη κατά λίγα εκατοστά, ενώ ελλείψει νερού μπορεί να εκλείψει τελείως.

Οι τρόποι με τους οποίους πραγματοποιείται η διασπορά τους είναι (Κύρου, 2004):

- ✓ Με έντομα.
- ✓ Με την μεταφορά εδάφους, φυτών και φυτικών προϊόντων. Τα μέσα μεταφοράς όπως είναι τα αεροπλάνα, πλοία, τραίνα, αυτοκίνητα μπορούν να συμβάλλουν στη διασπορά τους καθώς επίσης και τα ζώα, τα εργαλεία κλπ.
- ✓ Φυτεύοντας μολυσμένο πολλαπλασιαστικό υλικό όπως σπόρους, βολβούς, κονδύλους, μοσχεύματα, δενδρύλλια κλπ.

- ✓ Με το βρόχινο νερό, το νερό των αρδεύσεων και τις πλημμύρες.
- ✓ Μέσω του αέρα.

1.9 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ-ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

1.9.1 ΓΕΝΙΚΑ

Όπως προαναφέρθηκε, οι νηματώδεις είναι ζώα τα οποία έχουν μορφή σκώληκα. Λόγω των χαρακτηριστικών στη μορφολογία και την ανατομία τους έχουν τη δυνατότητα να επιβιώνουν και στις πιο αντίξοες συνθήκες στο περιβάλλον. Σε όλα τα είδη νηματωδών, τα όργανα τους λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο. Δηλαδή το πεπτικό, αναπαραγωγικό, μυϊκό αλλά και όλα τα οργανικά τους συστήματα λειτουργούν με όμοιο τρόπο. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι δεν έχουν αναπνευστικό ή κυκλοφορικό σύστημα.

Τα βασικά μορφολογικά χαρακτηριστικά των νηματωδών είναι (Hirschmann, 1971):

- Σχήμα κυλινδρικό, ίσως ατρακτοειδές, μεγαλύτερο εις μήκος
- Σώμα κυκλικό σε εγκάρσια διατομή
- Χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν συμμετρία, κυρίως στο μπροστινό τμήμα
- Ασύμμετρα χαρακτηριστικά που αφορούν στο αναπαραγωγικό και το απεκκριτικό σύστημα.
- Το σώμα τους είναι ενιαίο.

Η πιο συνηθισμένη μορφή νηματώδη έχει σχήμα ατρακτοειδές και παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά (Ηλιόπουλος, 1997):

- Μορφή επιμηκυμένου κυλίνδρου.
- Σχήμα κωνικό στα άκρα.
- Το μπροστινό τμήμα του σώματος είναι πιο αμβλύ από το πίσω μέρος.
- Περίπου την ίδια διάμετρο σε όλο το σώμα με σχετικά λεπτότερα άκρα.

Επίσης, όσον αφορά στον φυλετικό διμορφισμό των νηματωδών φαίνεται να υπάρχουν αρκετές διαφορές από γένος σε γένος. Αυτές σχετίζονται με το σώμα τους, τη διάπλαση τους, ενώ παράλληλα φαίνεται να υπάρχουν διαφορές και ως προς το μυϊκό τους σύστημα. Για παράδειγμα, στα θηλυκά του γένους *Meloidogyne*, το σχήμα τους σώματος είναι απιοειδές προς σφαιρικό, ενώ σε κάποια άλλα γένη όπως το

Tylenchulus, νεφροειδές. Όσον αφορά στα αρσενικά άτομα, το σχήμα τους είναι πάντα σκοληκόμορφο.

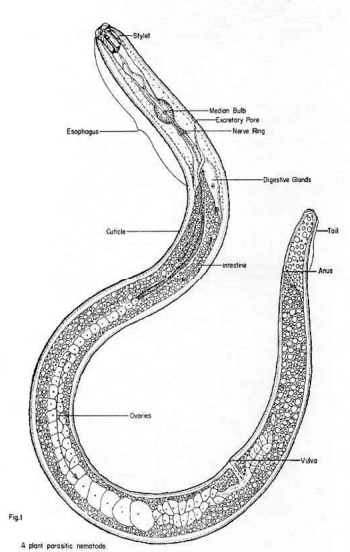
Σχετικά με το χρώμα της επιδερμίδας τους, οι περισσότεροι νηματώδεις είναι διαφανείς. Η μοναδική περίπτωση κατά την οποία παρατηρείται απόχρωση στο σώμα τους, είναι από τροφές που υπάρχουν στο εντερικό τους σύστημα.

Στο εσωτερικό τους οι νηματώδεις έχουν ένα ψευδοκοιλίωμα. Πρόκειται για μια κοιλότητα που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο εσωτερικό χώρο του σώματός τους, το οποίο δεν χωρίζεται σε τμήματα όπως στα αρθρόποδα. Ωστόσο, για τη διευκόλυνση της περιγραφής τους έχει οριστεί ο εξής διαχωρισμός: ως πρόσθιο μέρος θεωρείται η περιοχή της κεφαλής που περιλαμβάνει το στόμα, ακολουθεί ο λαιμός μεταξύ κεφαλής και αρχής του οισοφάγου και ως οπίσθιο μέρος θεωρείται η ουρά που περιλαμβάνει την έδρα των θηλυκών ή αμάρα των αρσενικών. Ως κοιλιακή θεωρείται η πλευρά που φέρει τον γεννητικό και τον απεκκριτικό πόρο και ως ραχιαία η αντίθετη (Ηλιόπουλος, 1997).

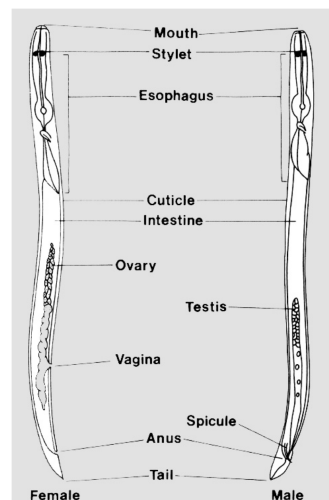
1.9.2 ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ

Το σώμα των νηματωδών περιβάλλεται από:

- την επιδερμίδα
- την υποδερμίδα και
- τους μύες.



Εικόνα 4. Γενική μορφολογία ενήλικων νηματωδών (πηγή : www.apsnet.org)



Εικόνα 5. Σύγκριση μορφολογίας θηλυκού και αρσενικού νηματώδη (πηγή : www.apsnet.org)

1.9.2.1 ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑ

Η επιδερμίδα αποτελείται από ένα στρώμα το οποίο λειτουργεί προστατευτικά στο νηματώδη και καλύπτει όλο το σώμα του. Επίσης καλύπτει εσωτερικά (Hirschmann, 1960):

- τη στοματική κοιλότητα,
- τον οισοφάγο,
- τον εκφορητικό πόρο,
- το γεννητικό σύστημα,
- την έδρα,
- την αμάρα,
- το ορθό

Διακρίνονται τρεις στρώσεις:

Cortex: αφορά στο εξωτερικό στρώμα που αποτελείται από μία λιποειδή μεμβράνη κερατινοειδούς σύστασης, η οποία παρεμποδίζει την είσοδο φαρμάκων και άλλων ουσιών.

Matrix: πρόκειται για το μεσαίο στρώμα το οποίο εμπεριέχει μια ουσία που έχει την ονομασία matricin (Chitwood, 1936).

Fibre: πρόκειται για το εσωτερικό στρώμα το οποίο αποτελείται από άλλα 2 ή 3 στρώματα διαφορετικής σύστασης ανάλογα με το είδος (Hirschmann, 1971).

1.9.2.2 ΥΠΟΔΕΡΜΙΔΑ

Εσωτερικά της επιδερμίδας υπάρχει η υποδερμίδα η οποία είναι λεπτή και δημιουργείται από εκκρίσεις της επιδερμίδας. Στο εσωτερικό της μέρος φέρει τέσσερεις μακριές παχύνσεις που ονομάζονται αξονικές χορδές. Σε ορισμένες κατηγορίες νηματωδών μπορεί να είναι περισσότερες από τέσσερεις. Οι χορδές χαρακτηρίζονται από συμμετρία. Πάνω σε αυτές τις χορδές, σε ορισμένα είδη αλλά όχι σε όλα, διακρίνονται οι απεκκριτικοί πόροι που συνδέονται με τους απεκκριτικούς αγωγούς. Όταν όμως είναι εμφανείς εντοπίζονται τόσο στην κοιλιακή χώρα όσο και στη ράχη (Crofton, 1966; Hirschmann, 1971).

1.9.3 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Σε όλα τα είδη νηματωδών, και στα δύο φύλα, το σύστημα αναπαραγωγής αποτελείται από παρόμοια στοιχεία. Γενικά ξεκινά με 1-2 σωληνωτούς γεννητικούς βραχίονες ή αδένες που παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις ως προς τον αριθμό, το μέγεθος και τη διάταξη των οργάνων μεταξύ των ειδών (Crofton, 1966).

Όπως προαναφέρθηκε, οι νηματώδεις χαρακτηρίζονται από γενετήσιο διμορφισμό και οι διαφορές του αναπαραγωγικού συστήματος θηλυκών και αρσενικών είναι εμφανείς.

1.9.3.1 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ

Στους αρσενικούς νηματώδεις, το σύστημα αναπαραγωγής αποτελείται από έναν γεννητικό βραχίονα ο οποίος έχει σωληνοειδές σχήμα και φέρει τον σπερματικό αγωγό. Ο σπερματικός αγωγός ενώνεται με τη σωληνωτή σπερματική κύστη, η οποία, αφού διογκωθεί, σχηματίζει έναν μυώδη εκ σπερματικό αγωγό που καταλήγει σε κοινό υποδοχέα με το έντερο, το ορθό, και λέγεται αμάρα (Κύρου, 2004).

Συνήθως οι όρχεις έχουν εμπρόσθια κατεύθυνση ή ο ένας έχει φορά προς την κεφαλή και ο άλλος προς την ουρά. Οι πολύ μεγάλοι σε μήκος όρχεις εμφανίζονται να έχουν πολλές καμπύλες. Η υποδιαίρεση των όρχεων πραγματοποιείται στην ακραία ζώνη των σπερματογόνων και στη ζώνη παραγωγής και ανάπτυξης των σπερματοζωαρίων (σπερματική κύστη).

Τα συζευκτικά όργανα του συστήματος αυτού είναι δύο κεκαμμένοι σκληροί πρωτεϊνικοί άκανθοι σύζευξης που εντοπίζονται στο τελικό άκρο του εντέρου. Ένα πρόσθετο όργανο, το πηδάλιο, έχει υποβοηθητικό ρόλο κατά την ορχεία. Όμοιο ρόλο φαίνεται να έχουν και οι ουραίες πτέρυγες (οι οποίες όμως δεν παρατηρούνται σε όλα τα είδη νηματωδών (Thorne, 1961).

1.9.3.2 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΘΗΛΥΚΩΝ

Το αναπαραγωγικό σύστημα των θηλυκών αποτελείται από ένα ή από δυο γεννητικούς βραχίονες (γεννητικός αδένας). Κάθε γεννητικός βραχίονας περιέχει μια ωθήκη και ένα βραχύ σωληνωτό αγωγό, που μέσω του ενός άκρου του συνδέει

την σπερματοθήκη με τη μήτρα που είναι επίσης σωληνωτή. Στο μέσο του σώματος, μέσω του κόλπου, γίνεται η ένωση των δύο μητρών. Ο κόλπος στη συνέχεια καταλήγει στην έξω κοιλιακή επιφάνεια, μέσω του γενετικού ανοίγματος (Crofton, 1966).

Σε πολλά είδη νηματωδών, τα θηλυκά φέρουν μόνο έναν γεννητικό βραχίονα που βρίσκεται εμπροσθεν του αιδοίου και ονομάζεται μονόδελφο-πρόδελφο ή όπισθεν αυτού και ονομάζεται οπισθόδελφο, με αναδίπλωση ή όχι στις ωοθήκες. Αντίθετα, όταν υπάρχουν δύο γεννητικοί βραχίονες τοποθετούνται εκατέρωθεν του αιδοίου (δίδελφοι-αμφίδελφοι) με αναδίπλωση ή όχι στις ωοθήκες. Ακολουθεί ο γεννητικός πόρος που βρίσκεται στην κοιλιακή χώρα και μετά η έδρα. Χαρακτηριστικό είναι το αρκετά μεγάλο μέγεθος των γεννητικών βραχιόνων. Σαν αποτέλεσμα, η μήτρα και η ζώνη ανάπτυξης της ωοθήκης εμφανίζουν μια ειδική επιμήκυνση από τους δυνατούς μύες, για αυτό άλλωστε υπάρχει και αυξημένη παραγωγή ωών (Hirschmann, 1971).

Σε κάθε γεννητικό βραχίονα πραγματοποιούνται μιτωτικές διαιρέσεις των ωογονιών κυττάρων στην ακραία ζώνη, καθώς την στιγμή εκείνη θα εμφανιστούν ότι έχουν καταβάλει τα γεννητικά κύτταρα και τη ζώνη ανάπτυξης. Στη ζώνη ανάπτυξης, τα ωογόνια αναπτύσσονται σε ωοκύτταρα. Επιπλέον, μπορεί να παρατηρηθεί η ζώνη μείωσης και ωρίμανσης, όπου καθίσταται επιτυχής η κυτταρική μειωτική διαίρεση και μείωση στο μισό του αριθμού των χρωμοσωμάτων και η ωρίμανση του ωαρίου.

Στη ζώνη αναπαραγωγής, τα σπερματοζωάρια μετακινούνται προς την σπερματοθήκη όπου πραγματοποιείται η γονιμοποίηση των ωαρίων και εν συνεχεία μέσω του ωαγωγού τα γονιμοποιημένα ωάρια θα καταλήξουν στην μήτρα. Το ωάρια μετά την γονιμοποίηση ενδέχεται να είναι ανώριμα, να μην έχουν σχηματίσει κάποιο έμβryo ή να μην έχει αναπτυχθεί μια τέλεια προνύμφη (Crofton, 1966).

