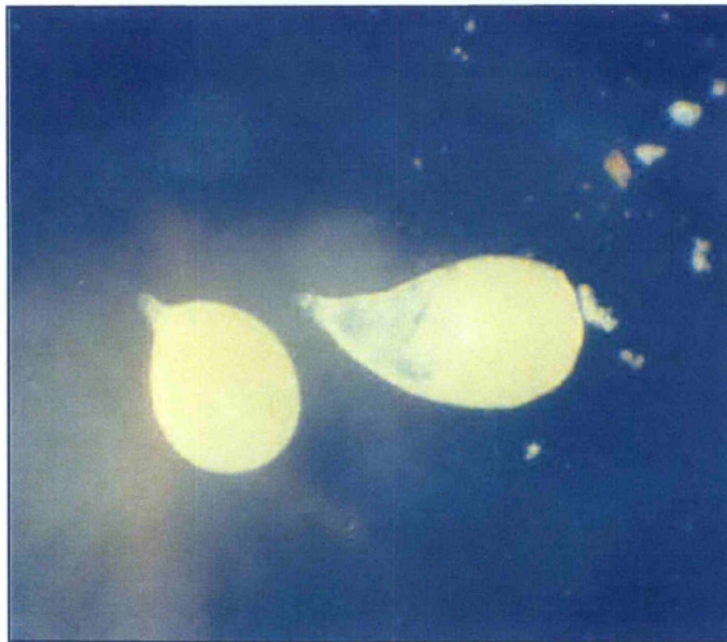


**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ  
ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ *Meloidogyne*  
ΜΕ ΝΗΜΑΤΟΒΟΡΟΥΣ ΜΥΚΗΤΕΣ ΚΑΙ ΦΥΤΙΚΗΣ  
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ**



**Πτυχιακή μελέτη της σπουδάστριας  
Μαρίας Κορμπή**

Καλαμάτα, Ιούνιος 2006

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όσους συνέβαλαν και βοήθησαν με οποιοδήποτε τρόπο στην πραγματοποίηση αυτής της μελέτης.

Συγκεκριμένα ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Επίκουρο Καθηγητή Δρ. Γεώργιο Σταθά για την εισήγηση του θέματος της παρούσας μελέτης καθώς και για την κριτική ανάγνωση και διόρθωσή της.

Ευχαριστώ θερμά την Νηματολόγο του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου Εντεταλμένη Ερευνήτρια Γ' Δρα. Καραναστάση Ειρήνη, που με την επιστημονική της καθοδήγηση, την πολύτιμη βοήθειά της, την άψογη συνεργασία της, τις συνεχείς παρατηρήσεις και συμβουλές της, με οδήγησε στην επιτυχή ολοκλήρωση της μελέτης μου όπως επίσης και στην καλύτερη παρουσίασή της.

Επιπλέον ευχαριστώ τον Φυτοπαθολόγο του Εργαστηρίου της Μυκητολογίας Ερευνητή Β' Δρα. Λάσκαρη Δημήτριο, που η ευγενής βοήθειά του και η πρόθυμη εισήγησή του κατά την ανάγνωση και ανάλυση των αποτελεσμάτων του πειράματος, συνετέλεσαν στην διεκπεραίωση την μελέτης μου και στην σωστή παρουσίαση αυτής.

Ευχαριστώ την εταιρεία Plantas για την ευγενική χορηγία των σποροφύτων τομάτας, τις εταιρείες Λαπαφάρμ, Intrachem Ελλάς Ε.Π.Ε., Άλφα Γεωργικά Εφόδια και Χελλαφάρμ για την πρόθυμη διάθεση των σκευασμάτων Oikos, Neemazal, Namacur και Nemathorin αντίστοιχα. Επίσης ευχαριστώ τον Λέκτορα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών Δρα Γιαννακού Ιωάννη για την παραχώρηση νηματωδών.

Ακόμα ευχαριστώ θερμά τον Αναπληρωτή Ερευνητή Β' Τζωρτζακάκη Μανόλη για την ευγενική, πρόθυμη προσφορά της επιστημονικής και έμπειρης του πληροφόρησης, αλλά και των πολύτιμων εισηγήσεών του κατά την ανάγνωση και ανάλυση των αποτελεσμάτων του πειράματος.

Τέλος ευχαριστώ όλους τους ασκούμενους συμφοιτητές μου και όλο το προσωπικό - επιστημονικό και τεχνικό - των τμημάτων Εντομολογίας – Ζωολογίας και Φυτοπαθολογίας του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου για την πρόθυμη, ευγενή συμπεριφορά τους και για την πολύτιμη βοήθειά τους.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ).....	7
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ.....	10
1.3 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	11
1.4 ΑΝΑΤΟΜΙΑ.....	13
1.4.1 ΕΠΙΔΕΡΜΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ.....	13
1.4.2 ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	14
1.4.3 ΑΠΕΚΚΡΙΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ .....	16
1.4.4 ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	17
1.4.5 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ .....	19
1.4.6 ΛΟΙΠΑ ΟΡΓΑΝΑ.....	20
1.5 ΒΙΟΛΟΓΙΑ – ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ.....	21
1.6 ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΠΟΡΑ .....	25
1.7 ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΑΠΟ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ.....	25
1.8 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ ΜΕ ΑΛΛΟΥΣ ΠΑΘΟΓΟΝΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ .....	27
1.9 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ .....	28
1.10 ΟΙ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ <i>MELOIDOGYNE</i> .....	37
1.10.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ.....	37
1.10.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ .....	37
1.10.3 ΠΕΡΙΕΔΡΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ .....	39
1.10.4 ΒΙΟΛΟΓΙΑ .....	40
1.10.5 ΠΑΘΟΓΕΝΕΙΑ.....	42
1.10.6 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ.....	44
1.11 ΜΥΚΗΤΕΣ.....	44
1.11.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	44
1.11.2 ΝΗΜΑΤΟΒΟΡΟΙ ΜΥΚΗΤΕΣ.....	46
1.11.2.1 <i>Arthrobotrys dactyloides</i> .....	46
1.11.2.2 <i>Arthrobotrys oligospora</i> .....	47
1.11.3 ΤΡΟΠΟΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΝΗΜΑΤΟΒΟΡΩΝ ΜΥΚΗΤΩΝ.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> (ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ) .....	51
2.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	51
2.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	51
2.2.1 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	51
2.2.2 ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ.....	51
2.2.3 ΥΛΙΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΥΚΗΤΩΝ.....	51
2.2.4 ΥΛΙΚΑ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗΣ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ... ..	52
2.2.5 ΛΟΙΠΑ ΥΛΙΚΑ.....	52
2.2.6 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ .....	52
2.2.6.1 ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΜΟΛΥΣΜΑΤΟΣ ΜΥΚΗΤΩΝ .....	54
2.2.6.2 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΓΛΑΣΤΡΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	55
2.2.6.3 ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ .....	56

2.2.6.4 ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ.....	59
2.2.6.5 ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΩΩΝ ΑΠΟ ΡΙΖΕΣ .....	59
2.2.6.6 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΡΙΖΑΣ .....	59
2.2.6.7 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΦΥΜΑΤΙΩΝ .....	60
2.2.6.8 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΥΚΗΤΑ.....	60
2.2.6.9 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΞΗΡΟΥ ΚΑΙ ΝΩΠΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΦΥΤΩΝ.....	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	77
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ) .....	81
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (ΕΛΛΗΝΙΚΗ).....	89
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....	91
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I</i> .....	91
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II</i> .....	93
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III</i> .....	95
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV</i> .....	97
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V</i> .....	99
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI</i> .....	101

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η καταπολέμηση των φυτοπαρασιτικών νηματωδών στηρίζεται κατά κόρον στην χρησιμοποίηση χημικών νηματοκτόνων σκευασμάτων. Η εφαρμογή αυτών έχει αποφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα, ωστόσο τα περισσότερα από αυτά είναι εξαιρετικά επιβλαβή και μη φιλικά για το περιβάλλον, τον άνθρωπο, τα ζώα, ακόμα και τα ίδια τα φυτά, όπως για παράδειγμα το βρωμιούχο μεθύλιο, το οποίο ως απολυμαντικό εδάφους ήταν το πλέον ευρέως διαδεδομένο σκεύασμα στον κόσμο και τα τελευταία 65 έτη και κατείχε ίσως τον πρωταρχικό ρόλο στην αντιμετώπιση των νηματωδών και άλλων παθογόνων και παρασίτων. Το σκεύασμα αυτό εμφάνιζε υψηλή ταχύτητα και μεγάλη ευρύτητα φάσματος δράσης ενάντια ακόμα και στους θεωρητικά πιο δυσεξόντωτους ενδοπαρασιτικούς νηματώδεις. Παρ' όλ' αυτά, οι τελευταίες περιβαλλοντικές μελέτες απέδειξαν την εξαιρετικά μεγάλη υπολειμματική του δράση, την υψηλότερη τοξικότητα του, την επικινδυνότητα κατά την διάρκεια εφαρμογής του και τις ιδιαίτερες δυσμενείς επιπτώσεις του στο περιβάλλον και τον άνθρωπο με αποτέλεσμα να κριθεί επιτακτική η δέσμευση του από το εμπόριο, η οποία ισχύει ήδη από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2005. Ομοίως, στο προσεχές μέλλον, αναμένεται να ακολουθήσει απόσυρση και άλλων χημικών σκευασμάτων από την αγορά, χωρίς όμως να έχουν βρεθεί εναλλακτικές αποτελεσματικές μέθοδοι καταστολής των νηματωδών.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, η ανάγκη εύρεσης εναλλακτικών των χημικών μεθόδων είναι πιο έντονη και απαραίτητη από ποτέ, δεδομένου ότι τα προβλήματα που δημιουργούν οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις στις καλλιέργειες ολοένα και αυξάνονται ενώ οι επιτρεπόμενες εφαρμογές των φυτοφαρμάκων συνεχώς περιορίζονται.

Κατά συνέπεια παρατηρείται συνεχής αύξηση του ενδιαφέροντος για την διερεύνηση του τομέα της βιολογικής καταπολέμησης και διενεργούνται έρευνες για την εξεύρεση εναλλακτικών, βιολογικών μεθόδων αντιμετώπισης τόσο των νηματωδών όσο και άλλων φυτοπαθογόνων παραγόντων. Ως απόλυτες και αναπόφευκτες προϋποθέσεις της αποδοχής των νέων μεθόδων θα τεθούν η ταχεία δραστηριότητα, η υψηλή αποτελεσματικότητα, η μη επιζήμια επίδραση ως προς την ατμόσφαιρα, τους ζώντες οργανισμούς και το χαμηλό κόστος εφαρμογής αυτών.

Στην παρούσα μελέτη επιδιώχθηκε η επίτευξη βιολογικής καταπολέμησης νηματωδών με την χρησιμοποίηση νηματοβόρων μυκήτων και διάφορων παραγόντων φυτικής προέλευσης. Η εκπόνηση του πειράματος και οι δυσκολίες που παρουσιάστηκαν οφείλονται κυρίως στην συνδυαστική δράση πολλών και ποικίλων παραγόντων, αλλά και στον πολύπλοκο παράγοντα που λέγεται έδαφος. Η ταυτόχρονη δράση τους καθιστά ιδιαίτερα

σύνθετο το όλο σύστημα και ίσως αυτό να είναι η αιτία των σχετικά ενθαρρυντικών αποτελεσμάτων μερικών επεμβάσεων, που όμως δε φαίνεται – προς το παρόν τουλάχιστον - να μπορούν να εφαρμοστούν σε εμπορική κλίμακα.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ)

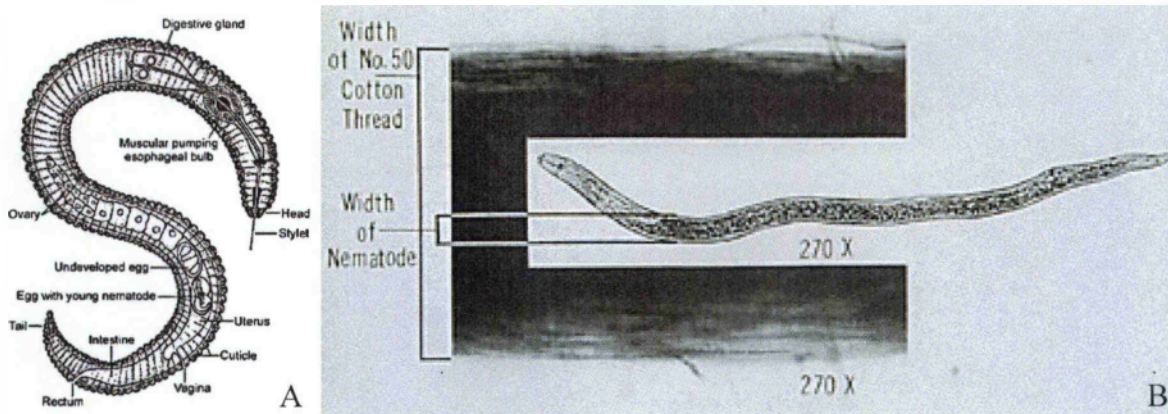
## 1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρουσία και η ύπαρξη των νηματωδών καταγράφεται από αρχαιοτάτων χρόνων και είναι τόσο παλιά όσο και η παρουσία του ανθρώπινου είδους πάνω στη γη. Η αναφορά τους ως ζωικά παράσιτα διαπιστώνεται από τις πρώτες Αιγυπτιακές γραφές 4.000 π.Χ. Το *Dracunculus medinensis* περιλαμβανόταν στις πρώτες επιστημονικές ζωολογικές ανακοινώσεις ως ζωικό παράσιτο που προσβάλλει το ανθρώπινο σώμα, ιδιαίτερα τα πόδια και τους βραχίονες προκαλώντας έντονους πόνους και φλεγμονές. Οι νηματώδεις των ζώων ήταν ήδη γνωστοί από την εποχή του Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.) (Storer & Usinger, 1965), όμως αναφορές σε αυτούς γίνονταν και στους μετέπειτα αιώνες από διάφορους συγγραφείς στην ιατρική και την ζωολογία (Κύρου, 2004).

Αντιθέτως η ύπαρξη των φυτοпараσιτικών νηματωδών ήταν παντελώς άγνωστη μέχρι τον 17<sup>ο</sup> αιώνα. Οι λόγοι που συνετέλεσαν σε αυτό, ήταν η δυσκολία ανεύρεσης και παρατήρησης τους εξαιτίας του μικροσκοπικού τους μεγέθους (0,3-10mm, Εικ. 1.1) και ο τρόπος διαβίωσης τους στο έδαφος και μέσα ή έξω από τους φυτικούς ιστούς. Η πρώτη αναγνώριση τους έγινε 100 χρόνια μετά την ανακάλυψη του μικροσκοπίου, από τον Needham (1743) που βρήκε και περιέγραψε τον νηματώδη του σίτου *Anguina tritici*. Το γεγονός αυτό αποτέλεσε την πρώτη αποδεδειγμένη καταγραφή ότι οι νηματώδεις δύναται να προκαλέσουν ασθένεια στα φυτά (Κολιοπάνος, 1999). Έκτοτε ακολούθησαν και άλλες παρατηρήσεις και διαπιστώθηκε η ζημιογόνος δράση τους. Ιδιαίτερα η περίοδος μεταξύ 1945-1955 χαρακτηρίζεται ως δεκαετία έναρξης της πραγματικής και ουσιαστικής ενασχόλησης με τους φυτοпараσιτικούς νηματώδεις. Στην Ελλάδα, η πρώτη αναφορά έγινε το 1935 όπου ο Κ. Ισαακίδης αναγνώρισε τον *A. tritici* σε σιτάρι και τον *Ditylenchus dispaci* σε γαρύφαλλο (Κύρου, 2004).

Οι Νηματώδεις σκώληκες (νηματόζωα), ή απλώς νηματώδεις, αποτελούν την 2<sup>η</sup>, μετά τα Αρθρόποδα, πολυπληθέστερη ομάδα των Μεταζώων. Η διάδοσή τους πάνω στη γη είναι ευρεία λόγω της υψηλής προσαρμοστικότητας που παρουσιάζουν, η οποία τους επιτρέπει να διαβιούν σε κάθε περιβάλλον όπου μπορεί να υπάρξει έστω και το ελάχιστο ίχνος ζωής (Hirschmann, 1960). Έτσι, απαντώνται σε ποίκιλα οικολογικά περιβάλλοντα όπως στην έρημο, σε καλλιεργούμενα και μη εδάφη, σε λίμνες, ποτάμια ακόμη και στον ωκεανό. Ωστόσο δεν υπάρχουν αποδείξεις της ύπαρξής τους στη ατμόσφαιρα ή την άβυσσο των

ωκεανών. Ανήκουν στο Ζωικό Βασίλειο, Υποβασίλειο Metazoa, Φύλο Nemata Cobb 1919 (Cobb, 1919, Thorne, 1961, Maggenti *et al.*, 1987, Maggenti, 1991).



Εικόνα 1.1. Α) Διάγραμμα φυτοпараσιτικού νηματώδη, Β) Φωτογραφία φυτοпараσιτικού νηματώδη και σύγκριση του μεγέθους του με ίνα βαμβακιού No. 50. (Πηγή: <http://edis.ifas.ufl.edu>).

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφέρουμε πως η λέξη «νηματώδεις» (Nematoda) προήλθε από την ελληνική λέξη «νήμα». Η λέξη νήμα (nema) που εισήχθη αυτούσια στη Λατινική χρησιμοποιήθηκε ως ρίζα, αποτελώντας το πρώτο συνθετικό για τον σχηματισμό πολυάριθμων αγγλικών λέξεων. Ορισμένα από τα παράγωγα που χρησιμοποιούνται έως σήμερα και που έχουν καθιερωθεί διεθνώς, σύμφωνα με τους κανόνες του Διεθνή Κώδικα Ζωολογικής Ονοματολογίας (International Rules of Zoological Nomenclature 1961) είναι: Nematology = Νηματολογία, Nematologist = Νηματολόγος, Nematicide = Νηματοκτόνο, Nematosis = Νημάτωση, Nematode = Νηματώδης σκώληκας (Chitwood, 1957). Επίσης το Φύλο Nemata που καθιερώθηκε από τον Cobb (1919) προέρχεται από την ίδια ρίζα. Ο όρος «Nematoda» που χρησιμοποίησε ο Chitwood (1957) αποτελεί λανθασμένο συνώνυμο, όπως άλλωστε και τα παράγωγα νηματωδοκτόνο, νηματωδολόγος κ.ο.κ. (Κύρου, 2004). Η πρόταση του Cobb (1919, 1932) για την ονομασία του Φύλου Nemata έχει γίνει αποδεκτή (Maggenti *et al.*, 1987) και κατ' επέκταση και τα παράγωγα αυτής, που έχουν πλέον καθιερωθεί και χρησιμοποιούνται ευρέως σε μεταφράσεις, συγγράμματα και δημοσιεύσεις (Κουγέας, 1960, Della Beffa-Καραμάνος και Μαρσέλος, 1962).