1.9.3.3 ΤΟ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΡΜΑΦΡΟΔΙΤΩΝ

Στα ερμαφρόδιτα είδη (π.χ. *Helicotylenchus*), ο γεννητικός βραχίονας αποτελείται από μια σπερματοθήκη που προσαρμόζεται στον ωαγωγό και περιέχει το σύνολο των καλά ανεπτυγμένων σπερματοζωαρίων, ενώ σχηματίζεται μια σφαιρική κατασκευή σφαίρας, με το σπερματογόνο να βρίσκεται νότια του αγωγού και κοντά στην σύνδεση με τη σπερματοθήκη (Triantaphyllou, 1971). Σε αυτά τα είδη, το

αναπαραγωγικό σύστημα αρχικά λειτουργεί, όπως οι όρχεις με την παραγωγή σπερματοζωαρίων και στη συνέχεια αλλάζει, και παράγει ωοκύτταρα όπως οι ωοθήκες, οπότε γίνεται η γονιμοποίηση (αυτογονιμοποίηση = σύμμιξη της χρωματίνης της ίδιας πηγής) (Κύρου, 2004).

Στους ερμαφρόδιτους νηματώδεις η παραγωγή σπέρματος είναι ελαττωμένη, για αυτό τα ωά που θα παραχθούν μετά την εξάντληση του σπέρματος δεν θα γονιμοποιηθούν. Σε ιδιαίτερες περιπτώσεις ερμαφροδιτισμού για να παραχθεί σπέρμα χρειάζεται να γίνουν αρκετές επαναλήψεις ή σε εναλλασσόμενες ζώνες όρχεων και ωοθηκών εφόσον έχει εξαντληθεί το σπέρμα που παράχθηκε στην αρχή. Οι σπερματοκύτες και ωοκύτες ωριμάζουν με κανονική μείωση όπως στα γονοχωριστικά αμφιμικτικά είδη (Triantaphyllou, 1971).

1.9.4 ΠΕΠΤΙΚΟ - ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

1.9.4.1 ΟΙΣΟΦΑΓΟΣ

Ένα από τα βασικότερα όργανα του πεπτικού συστήματος των νηματωδών είναι ο οισοφάγος. Ο οισοφάγος αποτελεί τη συνέχεια της στοματικής κοιλότητας, ενώ διαφοροποιείται ως προς το μέγεθος και το σχήμα, ανάλογα με το είδος του νηματώδη. Είναι σωληνοειδής, εσωτερικά καλύπτεται από την επιδερμίδα και περικλείεται από μία μεμβράνη. Το κοίλωμα στο κέντρο του αγωγού του οισοφάγου σε εγκάρσια τομή υποδιαιρείται σε τρία ισομερή και συμμετρικά διατεταγμένα τμήματα, τα οποία τμηματοποιούνται σε ένα νωτιαίο και δύο πλαγιοκοιλιακά (Κύρου, 2004).

Ένα ή περισσότερα μύδια εξογκώματα, τα οποία περιέχονται στον οισοφάγο, αποκαλούνται «βολβοί», και είτε έχουν, είτε δεν έχουν μυζητική βαλβίδα (γνήσιος βολβός -ψευδοβολβός). Οι γνήσιοι βολβοί που έχουν μυζητική βαλβίδα είναι η οισοφαγική κατασκευή, μέσω της οποίας μπορεί να γίνει η απομύζηση ή απορρόφηση των τροφών.

Επίσης, τη διαδικασία ρύθμισης των μυϊκών οισοφαγικών ινών και των εργασιών των οισοφαγικών αδένων την αναλαμβάνει το νευρικό σύστημα που διαθέτει ο οισοφάγος (Chitwood&Chitwood1950; Hirschmann, 1971). Οι βολβοί αν

είναι τοποθετημένοι στη μέση του οισοφάγου λέγονται μεσαίοι, ενώ αν είναι στο τέλος λέγονται βασικοί ή τελικοί.

Ο παλαιότερος μυώδης οισοφάγος σε κυλινδρικό σχήμα συναντάται στους θαλάσσιους νηματώδεις της οικογένειας Enoplidae (*Enoplus*). Είναι χαρακτηριστικό ότι στον τύπο αυτό του οισοφάγου βασίζονται οι οισοφάγοι άλλων ομάδων νηματωδών.

Τα βασικά τμήματα του οισοφάγου των νηματωδών είναι (Hirschmann, 1971):

A. Το σώμα (corpus), το οποίο διακρίνεται σε δύο τμήματα στο εμπρόσθιο τμήμα πρόσωμα «procorpus» με κυλινδρικό σχήμα και το οπίσθιο, διογκωμένο τμήμα μετασώμα «metacorpus» (μεσαίος βολβός = medianbulb).

B. Ο ισθμός (isthmus), ο οποίος είναι ένα βραχύ και στενό κυλινδρικό τμήμα που συνδέει το μετασώμα «metacorpus» με τον πίσω ή βασικό βολβό.

Τρεις είναι οι οισοφαγικοί αδένες, που εντοπίζονται στο μέσο των τοιχωμάτων του οισοφάγου, ο νωτιαίος και δύο πλαγιοκοιλιακοί. Οι αδένες εκκρίνουν ουσίες, οι οποίες είναι απαραίτητες στη πέψη των τροφών.

Οι οισοφαγικοί αδένες των φυτοпараσιτικών νηματωδών είναι ξεχωριστά αδενώδη κύτταρα, τα οποία εντοπίζονται στο ψευδοκοίλωμα και έχουν ευδιάκριτο πυρήνα. Στην αρχή του οισοφάγου ή σε ορισμένες περιπτώσεις μέσα στο στόμα, εντοπίζεται ο νωτιαίος αδένας, ενώ οι πλαγιοκοιλιακοί βρίσκονται συνήθως στο οπίσθιο μέρος του οισοφάγου (Κύρου, 2004).

Η επιφάνεια των αδένων σε μερικά είδη Tylenchidae, εκτείνεται πέρα από τα τοιχώματα του οισοφάγου, στο λεγόμενο ψευδοκοίλωμα. Εκεί σχηματίζεται ένας λοβός που καλύπτει το μπροστινό τμήμα του εντέρου (π.χ. στα *Pratylenchus*, *Rotylenchus* κλπ.) Η ίδια επικάλυψη εμφανίζεται και στα είδη των Aphelenchidae και Aphelenchoididae και έχει ταξινομικό χαρακτήρα.

Η εκβολή στο έντερο γίνεται δια μέσου ενός στομίου, στο οποίο σχηματίζεται η οισοφάγο-εντερική βαλβίδα. Η βαλβίδα αυτή παρουσιάζει μια επιμήκυνση προς τον εντερικό σωλήνα, παρεμποδίζοντας με αυτόν τον τρόπο την ανάκτηση των τροφών στον οισοφάγο. Στα γένη των Longidoridae και Trichodoridae η οισοφάγο-εντερική κωνική βαλβίδα είναι ευδιάκριτη και καλά ανεπτυγμένη (Hooper & Southey, 1973), ενώ στα Tylenchidae η βαλβίδα είναι δυσδιάκριτη και λειτουργεί επικαλυπτικά στο έντερο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι οισοφάγοι χωρίζονται σε τρεις βασικούς τύπους που εισάγουν κάποιες ομάδες νηματωδών: Τον καθ' ολοκληρία κυλινδρικό (*Mononchus*), τον διμερή κυλινδρικό (δορυλαιμοειδή) και τον τριμερή κυλινδρικό (τυλεγχοειδή, αφελεγχοειδή, ραβδιτοειδή και διπλογαστεροειδή)(Hirschmann, 1971).

Πιο αναλυτικά:

1. **Κυλινδρικός:** Μονομερής σε όλη του την έκταση, με την ίδια πλατιά διάμετρο (*Mononchus*).
2. **Δορυλομοειδής:** Διμερής, κυλινδρικός, λεπτός μπροστά και σταδιακά ανοίγεται στο οπίσθιο μέρος μοιάζει με φιάλη (*Dorylaimus*).
3. **Βολβώδης:** έχει σχήμα κυλίνδρου με την ίδια διάμετρο σε όλο το μήκος, ενώ αποτελείται από έναν βασικό βολβό (*Ethmolaimus, Plectus*).
4. **Ραβδιτοειδής:** Τριμερής με μεγάλο το μπροστινό τμήμα (procorpus) που εκβάλλει σε μεσαίο βολβό και δεν φέρει βαλβίδα (ψευδοβολβό). Έπειτα συναντάται τμήμα του ισθμού μικρότερης διαμέτρου κοντό ή μακρύ συνδέοντας το metacorus με τον τελικό βολβό που έχει βαλβίδα (*Rhabditis*).
5. **Διπλογαστεροειδής:** είναι τριμερής με ένα μύδης μπροστινό τμήμα φτάνει σε ένα βολβό με βαλβίδα, όπου ένα οπίσθιο τμήμα δημιουργεί σχηματικά βολβό δίχως βαλβίδα (*Diplogaster*).
6. **Τυλεγχοειδής:** Τριμερής, του οποίου ο οισοφαγικός σωλήνας είναι αρκετά στενός, εφάπτεται στη βάση του στιλέτου και περικλείεται από ένα σωλήνα με λεπτά τοιχώματα. Είναι χαρακτηριστικό ότι τα περισσότερα γένη έχουν τον μύδη μεσαίο βολβό με ωοειδή βαλβίδα (Tylenchoid) ενώ σε άλλα περιορίζεται ή είναι σε έλλειψη (*Neotylenchidae - Neotylenchus*). Παράλληλα, το βασικό αδενώδες τμήμα του οισοφάγου που εισάγεται με μορφή βολβού ή λοβού, πολλές φορές δεν λειτουργεί ως επικάλυψη του εντέρου.
7. **Αφελεγχοειδής:** είναι τριμερής, παρόμοιος με τον Tylenchoid μόνο που εδώ η εκβολή του νωτιαίου οισοφαγικού αδένου σε ευρύ μεσαίο βολβό, γίνεται κοντά στη βάση του στιλέτου (Κύρου, 2004).

1.9.4.2 ΕΝΤΕΡΙΚΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ

Ο οισοφάγος ακολουθείται από το έντερο, το οποίο είναι ένας απλός, μακρύς και ευθύς σωλήνας που δεν έχει μύες και συντίθεται από ένα στρώμα επιθηλιακών κυττάρων. Η επιδερμίδα δεν το επικαλύπτει όπως συμβαίνει με τον οισοφάγο και διακρίνεται σε τρία διαφορετικά μέρη, το πρόσθιο αδενώδες, το μεσαίο και το οπίσθιο (Κύρου, 2004).

Το ακραίο τμήμα του εντέρου είναι το μοναδικό σημείο που καλύπτεται από μύες, ώστε να ρυθμίζει τα απορρίμματα των τροφών μέσω του ορθού. Το ορθόν είναι ένας πεπλατυσμένος σωλήνας που καλύπτεται εσωτερικά από το επιδερμίδιο. Η ένωση του ορθού με το κυρίως μέρος του εντέρου γίνεται μέσω ενός σφιγκτήρα και ανοίγει εξωσωματικά από την έδρα.

Το ορθό αποτελείται από τρεις αδένες που ανοίγουν μέσα σε αυτόν, ένας νωτιαίος και δύο υποκοιλιακούς. Στον αρσενικό νηματώδη, ο σπερματικός αγωγός εκβάλλει απευθείας στο ορθό. Αυτό στην συνέχεια μεταμορφώνεται σε κοινό υποδοχέα, την αμάρα, στο σημείο που καταλήγει το αναπαραγωγικό και το πεπτικό σύστημα. Το ορθό δημιουργεί μια οπίσθια διάνοιξη που συναντάται και στα δυο φύλα με κατεύθυνση στην κοιλιακή επιφάνεια του σώματος του είδους του νηματώδη (Κύρου, 2004).

1.9.4.3 ΨΕΥΔΟΚΟΙΛΩΜΑ

Εκατέρωθεν της επιδερμίδας και το μυϊκού στρώματος ανιχνεύεται ψευδοκοιλώμα. Σε αυτό δεν υπάρχουν ελευθέρως κύτταρα είναι υγρή μορφής και συμπεριφέρεται ως αναπνευστικό και κυκλοφορικό σύστημα (Κύρου, 2004).

1.10 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΦΥΤΟΠΑΡΑΣΙΤΙΚΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα φυτοпараσιτικά νηματώδη, απαιτείται πρωτίστως σωστή δειγματοληψία και στη συνέχεια ταυτοποίηση του είδους του

νηματώδη. Με αυτόν τον τρόπο είναι εφικτός ο εντοπισμός των νηματωδών που παρουσιάζουν διαφορετικό τρόπο ζωής, ξεχωριστές ιδιότητες και συνήθειες, και έτσι μπορεί να γίνει πιο αποτελεσματική η καταπολέμησή τους.

Οι βασικότεροι τρόποι αποτελεσματικής αντιμετώπισης των φυτοпараσιτικών νηματωδών είναι η πρόληψη και η καταπολέμηση (Wallace, 1963).

1.10.1 ΠΡΟΛΗΨΗ

1. Προτείνεται η χρήση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού, το οποίο θα είναι απαλλαγμένο από νηματώδεις.
2. Είναι απαραίτητη η χρήση γεωργικών εργαλείων και λοιπών υλικών, που έχουν απολυμανθεί για την απομάκρυνση των νηματωδών.
3. Συμμόρφωση με τα νομοθετικά μέτρα, ώστε να αποκλείεται η είσοδος επικίνδυνων νηματωδών σε μια περιοχή που δεν έχει μολυνθεί (Κύρου, 2004).