Οι νηματώδεις ως παράσιτα μπορούν να προσβάλουν κάθε ζωντανό οργανισμό, συμπεριλαμβανομένων και των φυτών, προξενώντας άκρως σοβαρές ασθένειες, διαταραχές και ζημιές. Οι φυτοпараσιτικοί νηματώδεις μπορούν να προσβάλλουν όλα τα είδη φυτών, καλλιεργούμενων και μη, προκαλώντας ζημιές μεγάλης οικονομικής σημασίας, μειώνοντας τις αποδόσεις και υποβαθμίζοντας την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. Μπορεί να



προκαλέσουν ζημιές σε τμήμα μιας καλλιέργειας, μπορεί όμως να οδηγήσουν και σε ολοκληρωτική καταστροφή, σε περιπτώσεις που δρουν σε συνδυασμό με άλλους παθογόνους οργανισμούς (μύκητες, βακτήρια). Οι πιο επιζήμιες προσβολές καταλογίζονται στους κομβονηματώδεις του γένους *Meloidogyne* (Τριανταφύλλου, 1960) και στους κυστογόνους νηματώδεις των γενών *Heterodera* και *Globodera*. Εξαιρετικά δυσμενείς και επιζήμιες επιπτώσεις σημειώνονται και από προσβολές ορισμένων ειδών (*Trichodorus* spp., *Paratrichodorus* spp., *Longidorus* spp. και *Xiphinema* spp.) που έχουν την δυνατότητα να ενεργούν ως φορείς ιών (Pitcher, 1965, Πολυχρονόπουλος, 1970, Powell, 1971). Στην Χώρα μας η συμμετοχή των νηματωδών στην μείωση των αποδόσεων καλλιεργειών υψηλής προσόδου ανέρχεται στο 5-50% (Κύρου, 1979).

Όσον αφορά στην ποικιλότητα του Φύλου, μέχρι σήμερα έχουν προσδιοριστεί γύρω στα 42000 είδη όλων των κατηγοριών, από τα οποία μόνο τα 2600 είδη είναι φυτοпараσιτικά. (Κολιοπάνος, 1999). Τα τελευταία περνούν τουλάχιστον ένα στάδιο του βιολογικού τους κύκλου μέσα στο έδαφος, γύρω από τις ρίζες των φυτών και κυρίως στα πρώτα εκατοστά του εδάφους όπου οι πληθυσμοί τους μπορεί να φτάσουν σε πολύ υψηλά επίπεδα. Αναφέρεται ότι μπορεί να καταμετρηθούν 5 έως 100 νηματώδεις ανά κυβικό εκατοστό καλλιεργούμενου εδάφους. Η πλειοψηφία αυτών εντοπίζεται στην περιοχή της ριζόσφαιρας και στα ανώτερα 25-40 εκ. αρκετοί όμως μπορεί να ανεβρεθούν και σε μεγαλύτερα βάθη, όπως οι *Xiphinema* που φτάνουν μέχρι και στα 3,5m. (Wallace, 1963).

Πρέπει πάντως να αναφέρουμε ότι όλοι οι νηματώδεις που διαβιούν στο έδαφος δεν είναι επιβλαβείς αφού έχει αποδειχθεί ότι μόνο το 30-50% εκδηλώνει φυτοπαράσιτική δράση. Αντίθετα, αρκετοί από αυτούς αποτελούν ωφέλιμους οργανισμούς αφού τρέφονται με ακάρεα, έντομα, φυτοπαράσιτικούς νηματώδεις, μύκητες, βακτήρια ή αποσυνθέτουν ριζικούς ιστούς, συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση της γονιμότητας του εδάφους και συντελώντας στη διατήρηση της ευρωστίας των φυτών. Ακόμα είναι πολύ πιθανό μέσα στο έδαφος να βρεθούν σε μικρές συγκεντρώσεις και σε διάφορα βιολογικά στάδια νηματώδεις που παρασιτούν στους ανθρώπους και στα ζώα (Bunt, 1975).

Η επιστήμη της Νηματολογίας κατόπιν εκτεταμένης, διεξοδικής, επισταμένης εξερεύνησης και μελέτης των νηματωδών, έχει καταφέρει να αναπτύξει ποικίλες μεθόδους αντιμετώπισής τους που στηρίζονται σε φυσικές, βιολογικές, χημικές μεθόδους ή σε συστήματα ολοκληρωμένης καταπολέμησης. Τα τελευταία χρόνια μετά τα συνεχή περιβαλλοντικά προβλήματα που έχουν προκύψει από την χρήση των νηματοκτόνων (Thomason & Caswell 1987) και την απαγόρευση του βρωμιούχου μεθυλίου κρίνεται επιτακτική η ανάγκη εύρεσης εναλλακτικών μεθόδων καταπολέμησης. Η πρόκληση που έχει

τεθεί αφορά την ανακάλυψη μέτρων ή μεθόδων που να παρέχουν αποτελεσματική αντιμετώπιση των νηματωδών, χωρίς αρνητικές επιπτώσεις για το περιβάλλον, τα ζώα και φυσικά τον άνθρωπο (Duncan, 1991).

## 1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ

Η κατάταξη των κυριότερων φυτοпараσιτικών νηματωδών είναι η εξής:

Βασίλειο: Animalia

Υποβασίλειο: Metazoa

Φύλο: Nemata

A. Κλάση: Secernentea (φέρουν φασμίδια) (von Linstow, 1905) Dougherty, 1958

Τάξεις: Tylenchida Thorne, 1949

Rhabditida Chitwood, 1933

Aphelenchida Siddiqi, 1980

B. Κλάση: Adenophorea (δεν φέρουν φασμίδια) (von Linstow, 1905) Chitwood, 1958

Τάξεις: Dorylaimida Pearse, 1942

Triplonchida Cobb, 1920

Τα περισσότερα σημαντικά είδη φυτοпараσιτικών νηματωδών ανήκουν στην Τάξη Tylenchida, με σημαντικότερες τις εξής οικογένειες:

Anguinidae (*Ditylenchus*, *Anguina*), Belonolaimidae (*Belonolaimus*, *Tylenchorhynchus*), Hoplolaimidae (*Hoplolaimus*, *Helicotylenchus*, *Rotylenchus*, *Scutellonema*), Pratylenchidae (*Pratylenchus*, *Radopholus*), Heteroderidae (*Heterodera*, *Meloidogyne*, *Globodera*), Criconematidae (*Criconema*, *Criconemoides*, *Hemicycliophora*), Tylenchidae (*Tylenchus*).

Επίσης σημαντικά είδη συγκαταλέγονται στην Τάξη Aphelenchida, οικογένειες Aphelenchidae (*Aphelenchus*), Aphelenchoididae (*Aphelenchoides*), την Τάξη Dorylaimida: Longidoridae (*Longidorus*, *Longidoroides*, *Paralongidorus*, *Xiphinema*, *Xiphidorus*), και την Τάξη Triplonchida (*Trichodorus*, *Paratrachodorus*).

Η συστηματική ταξινόμηση των νηματωδών στηρίζεται ως επί το πλείστον στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των θηλυκών ατόμων θεωρώντας δευτερευούσης σημασίας αυτά των αρσενικών, των ωών και νυμφών. Πρωτεύοντα και σημαντικά χαρακτηριστικά αποτελούν: η κεφαλή, το σχήμα και το μέγεθος του νηματώδη, το μήκος, το εύρος και το σχήμα του στιλέτου, ο τύπος του οισοφάγου, η ύπαρξη ή μη των φασμιδίων, η θέση του

γεννητικού πόρου, οι διάφορες μορφές της επιδερμίδας, ο αριθμός των ωοθηκών, ο τύπος μεσαίου βολβού, οι ουραιές πτέρυγες κ.α.(Κολιοπάνος, 1999).

### 1.3 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Οι φυτοпараσιτικοί νηματώδεις όπως και οι υπόλοιποι νηματώδεις είναι σκωληκόμορφα ζώα, με σώμα λεπτό, επίμηκες ή κυλινδρικό, κυκλικό σε εγκάρσια τομή (μη λαμβάνοντας υπόψη τυχόν εξωτερικά εξαρτήματα και κυτταρικές προεκτάσεις). Στερούνται εσωτερικής μεταμέρειας, οφθαλμών, σκελετού και άκρων. Το ιδιαίτερο σχήμα και μέγεθος τους εξαρτάται από το είδος στο οποίο ανήκουν, συνήθως όμως είναι επιμήκεις, νηματοειδείς ή ατρακτοειδείς, ευρύτεροι στο μέσον με το οπίσθιο άκρο τους κωνοειδές και πιο λεπτό από το εμπρόσθιο. Τα ώριμα αρσενικά άτομα διατηρούν το σκωληκόμορφο σχήμα τους σε όλα τα στάδια της ανάπτυξής τους, σε αντίθεση με τα θηλυκά ορισμένων ειδών, τα οποία μεταβάλλονται, διογκώνονται και μπορούν να αποκτήσουν σφαιροειδές, λεμονοειδές, νεφροειδές έως και απιοειδές σχήμα (Κύρου, 2004).

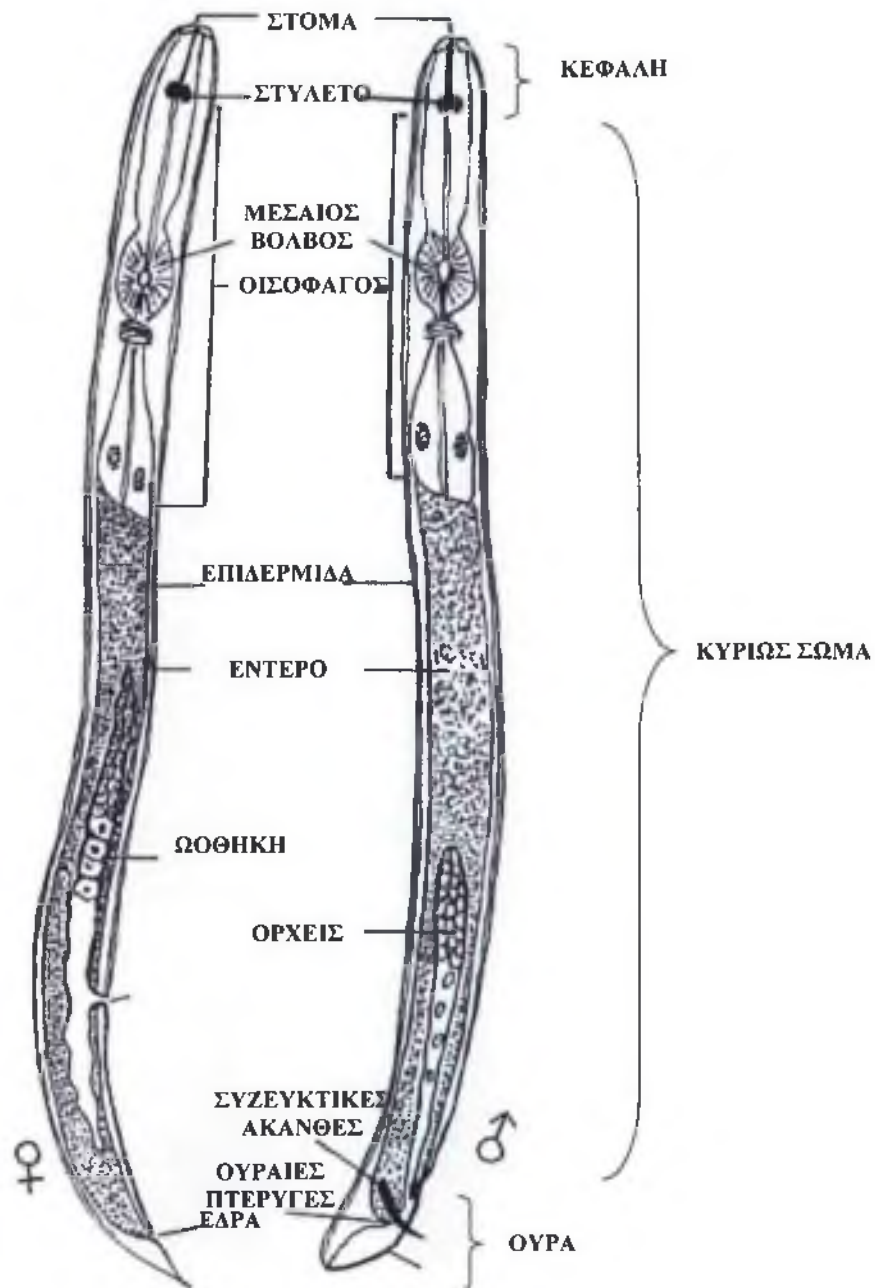
Οι φυτοпараσιτικοί νηματώδεις διακρίνονται εύκολα από τα υπόλοιπα είδη, κυρίως βάσει των εξής χαρακτηριστικών: α. την ύπαρξη σπιλέτου, β. την απουσία χειλικών προεκτάσεων (*setae* ή *labiae*) επί της κεφαλής, γ. το μήκος της ουράς που συνήθως είναι βραχεία, και δ. της βραδείας κίνησής τους (Κολιοπάνος, 1999).

Πολλά είδη φυτοпараσιτικών νηματωδών δεν είναι ορατά με γυμνό οφθαλμό, εξαιρουμένων των ακμαίων θηλυκών ατόμων *Meloidogyne*, *Globodera* και *Heterodera*. Το μήκος του σώματός τους κυμαίνεται από 0,2mm (*Paratylenchus* spp.) έως 12mm (*Longidorus* spp.) με μέσο όρο το 1mm ενώ στους περισσότερους δεν ξεπερνά τα 3,0mm. Το πλάτος τους κυμαίνεται από 50 έως 250μm (Κύρου, 2004).

Το σώμα τους δεν εμφανίζει χρωματισμούς, συχνά όμως χρωματίζεται γκρι-μαύρο από τις τροφές που περιέχονται στο έντερο τους. Περιβάλλεται από επιδερμίδα, η οποία είναι επίσης άχρωμη και διαφανής ή μπορεί σε μερικά είδη να αποκτά υπόλευκη ή υποκίτρινη απόχρωση. Επίσης, η επιδερμίδα των *Globodera* και *Heterodera* μπορεί να γίνει μαύρη ή καφέ μετά το θάνατό τους λόγω της οξειδωσης διαφόρων ουσιών που συνθέτουν την επιδερμίδα τους δημιουργώντας τις λεγόμενες κύστες.

Το σώμα τους δεν χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα, όπως συμβαίνει για παράδειγμα με τα έντομα. Αποτελείται από δυο σωλήνες (Εικ. 1.2), έναν εξωτερικό που συνιστά το τοίχωμα τους και έναν εσωτερικό που συνιστά τον πεπτικό σωλήνα. Στον χώρο μεταξύ των

δύο σωλήνων βρίσκονται τα όργανα του αναπαραγωγικού συστήματος όπως και διάφορα αδενικά κύτταρα (Ηλιόπουλος, 1997). Ωστόσο, για να διευκολυνθεί η μελέτη και η περιγραφή τους, χωρίζονται νοητά σε τρία υποτιμήματα: την κεφαλή, το κυρίως σώμα και την ουρά.



Εικόνα 1.2. Ενδεικτικό διάγραμμα της μορφολογίας του σώματος ενός φυτοпараσιτικού νηματώδη (Πηγή: <http://www.apsnet.org>).

Ως κεφαλή θεωρείται το εμπρόσθιο άκρο που περιλαμβάνει το στοματικό άνοιγμα και την στοματική κοιλότητα με το στυλέτο, που είναι το κύριο όργανο παρασιτισμού των

φυτοπαρασιτικών νηματωδών. Ως ουρά αναφέρεται η περιοχή από την έδρα των θηλυκών ή την αμάρα των αρσενικών μέχρι το οπίσθιο άκρο του σώματος και τέλος το κυρίως σώμα περιλαμβάνει το τμήμα που παρεμβάλλεται μεταξύ κεφαλής και ουράς είναι η περιοχή από την έδρα μέχρι το άκρο του σώματος τους (Κύρου, 2004).

## 1.4 ANATOMIA

Όλοι οι νηματώδεις διαθέτουν πεπτικό, μυϊκό, απεκκριτικό, νευρικό, αναπαραγωγικό σύστημα στερούνται όμως του αναπνευστικού και του κυκλοφορικού συστήματος.

Ως κοιλιακή περιοχή ονομάζεται η πλευρά που φέρει τον απεκκριτικό πόρο, το γεννητικό άνοιγμα, και την έδρα των θηλυκών ή την αμάρα των αρσενικών, ενώ ως νωτιαία η αντίθετη προς αυτή.

### 1.4.1 ΕΠΙΔΕΡΜΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ

Εξωτερικά το σώμα των νηματωδών καλύπτεται από το επιδερμικό στρώμα που διακρίνεται στην επιδερμίδα (cuticula ή cuticle), την υποδερμίδα (hypodermis) και τους σωματικούς μύες (somatic musculatures). Μεταξύ του μυϊκού στρώματος και των διάφορων εσωτερικών οργάνων υπάρχει το ψευδοκοιλίωμα που παίζει το ρόλο του αναπνευστικού και του κυκλοφορικού συστήματος .

Η επιδερμίδα έχει πρωτεϊνική σύνθεση και αποτελεί την προστατευτική ασπίδα του νηματώδη ενώ συνιστά τον εξωτερικό σκελετό του. Επίσης, καλύπτει τη στοματική κοιλότητα και επεκτείνεται στο εσωτερικό, καλύπτοντας τον οισοφάγο, τον απεκκριτικό πόρο, το γεννητικό άνοιγμα, τον κόλπο, την έδρα, την αμάρα, το ορθό και κάποια αισθητήρια όργανα (Κύρου, 2004).

Επί της επιδερμίδας παρατηρούνται κάποιοι πόροι, οι οποίοι συνδέονται με υποδερμικούς αδένες, που με τη σειρά τους συσχετίζονται με διάφορα αισθητήρια όργανα. (Crofton, 1966, Hirschmann, 1971).