1.10.2 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

1.10.2.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

Για την αντιμετώπιση των φυτοпараσιτικών νηματωδών είναι απαραίτητα τα παρακάτω μέτρα (Κύρου, 2004):

- Μετά τη συγκομιδή να γίνεται άμεσα η **καλλιέργεια του εδάφους**, ώστε οι νηματώδεις να βρίσκονται για μεγάλο διάστημα εκτεθειμένοι στον αέρα και τον ήλιο.
- Να **προετοιμάζεται ο αγρός** για τη διατήρηση της γονιμότητας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί, προτιμώντας την εμφύτευση φυτών με ανεπτυγμένο και υγιές ριζικό σύστημα, τα οποία θα μπορούν να αντισταθούν στην προσβολή νηματωδών.
- Να επιλέγονται **πρώιμες καλλιέργειες**, διότι έτσι προλαβαίνει το φυτό να αναπτύξει με επάρκεια το ριζικό του σύστημα και να ξεφύγει από τα ευάλωτα

στάδια, κατά την περίοδο αύξησης της εδαφικής θερμοκρασίας που σχετίζεται με τη δραστηριοποίηση των νηματωδών.

- **Αμειψισπορά.** Είναι αποτελεσματική για νηματώδεις με συγκεκριμένο φάσμα ξενιστών, οπότε απουσία κατάλληλου ξενιστή και με την πάροδο του χρόνου, δεν τρέφονται, δεν πολλαπλασιάζονται και τελικά οι πληθυσμοί τους στο έδαφος μειώνονται.
- **Αγρανάπαυση.** Βασίζεται στις ίδιες αρχές με την αμειψισπορά και στοχεύει κυρίως νηματώδεις με ευρύ φάσμα ξενιστών για τους οποίους η εφαρμογή αμειψισποράς είναι μη εφικτή καθώς και για είδη με χαμηλή ανοχή στην έλλειψη υγρασίας (*Meloidogyne* spp.). Συνδυάζεται με κατεργασία του εδάφους μετά το πέρας της προηγούμενης καλλιέργειας.
- **Ανθεκτικές ποικιλίες.** Σχετικά δύσκολη στην πρακτική εφαρμογή της καθώς ο αριθμός διαθέσιμων εμπορικών ποικιλιών, με γνωστή ανθεκτικότητα στους νηματώδεις, είναι μικρός. Για παράδειγμα, σχετικά με την τομάτα, μια ανθεκτική ποικιλία που διατίθενται και αναφέρεται ως ανθεκτική έναντι των *M. incognita*, *M. javanica* και *M. arenaria*, είναι η Hawaii 5229.
- **Κατάκλιση.** Η επιβίωση των νηματωδών δεν ευνοείται σε εξαιρετικά υψηλή περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία (κατάκλιση του εδάφους) λόγω έλλειψης οξυγόνου. Διάρκεια κατάκλισης 4 μηνών είναι δυνατόν να φονεύσει όλες τις προνύμφες *Meloidogyne* και σημαντική μείωση του πληθυσμού. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου αυξάνει όσο αυξάνεται η διάρκεια κατάκλισης. Πρέπει να σημειωθεί ωστόσο, ότι τα ωά έχουν καλύτερη ικανότητα επιβίωσης σε αυτές τις συνθήκες. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ο μεγάλος όγκος νερού που απαιτείται και η κατά συνέπεια μεγάλη αύξηση του κόστους. Η κατάκλιση μπορεί να αποτελέσει εφαρμόσιμη μέθοδο σε περιοχές όπου γίνονται φυσικές πλημμύρες.
- **Αποστείρωση με θερμό νερό.** Συνιστάται για βολβώδη φυτικά είδη όπως στην βιγόνια για τους νηματώδεις των ριζόκομβων (*Meloidogyne* spp.), στην τουλίπα για τον νηματώδη *Ditylenchus dipsaci* κλπ. (Brydenetal., 1967), στα οποία εφαρμόζεται εμβάπτιση σε θερμό νερό και κατά συνέπεια ανύψωση της θερμοκρασίας του φυτού σε επίπεδα θανατηφόρα για τους νηματώδεις, χωρίς να ζημιώνονται οι φυτικοί ιστοί. Είναι σημαντικό να υπάρχει ακρίβεια

στη ρύθμιση της θερμοκρασίας και στη διάρκεια επέμβασης, ώστε να αποφευχθούν τυχόν αρνητικές επιπτώσεις στους φυτικούς ιστούς.

- **Αποστείρωση με υδρατμό.** Στόχος είναι η απονημάτωση του εδάφους. Πρόκειται για μία σχετικά δύσκολα εφαρμόσιμη μέθοδος, η οποία είναι ενεργοβόρος και κοστοβόρος. Η απονημάτωση επιτυγχάνεται σε θερμοκρασία 82,2°C για τουλάχιστον 30 λεπτά, σε όλο τον όγκο του εδάφους. Η παροχή του υδρατμού γίνεται με σωλήνες που τοποθετούνται σε βάθος 15εκ. και διαρκεί έως ότου το έδαφος φτάσει στην επιθυμητή θερμοκρασία. Η μέθοδος είναι αποτελεσματική και εναντίον μυκήτων, βακτηρίων, πολλών ιών, εντόμων εδάφους και σπόρων ζιζανίων (Dimock, 1956). Οι νηματώδεις θανατώνονται σχεδόν ακαριαία στους 52-60°C.
- **Ηλιοαπολύμανση.** Η μέθοδος εφαρμόζεται ευρέως σε όλο τον κόσμο, σε περιοχές που έχουν έντονη ηλιοφάνεια για περιόδους τουλάχιστον δύο συνεχόμενων μηνών. Πολύ αποτελεσματική έχει αποδειχτεί η εφαρμογή της και στην Ελλάδα, όπου αποτελεί πλέον μέρος των φροντίδων ρουτίνας που κάνουν οι παραγωγοί, ιδίως σε διάφορες περιοχές της Κρήτης και της Ηλείας, σε θερμοκήπια καλλιέργειας κηπευτικών για την καταπολέμηση των νηματωδών *Meloidogyne*.
- **Συγκαλλιέργεια.** Αφορά την από κοινού καλλιέργεια ενός συγκεκριμένου καλλιεργούμενου φυτού με ένα ή περισσότερα φυτά διαφορετικής οικογενείας, τα οποία απελευθερώνουν τοξικές για τους νηματώδεις ουσίες στη ριζόσφαιρά τους (αλληλοπάθεια). Για παράδειγμα, στη Νιγηρία, συγκαλλιέργεια σόγιας με πιπεριά, αμάρανθο και κολοκύθα έδειξε σημαντική μείωση της προσβολής από νηματώδεις *M. Javanica* (Agu, 2008), συγκαλλιέργεια τομάτας με τα ψυχανθή *Arachis pintoii* ή *Pueraria phaseoloides*, συνέβαλε στη μείωση των πληθυσμών *M. Incognita* μέσω εκλυόμενων λεκτινών (Marban-Mendozaetal., 1992). Τα πλέον διαδεδομένα είδη που προτείνονται για συγκαλλιέργεια, τόσο σε κηπευτικές όσο και σε δενδρώδεις καλλιέργειες, είναι ο κατηφές (*Tagetes*spp) και η καλεντούλα (*Calendula officinalis*) (Govindaiah et al., 1991).

1.10.2.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

Με τη βιολογική αντιμετώπιση αυξάνεται στο έδαφος ο αριθμός των παρασίτων και αρπακτικών των νηματωδών, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θνησιμότητα των φυτοπαρασιτικών νηματωδών (Paracer et al., 1966).

Για παράδειγμα ο παγιδευτικός, νηματοβόρος μύκητας *Arthrobotrys oligospora* που απελευθερώνει ελκυστικές για τον νηματώδη *Meloidogyne incognita* ουσίες που τον φέρνουν κοντά στο μυκήλιό του, το οποίο σχηματίζει τρισδιάστατα δίκτυα που τον ακινητοποιούν και τελικά τον σκοτώνουν μέσω μιας υφής που προσλαμβάνει τα περιεχόμενα θρεπτικά συστατικά του νηματώδη διαπερνώντας την επιδερμίδα του (Sharma & Pandey, 2009). Ομοίως το είδος *Arthrobotrys dactyloides* που θανατώνει τους νηματώδεις συσφίγγοντάς τους (Drechsler, 1937).

Εξάλλου, ο νηματοβόρος μύκητας *Verticillium chlamidosporium* έχει τη δυνατότητα να περιορίσει αρκετά τους πληθυσμούς *Globodera* spp., *Heterodera* spp. και *Meloidogyne* spp. στο έδαφος (Kerry et al., 1992), ενώ τα θηλυκά του κυστογόνου νηματώδη των σιτηρών *H. Avenae* καταστρέφονται από το είδος *Nematophthora gynophila* με την παράλληλη μείωση της γονιμότητά τους και παρασιτώντας τα ωά.

Φυτά παγίδες

Πρόκειται για φυτά, ιδιαίτερα ευπαθή στην προσβολή από νηματώδεις, τα οποία αναπτύσσονται για ορισμένο χρόνο, ώστε ένα μεγάλο ποσοστό νηματωδών να προσβάλλει τις ρίζες τους. Εν συνεχεία, προτού εγκατασταθεί η επόμενη καλλιέργεια, πραγματοποιείται καταστροφή αυτών των φυτών με αποτέλεσμα την διακοπή του βιολογικού κύκλου των νηματωδών και τελικά τη μείωση του πληθυσμού τους. Η μέθοδος είναι πιο αποτελεσματική ενάντια σε είδη των οποίων τα θηλυκά άτομα μετατρέπονται σε κύστες ορατές στις ρίζες των φυτών, όπως οι κυστογόνοι νηματώδεις *H. Schachtii* και *H. avenae*. Στην περίπτωση του πρώτου είδους χρησιμοποιείται το ευπαθές φυτό ράπα, και στο δεύτερο η βρώμη (Franklin, 1951, Stone, 1961). Μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι η πλήρης απομάκρυνση των ριζών του ευπαθούς φυτού είναι πρακτικά αδύνατη, απαιτείται μεγάλη προσοχή και πολύ καλή γνώση του βιολογικού κύκλου του παράσιτου. Παράλληλα, ένα ακόμα μειονέκτημα είναι ότι οι άσχημες καιρικές συνθήκες μπορεί να μην επιτρέψουν την εκρίζωση την κατάλληλη στιγμή (Κύρου, 2004).

1.10.2.3 ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

Πρόκειται για την διαδικασία θανάτωσης των νηματωδών με την εφαρμογή χημικών ουσιών, η οποία προσφέρει αναμφισβήτητα γρήγορη και ικανοποιητική προστασία στη καλλιέργεια. Η χρήση όμως αυτών των χημικών σκευασμάτων έχει επίσης υψηλό κόστος, υψηλή πιθανότητα πρόκλησης φυτοτοξικότητας και βλαβερών συνεπειών στον χρήστη και το περιβάλλον. Τα χημικά νηματωδοκτόνα χωρίζονται σε καπνιστικά και μη καπνιστικά, ανάλογα με τον τρόπο δράσης τους. Η επιλογή του καταλληλότερου σκευάσματος εξαρτάται από το είδος του νηματώδη και την προσβεβλημένη καλλιέργεια (Κολιοπάνος, 1999).

Τα καπνιστικά νηματωδοκτόνα είναι πολύ πτητικές φυτοτοξικές ουσίες που εφαρμόζονται προφυτρωτικά. Έχουν αποτελεσματική δράση εναντίον όλων των σταδίων του των νηματωδών, ενώ έχουν τη δυνατότητα ικανοποιητικού ελέγχου και άλλων φυτοπαθογόνων, όπως μύκητες, βακτήρια και σπόρους ζιζανίων. Το σημαντικότερο στοιχείο που επηρεάζει την πτητικότητά τους είναι η θερμοκρασία, για αυτό εφαρμόζονται κυρίως την περίοδο της άνοιξης, αφού οι σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες του εδάφους επιτρέπουν την πιο μακρόχρονη παραμονή τους στο έδαφος και κατά συνέπεια μεγαλύτερο χρόνοδράσης. Η αποτελεσματικότητά τους αυξάνεται σε συνδυασμό με την ηλιοαπολύμανση ή άλλες βιολογικές μεθόδους. Στην Ελλάδα, εγκεκριμένο καπνιστικό νηματωδοκτόνο είναι το dazomet (με την εμπορική ονομασία Basamid 98GR), το οποίο είναι κατάλληλο για την αντιμετώπιση νηματωδών, εντόμων, ζιζανίων, μυκήτων και βακτηρίων. Είναι επικίνδυνο για το περιβάλλον και πολύ τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς, ενώ η δράση του στους γαιοσκώληκες και άλλους ωφέλιμους οργανισμούς του εδάφους είναι μικρή και αναστρέψιμη (Ufer et al., 1993).

Τα μη καπνιστικά νηματωδοκτόνα είναι εκλεκτικά ενάντια στους νηματώδεις. Εδώ κατατάσσονται καρβαμιδικά, οργανοφωσφορικά, καρβοξαμιδικά και δικαρβοξυμίδια, τα οποία εισέρχονται στο σώμα του νηματώδη απευθείας μέσω της επιδερμίδας του και αναστέλλουν τη δράση της ακετυλοχολινεστεράσης και χολινεστεράσης καθώς και άλλων δευτερεύουσας σημασίας εστερατικών ενζύμων, με αποτέλεσμα την εξασθένηση της νευρομυϊκής λειτουργίας και επομένως την αδυναμία μετακίνησης και εξεύρεσης τροφής με τελική συνέπεια τη μείωση του ρυθμού ανάπτυξης και αναπαραγωγής. Υπάρχει δυνατότητα εφαρμογής τόσο πριν, αλλά και μετά την καλλιέργεια, ενώ προκειμένου να επιτευχθεί η διασπορά τους, είναι

απαραίτητο το νερό. Σε αμμώδη εδάφη ή σε εδάφη με μεγάλη συγκέντρωση οργανικών ουσιών, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, καθώς η αυξημένη υγρασία μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη έκπλυση (Κύρου, 2004).

Τα περισσότερα μη καπνιστικά νηματωδοκτόνα που χρησιμοποιούνται σήμερα με άδεια έγκρισης για την Ελλάδα είναι τα οργανοσφωφορικά ethoprophos, fenamiphos και fosthiazate. Κατά τα λοιπά, δικαρβοξιμιδικό είναι το iprodione, καρβοξαμιδικό το fluopyram και καρβαμιδικό το oxamyl (Κολιοπάνος, 1999).

Το ethoprophos είναι νηματωδοκτόνο - εντομοκτόνο επαφής για θερμοκηπιακές και υπαίθριες καλλιέργειες που και δρα αναστέλλοντας τη ακετυλοχολινεστεράση. Παρουσιάζει υψηλή τοξικότητα για τους υδρόβιους οργανισμούς (MenaTorres et al., 2012), ενώ έχει αυξημένες πιθανότητες πρόκλησης μακροπρόθεσμων δυσμενών επιπτώσεων στο υδάτινο περιβάλλον. Στην Ελλάδα έχει πάρει έγκριση διάθεσης στην αγορά με το εμπορικό όνομα Mocap 10GR (Κύρου, 2004).

Το fenamiphos είναι κατάλληλο για θερμοκηπιακές καλλιέργειες πιπεριάς, μελιτζάνας, τομάτας, μπανάνας και καλλωπιστικών φυτών. Είναι διασυστηματικό νηματωδοκτόνο επαφής και δρα αναστέλλοντας τη ακετυλοχολινεστεράση. Όταν χρησιμοποιείται κατ' επανάληψη στο ίδιο έδαφος, μπορεί να επιφέρει επιταχυνόμενη μικροβιακή διάσπαση, και για αυτό το λόγο δεν προτείνεται χρήση για περισσότερες από μία φορές ανά περίοδο (Kargouzas et al., 2004). Παρουσιάζει υψηλό βαθμό τοξικότητας για τους υδρόβιους οργανισμούς και τις μέλισσες. Το εμπορικό όνομα με το οποίο κυκλοφορεί στην Ελλάδα είναι το Nemacur 240CS και το 40EC.

Το fosthiazate, το οποίο χρησιμοποιείται για να αντιμετωπιστούν οι ριζόκομβοι νηματώδεις στη θερμοκηπιακή και υπαίθρια καλλιέργεια ντομάτας, καθώς και τους κυστογόνους νηματώδεις *Globodera* στην καλλιέργεια πατάτας, επιδρά μέσω της επαφής και μέσω κατάποσης. Αρχικά δρα νηματωδοστατικά προκαλώντας παράλυση των νηματωδών και στη συνέχεια σαν νηματωδοκτόνο αναστέλλοντας τη ακετυλοχολινεστεράση. Δεν είναι τοξικό για τα φυτά, αλλά χαρακτηρίζεται επικίνδυνο για την πανίδα και τους υδρόβιους οργανισμούς (Pantelelis et al., 2006). Η ουσία αυτή έχει αδειοδοτηθεί και κυκλοφορεί στην αγορά με τα ονόματα Nemathorin 10G και Nemathorin 150EC (Κολιοπάνος, 1999).

Για να αντιμετωπιστούν οι ριζόκομβοι νηματώδεις του πεπονιού, αγγουριού, πιπεριάς και τομάτας, χρησιμοποιείται το iprodione. Αν και δεν έχει διευκρινιστεί με σαφήνεια ο τρόπος που δρα, πιθανολογείται ότι δεν επιτρέπει τις προνύμφες J2να

μετακινηθούν στις ρίζες. Στην Ελλάδα κυκλοφορεί με το όνομα Devguard 500SC (Κύρου, 2004).

Το oxamyI, το οποίο επιδρά διασυστημικά, μέσω επαφής και στομάχου, αναστέλλει την ακετυλοχολινεστεράση. Η χρήση του αφορά κυρίως στην αντιμετώπιση νηματωδών, αλλά παράλληλα έχει θετικές επιδράσεις στην αντιμετώπιση των αλευρωδών και αφιδών στις καλλιέργειες καρπουζιού, μελιτζάνας, πιπεριάς, πεπονιού, αγγουριού και τομάτας, μπανάνας, καρότου, καπνού και πατάτας. Είναι τοξικό για τον άνθρωπο και για τα ζώα, αλλά όχι για τα φυτά. Τα εμπορικά ονόματα κυκλοφορίας στην Ελλάδα είναι Vydate 5G, Vydate 10G και Vydate 10SL (Κύρου, 2004).

Το 2001 ανακαλύφθηκε το fluopyram, το οποίο αποτελεί μια νέα δραστική ουσία της ομάδας των SDHis¹. Η εφαρμογή της αντιμετωπίζει νηματώδη και ωίδιο στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες τομάτας, μελιτζάνας, πιπεριάς, αγγουριού, κολοκυθιού, πεπονιού και καρπουζιού. Συγκεκριμένα, καταπολεμά τα ενήλικα νηματώδη, ενώ παράλληλα περιορίζει την ανάπτυξη νέων νηματωδών, εμποδίζοντας τη μιτοχονδριακή αναπνοή (σύμπλοκο II- παρεμποδιστής SQR²). Στην Ελλάδα διατίθεται με το όνομα VelumPrime SC (Κύρου, 2004).

1.10.2.4 Η ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ LAMINARIN

Η δραστική ουσία laminarin παράγεται από τα φαιοφύκη ή καφέ φύκη του γένους *Laminaria*, τα οποία εντοπίζονται στο βόρειο Ατλαντικό και τον βόρειο Ειρηνικό Ωκεανό, σε βάθος 8-30m. Το γένος αποτελείται από 31 είδη που ονομάζονται Κέλπιες (Kelps) (Εικ. 6). Το laminarin ανιχνεύεται αποκλειστικά στα φύλλα και είναι ο κύριος πολυσακχαρίτης που αντιπροσωπεύει έως και το 35% του ξηρού βάρους των φαιοφυκών (Κύρου, 2004).

¹ Succinate Dehydrogenase Inhibitor fungicides

² Succinate Quinone Reductase (=Dehydrogenase)



Εικόνα6. *Laminaria digitata*
(Πηγή: <https://en.wikipedia.org>)

Η εφαρμογή του στα φυτά επάγει την φυσική τους άμυνα, δίνοντας ένα σήμα κινδύνου για την αναγνώριση της προσβολής από το παθογόνο, ενεργοποιώντας βιοχημικούς μηχανισμούς άμυνας (παραγωγή φυτοαλεξινών, PR-πρωτεϊνών, αντιβιοτικών ενζύμων) που ενισχύουν την αντοχή τους.

Το φυτοπροστατευτικό προϊόν Vacciplant διατίθεται στην αγορά από την εταιρεία Arysta σε μορφή πυκνού διαλύματος laminarin 4,5% (β/ο), ενώ κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας κυκλοφορούσε από την ΑΛΦΑ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΕΦΟΔΙΑ. Η χρήση του είναι αποτελεσματική στην αντιμετώπιση της βακτηρίωσης, του βοτρώτη και του ωιδίου. Εφαρμόζεται κυρίως στις θερμοκηπιακές και υπαίθριες καλλιέργειες της τομάτας, κάθε 7 έως 10 ημέρες από την έναρξη της βλάστησης. Η εφαρμογή του είναι προληπτική, κυρίως όταν οι καιρικές συνθήκες ευνοούν την ανάπτυξη ασθενειών (υγρασία) (Κύρου, 2004).

Πλεονεκτήματα σκευάσματος:

1. Είναι ένα καινοτόμο σκευάσμα, ιδανικός για εφαρμογές στο πλαίσιο Προγραμμάτων Ολοκληρωμένης Φυτοπροστασίας αυξάνοντας σημαντικά την προστασία της καλλιέργειας.
2. Παρέχει προληπτική φυσική διασυστηματική προστασία μέσω της ενεργοποίησης των μηχανισμών άμυνας του φυτού.
3. Είναι ασφαλές για τον χρήστη και το περιβάλλον αφού πρόκειται για προϊόν φυσικής προέλευσης χωρίς τοξικολογική σήμανση.
4. Είναι ασφαλές για τον καταναλωτή καθώς δεν υπάρχει κίνδυνος παρουσίας υπολειμμάτων στο προϊόν και εφαρμόζεται μέχρι και την ημέρα συγκομιδής (PHI=0).
5. Συνδυάζεται με τα περισσότερα φυτοπροστατευτικά προϊόντα (Κύρου, 2004).

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ

2.1 Σκοπός του πειράματος

Ο σκοπός του παρόντος πειράματος είναι η μελέτη της αποτελεσματικότητας του φυτοπροστατευτικού προϊόντος Vacciplant της εταιρείας ΑΛΦΑ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΕΦΟΔΙΑ στην καταπολέμηση φυτοпараσιτικών νηματωδών του γένους *Meloidogyne*.

2.2 Υλικά και Μέθοδοι

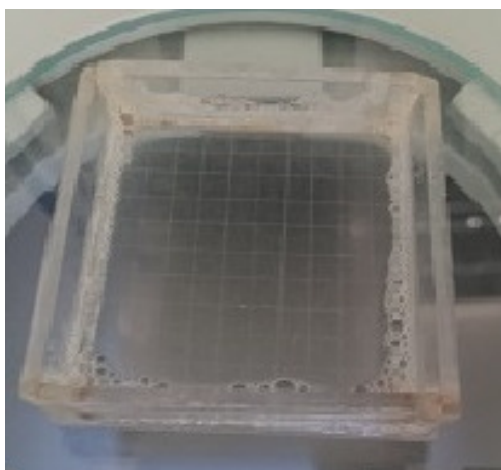
2.2.1 ΥΛΙΚΑ

- Φυτά τομάτας υγιή (*Lycopersicon esculentum* Mill var. Anje)
- Φυτά τομάτας var. Belladonna τεχνητά μολυσμένα με *Meloidogyne javanica* (αρχικός πληθυσμός εργαστηρίου Φυτοπροστασίας-Φαρμακολογίας, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας).
- Θάλαμος ελεγχόμενων συνθηκών θερμοκρασίας, υγρασίας
- Αποστειρωμένο φυτόχωμα εμπορίου
- Διαφανή πλαστικά ποτήρια 300ml
- Θερμοκήπιο ελεγχόμενης θερμοκρασίας 26-28°C
- Ειδικό τρυβλίο καταμέτρησης νηματωδών
- Λαβίδες, πιπέτες, υδροβολείς, ογκομετρικοί κύλινδροι
- Πλαστικοί κουβάδες όγκου 30L
- Ζυγός ακριβείας
- Στερεοσκόπιο.

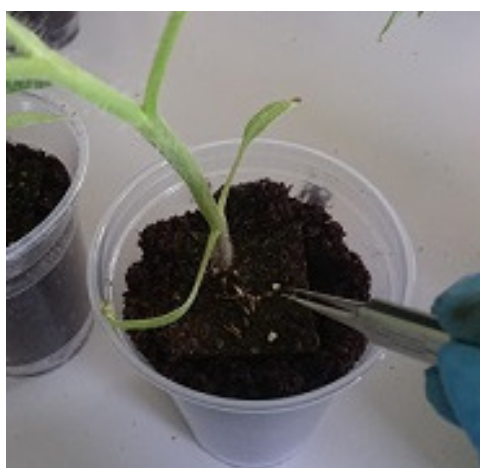
2.2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ

2.2.2.1 ΤΕΧΝΗΤΗ ΜΟΛΥΝΣΗ ΦΥΤΑΡΙΩΝ ΜΕ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ

- Από τις ρίζες των τεχνητά μολυσμένων με τον αρχικό πληθυσμό *M. javanica* φυτών, συλλέχθηκαν ωόσακοι, οι οποίοι εκτιμήθηκε σε ειδικό τρυβλίο καταμέτρησης νηματωδών (grid) ότι περιείχαν περίπου 100 ωά ο καθένας (1000/10 ωόσακους) (Εικ. 7).



Εικόνα 7. Τρυβλίο (grid) καταμέτρησης νηματωδών



Εικόνα 8. Εμβολιασμός ωόσακων σε φυτάρια τομάτας

- Ακολούθησε μεταφύτευση 32 φυταρίων τομάτας, τα οποία τοποθετήθηκαν στον θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών στους 26°C και 80% υγρασία. Μετά την πάροδο δύο ημερών πραγματοποιήθηκε ο εμβολιασμός των φυταρίων με τους νηματώδεις. Σε κάθε φυτό τοποθετήθηκαν 10 ωόσακοι (Εικ. 8).

2.2.2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΔΟΣΕΙΣ ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΟΣ

- Δύο εβδομάδες μετά την μόλυνση, ακολούθησε η πρώτη εφαρμογή με το υπό εξέταση σκεύασμα. Σε κάθε εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές δόσεις Vacciplant: 0.5, 1.0 και 2.0 ml/L. Ως μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε νερό βρύσης. Κάθε εφαρμογή έγινε σε οκτώ φυτά με ριζοπότισμα, με ποσότητα 60ml διάλυμα Vacciplant ή 60ml νερό για τους μάρτυρες.

- Τα φυτά μεταφέρθηκαν σε θερμοκήπιο ελεγχόμενης θερμοκρασίας 26-28°C και αφέθηκαν να αναπτυχθούν μέχρι την ολοκλήρωση ενός βιολογικού κύκλου του νηματώδη. Η διαπίστωση της ολοκλήρωσης του βιολογικού κύκλου έγινε με μακροσκοπική παρατήρηση των ριζών και διαπίστωση του σχηματισμού ώριμων ωόσακων στις ρίζες. Καθ' όλη τη διάρκεια ανάπτυξης των φυτών, παρέχονταν οι απαραίτητες καλλιεργητικές φροντίδες: άρδευση, λίπανση, αφαίρεση νεκρών φύλλων, υποστρώσεις κλπ.
- Μετά την πάροδο 10 ημερών, τα φυτά κορυφολογήθηκαν, έγινε επανάληψη των εφαρμογών και η θερμοκρασία του θερμοκηπίου μειώθηκε στους 23-25°C.
- Μετά την πάροδο 10 ημερών πραγματοποιήθηκε η τελευταία εφαρμογή.
- Με την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου του νηματώδη (περίπου 8 εβδομάδες), έγινε η προετοιμασία των φυτών για μέτρηση και καταγραφή των αποτελεσμάτων.