Η επιδερμίδα είναι συνήθως λεία, αλλά μερικές φορές διατρέχεται από επιμήκειες επιδερμικές γραμμές που συνθέτουν τις λεγόμενες πλάγιες επιδερμικές περιοχές (lateral fields) των οποίων ο αριθμός, η παρουσία και η διάταξη, χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση των νηματωδών. Επίσης, η έκταση η οποία καταλαμβάνουν, που μπορεί να εκτείνεται από το πίσω μέρος της κεφαλής μέχρι και την περιοχή της ουράς και το αν είναι

ευδιάκριτες ή όχι εξαρτάται από το είδος του κάθε νηματώδη. Εξ άλλου, στα γένη *Heterodera*, *Globodera* και *Meloidogyne*, παρατηρούνται κάποιοι ιδιαίτεροι μορφολογικοί σχηματισμοί που δημιουργούνται από την επιδερμίδα και έχουν τη μορφή γραμμών, παύλων, κύκλων ή ανάγλυφων γραμμώσεων. Οι σχηματισμοί αυτοί συνθέτουν τα λεγόμενα περιεδρικά αποτυπώματα (perineal patterns, Εικ. 1.6) που αποτελούν σημαντικό ταξινομικό χαρακτηριστικό για τα είδη αυτά (Κύρου, 2004).

Η υποδερμίδα αποτελείται από λεπτό κυτταρικό ιστό. Εσωτερικά παρουσιάζει τέσσερις επιμήκεις παχύνσεις οι οποίες χωρίζονται σε δυο πλευρικές, μια κοιλιακή και μια νωτιαία που διατρέχουν κατά μήκος όλο το σώμα του νηματώδη και καλούνται αξονικές χορδές

Το μυϊκό στρώμα απαρτίζεται από επιμήκεις, εξειδικευμένους μύες που διαιρούνται σε τέσσερις δεσμίδες, καλύπτουν όλο το μήκος του σώματος και είναι υπεύθυνοι για την κάμψη και κίνηση του σώματος, τις κινήσεις του στιλέτου, τη λειτουργία της έδρας, των γεννητικών οργάνων και του οισοφάγου.

Στα αρσενικά άτομα, πάνω στο επιδερμικό στρώμα παρατηρούνται πολλές φορές κάποιες παχύνσεις, τα επονομαζόμενα πτερύγια (alae), των οποίων η ονοματολογία διαφοροποιείται ανάλογα με την θέση τους. Έτσι αυτά που βρίσκονται στην περιοχή του αυχένα ονομάζονται αυχενικά (cervical alae), και αυτά που βρίσκονται στην ουρά, ουραία (caudal alae) ή πτερύγια συνουσίας (bursa) διότι φαίνεται ότι λειτουργούν σαν όργανα περίπτυξης κατά την διάρκεια της συνουσίας (Filipjev *et al.*, 1959, Thorne, 1961).

#### **1.4.2 ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**

Το πεπτικό σύστημα περιλαμβάνει το στόμα, τον οισοφάγο και τον εντερικό σωλήνα ενώ καταλήγει στην αμάρα των αρσενικών ή την έδρα των θηλυκών.

Το στόμα (stoma) διαιρείται σε 3 μέρη: το εμπρόσθιο (cheilostom) ή στοματικό άνοιγμα που περιβάλλεται από τα χείλη, το μεσαίο (protostom) και το οπίσθιο (telostom) μέρος που αποτελεί τη στοματική κοιλότητα. Το σχήμα του μπορεί να είναι τριγωνικό, ημισφαιρικό, μικρού μεγέθους, επίμηκες, κυλινδρικό, λιγότερο ή περισσότερο ενσωματωμένο στο μυϊκό σύστημα του οισοφάγου ή ακόμα και τελείως ελεύθερο (Κύρου, 2004).

Το στοματικό άνοιγμα (oral aperture) περιβάλλεται από 6 χείλη, άλλοτε συγχωνευμένα και άλλοτε όχι, ανάλογα με το είδος του νηματώδη. Επίσης, στην Κλάση Secernentea υπάρχουν ομάδες με καθόλου ή μόνο με τρία χείλη. Στα πλάγια και εκατέρωθεν του στοματικού ανοίγματος βρίσκονται τα αμφίδια που είναι αισθητήρια όργανα.

Ακολουθεί η στοματική κοιλότητα, το μέγεθος και το σχήμα της οποίας ποικίλει και σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο παρασιτισμού και διατροφής των νηματωδών. Έτσι, οι

αρπακτικοί νηματώδεις (π.χ. *Mononchus* spp.) είναι εξοπλισμένοι με ισχυρά δόντια, οι ζωοπαρασιτικοί (π.χ. *Acrobeles* spp.) διαθέτουν μυζητήρες, ενώ οι φυτοπαρασιτικοί έχουν το στιλέτο που τους βοηθά στην διάτρηση των φυτικών κυττάρων (Κύρου, 2004).

Το στιλέτο (stylet) είναι μια επιδερμική κατασκευή που μοιάζει με μικρό σωληνίσκο και τη διαθέτουν όλοι οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις, πλην κάποιων εξαιρέσεων π.χ. στα εκφυλισμένα αρσενικά *Sphaeronema* όπου λείπει όπως επίσης και σε κάποια νυμφικά στάδια στα *Heterodera*. Το μήκος, το εύρος και το σχήμα του στιλέτου διαφέρουν μεταξύ των διαφόρων ειδών νηματωδών και αποτελούν μορφολογικό χαρακτηριστικό ταξινόμησης. Για παράδειγμα στην τάξη Tylenchida, η παρουσία εξογκωμάτων στη βάση του στιλέτου είναι συνήθης, σε αντίθεση με την Aphelenchida.

Τα στιλέτα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

- α. το στοματοστιλέτο που προέρχεται από κύτταρα αποσκληρυμένων τοιχωμάτων της στοματικής κοιλότητας, και αποτελεί μορφολογικό γνώρισμα της κλάσης Secernentea, εσωτερικά φέρει έναν πολύ λεπτό αγωγό (<1μm) εντός του οποίου η τροφή φτάνει στον οισοφάγο και δια μέσω αυτού στο έντερο, αφού οδεύσει πρώτα μέσα από τον στοματικό αγωγό, την φαρυγγοοισοφαγική σύνδεση, τον οισοφάγο, την καρδιά και τέλος το έντερο.
- β. το οδοντοστιλέτο που προέρχεται από κύτταρα του μυϊκού τοιχώματος του οισοφάγου (*Dogylaimida*), που στην πραγματικότητα απαρτίζεται από ένα εμπρόσθιο τμήμα το οδοντοστιλέτο και ένα οπίσθιο τον οδοντοφόρο (Κύρου, 2004).

Η διάτρηση των κυτταρικών τοιχωμάτων και η απορρόφηση των συστατικών των κυττάρων επιτυγχάνεται με την ταχεία και παλινδρομική κίνηση του στιλέτου, η οποία πραγματοποιείται με τη βοήθεια εξειδικευμένων μυών. Η συχνότητα παλινδρόμησης είναι περίπου 10 φορές το δευτερόλεπτο.

Ο οισοφάγος είναι μια σωληνοειδής κατασκευή που καλύπτεται εσωτερικά από λεπτή επιδερμίδα και εξωτερικά από μια μεμβράνη, ενώ σε εγκάρσια τομή παρατηρούμε τρία συμμετρικά τμήματα, ένα νωτιαίο και δυο πλαγιοκοιλιακά. Είναι εφοδιασμένος με ένα ή περισσότερα μυώδη εξογκώματα, τους βολβούς, οι οποίοι είναι πιθανόν να διαθέτουν μυζητική βαλβίδα που τους εξυπηρετεί στην απορρόφηση των τροφών. Ανάλογα με την θέση που καταλαμβάνει ο κάθε βολβός στον οισοφάγο, καλείται μεσαίος (median) όταν βρίσκεται στο μέσον και τελικός ή βασικός (basal) όταν βρίσκεται στο τέλος.

Ο οισοφάγος διαιρείται σε τρία μέρη, το λεγόμενο σώμα (corpus) που περιλαμβάνει (α) το εμπρόσθιο κυλινδρικό τμήμα (procorpus) και (β) το ακόλουθο διογκωμένο σφαιρικής μορφής τμήμα (metacorus) και τον ισθμό (isthmus) που είναι ένα στενό, κυλινδρικό και

βραχύ τμήμα που συνδέει το metacoelus με τον βασικό βολβό, δηλαδή το αδενώδες πίσω τμήμα του οισοφάγου (Κύρου, 2004).

Οι οισοφαγικοί αδένες είναι συνήθως τρεις, δυο πλαγιοκοιλιακοί και ένας νωτιαίος, κάθε ένας από τους οποίους αποτελείται και από έναν αγωγό. Η λειτουργία τους καθώς και η ρύθμιση των μυϊκών οισοφαγικών ινών λειτουργούν υπό την εποπτεία του νευρικού συστήματος (Chitwood & Chitwood, 1950, Hirschmann, 1971). Το σημείο έγχυσης του νωτιαίου αδένου βρίσκεται κοντά στη βάση του σιλήτου ενώ των πλαγιοκοιλιακών αδένων στο κατώτερο τμήμα του οισοφάγου. Το χαρακτηριστικό αυτό αποτελεί σημαντικό ταξινομικό γνώρισμα μεταξύ των τάξεων Tylenchida και Aphelenchida, καθώς στην πρώτη το σημείο έγχυσης του νωτιαίου αδένου βρίσκεται ακριβώς μετά τη στοματική κοιλότητα ενώ στη δεύτερη μέσα στο μεσαίο βολβό.

Ο οισοφάγος ανάλογα με τη μορφολογία και τη διάπλασή του μπορεί να είναι κυλινδρικός (π.χ. *Mononchus*), διμερής κυλινδρικός ή δορυλαιμοειδής (π.χ. *Longidorus*) και τριμερής κυλινδρικός ή τυλεγχοειδής (π.χ. *Tylenchorhynchus*) (Hirschmann, 1971).

Η ένωση του οισοφάγου με το έντερο πραγματοποιείται μέσω της οισοφαγο-εντερικής βαλβίδας ή καρδίας που βρίσκεται στη βάση του οισοφάγου. Η βαλβίδα προεκτείνεται ελαφρώς εντός του εντερικού σωλήνα, παρεμποδίζοντας με αυτό τον τρόπο την επάνοδο της τροφής στον οισοφάγο.

Ο εντερικός σωλήνας είναι ένας μακρύς, ευθύς σωλήνας που φέρει μια στρώση επιθηλιακών κυττάρων και δεν διατρέχεται από μυϊκές ίνες. Χωρίζεται σε τρία μέρη, το πρόσθιο, το μεσαίο και το οπίσθιο. Η απόρριψη των τροφών στο περιβάλλον, πραγματοποιείται μέσω του ορθού, το οποίο είναι ένας πεπλατυσμένος σωλήνας που συνδέεται με το κυρίως έντερο μέσω ενός σφιγκτήρα. Το ορθό καταλήγει με τη σειρά του στην έδρα των θηλυκών ή την αμάρα των αρσενικών που βρίσκονται χαμηλά στην κοιλιακή περιοχή του σώματος και από εκεί τελικά απορρίπτονται οι τροφές προς το περιβάλλον (Κύρου, 2004).

### **1.4.3 ΑΠΕΚΚΡΙΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**

Τα Adenophorea έχουν ένα απεκκριτικό κύτταρο που εντοπίζεται στην περιοχή του οισοφάγου. Το κύτταρο αυτό είναι δυνατόν να επιμηκύνεται και να συνδέεται μέσω ενός αγωγού κατευθείαν με τον απεκκριτικό πόρο, ο οποίος εκβάλλει κοιλιακά στο ύψος του νευρικού δακτυλίου.

Αντίθετα τα Secernentea έχουν ένα ζεύγος πλάγιων απεκκριτικών αγωγών οι οποίοι ενώνονται και εκβάλλουν σε κοινό απεκκριτικό πόρο, κοιλιακά. Σε αυτή την Κλάση ο



απεκκριτικός πόρος είναι ευδιάκριτος, σε αντιδιαστολή με τα Adenophorea όπου δεν περιβάλλεται από το επιδερμικό στρώμα (Crofton, 1966, Hirschmann, 1971). Οι φυτοпараσιτικοί νηματώδεις (Tylenchida) έχουν έναν μόνο αγωγό που έχει ως κατάληξη τον απεκκριτικό πόρο (Κύρου, 2004).

Εγκυκλοπαιδικά αναφέρουμε ότι αρχικά η υποδιαίρεση του φύλου Nemata στις Κλάσεις Secernentea και Adenophorea είχε στηριχτεί στον τύπο του απεκκριτικού συστήματος (Chitwood, 1958), παρά το γεγονός ότι ορισμένα είδη νηματωδών π.χ. είδη που διαβιούν σε γλυκά νερά ή κάποια παράσιτα ασπόνδυλα (Trichuroidea), στερούνται πλήρως απεκκριτικού συστήματος (Crofton, 1966, Hirschmann, 1971).

#### **1.4.4 ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**

Διαθέτει δυο κύρια κέντρα, ένα στην περιοχή του οισοφάγου και ένα στην περιοχή του απευθυσμένου, η ένωση μεταξύ των οποίων γίνεται με νευρικές ίνες. Σα βασικό τμήμα του θεωρείται ο νευρικός δακτύλιος (nerve ring), που αποτελεί το κέντρο σύνδεσης από το οποίο εκτείνονται τα νεύρα και τα γάγγλια (Ηλιόπουλος, 1997). Ο νευρικός δακτύλιος περιβάλλει τον οισοφάγο στην περιοχή του ισθμού. Οι νευρικές ίνες είναι έξι και εντοπίζονται ως εξής: δύο πλάγια, δύο πλαγιονότια και δύο πλαγιοκοιλιακά. Κάθε ίνα διακλαδίζεται σε 2 ή 3 νεύρα και καταλήγει σε κάποιο αισθητήριο όργανο (Κύρου, 2004).

Στο νευρικό σύστημα μπορούμε να εντάξουμε και κάποια αισθητήρια όργανα που παίζουν ρόλο στην επικοινωνία του νηματώδη με το περιβάλλον, την εύρεση τροφής, την αναζήτηση συντρόφου ατόμων του αντίθετου φύλου για σύζευξη κλπ.

Τέτοια θεωρούνται τα φασμίδια, οι χειλικές θηλές, οι αισθητήριες σμήριγγες, τα sensilla, οι γεννητικές θηλές, οι αυχενικές αισθητήριες θηλές και τα αμφίδια. Τα όργανα αυτά δεν είναι τίποτα άλλο από νευρικές απολήξεις με τη μορφή αισθητήριων θηλών που εντοπίζονται στο εμπρόσθιο ή το οπίσθιο τμήμα του σώματος (Κύρου, 2004).

Τα φασμίδια (phasmids) είναι αισθητήρια όργανα άφης που βρίσκονται στο οπίσθιο τμήμα του σώματος πριν την ουρά. Είναι ένα ζεύγος επιδερμικών θυλάκων που αποτελούνται από ένα κοντό αγωγό που καταλήγει στην επιφάνεια της επιδερμίδας σαν επιφανειακός πόρος ή θηλή και συνδέεται εσωτερικά με ένα πλάγιο ουραίο νεύρο. Ο διαχωρισμός μεταξύ των Κλάσεων Phasmidia και Aphasmidia στηρίζεται στην ύπαρξη ή μη των φασμιδίων (Chitwood, 1933). Η παρουσία ή η απουσία των φασμιδίων, η ακριβής θέση εντοπισμού τους στο σώμα του νηματώδη και η δυνατότητα διάκρισής τους αποτελούν ταξινομικούς χαρακτήρες πάνω στους οποίους στηρίζεται ο διαχωρισμός ορισμένων ομάδων. Έτσι, η Τάξη Dorylaimida χαρακτηρίζεται από απουσία φασμιδίων ενώ η Tylenchida κατατάσσεται στα

Phasmidia, αν και συνήθως υπάρχει πρόβλημα ευκρίνειας. Εξαιρέση αποτελούν τα είδη του γένους *Heterodera*, τα οποία δε φέρουν φασιμίδια (Thorne, 1961, Luc. *et al.*, 1987).

Χειλικές θηλές (papilla). Χρησιμεύουν σαν όργανα αφής. Είναι επιδερμικές δομές που βρίσκονται γύρω από το στοματικό άνοιγμα και συνδέονται με νεύρα που ως κέντρο και σημείο εκκίνησης τους έχουν τον νευρικό δακτύλιο. Στην Κλάση Secernentea οι θηλές κατέχουν πλαγιοκοιλιακή θέση σε αντιδιαστολή με την Adenophorea που οι θηλές όπως και οι σμήριγγες (πρβλ. παρακάτω) εντοπίζονται στα πλάγια χείλη (Κύρου, 2004).

Οι σμήριγγες (seta) μοιάζουν με τρίχες που ποικίλουν σε ότι αφορά το σχήμα τους και μπορεί να είναι μικρές και δυσδιάκριτες ή μακριές και καλά αναπτυγμένες (Adenophorea). Είναι επιμήκεις, έχουν δυνατότητα κίνησης και μπορούμε να τις ανιχνεύσουμε σε όλες σχεδόν τις περιοχές του σώματος, με μεγαλύτερη ευκολία όμως τις ευρισκόμενες επί της κεφαλής. Διακρίνονται σε σωματικές και ουραίες, και συνδέονται με μη εξειδικευμένα νεύρα (Κύρου, 2004). Κατά το επικρατές, σμήριγγες φέρουν τα υδρόβια είδη ελεύθερης διαβίωσης, ενώ αυτά που διαβιούν στο έδαφος ή σαν παράσιτα και φυτοπαράσιτα συνήθως έχουν μόνο θηλές (Allen, 1959, Filrjev & Stekhoven, 1959).

Οι θηλές και οι σμήριγγες έχουν την εξής γενική διάταξη:

Το στοματικό άνοιγμα πλαισιώνεται από έναν δακτύλιο με 6 αισθητήριες θηλές, που η κάθε μια από αυτές αντιστοιχεί σε ένα χείλος. Εξωτερικά αυτού υπάρχει ένας δεύτερος δακτύλιος με 6 επιπλέον θηλές, μια για κάθε χείλος. Ακολουθεί ένας τελευταίος εξωτερικός δακτύλιος που φέρει 4 σμήριγγες, οι οποίες όμως δεν τοποθετούνται πάνω στα χείλη.

Αμφίδια (amphids). Τα συναντάμε σε όλους τους νηματώδεις, κάτω από τις θηλές πλαγιοκεφαλικά. Είναι αισθητήρια όργανα αφής που αποτελούνται από νευρικές απολήξεις και έναν αδένα. Στην Κλάση Secernentea κατέχουν θέση στην περιοχή των χειλέων ενώ στα Adenophorea βρίσκονται όπισθεν ή κάτω από την κεφαλή. Το εξωτερικό σχήμα που λαμβάνουν στην πλειοψηφία των φυτοпараσιτικών νηματωδών ποικίλει. Μπορεί να έχουν την μορφή μικρών στρογγυλεμένων πόρων μέχρι και επιμηκών σχισμών (Thorne, 1961, Crofton, 1966).

Τα sensilla θεωρούνται απλά όργανα αίσθησης, που βρίσκονται μέσα στον αμφιδιακό αγωγό στο σημείο που αυτός σχηματίζει μια σακκοειδή διόγκωση και ενώνεται με το αμφιδιακό άνοιγμα (Caveness, 1964). Στην Κλάση Adenophorea συνήθως είναι μακρά σε αντίθεση με την Secernentea.

Οι γεννητικές θηλές (genital papillae) εντοπίζονται στην περιοχή της κοιλιάς στα αρσενικά άτομα, ή πριν ή μετά την έδρα στα θηλυκά, και συνδέονται με νεύρα. Παίρνουν

διάφορα σχήματα και μπορεί είτε να καλύπτονται από τις ουραίες πτέρυγες είτε να απαρτίζουν ανορθώσεις από λεπτό επιδερμικό στρώμα (Κύρου, 2004).

Το ημιζόνιο (hemizonid) βρίσκεται στην κοιλιακή πλευρά του νηματώδη κοντά στον απεκκριτικό πόρο και σχηματίζει ένα ημικύκλιο. Ο ρόλος του δεν είναι ακόμη διευκρινισμένος, ωστόσο θεωρείται ότι σχετίζεται άμεσα με το νευρικό σύστημα (Hirschmann, 1971).

Αυγενικές αισθητήριες θηλές (deirids). Είναι ένα ζεύγος θηλών που λειτουργεί σαν όργανο αφής. Βρίσκονται στο τμήμα του νευρικού δακτυλίου και φαίνονται σαν προεξοχές της επιδερμίδας. Λόγω του ασταθούς της παρουσίας τους και της μη εύκολης παρατήρησης τους δεν χρησιμοποιούνται σαν γνώρισμα για την ταξινόμηση (Κύρου, 2004).

#### **1.4.5 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**

Το αναπαραγωγικό σύστημα των θηλυκών μπορεί να αποτελείται από ένα ή δυο γεννητικούς βραχίονες. Όταν ο βραχίονας είναι ένας τότε μπορεί να κατευθύνεται είτε προς τα μπρος (μονόδελφος-πρόδελφος) είτε προς τα πίσω (οπισθόδελφος). Όταν οι βραχίονες είναι δύο εκτείνονται εκατέρωθεν του κόλπου με αναδιπλούμενες ή μη ωοθήκες (δίδελφος). Κάθε βραχίονας περιλαμβάνει μία ωοθήκη, τη σπερματοθήκη και τον ωαγωγό. Οι δύο βραχίονες συναντιούνται συνήθως στο μέσο του σώματος, στη μήτρα και ακολουθεί ο κόλπος ο οποίος εκβάλλει προς τα έξω μέσω του γεννητικού πόρου. Όλη η περιοχή του αναπαραγωγικού συστήματος των θηλυκών είναι εξοπλισμένη με ισχυρούς μύες, γεγονός που βοηθά την μεγιστοποίηση της παραγωγής ωών (Allen, 1960, Crofton, 1966, Hirschmann, 1971).

Στα θηλυκά άτομα του γένους *Xiphinema*, διαπιστώνεται η ύπαρξη του επονομαζόμενου οργάνου Z, του οποίου η λειτουργία δεν έχει ακόμα εξακριβωθεί. Εντοπίζεται στο τμήμα μεταξύ της σπερματοθήκης και της μήτρας και αποτελεί σημαντικό διαγνωστικό χαρακτήρα για το συγκεκριμένο γένος (Luc, 1961, Flegg, 1966, Luc & Dalmaso, 1975).

Το αναπαραγωγικό σύστημα των αρσενικών εντοπίζεται στο οπίσθιο μέρος του σώματος κοντά στην αμάρα. Μπορεί να αποτελείται από δύο γεννητικούς βραχίονες που είτε κατευθύνονται και οι δύο προς την ίδια πλευρά είτε ο ένας σε αντίθετη κατεύθυνση από τον άλλο, ή από ένα βραχίονα που κατευθύνεται προς τα εμπρός. Κάθε γεννητικός βραχίονας περιλαμβάνει έναν όρχι και τον σπερματικό αγωγό που συνδεδεμένος με τη σπερματική κύστη σχηματίζει τον εκσπερματικό αγωγό, ο οποίος εκβάλλει στην αμάρα. Τα όργανα συνουσίας είναι μία ή δύο συζευκτικές άκανθοι (spicules), οι οποίες είναι πρωτεϊνικής σύστασης και

έχουν σκληρή υφή. Ένα επιπλέον όργανο, το πηδάλιο (gubernaculum), βρίσκεται κοντά στις συζευκτικές ακάνθους και θεωρείται ότι είναι χρήσιμο στην οχεία. Σε ορισμένα είδη, τα αρσενικά άτομα φέρουν κάποιους επιδερμικούς σχηματισμούς στην περιοχή της αμάρας, οι οποίοι ονομάζονται ουραίες πτέρυγες (bursae) και λειτουργούν σαν όργανα περίπτωσης κατά την διάρκεια της συνουσίας (Filipjev *et al.*, 1959, Thome, 1961).

Το αναπαραγωγικό σύστημα στα ερμαφρόδιτα είδη (είδη στα οποία δεν υπάρχουν αρσενικά) παρουσιάζει ειδική διαμόρφωση. Ο γεννητικός βραχίονας αποτελείται από τη σπερματοθήκη και διαθέτει ένα όργανο σφαιροειδούς μορφής, το σπερματογόνιο. Αυτό με τη σειρά του παράγει το σπέρμα που κατευθυνόμενο προς την σπερματοθήκη γονιμοποιεί τα ωοκύτταρα (Κύρου, 2004).

#### **1.4.6 ΛΟΙΠΑ ΟΡΓΑΝΑ**

Οι νηματώδεις στερούνται αναπνευστικού και κυκλοφορικού συστήματος, καθώς και κινητικών οργάνων.

Μεταξύ του μυϊκού στρώματος και των διάφορων εσωτερικών οργάνων υφίσταται μια σπλαχνική κοιλότητα, το ψευδοκοιλίωμα, που φέρεται σαν αντικαταστάτης του αναπνευστικού και του κυκλοφορικού συστήματος (Κύρου, 2004). Επίσης, κάποια μορφή αναπνοής γίνεται και μέσω της επιδερμίδας και των πόρων αυτής.

Η κίνηση των νηματωδών στο έδαφος πραγματοποιείται οφιοειδώς με την βοήθεια του μυϊκού συστήματος και έχει κατεύθυνση πλάγια, νωτιοκοιλιακά (Ηλιόπουλος, 1997, Κολιοπάνος, 1999). Μετακινούνται πολύ αργά και η απόσταση που μπορούν να διανύσουν είναι συνήθως μερικά εκατοστά ενώ δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 1-2m το χρόνο (Κύρου, 2004). Εξαίρεση αποτελεί το *Radopholus similis* των εσπεριδοειδών που μπορεί να κινηθεί μέχρι και 6m το χρόνο υπό την επικράτηση ευνοϊκών επιπέδων υγρασίας εδάφους (Suit & Du Charne, 1957). Κινούνται μόνο όταν υπάρχει λεπτό στρώμα νερού και έχει παρατηρηθεί ότι ορισμένα είδη αν βρεθούν σε συνθήκες έλλειψης νερού είτε διακόπτουν τη δραστηριότητα τους και μένουν αδρανή για αρκετά μεγάλα χρονικά διαστήματα, με την προϋπόθεση βέβαια να διαθέτουν κατάλληλα ανθεκτικές μορφές, είτε αποθνήσκουν. Για παράδειγμα ο *Ditylenchus dipsaci* πριν αναπτυχθεί πλήρως μπορεί να επιβιώσει σε ξηρό περιβάλλον για πάνω από 20 έτη (Bosher & Mckeen, 1954).

## 1.5 ΒΙΟΛΟΓΙΑ – ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Στην πλειοψηφία τους οι νηματώδεις είναι ζώα γονοχωριστικά και παράγονται κυρίως αμφιμικτικά, δηλαδή με την διασταύρωση αρσενικών και θηλυκών ατόμων. Σε μερικά είδη τα θηλυκά υπερτερούν σε αριθμό σε σχέση με τα αρσενικά, τα οποία είτε είναι ελάχιστα σε αριθμό είτε απουσιάζουν τελείως. Σε αυτές τις περιπτώσεις η αναπαραγωγή γίνεται είτε παρθογενετικά, δηλαδή χωρίς την γονιμοποίηση των ωών, είτε ερμαφροδιτικά οπότε η παραγωγή ωαρίων και σπερματοζωαρίων πραγματοποιείται από τα θηλυκά (Κολιοπάνος, 1999). Επίσης υπάρχουν κάποιες περιπτώσεις ερμαφροδιτισμού όπου υφίσταται παρουσία αρσενικών ατόμων που μπορεί να λάβουν ενεργό ή μη ενεργό ρόλο. Όταν είναι ενεργητικά η αναπαραγωγή γίνεται αμφιμικτικά ενώ στην αντίθετη περίπτωση με αυτογονιμοποίηση (Triantaphyllou, 1971).

Στα αμφιμικτικά είδη, η αναλογία αρσενικών προς θηλυκά είναι κατά βάση 1:1 αλλά εξαρτάται κατά πολύ από τις συνθήκες του περιβάλλοντος και διαφέρει από είδος σε είδος. Για παράδειγμα, σε περιπτώσεις υψηλών θερμοκρασιών, σοβαρής προσβολής ή απουσίας τροφής τα αρσενικά άτομα είναι περισσότερα στον αριθμό από τα θηλυκά, όπως έχει παρατηρηθεί για ορισμένα είδη *Meloidogyne* (Tyler, 1933).

Οι θηλυκοί φυτοпараσιτικοί νηματώδεις, ανάλογα με το είδος τους, γεννούν τα ωά τους μέσα ή έξω από τις ρίζες των ξενιστών τους και μετά το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου και τη μάρανση των φυτών τα ωά παραμένουν μέσα στις νεκρές ρίζες ή στο έδαφος. Ο αριθμός των ωών που εναποθέτει κάθε θηλυκό άτομο εξαρτάται επίσης από το είδος του νηματώδη. Για παράδειγμα οι κυστογόνοι νηματώδεις της πατάτας γεννούν 500-600 ωά (Κύρου, 2004), ενώ οι κομβονηματώδεις (*Meloidogyne*) 100–1000 (Karssen, 1999).

Η προστασία των ωών από τις τυχόν δυσμενείς συνθήκες που μπορεί να επικρατούν επιτυγχάνεται με το ανθεκτικό κέλυφος που τα περιβάλλει. Η διάρκεια παραμονής τους στο έδαφος εξαρτάται από το είδος τους και μπορεί να είναι από κάποιους μήνες μέχρι και μερικά χρόνια. Για παράδειγμα οι κυστογόνοι νηματώδεις, στους οποίους κατά το τέλος της ανάπτυξής τους το σώμα των θηλυκών διογκώνεται, και μετά το θάνατό τους μετατρέπεται σε ανθεκτική κύστη, η οποία ελευθερώνεται από τους ριζικούς ιστούς, κατόπιν θραύσης των φυτικών κυττάρων και τελικά πέφτει στο έδαφος (Κύρου, 2004). Έτσι τα περιεχόμενα εντός της κύστης ωά δεν είναι εκτεθειμένα σε εξωτερικούς κινδύνους και τους παρέχεται προστασία για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Η εκκόλαψη των ωών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, και κυρίως από την παρουσία νερού, το οποίο είτε δρα μόνο του είτε μεταφέρει ουσίες από τις ρίζες των φυτών της κάθε καλλιέργειας επάγοντας την εκκόλαψη των ωών (Κύρου, 2004). Από τα ωά εξέρχονται οι νύμφες 1<sup>ου</sup> σταδίου (J1). Μετά την πρώτη έκδυση που υφίστανται τα J1, εξέρχονται οι νύμφες 2<sup>ου</sup> σταδίου (J2), οι οποίες αποτελούν τις περισσότερες φορές το κατ' εξοχήν παθογόνο στάδιο των φυτοπαρασιτικών νηματωδών (Κολιοπάνος, 1999). Σε μερικές περιπτώσεις είναι δυνατόν η πρώτη έκδυση να συμβεί μέσα στο ωό, οπότε οι νύμφες J2 προκύπτουν μετά την εκκόλαψη αυτού. Ακολουθούν άλλες 2 εκδύσεις που συμβαίνουν εκτός ή εντός του ξενιστή, οπότε προκύπτουν αντίστοιχα οι νύμφες J3 και J4 και τέλος μία 4<sup>η</sup> έκδυση από την οποία προκύπτουν τα τέλεια θηλυκά ή τέλεια αρσενικά άτομα (Κύρου, 2004). Συνολικά λοιπόν ο βιολογικός τους κύκλος περιλαμβάνει 4 προνυμφικά στάδια όπου το πέρασμα από το ένα στάδιο στο άλλο προϋποθέτει την έκδυση (αποδερμάτωση) τους και το σχηματισμό νέας επιδερμίδας λόγω της αύξησης του μεγέθους του σώματος τους (Ηλιόπουλος, 1997).

Τα νυμφικά στάδια ονομάζονται και ατελή καθώς έχουν όλα τα όργανα τους αναπτυγμένα εκτός του αναπαραγωγικού συστήματος, το οποίο υπάρχει μόνο υποτυπωδώς (Κολιοπάνος, 1999) και εξελίσσεται κατά την διάρκεια των 4 προνυμφικών σταδίων (Κύρου, 2004).

Το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για την συμπλήρωση του βιολογικού τους κύκλου κυμαίνεται συνήθως από 15 έως 50 ημέρες και εξαρτάται από το είδος του κάθε νηματώδη και τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα η διάρκεια του βιολογικού κύκλου των κομβονηματωδών μπορεί να είναι από 21 ημέρες έως αρκετούς μήνες, επηρεαζόμενος από τη θερμοκρασία και την παρουσία ή έλλειψη φυτών-ξενιστών (Κύρου, 2004).

Για την επιβίωση και δραστηριοποίησή τους απαιτούνται ορισμένες ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας, αερισμού, εδαφικού τύπου, σχετικής εδαφικής υγρασίας καθώς και παρουσία κατάλληλου ξενιστή. Ζωτικής σημασίας είναι και η παρουσία επαρκούς όμως νερού και οξυγόνου. Ιδανικότερες συνθήκες είναι: εδαφική υγρασία 50-70%, θερμοκρασία 10-30°C, εδαφική οξύτητα pH 5-8 και έδαφος μέσης σύστασης. Σε δυσμενείς συνθήκες όπως θερμοκρασίες κάτω των 10°C ή άνω των 30°C, βαριά αργιλλώδη ή αμμώδη εδάφη, με πολύ χαμηλή ή υπερβολική υγρασία και απουσία καταλλήλου ξενιστή παρατηρείται περιορισμός της δραστηριότητας των νηματωδών ή ακόμη και πλήρης αδρανοποίησή τους. Οι νηματώδεις αυτοί μπορεί να αναβιώσουν από αυτό το είδος νάρκης και να επαναδραστηριοποιηθούν όταν δημιουργηθούν ευνοϊκές συνθήκες. Ωστόσο, σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε

καλλιέργειες στο Long Island της Νέας Υόρκης, διαπιστώθηκε ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα δεν περιόρισαν την ανάπτυξη, τη δραστηριότητα και την μόλυνση από κομβοηματώδεις (Cunningham, 1936, Daulton & Nusbaum, 1961).

Οι περισσότεροι νηματώδεις διαβιούν γύρω από τη ριζόσφαιρα των ξενιστών τους, στα ανώτερα στρώματα του εδάφους, μέχρι βάθους 40 εκατοστών. Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι όσο αυξάνει το βάθος της δειγματοληψίας τόσο μειώνεται ο πληθυσμός αυτών (Wang & Zhang, 1992). Σε ορισμένες περιπτώσεις κάποιοι νηματώδεις μπορεί να φθάσουν και σε μεγαλύτερα βάθη, όπως ο νηματώδης *Xiphinema index* που παρασιτεί την άμπελο και μπορεί να φτάσει σε βάθος ακόμη και 3.5m (Wallace, 1963).

Οι νηματώδεις, με βάση την οικολογική τους προσαρμογή ταξινομούνται στις ακόλουθες ομάδες:

A. Ζωοπαρασιτικούς:

- α. ασπόνδυλων
- β. σπονδυλωτών

B. Μη ζωοπαρασιτικούς:

- α. Υδροβιοί
- β. Υφάλμυρων νερών
- γ. Γλυκέων νερών

Γ. Αμφίβιους

Δ. Εδάφους:

- α. Σαπροφάγους
- β. Σαρκοφάγους
- γ. Μυκητοφάγους και
- δ. Φυτοπαρασιτικούς που χωρίζονται σε:

1. Παρασιτικούς υπέργειων φυτικών τμημάτων: ζουν στην επιφάνεια του εδάφους απ όπου μεταφέρονται στα υπέργεια μέρη των φυτών (φύλλα, βλαστούς, άνθη) όπου και τρέφονται, ενδο- ή εκτοπαρασιτικά (Μπούρμος & Σκουντριάδης, 1990)
2. Παρασιτικούς υπόγειων φυτικών τμημάτων: προσβάλλουν τα υπόγεια μέρη των φυτών (ρίζες, κονδύλους, βολβούς, ριζώματα) και διακρίνονται σε εκτοπαρασιτικούς, ενδοπαρασιτικούς και ημιενδοπαρασιτικούς (Κύρου, 2004).

Ανάλογα με τον τρόπο διαβίωσης και παρασιτισμού τους επάνω στα φυτά, οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις μπορεί να είναι: ενδοπαρασιτικοί, που εισέρχονται εντός των

ριζών και ζουν μονίμως εντός αυτών, ημιενδοπαρασιτικοί, που βυθίζονται μερικώς το πρόσθιο τμήμα του σώματός τους εντός του φυτού ξενιστή, εκτοπαρασιτικοί, που διαβιούν μόνιμα εντός του εδάφους και απομυζούν την απαιτούμενη τροφή από τις ρίζες των φυτών εισάγοντας μόνο το στίλετο τους εντός των κυττάρων και κυστογόνοι, των οποίων το 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, και 4<sup>ο</sup> νυμφικό στάδιο λαμβάνει χώρα εντός των φυτικών ιστών, ενώ τα τέλεια άτομα τρέφονται ημιενδοπαρασιτικά και μετά το θάνατο των θηλυκών, αυτά γίνονται κύστεις και παραμένουν στο έδαφος.