2.2.2.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- Έγινε η μεταφορά των φυτών στο εργαστήριο και μετά την αφαίρεση των διάφανων δοχείων, τοποθετήθηκαν σε κουβάδες με νερό, χωρητικότητας 30 λίτρων. Εκεί αφέθηκαν για αρκετή ώρα, μέχρι να μαλακώσει το φυτόχωμα και να διευκολύνεται η απελευθέρωση της ρίζας χωρίς να καταστραφεί. Οι ρίζες ξεπλύθηκαν με τρεχούμενο νερό βρύσης, με απαλές κινήσεις για να μην κοπούν. Ακολούθησε διαχωρισμός του υπέργειου από το υπόγειο τμήμα των φυτών.

Νωπό βάρος ρίζας

- Μετά τον, όσο το δυνατόν καλύτερο, καθαρισμό των ριζών από το υπόστρωμα, οι ρίζες σκουπίστηκαν ταμποναριστά με απορροφητικό χαρτί και μετρήθηκε το συνολικό νωπό βάρος, σε ζυγό ακριβείας.
- Στη συνέχεια οι ρίζες φυλάσσονταν στους 4°C τυλιγμένες με νωπό χαρτί κουζίνας μέχρι την μέτρηση των φυματίων.

Νωπό βάρος βλαστών

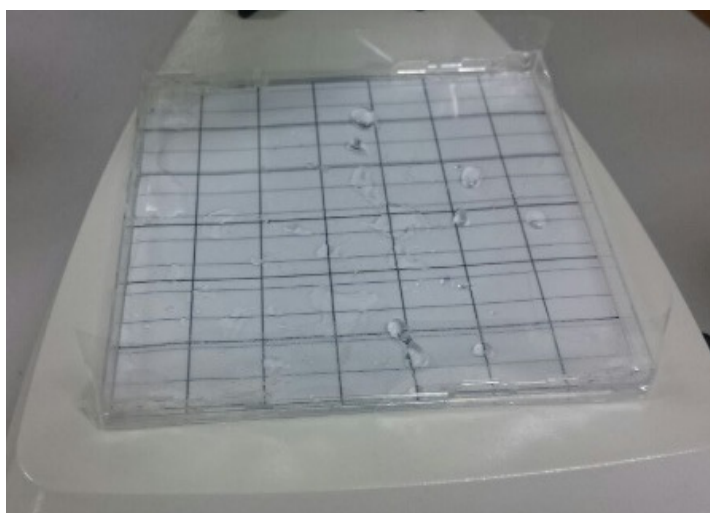
- Μετρήθηκε το συνολικό νωπό βάρος των βλαστών, σε ζυγό ακριβείας.
- Ακολούθησε μεταφορά των βλαστών σε κλίβανο στους 50°C, για την αποξήρανση των φυτών και μέτρηση του ξηρού βάρους.

Ξηρό βάρος βλαστών

- Ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ελέγχονταν το βάρος των βλαστών και αφού διαπιστώθηκε σταθεροποίηση, θεωρήθηκε ότι όλη η περιεχόμενη υγρασία είχε απομακρυνθεί και καταγράφηκε το βάρος τους ως ξηρό.

Καταμέτρηση θηλυκών

- Στις μολυσμένες ρίζες, η καταμέτρηση των θηλυκών ατόμων *M. javanica*, έγινε σε στερεοσκόπιο με τη βοήθεια ιδιοκατασκευασμένου δοχείου (grid) μέτρησης (Εικ. 2.3) που χρησιμοποιείται για την μέτρηση του μήκους ρίζας (Tennant, 1975).



Εικόνα 9. Δοχείο (grid) μέτρησης μήκους ριζών.

Έλεγχος στατιστικών υποθέσεων

- Η διαδικασία και τα στάδια ελέγχου μιας στατιστικής υπόθεσης, όπως περιγράφονται από την Παταπατίου (2016).

Στατιστική υπόθεση είναι μια πρόταση, η οποία συνήθως αναφέρεται στην τιμή μιας παραμέτρου θ του πληθυσμού ή είναι μια οποιαδήποτε άλλη υπόθεση που αφορά τον πληθυσμό.

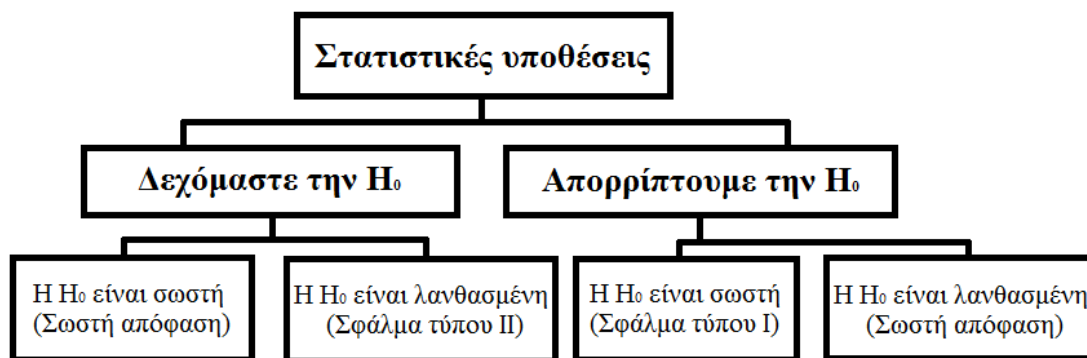
Η υπόθεση για έλεγχο λέγεται μηδενική υπόθεση ή υπόθεση μηδέν (*null hypothesis*) και συμβολίζεται με H_0 . Επειδή ο έλεγχος της H_0 καταλήγει στην αποδοχή ή στην απόρριψή της, επιβάλλεται να υπάρχει συγχρόνως και μια άλλη υπόθεση, ασυμβίβαστη προς την H_0 , η οποία θα γίνει δεκτή στην περίπτωση που θα απορριφθεί η H_0 . Η υπόθεση αυτή λέγεται εναλλακτική (*alternatine hypothesis*) και συμβολίζεται με H_1 . Αν η υπόθεση H_0 εξειδικεύει την τιμή της ελεγχόμενης παραμέτρου, τότε λέγεται απλή, διαφορετικά λέγεται σύνθετη.

Κατά τον έλεγχο μιας υπόθεσης, είναι πιθανόν να γίνουν τα ακόλουθα δύο είδη σφαλμάτων:

- ✓ Να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση παρόλο που αυτή είναι σωστή (σφάλμα τύπου I).
- ✓ Να γίνει δεκτή η μηδενική υπόθεση παρόλο που αυτή είναι εσφαλμένη (σφάλμα τύπου II).

Οι δυνατές αποφάσεις και οι συνέπειες τους παρουσιάζονται στο επόμενο διάγραμμα.

Αν το θ αναφέρεται σε μια παράμετρο του πληθυσμού και το θ_0 είναι μια



επιθυμητή τιμή της παραμέτρου αυτής τότε, μεταξύ άλλων, μπορούμε να κάνουμε τους παρακάτω ελέγχους:

- i $H_0 : \theta = \theta_0$
 $H_1 : \theta \neq \theta_0$ (Δίπλευρος έλεγχος)

ii $H_0 : \theta = \theta_0$
 $H_1 : \theta > \theta_0$ (Μονόπλευρος έλεγχος – δεξιόπλευρος)

iii $H_0 : \theta = \theta_0$
 $H_1 : \theta < \theta_0$ (Μονόπλευρος έλεγχος – αριστερόπλευρος)

Σημείωση

Αν τα συμφραζόμενα του προβλήματος υποδηλώνουν κάποια φορά (μεγαλύτερο, μικρότερο, περισσότερο, λιγότερο, τουλάχιστον, κ.λπ.), τότε έχουμε μονόπλευρο έλεγχο, διαφορετικά έχουμε δίπλευρο.

Στάδια διαδικασίας ελέγχου μιας στατιστικής υπόθεσης

- 1) Καθορίζουμε τη μηδενική υπόθεση (H_0).
- 2) Καθορίζουμε την εναλλακτική (H_1), που είναι ασυμβίβαστη προς τη μηδενική.
- 3) Καθορίζουμε το κριτήριο απόφασης, με την βοήθεια του οποίου θα γίνει δεκτή ή θα απορριφθεί η μηδενική υπόθεση.

Για το σκοπό αυτό και λαμβάνοντας υπόψη τις υποθέσεις και τα δεδομένα του προβλήματος που αντιμετωπίζουμε, επιλέγουμε:

Τη στατιστική ελέγχου (teststatistic): Είναι η μεταβλητή που ακολουθεί μια γνωστή κατανομή (τυπική κανονική κατανομή, t-Student, κ.λπ.) και της οποίας η τιμή προκύπτει από τα δεδομένα ενός τυχαίου δείγματος.

Το επίπεδο σημαντικότητας α του ελέγχου (level of significance): Είναι η πιθανότητα να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση παρόλο που είναι σωστή (σφάλμα τύπου I). Η τιμή ή οι τιμές της στατιστικής ελέγχου, που αντιστοιχούν στο επίπεδο σημαντικότητας α , ονομάζονται κριτικές τιμές (critical values) ή κρίσιμες τιμές και με την βοήθεια τους προσδιορίζουμε την περιοχή αποδοχής και την περιοχή ή τις περιοχές απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης.

- 4) Αποφασίζουμε αν θα απορρίψουμε ή όχι τη μηδενική υπόθεση. Τη σχετική απόφαση τη λαμβάνουμε εξετάζοντας αν η τιμή της στατιστικής ελέγχου ανήκει στην περιοχή απόρριψης ή στην περιοχή αποδοχής.

Σημειώνεται ότι η επιλογή της κατάλληλης στατιστικής ελέγχου στηρίζεται σε ορισμένες υποθέσεις που έχουν σχέση με την κατανομή του πληθυσμού, τη διακύμανση του και το μέγεθος του δείγματος.

- **Έλεγχος για τη μέση τιμή μ του πληθυσμού**

Κατανομή πληθυσμού κανονική, διακύμανση σ^2 του πληθυσμού άγνωστη και μέγεθος n δείγματος μικρό ($n < 30$).

Στην περίπτωση αυτή ο έλεγχος για τη μέση τιμή μ του πληθυσμού γίνεται ακολουθώντας τα εξής στάδια:

1) $H_0 : \mu = \mu_0$

2) α) $H_1 : \mu \neq \mu_0$ β) $H_1 : \mu > \mu_0$ γ) $H_1 : \mu < \mu_0$

3) $t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s_{\bar{x}}} \sim t - \text{Student με } v = n - 1 \text{ βαθμούς ελευθερίας}$

όπου: $s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$

και $S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} [\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2]}$

για μη ομαδοποιημένες παρατηρήσεις, ή

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k f_i (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^k f_i x_i^2 - n\bar{x}^2 \right]}$$

για ομαδοποιημένες παρατηρήσεις.

4) Η H_0 απορρίπτεται, για τα τρία είδη ελέγχου που τέθηκαν στο 2^ο στάδιο, αν ισχύουν αντίστοιχα τα εξής:

α) $|t| > t_{(v, \alpha/2)}$ β) $t > t_{(v, \alpha)}$ γ) $t < -t_{(v, \alpha)}$

Στα πιο πάνω, α είναι το επίπεδο σημαντικότητας, ενώ τα $t_{(v, \alpha)}$ και $t_{(v, \alpha/2)}$ συμβολίζουν εκείνες τις τιμές της κατανομής *t-Student*, με $v = n-1$ βαθμούς ελευθερίας, για τις οποίες ισχύει ότι:

$$P(t > t_{(v, \alpha)}) = P(t < -t_{(v, \alpha)}) = \alpha$$

και
$$P(t > t_{(v, \alpha/2)}) + P(t < -t_{(v, \alpha/2)}) = \frac{\alpha}{2} + \frac{\alpha}{2} = \alpha.$$

- Έλεγχοι υποθέσεων με τη βοήθεια του Excel

Η κριτική τιμή $t_{(v, \alpha/2)}$, που χρησιμοποιείται στο δίπλευρο έλεγχο, όταν η στατιστική ελέγχου ακολουθεί την κατανομή *t-Student* προκύπτει με τη βοήθεια της συνάρτησης:

$$\checkmark = TINV(\alpha; v)$$

όπου α το επίπεδο σημαντικότητας και v οι βαθμοί ελευθερίας. Για παράδειγμα, αν $\alpha = 0,05$ και $v = 5$ τότε έχουμε:

$$= TINV(0,05; 5) \rightarrow 2,570578 \cong 2,571$$

δηλαδή $t_{(v, \alpha/2)} = t_{(5, 0,05/2)} = t_{(5, 0,025)} = 2,571$. Ανάλογα, η τιμή $t_{(v, \alpha)}$, που χρησιμοποιείται στο μονόπλευρο έλεγχο, προκύπτει με την βοήθεια της συνάρτησης:

$$\checkmark = TINV(2*\alpha; v)$$

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το πρότυπο φύλλο εργασίας του excel (Ταμπάκης *etal.*, 2013), όπου παρουσιάζονται οι συναρτήσεις που προαναφέρθηκαν σε συνδυασμό με τις ανάλογες σχέσεις για τον έλεγχο στατιστικών υποθέσεων. Με βάση αυτό το φύλλο εργασίας πραγματοποιήθηκαν οι στατιστικοί έλεγχοι στην παρούσα μελέτη.