Ο παρασιτισμός των φυτικών κυττάρων επιτυγχάνεται όπως προαναφέρθηκε με τη βοήθεια του στίλετου των νηματώδων. Αρχικά οι νηματώδεις αφού φτάσουν σε κάποια πιθανή θέση σίτισης, συστρέφουν την κεφαλή τους με γρήγορες κινήσεις, ώσπου τα χείλη τους να βρουν κάποιο κατάλληλο σημείο. Σε αυτό το στάδιο πιστεύεται ότι ενεργοποιούνται και τα αισθητήρια όργανα αφής. Στην συνέχεια φέρνουν την κεφαλή και το στίλετο τους σε ορθή γωνία με τα φυτικά κύτταρα και ξεκινά η φάση της διείσδυσης. Είναι πιθανό να ακολουθήσει μια περίοδος ακινησίας, κατά την οποία γίνεται έκχυση ενζύμων (Κύρου, 2004). Με παλινδρομικές κινήσεις του στίλετου, καταφέρνουν πολλαπλά χτυπήματα στα φυτικά κύτταρα προκαλώντας διάτρηση των κυτταρικών τοιχωμάτων και εν συνεχεία διαλυτοποίησή τους, η οποία επιτυγχάνεται με την βοήθεια ορισμένων ενζύμων που εκκρίνουν π.χ. πηκτινάση (Κολιοπάνος, 1999). Η άντληση των χυμών του κυττάρου μπορεί να διαρκέσει από μερικά λεπτά μέχρι μερικές μέρες, γεγονός που εξαρτάται από το είδος του νηματώδη. Για παράδειγμα, η απομύζηση των κυτταρικών συστατικών από τον *Paratrichodorus anemones* διαρκεί μέχρι τρία λεπτά (Karanastasi *et al.*, 2003). Όταν η τροφή σε κάποιο σημείο σίτισης εξαντληθεί, είτε μετακινούνται σε άλλο φυτικό κύτταρο επί της ίδιας ρίζας είτε μεταναστεύουν σε γειτονικούς ιστούς του ίδιου ή άλλου ξενιστή.

Η κίνηση των νηματώδων στο έδαφος εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την υγρασία, τον τύπο του εδάφους, την οσμωτική πίεση, το μέγεθος των πόρων του εδάφους καθώς επίσης και το μέγεθος του νηματώδη (Wallace, 1963, Jones *et al.*, 1969) και απαιτεί την παρουσία έστω και ελάχιστης ποσότητας νερού. Η κίνηση τους στα υπέργεια μέρη των φυτών απαιτεί επίσης την ύπαρξη νερού και επηρεάζεται από κλιματολογικούς παράγοντες όπως η βροχή αλλά και από μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών, όπως την ύπαρξη τριχιδίων στα φύλλα ή τους βλαστούς που περιορίζει την δυνατότητα κίνησης και μετανάστευσης.



## 1.6 ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΠΟΡΑ

Η διάδοση τους στο έδαφος αναφέρεται στην οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή τους, η οποία εξαρτάται από τις βροχοπτώσεις, την εδαφική υγρασία, τη θερμοκρασία του και τον τύπο εδάφους, την ευαισθησία και τον τύπο του ριζικού συστήματος, το είδος του νηματώδη και τέλος την κατεργασία του εδάφους (Κύρου, 2004).

Όπως προείπαμε οι νηματώδεις από μόνοι τους μπορούν να μετακινηθούν λίγα εκατοστά έως το πολύ ένα μέτρο ετησίως και αυτό μόνο υπό την παρουσία ελάχιστης ποσότητας νερού. Διαφορετικά η εκούσια μετακίνησή τους είναι αδύνατη. Σε μεγαλύτερες αποστάσεις μετακινούνται μόνο μηχανικά, με:

- τη μεταφορά χώματος, φυτών ή φυτικών τμημάτων που έχουν μολυνθεί και με την φύτευση και εγκατάσταση δενδρυλλίων, φυταρίων, κονδύλων, βολβών και σπόρων που είναι προσβεβλημένοι.
- τα χρησιμοποιούμενα καλλιεργητικά μηχανήματα, τα εργαλεία, την υπόδηση και ένδυση των εργαζομένων στον αγρό και των γεωργικών υλικών που μεταχειρίζονται (σάκκοι κλπ.)
- με το βρόχινο νερό και το νερό των αρδεύσεων ή ακόμα και αυτό σε περίπτωση πλημμύρων.
- με τα έντομα και
- με τον ισχυρό άνεμο που μπορεί να παρασύρει τα ωά και τις κύστες των νηματωδών.

## 1.7 ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΑΠΟ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ

Κατά γενική ομολογία ο παρασιτισμός των φυτών από τους νηματώδεις έχει ως συνέπεια την εξασθένηση τους, τη μείωση της παραγωγής και την ποιοτική υποβάθμιση των παραγόμενων προϊόντων.

Οι προκαλούμενες ζημιές μπορεί να είναι:

1. Μηχανικές που προκαλούνται από το στιλέτο ή κατά την είσοδο του νηματώδη στον ξενιστή και τη μετέπειτα κίνηση του εντός των φυτικών ιστών. Οι μηχανικές βλάβες μπορεί να οδηγήσουν σε επιδερμικές ή κυτταρικές νεκρώσεις και να επάγουν και την ανάπτυξη δευτερογενών προσβολών από παθογόνα (μύκητες, βακτήρια), με επακόλουθο την δυσλειτουργία ή την καταστροφή των φυτικών ιστών.

2. Μολύνσεις, καθώς ορισμένοι νηματώδεις είναι φορείς φυτοπαθογόνων ιών ή άλλων ασθενειών, τις οποίες μπορούν να μεταδώσουν στα φυτά κατά τον παρασιτισμό.
3. Παρακμή του φυτού, ως αποτέλεσμα της απομύζησης των κυτταρικών χυμών (Christie 1959).
4. Διαταραχή της βιοχημείας.

Τα συμπτώματα που παρατηρούνται στα φυτά εξαρτώνται από το είδος του νηματώδη, το είδος του φυτού, το είδος του φυτικού οργάνου επί του οποίου γίνεται ο παρασιτισμός, την ηλικία του ξενιστή, την έκταση της προσβολής, τον βαθμό ευαισθησίας του ξενιστή κ.α. Τα συμπτώματα χωρίζονται σε 2 ομάδες:

Σε περίπτωση που η προσβολή λαμβάνει χώρα στο υπόγειο τμήμα του φυτού, τα συμπτώματα που εκδηλώνονται στο υπέργειο είναι όμοια με εκείνα που προκαλούνται από διάφορους παράγοντες δυσλειτουργίας του ριζικού συστήματος (προσβολές από μύκητες, βακτήρια, ιούς κλπ), από υπερβολική ή ελλιπή εδαφική υγρασία, κακό αερισμό των ριζών, τροφωπενίες κλπ (Ηλιόπουλος, 1997). Τα συμπτώματα αυτά μπορεί να είναι:

1. Καχεξία
2. Μάρανση μικρής ή μεγάλης έκτασης που σε ορισμένες περιπτώσεις σοβαρών προσβολών οδηγεί στην νέκρωση τους.
3. Καθυστέρηση της βλάστησης
4. Νανισμός
5. Μικροφυλλία και φυλλόπτωση
6. Μικροκαρπία
7. Νεκρώσεις βραχιόνων.

Σε περίπτωση προσβολής του υπέργειου τμήματος, παρατηρούνται επίσης:

1. Σχηματισμός φυματίων σε φύλλα, στελέχη και καρπούς
2. Μεταχρωματισμοί και νεκρώσεις σε φύλλα, άνθη και στελέχη
3. Νέκρωση και εκφυλισμός οφθαλμών
4. Παραμορφώσεις βλαστών, φύλλων, στελεχών (συστροφή, αναδίπλωση) και μετατροπή των σπόρων σε σποροκηκίδες (*Anguina tritici* σε σιτάρι).

Κατά την προσβολή του υπόγειου μέρους τα συμπτώματα που παρατηρούνται είναι:

1. Διακοπή της ανάπτυξης της κεντρικής ρίζας και παραγωγή πλάγιων οφθαλμών με υπερβολική διακλάδωση των ριζών (θύσανοι) *Heterodera avenae* (Thorne, 1961, Wallace, 1963)
2. Κόμβοι και εξογκώματα πάνω στις ρίζες (*Meloidogyne* spp., Εικ. 1.3)
3. Μεταχρωματισμός ριζών και εξελκώσεις
4. Σάπισμα ριζών και νεκρώσεις
5. Συστροφές και διόγκωση ριζών
6. Σήψη κονδύλων ή βολβών.



Εικόνα 1.3. Προσβεβλημένη ρίζα φυτού τομάτας από νηματώδεις του γένους *Meloidogyne* (Πηγή: Κουτσουμάρης Ιωάννης, Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Καλαμάτας, 2004).

## 1.8 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ ΜΕ ΑΛΛΟΥΣ ΠΑΘΟΓΟΝΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

Η δράση των νηματώδων στα φυτά μπορεί να αποφέρει πολύ σοβαρές ζημιές στις καλλιέργειες. Πέραν τούτου, η ταυτόχρονη δράση τους με άλλα παθογόνα μπορεί να οδηγήσει σε ολοσχερή και μη αναστρέψιμη καταστροφή λόγω των συνεργιστικών αλληλεπιδράσεων που λαμβάνουν χώρα.

Έτσι, οι νηματώδεις μπορεί να:

1. Δρουν ως φορείς παθογόνων (π.χ. η μεταφορά του βακτηρίου *Corynebacterium tritici* στο σιτάρι από τον *Anguina tritici*).
2. Δημιουργούν πέρασμα για παθογόνους μικροοργανισμούς και ιούς μέσω των πληγών που προκαλούν στις ρίζες.

3. Προκαλούν μεταβολές στη φυσιολογία του φυτού-ξενιστή (π.χ. απώλεια ανθεκτικότητας σε ποικιλίας καπνού με ανθεκτικότητα στο μύκητα *Phytophthora* όταν υπάρχει ταυτόχρονη προσβολή από το μύκητα και νηματώδεις *Meloidogyne*).

Άλλες αλληλεπιδράσεις μπορεί να συμβούν μεταξύ:

A. Νηματωδών και μυκήτων. π.χ. παρουσία *Pratylenchus* spp. αυξάνει την προσβολή από *Verticillium* spp., επίσης η συνδυαστική δράση του *Heterodera schachtii* με τον μύκητα *Rhizoctonia solani* μπορεί να αποβεί καταστροφική (Polychronopoulos *et al.*, 1969), ενώ η παρουσία του *Belonolaimus gracilis* προκαλεί αύξηση της προσβολής από *Fusarium* spp.

B. Νηματωδών και βακτηρίων. Π.χ. η αλληλεπίδραση νηματωδών *Pratylenchus*, *Paratrichodorus*, *Meloidogyne* και *Xiphinema* με το *Claibacterium xyli* σε σακχαροκάλαμο είχε σαν αποτέλεσμα την διακοπή της ανάπτυξης του (Spraul & Bailey, 1993).

Γ. Νηματωδών και ιών. Μέχρι σήμερα έχει διαπιστωθεί ότι μερικά είδη των γενών *Xiphinema*, *Longidorus*, *Trichodorus* και *Paratrichodorus* αποτελούν φορείς ιών, όπως ο *X. index* που μεταφέρει τον ιό που προκαλεί τον μολυσματικό εκφυλισμό της αμπέλου (GFLV).

## 1.9 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

Η επιτυχία της καταπολέμησης των νηματωδών εξαρτάται από ένα συνονθύλευμα παραγόντων που σχετίζονται με το περιβάλλον, τη βιολογία των νηματωδών και των ξενιστών τους, τη συγκέντρωση του πληθυσμού και την έκταση της προσβολής. Επίσης για να σχεδιασθεί ένα αξιολογικό πρόγραμμα καταστολής και καταπολέμησης είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε το συγκεκριμένο είδος του νηματώδη που μας ενδιαφέρει λόγω της διαφορετικότητας που επικρατεί στη βιολογία των διάφορων ειδών (Barker & Noe, 1987, Hooper & Evans, 1993). Για το λόγο αυτό πριν την εφαρμογή οποιασδήποτε μεθόδου, πρέπει να απευθυνόμαστε σε ειδικούς επιστήμονες.

Επίσης, πρέπει να γνωρίζουμε ότι όποια μέθοδο και να χρησιμοποιήσουμε δε είναι ποτέ δυνατόν να μηδενισθούν εξ ολοκλήρου οι πληθυσμοί των νηματωδών. Για το λόγο αυτό, σημαντικότερη της καταπολέμησης είναι η λήψη προληπτικών μέτρων προς αποφυγή της μόλυνσης (Taylor, 1953, Wallace, 1963, Brown, 1965). Τέτοια προληπτικά μέτρα είναι:

- Η χρησιμοποίηση υγιούς και απαλλαγμένου από νηματώδεις πολλαπλασιαστικού υλικού π.χ. βολβών, σπόρων, μοσχευμάτων.

- Η συστηματική απολύμανση των γεωργικών εργαλείων με διάφορα μέσα όπως καυτό νερό, ατμό ειδικά όσων προέρχονται από περιοχές εκτεθειμένες σε νηματώδεις.
- Η θέσπιση και η τήρηση σχετικών νομοθετικών μέτρων καθώς και η διεξαγωγή αυστηρών φυτοϋγειονομικών ελέγχων σε εισαγόμενα γεωργικά προϊόντα.

Η καταπολέμηση των νηματωδών επιτυγχάνεται με την επιστράτευση χημικών, φυσικών και βιολογικών μεθόδων.

Η φυσική καταπολέμηση αναφέρεται στη θανάτωση των νηματωδών χωρίς τη χρησιμοποίηση χημικών, η οποία βασίζεται στο ότι κάθε ζωντανός οργανισμός έχει συγκεκριμένα όρια ζωής. Μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους, και η επιλογή της καλύτερης εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν στον αγρό, όπως τοποθεσία, υγρασία, θερμοκρασία, διαθεσιμότητα νερού και τεχνικού εξοπλισμού. Τα πλεονεκτήματα των φυσικών μεθόδων είναι ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναντίον όλων σχεδόν των ειδών και δεν αφήνουν χημικά υπολείμματα στις καλλιέργειες και το έδαφος. Ωστόσο η αποτελεσματικότητά τους ως προς την αντιμετώπιση των νηματωδών είναι σχετική, καθώς δε δρουν τόσο γρήγορα όσο τα χημικά σκευάσματα και για να έχουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα πρέπει να γίνει συνδυασμός και με άλλες μεθόδους (Kerry, 1990). Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι είναι:

- 1) Καλή κατεργασία του εδάφους, η οποία στοχεύει στην αναμόχλευση του εδάφους, που έχει ως αποτέλεσμα την έκθεση των νηματωδών στην ηλιακή ακτινοβολία και τον αέρα (Jones *et al.*, 1969).
- 2) Κατάλληλη προετοιμασία του αγρού που διατηρεί τη γονιμότητά του, γεγονός που συντελεί στην ευρωστία, την ανάπτυξη καλής υγείας των φυτών και την ανθεκτικότητά τους σε προσβολές από διάφορους οργανισμούς (Κύρου, 2004).
- 3) Εγκατάσταση πρόωμης καλλιέργειας, ώστε το ριζικό σύστημα να εγκατασταθεί καλά πριν τη δραστηριοποίηση των νηματωδών, (Κύρου, 2004).
- 4) Αμειψισπορά με είδη ή ποικιλίες που δεν αποτελούν ξενιστές του νηματώδη που μας ενδιαφέρει. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι να γνωρίζουμε το ακριβές είδος του νηματώδη και τους ξενιστές του (Barker, 1991). Η μέθοδος δεν είναι αποτελεσματική για πολυφάγα είδη όπως οι *Meloidogyne* (Kinloch, 1973). Κατά την εφαρμογή αμειψισποράς δεν πρέπει να υπάρχουν στον αγρό άλλα φυτά, ιδιαίτερα ζιζάνια (Hooper & Stone, 1980).
- 5) Η εφαρμογή αγρανάπαυσης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες σε συνδυασμό με 2-3 οργώματα και την καταστροφή των ριζών της προηγούμενης καλλιέργειας και των

ζιζανίων μειώνει σημαντικά τον πληθυσμό των νηματωδών, ακόμα και όταν είναι μικρής διάρκειας (Overmann, 1985, Overmann *et al.*, 1971). Είναι μέθοδος ιδιαίτερα αποτελεσματική έναντι των νηματωδών που δεν αντέχουν στις θερμοκρασίες (π.χ. *Meloidogyne* spp.), ωστόσο θεωρείται ότι εντείνει την διάβρωση του εδάφους καθώς επιδρά στην οργανική σύσταση και τη δομή του (Brandy, 1974).

- 6) Η μέθοδος της κατάκλυσης του αγρού με νερό, στηρίζεται στην θανάτωση των νηματωδών εξαιτίας της έλλειψης οξυγόνου και τροφής. Η αποτελεσματικότητα της εξαρτάται από το είδος του νηματώδη αλλά γενικά θεωρείται αντιοικονομική, μη πρακτική και δύσκολα εφαρμόσιμη λόγω της δυσκολίας ανεύρεσης τόσων μεγάλων ποσοτήτων νερού. Καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με την εναλλαγή μιας υγρής περιόδου με μια ξηρή (Overmann, 1964).
- 7) Η εμβάπτιση φυτικών τμημάτων σε θερμό νερό ορισμένης θερμοκρασίας και για ορισμένο χρονικό διάστημα, έχει ως αποτέλεσμα τη θανάτωση των νηματωδών. Η μέθοδος ενδείκνυται για πολλά βολβώδη είδη όπως για τον *Ditylenchus dipsasi* στο κύμινο και τον κρόκο, ή για τους *Meloidogyne* spp. στον υάκινθο κ.τ.λ. (Bryden, 1967), αλλά πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί ώστε να μην καταστρέψουμε τους φυτικούς ιστούς.
- 8) Η μέθοδος της ηλιοαπολύμανσης χρησιμοποιείται πολύ αποτελεσματικά για την καταπολέμηση ζιζανίων και μυκήτων (Borges & Sequeira, 1992) με την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα ο αγρός καλύπτεται με διαφανές πλαστικό κατά την διάρκεια του καλοκαιριού (Katan, 1981), με αποτέλεσμα την άνοδο της θερμοκρασίας εδάφους στους 40-50° C, η οποία είναι επίσης θανατηφόρος και για τους νηματώδεις (Gaur & Perry, 1991). Σε πείραμα που έγινε σε θερμοκήπιο, με επικράτηση θερμοκρασίας εδάφους 41°C και αέρος 70°C, για 4 ώρες κατ' ελάχιστο, στο 55% από 480 μετρήσεις οι θερμοκρασίες επιβίωσης των *Meloidogyne* ξεπεράστηκαν κατά πολύ (Arutyunov, 1990). Τα τελευταία χρόνια μελετώνται και κάποιες εναλλακτικές προσεγγίσεις που αφορούν στο συνδυασμό της μεθόδου με νερό που θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία, ή συνδυασμό με κάποια νηματοκτόνα και φυσικούς ανταγωνιστές των νηματωδών για την καλύτερη αποδοτικότητα της μεθόδου (Stapleton *et al.*, 1987).
- 9) Η απολύμανση του εδάφους με υδρατμούς πραγματοποιείται με την εγκατάσταση δικτύου σωλήνων σε βάθος 15εκ. περίπου και την κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους με πλαστικό για να αποφύγουμε τυχόν απώλειες του ατμού. Η διάρκεια εφαρμογής εξαρτάται από το πόσο μεγάλη θερμοκρασία θέλουμε να αναπτυχθεί. Έχει διαπιστωθεί ότι θερμοκρασίες άνω των 52-60°C είναι φονικές για τους νηματώδεις (Κύρου, 2004). Η

μέθοδος είναι αποτελεσματική και για μύκητες, βακτήρια και άλλους εχθρούς (Dimock, 1956).

11) Η αύξηση της συγκέντρωσης της οργανικής ουσίας του εδάφους ευνοεί την ανάπτυξη και δραστηριότητα σαπροφυτικών οργανισμών οι οποίοι δρουν ανταγωνιστικά προς τους νηματώδεις μειώνοντας τους πληθυσμούς τους (Κολιοπάνος, 1999).

Η **βιολογική καταπολέμηση** αφορά στην θανάτωση νηματωδών με την χρησιμοποίηση βιολογικών παραγόντων και αποσκοπεί στην αύξηση της συγκέντρωσης των παρασίτων και των φυσικών εχθρών των νηματωδών που βρίσκονται εντός του εδάφους, η οποία οδηγεί σε αυξημένα ποσοστά νεκρών νηματωδών (Paracer *et al.*, 1966). Οι μέθοδοι αυτές, δείχνουν να έχουν καλά αποτελέσματα αλλά βρίσκονται ως επί το πλείστο σε ερευνητικό επίπεδο γιατί υπάρχουν πολλές δυσκολίες που σχετίζονται με τον τρόπο αύξησης των πληθυσμών των βιολογικών παραγόντων και την ενεργοποίηση της δραστηριότητάς τους σε επίπεδα ικανά να μειώσουν τους πληθυσμούς των νηματωδών. Για τους λόγους αυτούς, καθώς και λόγω της αλληλεπίδρασης με περιβαλλοντικούς, βιοτικούς, εδαφολογικούς και άλλους παράγοντες, δε μπορούν να εφαρμοστούν σε ευρεία κλίμακα, παρά μόνο σε θερμοκήπια ή σε αγροτεμάχια μικρής έκτασης (Kerry, 1987). Κατά την εφαρμογή τους πάντως, η επίδρασή τους καθυστερεί να φανεί, γιατί η ταχύτητα δράσης τους εξαρτάται από τη χορηγούμενη ποσότητα του παράγοντα και η παράταση της δραστηριότητάς τους από τη συχνότητα των εφαρμογών η οποία τελικά ελαττώνεται όταν ο παράγοντας εγκατασταθεί στο έδαφος και αρχίσει να αναπαράγεται (Dulmage, 1971).

Η βιολογική καταπολέμηση μπορεί να εφαρμοσθεί με δύο τρόπους: α) τεχνητά, δηλαδή με την προσθήκη του βιολογικού παράγοντα στο έδαφος από τον ίδιο τον άνθρωπο και β) φυσικά, δηλαδή με την εφαρμογή τεχνικών που σκοπό έχουν την αύξηση και ενεργοποίηση της δραστηριότητας των οργανισμών που ήδη υπάρχουν στο έδαφος και που η ανάπτυξή τους ήταν τυχαία.

Ως βιολογικοί παράγοντες καταπολέμησης των νηματωδών θεωρούνται:

1) Ανταγωνιστικά φυτά, δηλαδή φυτά που παράγουν τοξικές ουσίες και προκαλούν μείωση των πληθυσμών των νηματωδών (Birch *et al.*, 1993). Τέτοια φυτά είναι το *Asparagus officinalis* (σπαράγγι) που παράγει μια τοξική γλυκοσιδάση, το *Tagetes patula* (κατηφές) που έχει αποδειχθεί ότι ελαττώνει τους πληθυσμούς των *Pratylenchus* και *Meloidogyne*, το *Crotalaria spectabilis*, καθώς και το *Lawsanta inermis* που σε ταυτόχρονη καλλιέργεια τομάτας περιορίσε την έκταση της προσβολής από τον *Meloidogyne incognita* (Κύρου, 2004).

2) Φυτά παγίδες, τα οποία είναι φυτά που παρουσιάζουν ευαισθησία στην προσβολή από νηματώδεις. Τα φυτά καλλιεργούνται ώστε να δραστηριοποιηθούν οι νηματώδεις και στη συνέχεια ακολουθεί εκκρίζωση αυτών πριν την συμπλήρωση του βιολογικού κύκλου των νηματωδών, ώστε να παρεμποδιστεί η αναπαραγωγή τους. Μειονέκτημα της μεθόδου αποτελεί το γεγονός ότι απαιτείται πολύ καλή γνώση της βιολογίας του φυτού και του συγκεκριμένου είδους νηματώδη, ενώ ταυτόχρονα είναι δύσκολο να απομακρυνθεί το σύνολο των μολυσμένων ριζών. Σημαντικό παράγοντα αποτελούν και οι καιρικές συνθήκες καθώς μπορεί να επηρεάσουν το βιολογικό κύκλο του νηματώδη επιταχύνοντας ή επιβραδύνοντας την ολοκλήρωσή του. Οι δύο παραπάνω παράμετροι μπορεί να επηρεάσουν σοβαρά την αποτελεσματικότητα της μεθόδου καθώς υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης αύξησης του πληθυσμού των νηματωδών αντί της επιθυμητής μείωσης (Κύρου, 2004). Επίσης κατά την εφαρμογή της μεθόδου πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη το κόστος καλλιέργειας του ευπαθούς φυτού-παγίδα. Η προοπτική εφαρμογής της μεθόδου σε ευρεία κλίμακα εξαρτάται από το αν τα επίπεδα καταπολέμησης είναι ικανοποιητικά (Ouden, 1956).

3) Φυσιικοί εχθροί των νηματωδών, δηλαδή νηματοβόροι ή νηματοπαθογόνοι οργανισμοί. Οι περισσότερες έρευνες που έχουν γίνει στηρίζονται στη χρήση του βακτηρίου *Pasteria penetrans* και νηματοβόρων ή αρπακτικών μυκήτων (Duddington, 1960) όπως *A. spp.* και *Pochonia chlamydosporia* (συν. *Verticillium chlamidosporium*).

Πολλές μελέτες έχουν γίνει σχετικά με το βακτήριο *P. penetrans*, ιδιαίτερα πάνω στην καταπολέμηση των *Meloidogyne spp.* (Mankau & Imbriani, 1975, Mankau & Prasad, 1977, Sayte & Wergin, 1977). Το βακτήριο μολύνει τους νηματώδεις με ενδοσπόρια τα οποία προσκολλώνται στην επιδερμίδα τους και έχει διαπιστωθεί μείωση του πληθυσμού *Meloidogyne* μέχρι και 99% μέσα σε 3 εβδομάδες (Birchfield & Antonopoulos, 1970). Οι Tzortzakakis και Gowen (1994) διαπίστωσαν πως υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου των νηματωδών όταν αυτοί βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις για δυο τουλάχιστον καλλιεργητικές περιόδους αν και τα αποτελέσματα έρχονται σε αντίθεση με μετέπειτα πειράματα όπου δε διαπιστώθηκε καμία επίδραση στον πληθυσμό των νηματωδών ούτε και στα σχηματιζόμενα φυμάτια παρά την ύπαρξη σπορίων του βακτηρίου εντός του εδάφους (Tzortzakakis *et al.*, 1997). Επίσης, πειράματα γίνονται και με ριζοβακτήρια, τα οποία εφαρμοζόμενα στο σπόρο φαίνεται να επιφέρουν μείωση στην εισβολή των νηματωδών στις ρίζες (Becker *et al.*, 1988), πιθανότατα επηρεάζοντας την εκκόλαψη των ωών και την ικανότητα τους να αναγνωρίζουν τους ξενιστές τους.

Ενθαρρυντικά αποτελέσματα έχουν δοθεί από την χρησιμοποίηση των *Arthrobotrys*, που η δράση τους ενάντια στους νηματώδεις συνίσταται στην δημιουργία παγίδων με τις υφές



τους (Kerry *et al.*, 1980, 1982, 1982, 1987). Το *P. chlamydosporia* φαίνεται να μειώνει τον αριθμό των παραγόμενων ωών (Kerry & Bourne, 1996) αλλά είναι αποτελεσματικό μόνο σε περίπτωση μικρής προσβολής και σίγουρα όχι σε πολύ ευπαθείς καλλιέργειες (Bourne *et al.*, 1994). Ωστόσο, άλλη έρευνα έδειξε ότι ο μύκητας ενώ είχε δημιουργήσει αποικία δεν κατάφερε να μειώσει ούτε τον αριθμό των παραγόμενων ωών *Meloidogyne* αλλά ούτε και τον σχηματισμό φυματίων στις ρίζες (Tzortzakakis, 2000, Tzortzakakis & Petsas, 2003).

Νηματοβόροι οργανισμοί είναι επίσης κάποια πρωτόζωα π.χ. οι Αμοιβάδες (Κολιοπάνος, 1999), ή ορισμένοι νηματώδεις που τρέφονται από άλλους νηματώδεις είτε τρυπώντας το σώμα του με τη βοήθεια στιλέτου και στη συνέχεια απομυζώντας τα συστατικά του (*Seinura* spp.), είτε τρώγοντας ολόκληρο το νηματώδη (*Tripula* spp.), είτε διασπώντας το σώμα του και στη συνέχεια τρώγοντας το περιεχόμενό του (*Mononchus* spp.) (Κολιοπάνος, 1999).

Τέλος, έχει παρατηρηθεί ότι κάποιοι νηματώδεις μπορεί να προσβάλλονται από ιούς και επίσης αρκετά είδη ακάρεων και εντόμων εδάφους θεωρείται ότι τρέφονται με νηματώδεις συνεισφέροντας στην ελάττωση του πληθυσμού τους.

4) Ανθεκτικές ποικιλίες, φυσικής ή τεχνητής επιλογής, οι οποίες είτε παραμένουν απρόσβλητες, είτε είναι ανεκτικές ως προς την προσβολή και μπορούν να συνεχίζουν την ανάπτυξή τους. Οι ποικιλίες αυτές, αν φυτευτούν πριν την ευπαθή ποικιλία σημειώνουν μεγάλη επιτυχία στην μείωση του πληθυσμού νηματωδών (Hanna *et al.*, 1994, Omat *et al.*, 1997), όμως η ανθεκτικότητά τους επηρεάζεται από το γεωγραφικό πλάτος των περιοχών που εφαρμόζονται και τις επικρατούσες συνθήκες. Για παράδειγμα, έχει διαπιστωθεί μείωση της ανθεκτικότητας λόγω υψηλών θερμοκρασιών (Cook & Evans, 1987) και γι' αυτό συνιστάται η καλλιέργειά τους την Άνοιξη που οι θερμοκρασίες είναι πιο ήπιες. Στις μέρες μας έχουν δημιουργηθεί αρκετές τέτοιες ποικιλίες, όπως στην τομάτα (με ανθεκτικότητα στους τρεις πιο ευρέως διαδεδομένους κομβονηματώδεις *M. javanica*, *M. incognita*, *M. arenaria*) (Κύρου, 2004). Επίσης η καλλιέργεια ορισμένων φυτών όπως ψυχανθών και σιτηρών μειώνει την συγκέντρωση των περισσότερων ειδών νηματωδών και αποκαθιστά μεγάλο μέρος της οργανικής ουσίας του εδάφους (Rodriguez-Kabana, 1992, Rodriguez-Kabana *et al.*, 1992).

Κατά τη βιολογική καταπολέμηση πρέπει να λαμβάνουμε υπ' όψη ότι κάθε παράγοντας έχει την ανάγκη επικράτησης συγκεκριμένων συνθηκών υγρασίας, θερμοκρασίας και pH για να είναι αποτελεσματικός (Kerry, 1990), αλλά γενικά θεωρείται ότι όταν η δράση τους κατευθύνεται προς τα αναπτυσσόμενα ενήλικα άτομα ή τα ωά τους είναι περισσότερο αποτελεσματική απ' ό,τι όταν κατευθύνεται προς τα ανήλικα άτομα (Kerry, 1980). Επίσης, η παρουσία περισσότερων του ενός φυσικού εχθρού δε συνεπάγεται αύξηση του βαθμού

καταστολής του λόγω ανταγωνισμού (Kerby, 1989), όπως δείχθηκε με τον νηματώδη *Heterodera avenae* του οποίου τα περισσότερα θηλυκά και ωά φονεύτηκαν από τους μύκητες *Nematophthora gynophila* και *P. chlamydosporia* παρά την ταυτόχρονη ύπαρξη πολλών άλλων μυκήτων (Kerby, 1984).

Όπως φαίνεται πάντως, οι βιολογικοί παράγοντες δε δύνανται να αντικαταστήσουν πλήρως τα χημικά μέσα (Backer & Cook, 1974) και η επίτευξη αποτελεσματικής αντιμετώπισης των νηματωδών απαιτεί την ταυτόχρονη και συνδυασμένη τους δράση με άλλες μεθόδους όπως η ηλιοαπολύμανση, η αμειψισπορά και εφαρμογή μικρών ποσοτήτων χημικών (Kerby, 1990). Η μελλοντική χρησιμοποίησή τους σε εμπορική κλίμακα θα γίνει εφικτή μόνο αν η δράση τους αποδειχτεί επαρκώς αποτελεσματική εναντίων σημαντικών νηματωδών (π.χ κομβονηματωδών, κυστονηματωδών) και αν το κόστος παραγωγής και εφαρμογής τους είναι μικρότερο συγκριτικά με αυτό των χημικών μέσων (Dulmage, 1971).

**Η χημική καταπολέμηση** αποτελεί σήμερα την κυριότερη μέθοδο αντιμετώπισης των νηματωδών και αφορά στη θανάτωση των νηματωδών κατόπιν χρησιμοποίησης χημικών μέσων. Για την επιτυχία της, η δραστική ουσία πρέπει να είναι στην κατάλληλη συγκέντρωση να έρθει σε άμεση επαφή με το σώμα του νηματώδη και να εισχωρήσει σε αυτό είτε μέσω της επιδερμίδας του, είτε μέσω των φυσικών ανοιγμάτων που διαθέτει (έδρα, γεννητικός πόρος, στόμα) είτε τέλος μέσω των φυτών που το έχουν απορροφήσει (Κολιοπάνος, 1999). Η επάρκεια του ελέγχου που θα πραγματοποιηθεί βασίζεται στον συνδυασμό της εφαρμοζόμενης ποσότητας του χημικού και στον χρόνο έκθεσης των παρασίτων σε αυτό.

Για την αποτελεσματικότητα της χημικής καταπολέμησης πρέπει να γνωρίζουμε το συγκεκριμένο είδος του νηματώδη που μας ενδιαφέρει και τη βιολογία του (Κύρου, 2004). Η αντιμετώπιση των εκτοπαρασιτικών νηματωδών, είναι πιο εύκολη καθώς η ουσία έρχεται σε άμεση επαφή με το σώμα τους, σε αντίθεση με τους ενδοπαρασιτικούς όπου η δραστική ουσία πρέπει πρώτα να απορροφηθεί από το φυτό και στη συνέχεια να δράσει πάνω στο νηματώδη.

Η δράση των νηματοκτόνων επιτυγχάνεται με μηχανική διασκόρπισή τους στο έδαφος, με διήθηση εντός του χώματος, με διάχυση των ατμών τους μέσω των πόρων του εδάφους ή με απορρόφησή τους από τα φυτά (Κολιοπάνος, 1999). Η δραστικότητά τους εξαρτάται από την καλή διάχυση της δραστικής ουσίας στο έδαφος και την παραμονή τους για ορισμένο χρονικό διάστημα σ' αυτό δεν πρέπει όμως να προκαλούνται φυτοτοξικότητες, να υπάρχουν υπολείμματα στο παραγόμενο προϊόν ούτε να μολύνεται ο υδροφόρος ορίζοντας και το περιβάλλον.

Ο τρόπος εφαρμογής των νηματοκτόνων εξαρτάται από τον τύπο του σκευάσματος και του εδάφους, το είδος της καλλιέργειας, των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν και του χώρου που επιθυμούμε να λάβει χώρα η απονημάτωση. Ο τύπος του εδάφους επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ταχύτητα και το βάθος διάχυσης του σκευάσματος γι' αυτό επηρεάζει και τη δοσολογία. Έτσι, σε ελαφρά, αμμώδη εδάφη απαιτούνται χαμηλότερες δόσεις λόγω της γρήγορης και βαθύτερης διάχυσης, ενώ σε βαριά, αργιλώδη εδάφη που η διάχυση είναι πιο αργή και δύσκολη, απαιτούνται μεγαλύτερες δόσεις (Κολιοπάνος, 1999, Κύρου, 2004). Γενικά, ιδανικότερες συνθήκες για μια επιτυχημένη απονημάτωση είναι:

- 1) Η υγρασία του εδάφους πρέπει να είναι περίπου 75% (το χώμα να βρίσκεται στο ρόγο του).
- 2) Περίσσεια νερού στο έδαφος δυσκολεύει την εξάτμιση των νηματοκτόνων.
- 3) Η θερμοκρασία να κυμαίνεται μεταξύ 10-30°C (σε χαμηλότερες θερμοκρασίες η εξάτμιση και η διάχυση δεν ευνοείται, ενώ σε υψηλότερες επιταχύνεται).
- 4) Η οργανική ουσία και τα κολλοειδή του εδάφους προστατεύουν τους νηματώδεις και επιπλέον απορροφούν τα νηματοκτόνα με αποτέλεσμα να τα αδρανοποιούν.
- 5) Ακόμα ρόλο παίζει και το κατά πόσο το έδαφος αερίζεται καλά.
- 6) Πριν την ενσωμάτωση του σκευάσματος στο έδαφος ο αγρός πρέπει να είναι καλά προετοιμασμένος, δηλαδή να έχει προηγηθεί θρυμματίσματος και ψιλοχωμάτιασμα, να μην υπάρχουν υπολείμματα άλλων φυτών και ζιζανίων και να περάσει επαρκές χρονικό διάστημα ώστε να καταστραφεί η υπάρχουσα οργανική ουσία.
- 7) Οι καλύτερες εποχές απονημάτωσης για την Ελλάδα είναι η Άνοιξη και το Φθινόπωρο.
- 8) Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται σε κάθε περίπτωση στις οδηγίες χρήσης του κάθε νηματοκτόνου, γιατί ο τρόπος εφαρμογής και δράσης αλλάζει ανάλογα με τη δραστική ουσία και τη μορφή του σκευάσματος. Φυσικά πρέπει να προσέχουμε ώστε τα φάρμακα που χρησιμοποιούμε να είναι εγκεκριμένα για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια που μας ενδιαφέρει. Επίσης, η δόση εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης του νηματώδη, την θερμοκρασία του εδάφους, την απόσταση και το βάθος έγχυσης.