ΔΕΙΓΜΑ	Έλεγχος υποθέσεων για τη μέση τιμή όταν η κατανομή του πληθυσμού είναι κανονική, η διακύμανσή του άγνωστη και το μέγεθος του δείγματος μικρό	
ΧΧ		
ΧΧ	Δεδομένα	
ΧΧ	Τιμή του μέσου προς έλεγχο (μ_0)	ΧΧ
ΧΧ	Μέγεθος δείγματος (n)	=COUNT(A2:A17)
ΧΧ	Μέσος δείγματος (Χμέσος)	=AVERAGE(A2:A17)
ΧΧ	Τυπική απόκλιση δείγματος (s)	=STDEV(A2:A17)
ΧΧ	Επίπεδο σημαντικότητας (α)	ΧΧ
ΧΧ		
ΧΧ	Αποτελέσματα	
ΧΧ	Τιμή της στατιστικής ελέγχου [$t = (\text{Χμέσος} - \mu_0) / (s / \sqrt{n})$]	=(C6-C4)/(C7/SQRT(C5))
ΧΧ		
ΧΧ	α) Δίπλευρος έλεγχος	
ΧΧ	Μηδενική υπόθεση ($H_0: \mu = \mu_0$) $\mu =$	=C4
ΧΧ	Εναλλακτική υπόθεση ($H_1: \mu \neq \mu_0$) $\mu \neq$	=C4
ΧΧ	Κριτική τιμή (κατώτερη) [$-t(v, \alpha/2)$]	= -TINV(C8; C5-1)
ΧΧ	Κριτική τιμή (ανώτερη) [$t(v, \alpha/2)$]	= TINV(C8; C5-1)
	Απόφαση	=IF(OR(C11<C16; C11>C17); "Η H_0 απορρίπτεται"; "Η H_0 δεν μπορεί να απορριφθεί")
	β) Μονόπλευρος έλεγχος (αριστερά)	
	Μηδενική υπόθεση ($H_0: \mu = \mu_0$) $\mu =$	=C4
	Εναλλακτική υπόθεση ($H_1: \mu < \mu_0$) $\mu <$	=C4
	Κριτική τιμή (κατώτερη) [$-t(v, \alpha)$]	= -TINV(2*C8; C5-1)
	Απόφαση	=IF(C11<C23; "Η H_0 απορρίπτεται"; "Η H_0 δεν μπορεί να απορριφθεί")
	γ) Μονόπλευρος έλεγχος (δεξιά)	
	Μηδενική υπόθεση ($H_0: \mu = \mu_0$) $\mu =$	=c4
	Εναλλακτική υπόθεση ($H_1: \mu > \mu_0$) $\mu >$	=c4
	Κριτική τιμή (ανώτερη) [$t(v, \alpha)$]	=TINV(2*C8; C5-1)
	Απόφαση	=IF(C11>C29; "Η H_0 απορρίπτεται"; "Η H_0 δεν μπορεί να απορριφθεί")

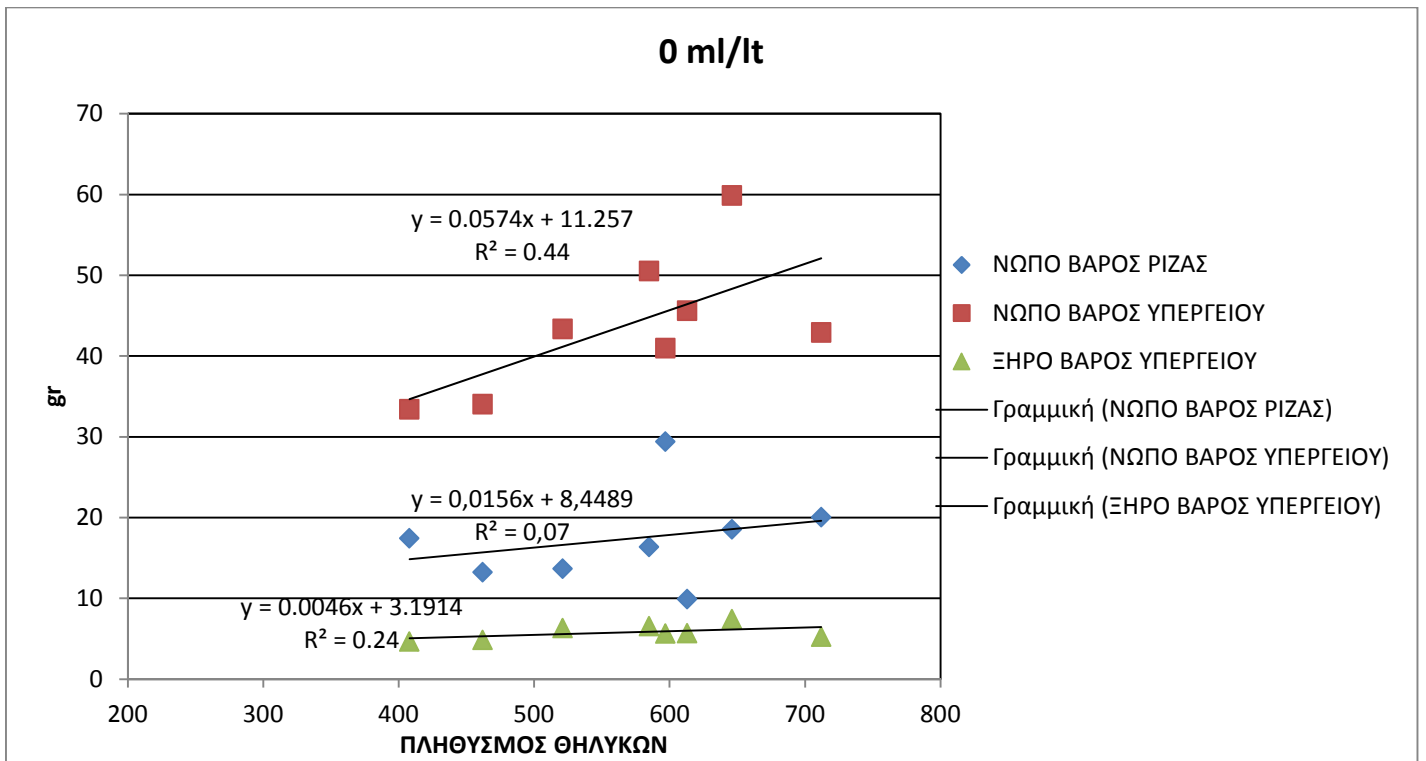
Έλεγχος στατιστικής υπόθεσης (H_0) για το αν οι μέσοι όροι των μετρήσεων των μολυσμένων φυτών διαφέρουν στατιστικά σημαντικά με βάση τον μάρτυρα και τα φυτά που δεν μολύνθηκαν.

Στους παρακάτω πίνακες αναφέρονται οι αποφάσεις των στατιστικών ελέγχων, που πραγματοποιήθηκαν σε πρόγραμμα excel όπως περιγράφεται παραπάνω. Δύο αποφάσεις στατιστικών ελέγχων προέκυψαν: α) Η H_0 απορρίπτεται, οπότε οι δόσεις που συγκρίθηκαν διέφεραν στατιστικά και β) η H_0 δεν απορρίπτεται, οπότε οι δόσεις που συγκρίθηκαν δεν διέφεραν στατιστικά. Οι αποφάσεις όπου η H_0 “απορρίπτεται” και είναι υπογραμμισμένες με φωσφοριζέ χρώμα, δείχνουν ότι οι δόσεις της στήλης B έχουν στατιστικά μεγαλύτερο βάρος, μήκος ή πληθυσμό.

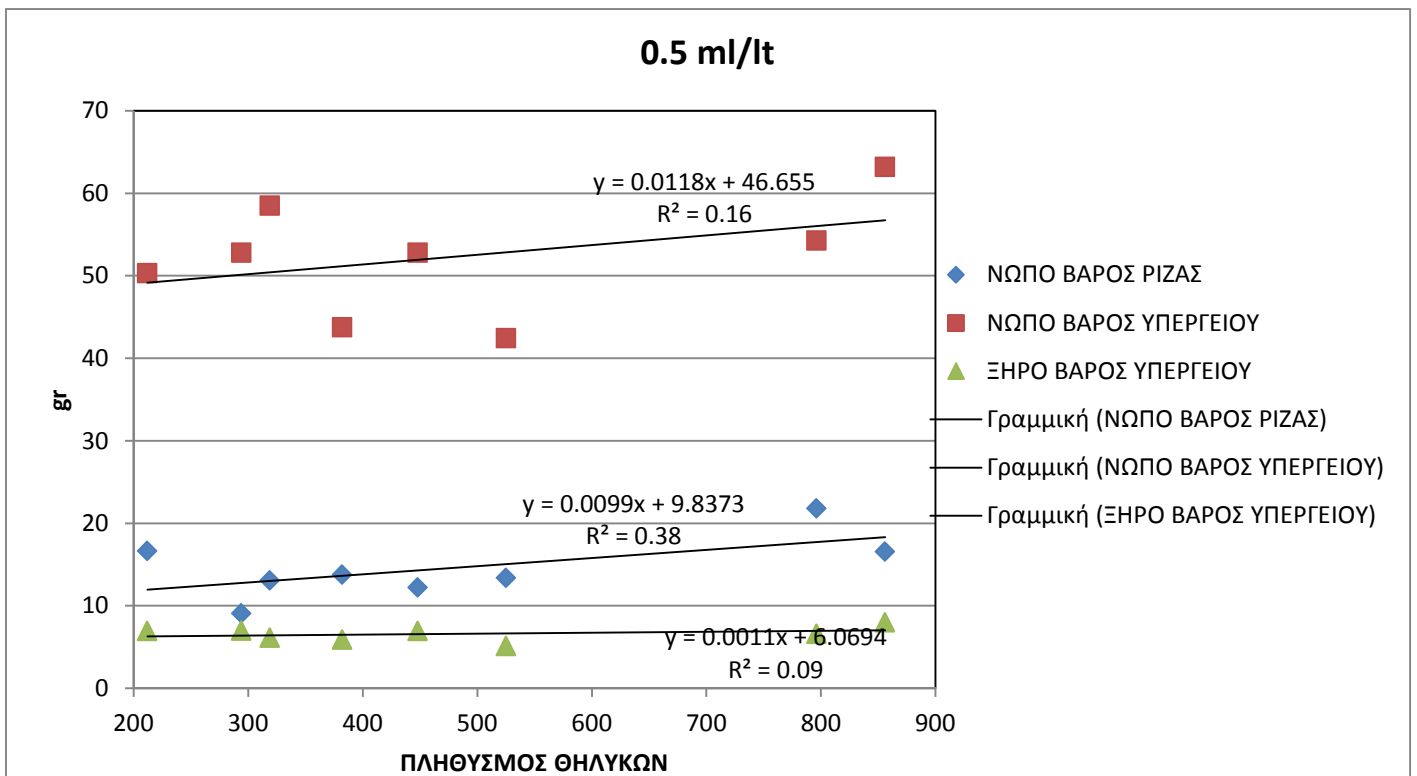
2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όλες οι μετρήσεις καταγράφονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα.

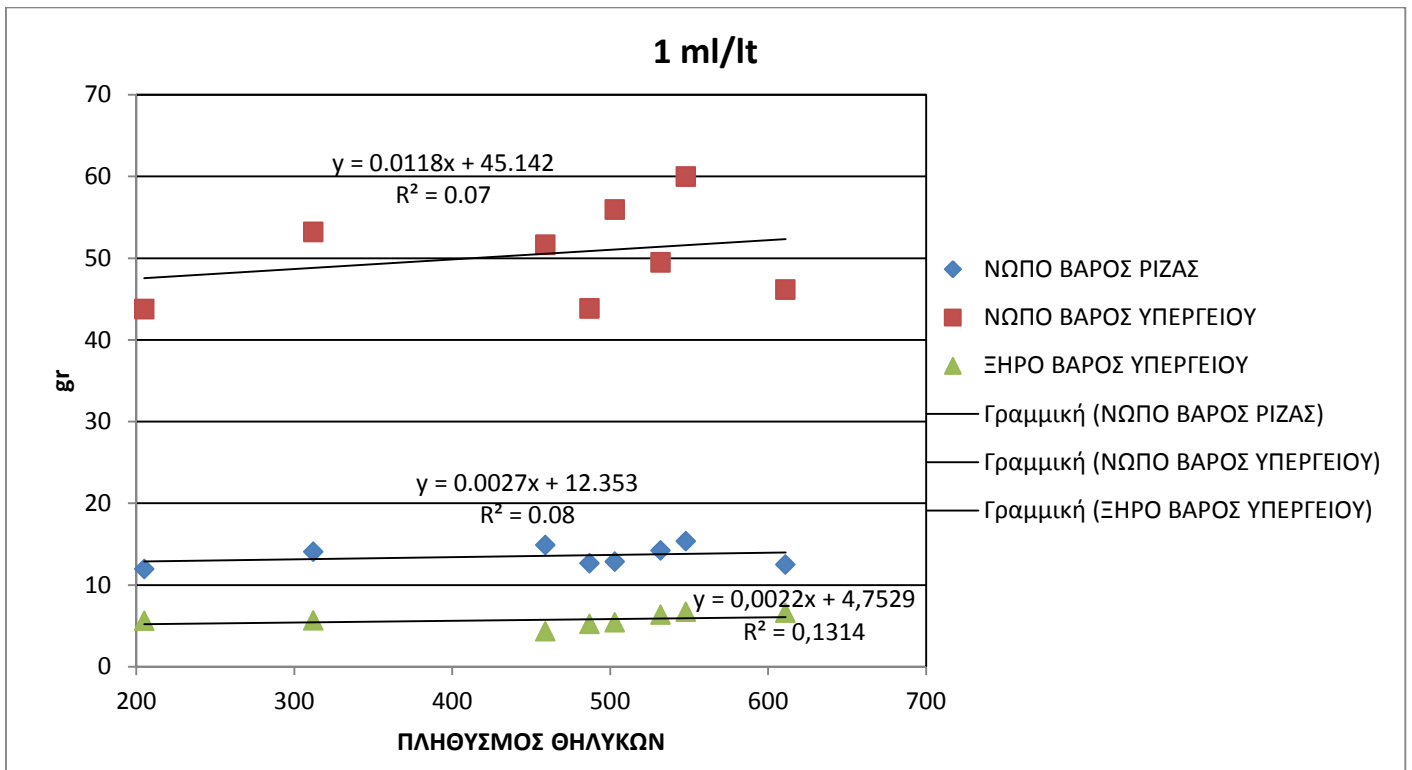
ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΡΙΖΑΣ					
αα	ΔΟΣΗ(ml/l)	0	0,5	1	2
1		9,92	16,69	15,39	10,19
2		16,36	12,25	12,87	19,71
3		20,08	9,1	12,69	15,25
4		17,44	13,09	12,53	15,8
5		29,42	13,41	14,9	25,2
6		13,67	21,83	11,95	14,05
7		13,24	16,58	14,07	14,58
8		18,55	13,8	14,25	16,64
ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ					
1		45,63	50,33	59,98	44,17
2		50,52	52,84	55,98	57,91
3		42,93	52,85	43,84	58,75
4		33,41	58,52	46,16	46,79
5		40,99	42,46	51,66	54,38
6		43,37	54,31	43,78	45,79
7		34,05	63,23	53,23	44,98
8		59,88	43,78	49,5	51,13
ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ					
1		5,68	6,96	6,72	6,6
2		6,53	6,99	5,42	6,29
3		5,25	7,01	5,21	4,37
4		4,63	6,15	6,58	5,08
5		5,62	5,15	4,33	6,41
6		6,32	6,63	5,63	5,04
7		4,83	8,03	5,67	4,93
8		7,43	5,94	6,38	5,29
ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΘΗΛΥΚΩΝ					
1		613	212	548	261
2		585	448	503	340
3		712	294	487	415
4		408	319	611	384
5		597	525	459	461
6		521	796	205	254
7		462	856	312	387
8		646	382	532	312