Σχετικά με τον ακριβή τρόπο δράσης των νηματοκτόνων δραστικών ουσιών, δε γνωρίζουμε πολλά, ωστόσο είναι γνωστό ότι αδρανοποιούν συγκεκριμένα ζωτικά ένζυμα ή πρωτεΐνες των νηματωδών, προκαλώντας εξασθένηση διάφορων νευρικών και μυϊκών λειτουργιών με αποτέλεσμα να καταστέλλουν τις διαδικασίες ανάπτυξης, αναπαραγωγής και προσανατολισμού προς τους ξενιστές τους

Τα νηματοκτόνα που χρησιμοποιούνται σήμερα διακρίνονται σε πτητικά (καπνογόνα, υψηλής φυτοτοξικότητας) και μη πτητικά (μη καπνογόνα, χαμηλής φυτοτοξικότητας).

Τα νηματοκτόνα υψηλής φυτοτοξικότητας εφαρμόζονται αυστηρά πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας και συνήθως απαιτείται η πάροδος τουλάχιστον δύο μηνών πριν τη σπορά, τη φύτευση ή μεταφύτευση (Κολιοπάνος, 1999, Κύρου, 2004). Τέτοια νηματοκτόνα με έγκριση για εφαρμογή σε μία ή περισσότερες καλλιέργειες είναι:

Dazomet, απολυμαντικό εδάφους μεγάλου φάσματος σε κοκκώδη μορφή εφαρμόζεται προ της σποράς ή της μεταφύτευσης.

1.3-dichloropropene, νηματοκτόνο και εντομοκτόνο εδάφους, υγρής μορφής που μετατρέπεται σε αέριο, εφαρμογή πριν τη σπορά ή τη φύτευση.

Metham Sodium, απολυμαντικό εδάφους με νηματοκτόνες και μυκητοκτόνες ιδιότητες, διατίθεται ως διάλυμα και εφαρμόζεται πριν τη σπορά ή τη φύτευση.

Τα νηματοκτόνα χαμηλής φυτοτοξικότητας περιλαμβάνουν ουσίες με διασυστηματική ή μη δράση (δηλαδή έχουν την ικανότητα κυκλοφορίας από το ριζικό σύστημα του φυτού μέχρι το υπέργειο τμήμα του και αντίστροφα ή όχι). Μπορούν να εφαρμοστούν πριν, κατά και μετά την εγκατάσταση της φυτείας, αλλά πρέπει να δίνεται προσοχή γιατί υπάρχουν εξαιρέσεις ως προς τη φυτοτοξικότητά τους για ορισμένα φυτά και την εποχή εφαρμογής τους ανάλογα με την καλλιέργεια (Κύρου, 2004). Τέτοια νηματοκτόνα με έγκριση για εφαρμογή σε μία ή περισσότερες καλλιέργειες είναι:

Aldicarb, καρβαμιδικό, διασυστηματικό νηματοκτόνο, αλλά και εντομοκτόνο και ακαρεοκτόνο φυλλώματος και εδάφους.

Cadusafos, κοκκώδες νηματοκτόνο εδάφους, αλλά και εντομοκτόνο. Δρα με επαφή.

Carbofuran, καρβαμιδικό, μη καπνογόνο, διασυστηματικό νηματοκτόνο και εντομοκτόνο επαφής και στομάχου.

Ethoprop, οργανοφωσφορικό μη καπνογόνο, κοκκώδες νηματοκτόνο και εντομοκτόνο επαφής.

Fenamiphos, διασυστηματικό, οργανοφωσφορικό, μη καπνογόνο νηματοκτόνο.

Oxamyl, καρβαμιδικό, μη καπνογόνο, διασυστηματικό νηματοκτόνο και εντομοκτόνο επαφής και στομάχου.

## 1.10 ΟΙ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ *MELOIDOGYNE*

Οι νηματώδεις του γένους *Meloidogyne* Goldi, 1892, αποτελούν μια μικρή ομάδα υποχρεωτικών παρασίτων με μεγάλη οικονομική σημασία. Είναι παγκοσμίως διασκορπισμένοι και έχουν μεγάλο εύρος ξενιστών που περιλαμβάνει περίπου 2000 καλλιεργούμενα και μη φυτικά είδη, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται πολλά κηπευτικά, ψυχανθή, σιτηρά, δενδρώδη, θαμνώδη και ανθοκομικά είδη.

Προσβολή φυτών από το γένος *Meloidogyne* αναφέρθηκε για πρώτη φορά σε ρίζες φυτών αγγουριάς από τον Berkeley (1855). Από τότε έχουν περιγραφεί πάνω από 80 διαφορετικά είδη, 20 από τα οποία έχουν εντοπιστεί και στην Ευρώπη. Δέκα είδη θεωρούνται επιζήμια για τη γεωργία, από τα οποία τα τέσσερα είναι διαδεδομένα σε όλες τις γεωργικές περιοχές και αποτελούν πολύ βασικούς ζωικούς εχθρούς (*M. arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita* και *M. javanica*), ενώ άλλα δύο έχουν πρόσφατα συμπεριληφθεί στην λίστα με τα παθογόνα καραντίνας (*M. chitwoodii*, *M. fallax*) ([www.eppo.org/QUARANTINE](http://www.eppo.org/QUARANTINE)).

### 1.10.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ

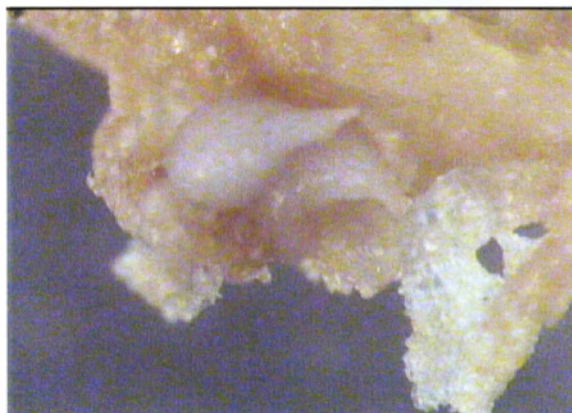
Σήμερα, το γένος *Meloidogyne* κατατάσσεται στην Τάξη Tylenchida, Υπόταξη Tylenchina, Υπεροικογένεια Tylenchoidea, Οικογένεια: Heteroderidae, Υποοικογένεια: Meloidogyninae. Ωστόσο, στο μέλλον ενδέχεται να συμβούν αλλαγές στην κατάταξη της οικογένειας Heteroderidae, καθώς ο Geraert (1997) διαπίστωσε ομοιότητες στο ακραίο τμήμα της κεφαλής των ατόμων της υποοικογένειας Meloidogyninae με την οικογένεια Pratylenchidae, ενώ η υποοικογένεια Heteroderinae εμφανίζει την ίδια μορφολογικά κεφαλή με αυτή της οικογένειας Hoplolaimidae.

### 1.10.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Οι νηματώδεις *Meloidogyne* παρουσιάζουν έντονο γενετήσιο διμορφισμό.

Το σώμα των θηλυκών μπορεί να είναι από σφαιρικό μέχρι αποειδές (Εικ. 1.4) και δεν μετατρέπεται σε κύστη όπως συμβαίνει στο γένος *Heterodera*. Ο λαιμός τους είναι προεξέχων μακρύτερος ή κοντός και το μήκος τους κυμαίνεται από 350μm-3mm. Η επιδερμίδα τους είναι μαλακή, με μέτριο πάχος, λευκή μαργαρώδη απόχρωση και φέρει εγκάρσιους δακτυλίους. Γύρω από την περιοχή της έδρας και του γεννητικού πόρου εμφανίζονται χαρακτηριστικές ραβδώσεις που σχηματίζουν το λεγόμενο περιεδρικό αποτύπωμα (Εικ. 1.6). Η έδρα και η γεννητική οπή βρίσκονται στο οπίσθιο ακραίο τμήμα, που κάποιες φορές είναι

ελαφρώς ανυψωμένο από το υπόλοιπο σωματικό περίγραμμα (Karssen, 1999). Τα φασμίδα εντοπίζονται κοντά στην έδρα σε κάθε πλευρά της ουράς και η έδρα συνήθως καλύπτεται από επιδερμικές πτυχώσεις. Η κεφαλή μπορεί να ξεχωρίζει ελαφρώς ή να είναι συνεχής με το υπόλοιπο σώμα. ο κεφαλικός σκελετός είναι ευδιάκριτος, λεπτός και μέτρια αποσκληρωμένος. Τα χείλη είναι ανυψωμένα και τα δύο αμφίδια σχισμοειδή. Το στιλέτο είναι κοντό, λεπτό, καλά αναπτυγμένο, με μήκος 10-25 $\mu\text{m}$  (συνήθως 14-15 $\mu\text{m}$ ), συνήθως κωνοειδές, με ελαφρά νωτιαία κύρτωση και φέρει τρία εξογκώματα στη βάση του (Κύρου, 2004). Ο απεκκριτικός πόρος βρίσκεται μεταξύ κεφαλής και metacorpus, τις περισσότερες φορές παρακείμενος της βάσης του στιλέτου. Το procorpus είναι κυλινδρικό και ο μεσαίος οισοφαγικός βολβός φέρει βαλβίδα. Το metacorpus είναι διογκωμένο και φέρει οισοφαγικούς αδένες που ποικίλουν σε μέγεθος και σχήμα και επικαλύπτουν το έντερο κοιλιακά. Διαθέτουν δυο επιμηκυσμένους γεννητικούς βραχίονες (δίδελφοι) με περιελίξεις (Karssen, 1999).



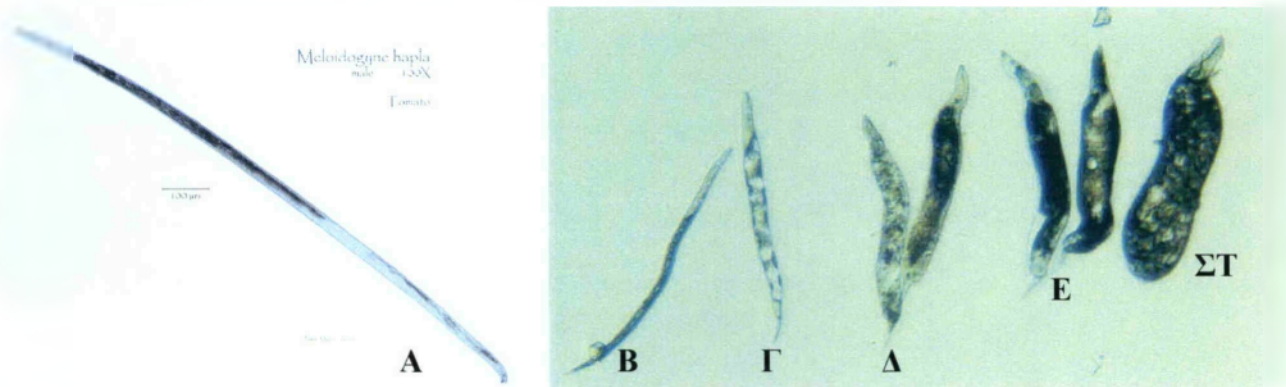
Εικόνα 1.4. Θηλυκά άτομα του γένους *Meloidogynae*

Τα αρσενικά είναι εκτοπαρασιτικά, το σώμα τους έχει σκωληκόμορφο σχήμα, μήκος του μεταξύ 600-2500 $\mu\text{m}$  και φέρει εξωτερικούς δακτυλίους (Εικ. 1.4). Η κεφαλική τους περιοχή είναι χαμηλή, συνήθως χωρίς να προεξέχει και υποδιαιρείται μερικώς με εγκάρσιες εντομές. Φέρει μια χειλική καλύπτρα που περικλείει τα χείλη και τα αμφιδιακά ανοίγματα που είναι μεγάλα και σχισμοειδή (Karssen, 1999). Ο κεφαλικός σκελετός και το στιλέτο τους είναι καλώς αναπτυγμένα και το μήκος του δευτέρου είναι 13-33 $\mu\text{m}$  (συνήθως 18-24 $\mu\text{m}$ ) (Κύρου, 2004). Το procorpus είναι κυλινδρικό και το metacorpus είναι μικρότερο από των θηλυκών, ασθενώς αναπτυγμένο με βαλβίδα. Ο απεκκριτικός πόρος και το ημιζόνιο εντοπίζονται στην περιοχή του metacorpus, ο οισοφάγος του οποίου επικαλύπτει το έντερο κοιλιακά. Συνήθως φέρουν έναν επιμηκυσμένο όρχι και σπάνια δυο. Οι συζευκτικές άκανθες είναι λεπτοί με κοιλιακή κύρτωση, μήκους 20-40 $\mu\text{m}$  και το πηδάλιο έχει 10 $\mu\text{m}$  μήκος. Η

ουρά τους είναι μικρή, αποστρογγυλεμένη, δε φέρουν ουραίες πτέρυγες και τα φασμίδια ανιχνεύονται κοντά στην αμάρα (Karssen, 1999).

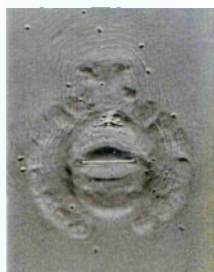
Οι νύμφες δευτέρου σταδίου έχουν σώμα με σκωληκόμορφο σχήμα, που φέρει δακτυλίους και το μήκος του είναι 250-600μm (συνήθως 300-500) (Εικ.1.5). Η κεφαλή τους μοιάζει με των αρσενικών, αλλά είναι πολύ μικρότερη και με πιο αδύνατο σκελετό. Το στίλετο είναι λεπτό, μήκους 9-16μm με λεπτά εξογκώματα στη βάση του. Το τμήμα του metacoelus είναι σχετικά μικρό. Το ημιζόνιο βρίσκεται μπροστά ή πίσω από τον εκφορητικό πόρο, ο οποίος εντοπίζεται στο πίσω μέρος του μεσαίου βολβού και οι τρεις οισοφαγικοί αδένες επικαλύπτουν το έντερο κοιλιακά. Το απευθυσμένο είναι συχνά φουσκωμένο, η ουρά κωνοειδής, στενή, με μήκος 15-100μm και υαλώδες ακραίο τμήμα (Karssen, 1999).

Οι νύμφες του τρίτου και τετάρτου σταδίου είναι σταθεροποιημένες και διογκωμένες μέσα στους ριζικούς ιστούς, ενώ δε φέρουν στίλετο.



**Εικόνα 1.5.** Άτομα του γένους *Meloidogyne* Α) Άρσενικό, Β) Νύμφη 2<sup>ου</sup>, Γ) Νύμφη 2<sup>ου</sup> διογκωμένη, Δ) Νύμφη 3<sup>ου</sup>, Ε) Νύμφη 4<sup>ου</sup> σταδίου, ΣΤ) Θυληκό άτομο πριν την απόκτηση του τελικού του σχήματος. (Πηγή: <http://nematode.unl.edu>).

### 1.10.3 ΠΕΡΙΕΔΡΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ



**Εικόνα 1.6**

Το περιεδρικό αποτύπωμα (Εικ. 1. 6, πηγή: <http://ss.jircas.affrc.go.jp>) αποτελεί ένα μοναδικό, σύνθετο, μορφολογικό ταξινομικό χαρακτηριστικό των ειδών του γένους *Meloidogyne* (Taylor *et al.*, 1955). Εντοπίζεται στην οπίσθια επιδερμική περιοχή του σώματος των ενήλικων θηλυκών και περιλαμβάνει την έδρα, το γεννητικό πόρο, τα φασμίδια, το ακραίο μέρος της ουράς, τις πλάγιες γραμμώσεις και τις περιβάλλοντες επιδερμικές ραβδώσεις (Franklin, 1965, Hirschmann, 1985), που ποικίλουν ως προς την διάταξη και τη μορφή τους. Σε μια εκτενή μελέτη που πραγματοποιήθηκε μεταξύ 50 ειδών *Meloidogyne*, διακρίθηκαν 6 ομάδες περιεδρικών υποδειγμάτων (Jepson, 1987). Το περιεδρικό αποτύπωμα θεωρείται ο

κυρίαρχος και επικρατέστερος διαγνωστικός χαρακτήρας των *Meloidogyne* καθώς είναι σταθερό χαρακτηριστικό, μεγάλου μεγέθους, ευκρινές και η προετοιμασία παρασκευάσματος είναι σχετικά εύκολη (Karssen, 1999).

#### **1.10.4 ΒΙΟΛΟΓΙΑ**

Οι *Meloidogyne* αναπαράγονται παρθενογενετικά ή αμφιμικτικά και υποστηρίζεται πως η θέση που καταλαμβάνουν τα θηλυκά στη ρίζα σχετίζεται με τον τρόπο αναπαραγωγής. Έτσι, στα είδη που πολλαπλασιάζονται αμφιμικτικά, τα θηλυκά εισχωρούν μερικά στη ρίζα για να διευκολυνθεί η γονιμοποίηση τους από τα αρσενικά και οι ωόσακοί τους εντοπίζονται εξωτερικά των ιστών (Franklin, 1961, 1965). Αντίθετα, στα παρθενογενετικά αναπαραγόμενα είδη, τα θηλυκά τους βρίσκονται βυθισμένα στους ριζικούς ιστούς ή στα σχηματιζόμενα εξογκώματα (Jepson, 1987).

Όλα τα στάδια ανάπτυξης των *Meloidogyne* είναι ενδοπαρασιτικά εκτός από τις νύμφες 2<sup>ου</sup> σταδίου που ζουν στο έδαφος, είναι κινητές και αποτελούν το κατεξοχήν παθογόνο στάδιο αυτών.