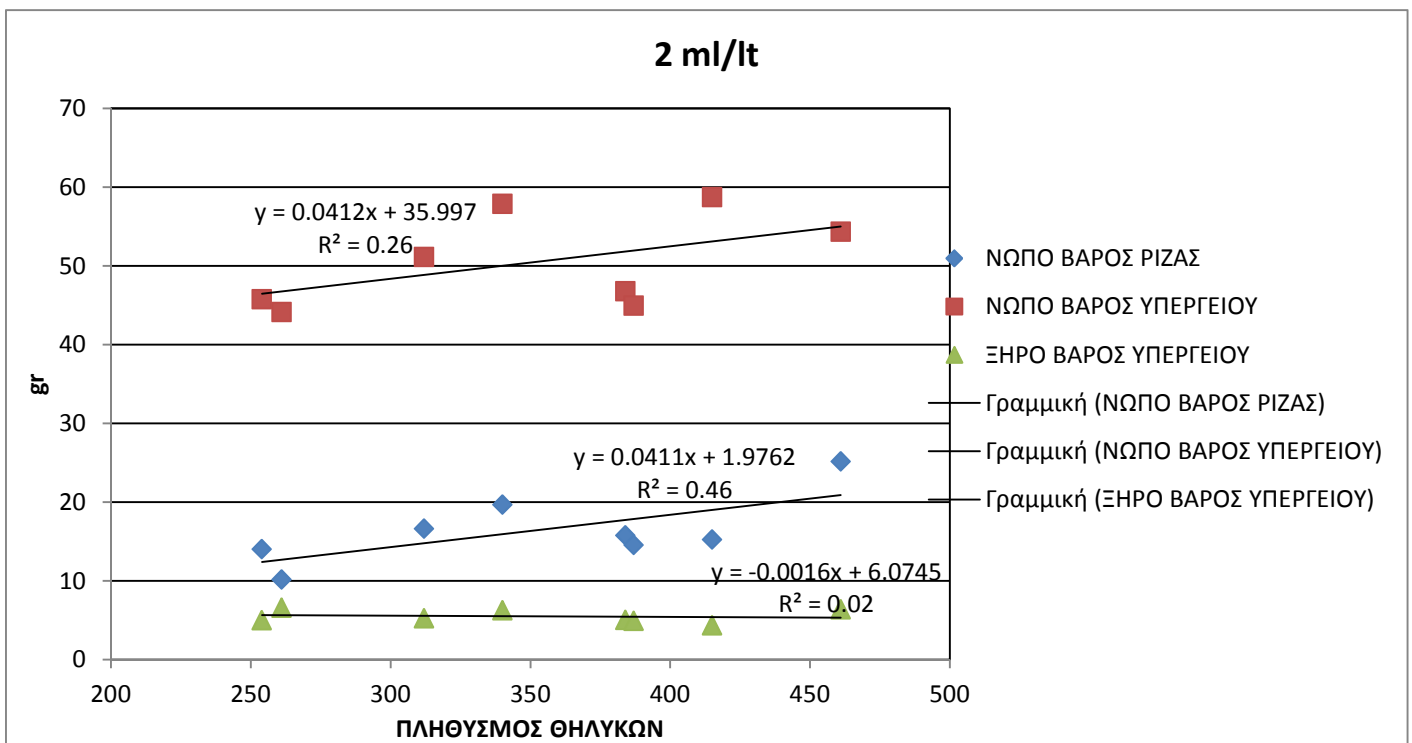
Γράφημα 1. Διακύμανση του νωπού βάρους βλαστών, νωπού βάρους ριζών και ξηρού βάρους βλαστών σε σχέση με τον πληθυσμό θηλυκών ατόμων *Meloidogyne javanica* για τους μάρτυρες (0mlVacciplant/lit).



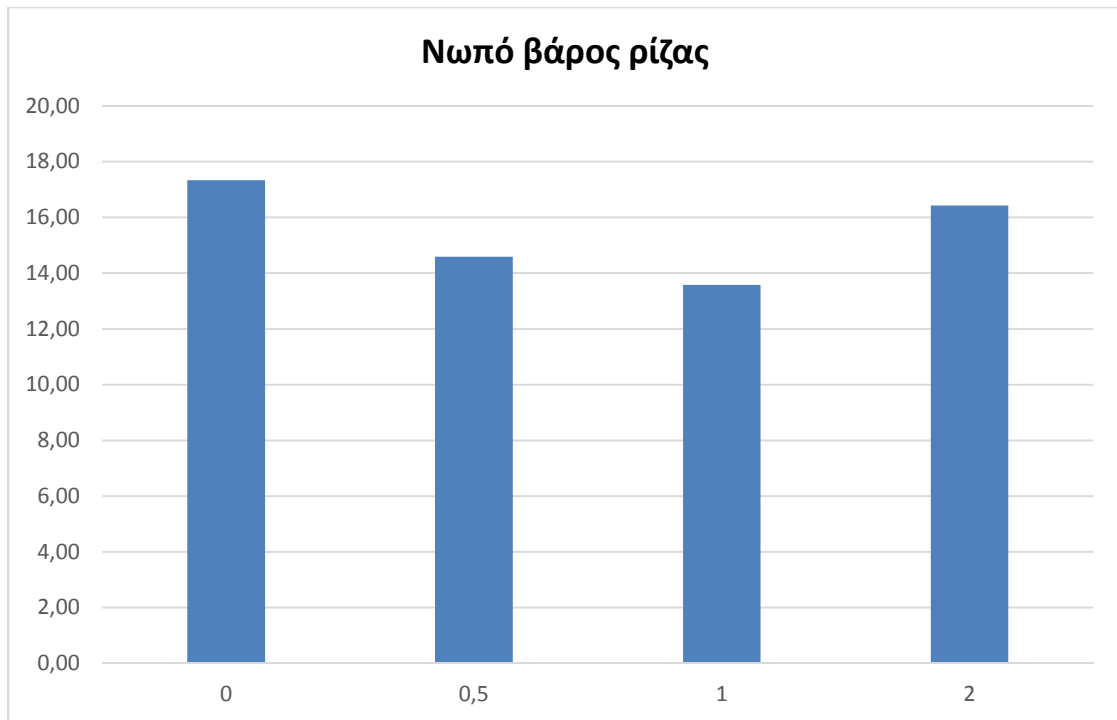
Γράφημα 2. Διακύμανση του νωπού βάρους βλαστών, νωπού βάρους ριζών και ξηρού βάρους βλαστών σε σχέση με τον πληθυσμό θηλυκών ατόμων *Meloidogyne javanica* για την εφαρμογή 0,5ml Vacciplant/lit.



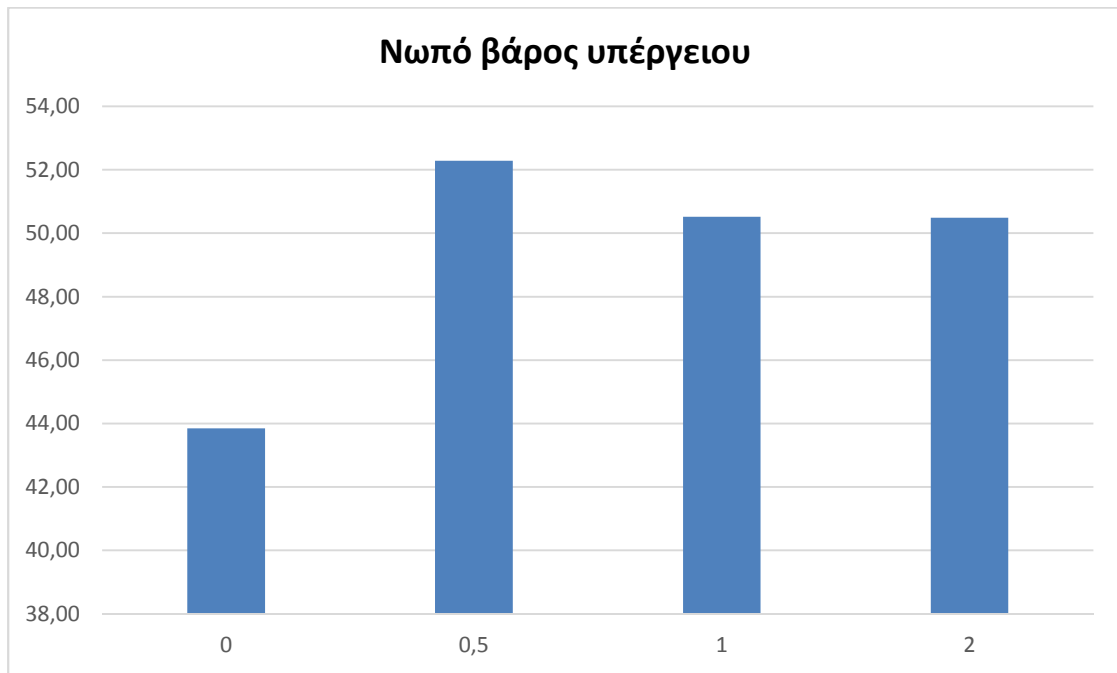
Γράφημα 3. Διακύμανση του νωπού βάρους υπέργειου, νωπού βάρους ριζών και ξηρού βάρους υπέργειου σε σχέση με τον πληθυσμό θηλυκών ατόμων *Meloidogyne javanica* για την εφαρμογή 1,0 mlVacciplant/lt.



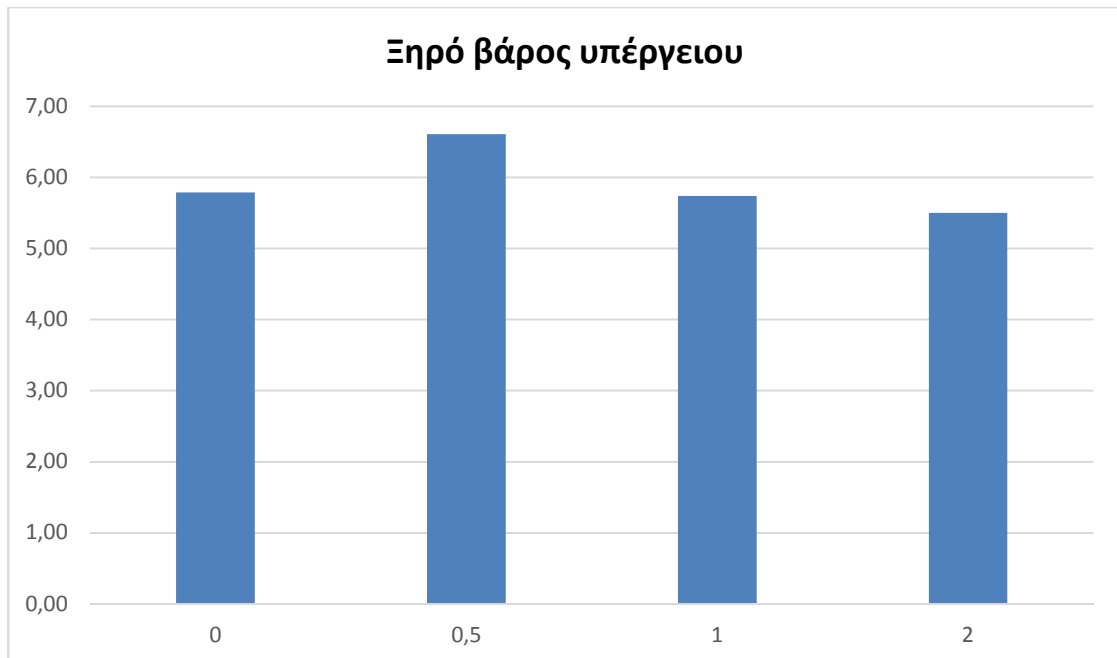
Γράφημα 4. Διακύμανση του νωπού βάρους βλαστών, νωπού βάρους ριζών και ξηρού βάρους βλαστών σε σχέση με τον πληθυσμό θηλυκών ατόμων *Meloidogyne javanica* για την εφαρμογή 2,0 mlVacciplant/lt.



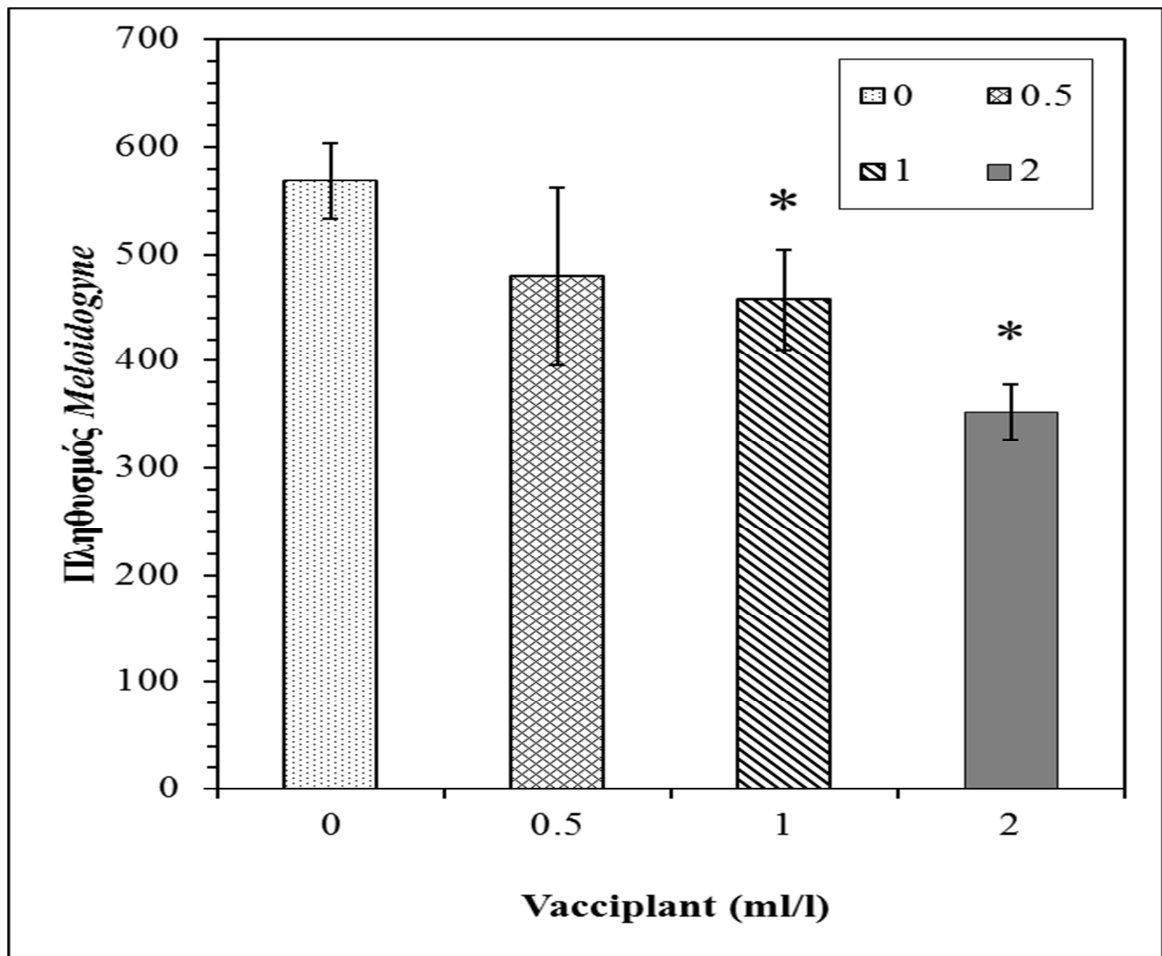
Γράφημα 5. Διακύμανση του νωπού βάρους της ρίζας σε σχέση με τις διάφορες δόσεις Vacciplant που εφαρμόστηκαν.



Γράφημα 6. Διακύμανση του νωπού βάρους του υπέργειου τμήματος σε σχέση με τις διάφορες δόσεις Vacciplant που εφαρμόστηκαν.



Γράφημα 6. Διακύμανση του ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος σε σχέση με τις διάφορες δόσεις Vacciplant που εφαρμόστηκαν.



Γράφημα 8. Διακύμανση του πληθυσμού θηλυκών ατόμων *Meloidogyne javanica* στις ρίζες των φυτών τομάτας για τις διάφορες δόσεις Vacciplant που εφαρμόστηκαν.

2.4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την μελέτη και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του πειράματος προέκυψαν τα παρακάτω.

Στα γραφήματα 1-4 παρατηρείται μια γραμμική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού θηλυκών ατόμων και των τιμών νωπού και ξηρού βάρους υπέργειου τμήματος ή και ριζών, γεγονός που δείχνει ότι οι τιμές αυτές αυξάνονται ανάλογα, χωρίς ωστόσο να παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές σε όλες τις περιπτώσεις. Ιδιαίτερα στην περίπτωση του νωπού βάρους υπέργειου για όλες τις εφαρμοζόμενες συγκεντρώσεις Vacciplant (εκτός από τη δόση 1,0 ml/l) και στους μάρτυρες. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η σημαντική αύξηση του νωπού βάρους του υπέργειου αυξανόμενου του αριθμού θηλυκών στην περίπτωση του μάρτυρα.

Διαπιστώθηκε ότι σε όλους τους χειρισμούς, το νωπό βάρος των προσβεβλημένων ριζών ήταν σχετικά υψηλότερο στους μάρτυρες σε σχέση με τις μεταχειρίσεις, γεγονός που πιθανότατα οφείλεται στο κύριο σύμπτωμα που προκαλούν στις ρίζες οι φυτοпараσιτικοί νηματώδεις του γένους *Meloidogyne*, τα φυμάτια. Με τον σχηματισμό αυτών των ακανόνιστων διαπλατυνσεων με μορφή κόμβων και εξογκωμάτων, αυξάνεται ο όγκος και ενδεχομένως το βάρος των ριζών.

Ωστόσο στην περίπτωση χειρισμού των ριζών με 2ml/l Vacciplant, που είναι η μεγαλύτερη δόση του σκευάσματος που εφαρμόστηκε στα φυτά, το νωπό βάρος δεν παρουσίασε διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ ο συνολικός αριθμός θηλυκών ήταν χαμηλότερος, που μπορεί να σημαίνει ότι το σκεύασμα επέδρασε θετικά στην ανάπτυξη των ριζών.

Εξάλλου, όσον αφορά στο ξηρό και νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος, στα φυτά τα οποία εφαρμόστηκε το σκεύασμα, παρατηρήθηκε αύξηση του νωπού βάρους συγκριτικά με τους μάρτυρες, αν και το ξηρό βάρος δεν εμφάνισε διαφοροποιήσεις. Αυτό σημαίνει ότι η προσβολή από τους νηματώδεις επηρεάζει την περιεκτικότητα των ιστών του υπέργειου τμήματος σε νερό, γεγονός που εξηγείται αφού από τη βιβλιογραφία είναι γνωστό ότι φυτά προσβεβλημένα με νηματώδεις αδυνατούν να προσλάβουν από το έδαφος την απαιτούμενη για την ανάπτυξή τους ποσότητα νερού.

Σχετικά με την αποτελεσματικότητα του σκευάσματος ενάντια στην προσβολή από νηματώδεις, που μπορεί να αξιολογηθεί από τον πληθυσμό των θηλυκών ατόμων των νηματωδών που καταμετρήθηκαν στις ρίζες, παρατηρήθηκαν στατιστικά

σημαντικές διαφορές στις δόσεις 1 και 2ml/lit, με τη δόση των 2ml/lit να μειώνει περισσότερο το συνολικό αριθμό των θηλυκών σε σχέση με τους μάρτυρες. Φαίνεται λοιπόν ότι το σκεύασμα ενδεχομένως να μειώνει τον πληθυσμό των νηματωδών αν και χρειάζεται περαιτέρω πειραματισμός για την εξαγωγή πιο σαφών συμπερασμάτων.

Καταλήγοντας μπορεί να ειπωθεί ότι το σκεύασμα Vacciplant με δραστική ουσία το laminarin πιθανόν να επιδρά θετικά στην ανάπτυξη των ριζών τομάτας προσβεβλημένων με νηματώδεις, ενώ ενδέχεται να μπορεί να μειώσει τον πληθυσμό των νηματωδών που καταφέρνουν να εγκατασταθούν στις ρίζες. Ωστόσο χρειάζεται περαιτέρω πειραματισμός για την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

3.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ηλιόπουλος, Α.Γ. 1997. Φυτοποροστασία ΙΙ. *Γεωργική Εντομολογία-Ζωολογία*. Σελ. 131-147.
- Κύρου, Ν.Χ. 1979. *Ζημίες επί της φυτικής παραγωγής από προσβολές φυτοπαρασίτων νηματωδών*. Γεωργ. Έρευνα Υπ. Γεωργίας, Τ. 3, 416-422.
- Κύρου, Ν.Χ. 2004. *Φυτοπαρασιτικοί Νηματώδεις*. Αθήνα: Αγρότυπος.
- Κολιοπάνος, Ν.Κ. 1999. *Φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις σκόληκες*. *Βιολογία-Φυσιολογία- Γενετική ταξινόμηση και παθογένεση επί φυτών - Τρόποι αντιμετώπισης*. Αθήνα: Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών
- Παταπατίου Α. 2016. *Μελέτη της επίδρασης της δραστικής ουσίας lamiparin, στους φυτοπαρασιτικούς νηματώδεις Meloidogynes sp. σε φυτά τομάτας*. Πτυχιακή Εργασία του Τμήματος Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών, ΤΕΙ Μεσολογγίου.
- Ταμπάκης Νικόλαος Μ., Χαψά Ξανθίπη Κ. 2013. *Εφαρμοσμένη στατιστική. Εργαστηριακές ασκήσεις*. Θεσσαλονίκη: ΖΥΓΟΣ.

3.2 ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agu, C.M. 2008. Effects Of Intercropping On Root-Gall Nematode Disease On Soybean (*Glycine max* (L) Merrill). *Plant Sciences Research*, 1(1):20-23.
- Bryden, J.W. 1967. *Hot water treatment of plant material*. *Min. Agr. Fish. Food. London Bull.* 201: 42.
- Bosher, J.E. & McKeen, W.E. 1954. Lyophilisation and low temperature studies with the bulb and stem nematodes *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn, 1858) Filipjev. *Proc. Helminth. Soc. Wash.* 21: 113-117.
- Bunt, J.A. 1975. Effect and mode of action of some systemic nematicides. Wageningen, The Netherlands: Communications Agr. Univ. pp. 127.
- Chitwood, B.G. & Chitwood, M.B. 1950. *An introduction to nematology. Section I: Anatomy*. Baltimore: Monumental Printing Co.
- Crofton, H.D. 1966. *Nematodes* (Ed.). Hutchinson Univ. Libr. London: H. Munro Fox.

- Daulton, R.A. & Nusbaum, C.J. 1961. The effect of soil temperature on the survival of the root-knot nematodes *Meloidogyne javanica* and *Meloidogyne halpa*. *Nematologica* 6: 280-294.
- Filipjev, I.N. & SchuurmasStekhoven, J.H. 1959. *A manual of Agricultural Helminthology*. Leiden: E.J. Brill. pp. 878.
- Fielding, M.J. (1951). *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 18: 110-112.
- Dimock, A.W. 1956. An efficient labor saving method of steaming soil. N.York State College of Agrc. *Cornell Ext. Bull.* (635): 1-17.
- Dorris, M., De Ley, P. & Blaxter, M.L. (1999). Molecular analysis of nematode diversity and the evolution of parasitism. *Parasitology Today* 15(5):188-193.
- Drechsler, C. 1937. Some hypomyces that prey on free living terricolous nematodes. *Mycologia* 29: 464-487.
- Govindaiah, S.B.D., Philip, T., Datta, R.K. 1991. Effects of marigold (*Tagetes patula*) intercropping against *Meloidogyne incognita* infecting mulberry. *Indian J. Nematol.*, 21:96-99.
- Franklin, M.T. 1951. The cyst-forming species of Heterodera. *Commw. Agric. Bur. Farnham Royal Bucks England*. pp. 26-31.
- Fiscus, D.A., Neher, D.A. 2002. Distinguishing sensitivity of free-living soil nematode genera and chemical disturbances. *Ecological Applications* 12:565-575.
- Hirschmann, H. 1971. Comparative morphology and anatomy. In: Zuckerman, B.M., W.F. and Rohde, R.A. (Eds). *Plant parasitic nematodes*. New York and London: Academic Press. 1: 11-63.
- Karpouzias, D.G., Morgan, J.A.W. & Walker, A. 2000. Isolation and characterisation of ethoprophos-degrading bacteria. *FEMS Microbiology Ecology*, 33:209-218.
- Kerry, B.R. & Leu, F.A.A. 1992. *Key factors in the development of fungal agents for the control of cyst and root-knot nematodes*. London, UK: Plenum Publ. Co. Ltd. pp. 139-144.
- LaMondia, J.A. & Brodie, B.B. 1984. Control of *Globodera rostochiensis* by solar heat. *Plant Disease* 68: 474-476.
- Lamshead, P.J.D. (1993). Recent developments in marine benthic biodiversity research. *Oceanis* 19:5-24.

- Karpouzias I. P., D.G., Menkissoglu-Spiroudi, U. & Tsiropoulos, N. 2006. Influence of soil physicochemical and biological properties on the degradation and adsorption of the nematicide fosthiazate. *J. Agric. Food Chem.*, 54(18):6783-6789.
- Paracer, S.M., Brzeski, M.W. & Zuckerman, B.M. 1966. Nematophagous and predeceous nematodes associated with cranberry soil in Massachusetts. *Plant Dis. Repr.* 50, 584-586.
- Sharma, P. & Pandey, R. 2009. Biological control of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in the medicinal plant *Withaniasomnifera* and the effect of biocontrol agents on plant growth. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (6): 564-567.
- Stone, L.E.W. 1961. Oats as a trap-crop for cereal root eewarm. *Plant Pathology*. 10: 164.
- Tennant, D.A. 1975. A Test of a Modified Line Intersect Method of Estimating Root Length. *Journal of Ecology*, 63(3): 995-1001.
- Thorne, G. 1961. *Principles of Nematology*. New York: Me Graw-Hill.
- Triantaphyllou, A.C. 1960. Sex determination in *Meloidogyne incognita*. Chitwood, 1949 and intersexuality in *M. Javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. *Annul Review Institute Phytopathology Benaki, N.S.*, 3: 12-31.
- Ufer, A., Dohmen, G.P. & Fritsch, H.J. 1993. *Impact of the soil disinfectant Basamid granular on terrestrial non-target organisms*. Proceedings of the IV International Symposium on Soil and Substrate Infestation and Disinfestation in Leuven.
- Wallace, H.R. 1963. *The biology of plant parasitic nematodes*. Edward Arnold (Publ.) Ltd. pp. 280.
- Wang, Z. & Zhang, Y. 1992. Study towards the eco- geographic community of mountain soil nematodes in the middle of Human. Department of Geography, Hunan Normal Univ. Hunan, Chins, *Nematologica* Abst. 62: 1-4.

3.3 ΔΙΑΔΙΚΤΙΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- www.apsnet.org