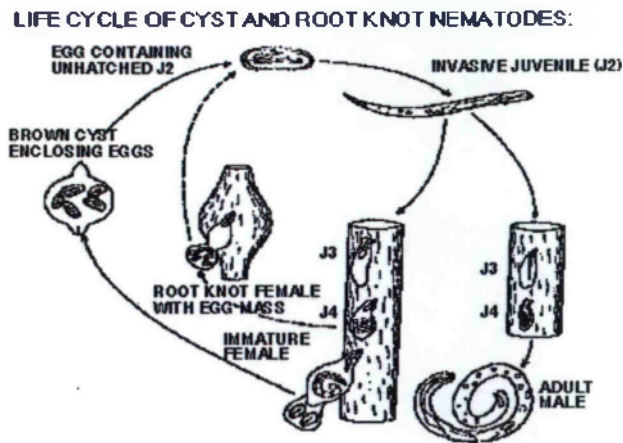
Οι κινητές αυτές μορφές έχουν συσσωρευμένα στο έντερο τους αποθέματα ενέργειας τα οποία χρησιμοποιούν κατά την αναζήτηση ριζών, φαινόμενο που μπορεί να διαρκέσει από λίγες ώρες έως μερικούς μήνες. Όταν βρουν τον κατάλληλο ξενιστή, εισβάλλουν στην ρίζα και αρχίζουν να τρέφονται. Προτιμούν τη ζώνη επιμήκυνσης, κοντά στο άκρο της ρίζας όπου οι ιστοί είναι τρυφεροί. Σε αυτό το σημείο αρχίζει η διαδικασία εισόδου που επιτυγχάνεται με την παλινδρομική κίνηση του στιλέτου. Ο Dropkin (1958) υπολόγισε ότι ο *M. arenaria* πραγματοποιεί 70-90 κτυπήματα το λεπτό. Μετά την πάροδο 12-24 ωρών, οι νύμφες εισέρχονται στη ρίζα από το άνοιγμα που έχει προκύψει (Wallace, 1963) και στη συνέχεια μεταναστεύουν εντός των ιστών της, όπου εγκαθίστανται αφού λάβουν θέση παράλληλη προς τον άξονα της ρίζας και θέσουν την κεφαλή τους στο στρώμα του περικυκλίου.

Ακολουθεί η έκκριση ενζύμων από τους οισοφαγικούς αδένες που έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό γιγαντιαίων κυττάρων (κοινοκύτταρα) γύρω από την περιοχή της κεφαλής τους, από τα οποία τρέφονται σαν ενδοπαρασίτα, χωρίς να μετακινούνται (Karssen, 1999, Κύρου, 2004). Στη συνέχεια διογκώνονται, λαμβάνουν σακκοειδές σχήμα με οξεία ουρά και πραγματοποιούν την 2<sup>η</sup>, 3<sup>η</sup> και 4<sup>η</sup> έκδυσή τους. Το στιλέτο στις νύμφες 3<sup>ου</sup> και 4<sup>ου</sup> σταδίου δεν είναι ορατό, το δεδομένο χρονικό διάστημα δεν τρέφονται και αρχίζει η ανάπτυξη των γεννητικών αδένων. Το στιλέτο γίνεται ξανά ορατό μετά την τελευταία έκδυση οπότε ξαναρχίζει η διατροφική τους δραστηριότητα (Karssen, 1999).



Με την έναρξη αυτής, παρατηρείται αύξηση του εύρους του σώματος των ενήλικων πια θηλυκών, που σύμφωνα με τον Bird (1959) είναι ραγδαία μεταξύ 20<sup>ης</sup> και 27<sup>ης</sup> ημέρας. Στη φάση αυτή και πριν ξεκινήσει η εναπόθεση των ωών, το εύρος φτάνει στο μέγιστό του (σχεδόν τετραπλάσιο των J3) (Triantaphyllou & Hirschmann, 1960). Ακολουθεί η ωοτοκία κατά την οποία εναποτίθενται 100 έως 2000 ωά συνολικά (Williams, 1968) (20-30 ημέρες μετά από την είσοδό τους στον ξενιστή). Τα ωά εναποτίθενται μέσα σε παχύρρευστη ζελατινώδη μάζα που ονομάζεται ωόσακκος, ο οποίος σχηματίζεται από τις εκκρίσεις έξι μεγάλων αδένων του ορθού μέσω της έδρας. Ο ωόσακκος προστατεύει τα ωά από τυχόν δυσμενείς εδαφικές συνθήκες και μπορεί να βρίσκεται εντός της ρίζας ή να εξέρχεται αυτής (Jepson, 1987). Όταν παραμένει στην ρίζα είναι μαλακός, ενώ στη δεύτερη περίπτωση αποξηραίνεται και αποχρωματίζεται. Η ημερήσια ωοτοκία εξαρτάται από την καταλληλότητα του ξενιστή (Tyler, 1938) και τη θερμοκρασία. Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας για την εκκόλαψη είναι το οξυγόνο, έλλειψη του οποίου την περιορίζει (Shepherd & Clarke, 1971). Επίσης, έχει υπολογιστεί ότι από την γέννηση του ωού μέχρι την εκκόλαψή του απαιτούνται 9 ημέρες στους 27°C και 31 στους 16.5°C (Tyler, 1933).

Ο βιολογικός κύκλος (βκ) των *Meloidogyne* (Εικ. 1.7) είναι σχετικά απλός και ραγδαίας εξέλιξης. Το μήκος του εξαρτάται από την σχετική υγρασία, την καταλληλότητα του ξενιστή, την διαθεσιμότητα O<sub>2</sub> στο έδαφος και σε μεγάλο βαθμό τη θερμοκρασία. Είναι πιθανόν να ολοκληρωθεί μέσα σε 3 εβδομάδες, η παραγωγή των ωών όμως μπορεί να συνεχιστεί για 2-3 μήνες (Bird, 1959, Triantaphyllou & Hirschmann, 1960, Franklin, 1965, de Guiran & Ritter, 1979, Eisenback & Hirschmann, 1991). Η πρώτη έκδυση πραγματοποιείται εντός του ωού οπότε εμφανίζεται η νύμφη 1<sup>ου</sup> σταδίου (J1) και μετά την εκκόλαψη εξέρχεται η νύμφη 2<sup>ου</sup> σταδίου (J2) (Κολιοπάνος, 1999, Κύρου, 2004) Πριν εξέλθει η νύμφη διαπιστώνεται έντονη δραστηριοποίηση αυτής μέσα στο ωό. Η J2 εισέρχεται και εγκαθίσταται στους ιστούς της ρίζας, ακολουθούν η 2<sup>η</sup>, 3<sup>η</sup> και 4<sup>η</sup> έκδυση και προκύπτουν τα ώριμα αρσενικά και θηλυκά άτομα (Κύρου, 2004). Τα αρσενικά δεν τρέφονται, αναπτύσσονται ενδοπαρασιτικά, μεγαλώνουν μόνο σε ότι αφορά το μήκος τους και εγκαταλείπουν τις ρίζες προς αναζήτηση θηλυκών για να αρχίσει η σύζευξη (Karssen, 1999).



Εικόνα 1.7. Βιολογικός κύκλος νηματώδη του γένους *Meloidogyne* (Πηγή: <http://ucdnema.ucdavis.edu>)

Η διαμόρφωση του φύλου επηρεάζεται άμεσα από τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες κυρίως κατά την διάρκεια του 2<sup>ου</sup> νυμφικού σταδίου. Έτσι, αν εισχωρήσει μικρός αριθμός νυμφών στις ρίζες, εξελίσσονται όλες σε θηλυκά. Όταν επικρατήσουν δυσμενείς συνθήκες γίνεται αναστροφή φύλου και παράγεται μεγαλύτερος αριθμός αρσενικών (Triantaphyllou, 1960, Triantaphyllou & Hirschmann, 1960). Επίσης αν στα πρώτα στάδια εξέλιξης της νύμφης σε θηλυκό άτομο αντιστραφούν οι ευνοϊκές συνθήκες, η νύμφη τελικά αναπτύσσεται σε αρσενικό με δύο όρχεις, ή σε μικρού μεγέθους άτομο με έναν όρχι αν αυτό συμβεί πριν τη διαμόρφωση φύλου.

Μεταξύ των διάφορων ειδών *Meloidogyne*, έχει διαπιστωθεί ότι οι θερμοκρασιακές απαιτήσεις ποικίλουν ανάλογα με το είδος και το στάδιο στο οποίο βρίσκονται (Thomason & Lear, 1961, Walker, 1960). Για παράδειγμα, στους 10-16°C, οι νύμφες και τα ωά του *M. incognita* επιζούν περισσότερο από ένα έτος, ενώ στους 21°C μόλις τέσσερις μήνες (Bergerson, 1959). Οι ωόσακκοι και οι νύμφες του *M. hapla* παρουσιάζουν ανθεκτικότητα ακόμα και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και επιζούν στους -10° C για αρκετές ημέρες (Dao, 1970), ενώ επιδεικνύουν μικρότερη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες. Γενικά, θανατηφόρες θερμοκρασίες για τους νηματώδεις είναι όσες ξεπερνούν τους 40°C όταν μείνουν εκτεθειμένοι σ' αυτές για αρκετή ώρα, ενώ ακαριαίος θάνατος επέρχεται στους 52°C. Οι ωόσακκοι επιδεικνύουν μεγαλύτερη αντοχή (Gillard, 1961).

### **1.10.5 ΠΑΘΟΓΕΝΕΙΑ**

Οι νηματώδεις του γένους *Meloidogyne* αποτελούν την πλέον γνωστή και ευρέως διαδεδομένη ομάδα νηματωδών στους καλλιεργητές, οι οποίοι όταν αναφέρονται σε προσβολές φυτών από νηματώδεις, εννοούν προσβολή από *Meloidogyne*.

Τα δύο κύρια χαρακτηριστικά του παρασιτισμού τους στις ρίζες των φυτών είναι: α) η δημιουργία των κοινοκυττάρων στον αγγειώδη ιστό και β) ο σχηματισμός χαρακτηριστικών εξογκωμάτων στις ρίζες και τα υπόγεια μέρη (φυμάτια). Αυτό έχει ως συνέπεια τη διαταραχή της φυσιολογίας του προσβεβλημένου φυτού και τελικά μείωση της παραγωγής και υποβάθμιση της ποιότητας του προϊόντος (Jepson, 1987, Eisenback & Hirschmann, 1991).

Τα κοινοκύτταρα δημιουργούνται από τις οισοφαγικές εκκρίσεις των νηματώδων και εμφανίζουν έντονες μορφολογικές και φυσιολογικές διαφορές από τα γειτονικά τους υγιή. Είναι πολυπύρρηνα, με διογκωμένα κυτταρικά τοιχώματα και διατηρούνται ζωντανά όσο διαρκεί η διατροφή των νηματώδων σε αυτά. Σε περίπτωση θανάτου του νηματώδη ακολουθεί νέκρωσή τους (Bird, 1962). Σχηματίζονται συνήθως μέσα στα φυμάτια και η ύπαρξή τους είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη και αναπαραγωγή των νηματώδων, σε αντίθεση με τα φυμάτια. Οι σοβαρές ανατομικές μεταβολές που προκαλούν στους φυτικούς ιστούς οδηγούν σε δυσλειτουργία του αγγειακού κυλίνδρου.

Τα φυμάτια είναι αποτέλεσμα της υπερτροφίας και υπερπλασίας των κυττάρων του φλοιού της ρίζας που βρίσκονται κοντά στον νηματώδη. Ποικίλουν όσον αφορά το μέγεθος και το σχήμα τους, γεγονός που εξαρτάται αφενός από την ευαισθησία του ξενιστή και αφετέρου από το μέγεθος του πληθυσμού. Μέσα στα φυμάτια είναι ενσωματωμένα τα θηλυκά άτομα, ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από το είδος του νηματώδη και του ξενιστή.

Με την είσοδο μεγάλου αριθμού νυμφών εντός των ριζών προκαλείται αναχαίτιση των μιτωτικών διαιρέσεων στη ρίζα, οπότε η ανάπτυξή της παύει μέσα σε χρονικό διάστημα 24 ωρών. Όσες νύμφες έχουν εισχωρήσει στους ιστούς θα παραμείνουν σε αυτούς για να αναπτυχθούν όσο υπάρχει διαθέσιμη τροφή. Σε περίπτωση εξάντλησης αυτής, οι νύμφες αποχωρούν προς εύρεση νέου σημείου παρασιτισμού ή άλλου ξενιστή (Κύρου, 2004).

Όπως έχει αναφερθεί γενικώς για τους φυτοπαρασιτικούς νηματώδεις, έτσι και στην περίπτωση των *Meloidogyne*, το υπέργειο τμήμα των προσβεβλημένων φυτών δεν εμφανίζει σαφή συμπτώματα τα οποία να υποδηλώνουν την προσβολή. Κυριότερο σύμπτωμα θεωρείται η καχεξία, η οποία προκαλείται λόγω μείωσης της ικανότητας απορρόφησης νερού και θρεπτικών συστατικών και μη ομαλής μεταφοράς αυτών από την ρίζα προς τον βλαστό που οδηγεί και σε περιορισμό της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας (Bird, 1974). Παρατηρείται επίσης χλώρωση των φύλλων που αρκετές φορές συνοδεύεται από ξήρανση της περιφέρειας, μειωμένη παραγωγή και ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος. Τα συμπτώματα εντείνονται σε περιόδους ξηρασίας ή όταν αυξάνεται η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας οπότε η διαπνοή είναι πιο έντονη και τα φυτά μπορεί να ανακάμψουν μετά από άρδευση ή τις

νυχτερινές ώρες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αν και σπάνια, είναι δυνατό να παρατηρηθούν φυμάτια στα στελέχη και στα φύλλα (Linford, 1941)

Όσον αφορά στο υπόγειο τμήμα, χαρακτηριστικό και καθοριστικό σύμπτωμα είναι τα φυμάτια. Σε περίπτωση σοβαρής προσβολής τα φυμάτια μπορεί να καλύψουν όλο το ριζικό σύστημα, παραμορφώνοντάς το. Πολλές φορές παρατηρείται έκπτυξη πλάγιων ριζιδίων, και σχηματισμός θυσσανωτών ριζών που πλαισιώνουν την προσβεβλημένη περιοχή, όπως σε προσβολή από *M. hapla*. Επίσης, στο καρότο παρατηρείται σχηματισμός πολυσχιδών ριζωμάτων και σκάσιμο του ριζώματος γεγονός που καθιστά το προϊόν μη εμπορεύσιμο. Οι σοβαρά προσβεβλημένες ρίζες αποσυντίθενται καθώς προσβάλλονται και από άλλα παθογόνα μύκητες, βακτήρια (Κολιοπάνος, 1999).

Η ένταση των συμπτωμάτων εξαρτάται από το είδος του ξενιστή και το μέγεθος του πληθυσμού των νηματωδών και εκδηλώνονται σε μεγαλύτερο βαθμό υπό την επικράτηση συνθηκών υγρασίας και μικρής γονιμότητας εδάφους.

#### **1.10.6 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ**

Οι τρόποι αντιμετώπισης των *Meloidogyne* δεν διαφέρουν ουσιαστικά από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την καταστολή των νηματωδών γενικά.

Δυσκολίες παρουσιάζονται κατά την εφαρμογή αμειψισποράς καθώς οι *Meloidogyne* είναι πολυφάγα είδη. Για να είναι αποτελεσματική πρέπει να συνδυάζεται με ανθεκτικά ή σχετικώς ανθεκτικά είδη (π.χ. σόργο, βρώμη, σίκαλη, κριθάρι, σιτάρι, κάποιες ποικιλίες βαμβακιού, καρότα, τομάτες, αγρωστώδη, ζαχαρότευτλα, φράουλα) ή με χημικά μέσα (Κύρου, 2004).

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο ανθεκτικές ποικιλίες, που έχουν δημιουργηθεί για διάφορα είδη φυτών π.χ. στα πυρηνόκαρπα υπάρχουν υποκείμενα που παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε περισσότερα του ενός είδη *Meloidogyne*. Ακόμα στην τομάτα, η ποικιλία Hawaii 5229 παρουσιάζει ανθεκτικότητα στους *M. arenaria*, *M. incognita* και *M. javanica*.

### **1.11 ΜΥΚΗΤΕΣ**

#### **1.11.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Οι μύκητες είναι ευκαρυωτικοί, ετερότροφοι οργανισμοί που στερούνται χλωροφύλλης και τρέφονται με οργανικές ενώσεις. Αποτελούν μια πολυπληθή ομάδα

οργανισμών στην οποία κατατάσσονται 2.500 περίπου γένη, που με τη σειρά τους υπολογίζεται ότι ανήκουν 100.000 είδη. Ανάλογα με τον τρόπο διαβίωσης τους διακρίνονται σε σαπροφυτικά εδάφους ή άλλων υποστρωμάτων και σε παρασιτικά κυρίως των φυτών, αλλά και μερικά του ανθρώπου και των ζώων (Ηλιόπουλος, 1999).

Τα κύτταρά τους περιβάλλονται από κυτταρικό τοίχωμα, το οποίο συντίθεται από χιτίνη, κυτταρίνη ή και τα δύο. Το σώμα τους ονομάζεται θαλλός, είναι αμοιβαδοειδές ή διακλαδιζόμενο νηματοειδές που αποτελείται από νήματα τα οποία λέγονται υφές. Χημική ανάλυση του θαλλού αποδεικνύει ότι αποτελείται από νερό και ξηρά ουσία, η οποία συνίσταται από οργανικές και ανόργανες ενώσεις. Οι υφές των περισσότερων μυκήτων, που σχηματίζουν το μυκήλιο, χωρίζονται σε κύτταρα με εγκάρσια διαφράγματα που καλούνται σέπτα. Τα σέπτα φέρουν μια οπή, μέσω της οποίας πραγματοποιείται η επικοινωνία των γειτονικών πρωτοπλασμάτων. Μερικές μυκηλιακές κατασκευές που παρατηρούνται είναι οι μυζητήρες, οι πλάκες προσκόλλησης ή συγκράτησης, τα στολόνια, οι αναστομώσεις, τα ριζοειδή, οι ψευδοιστοί, το στρώμα, τα σκληρώτια, και τα ριζόμορφα (Ηλιόπουλος, 1999).

Όπως προαναφέρθηκε, είναι ετερότροφοι, μη φωτοσυνθέτοντες οργανισμοί και για το λόγο αυτό χρειάζονται έτοιμες οργανικές ενώσεις που τις χρησιμοποιούν ως υποστρώματα. Απαραίτητα στοιχεία για την ανάπτυξή τους θεωρούνται ο άνθρακας, το οξυγόνο, το υδρογόνο, το άζωτο, ο φώσφορος, το κάλιο, το θείο, το μαγνήσιο και συμπληρωματικά κάποιες λεγόμενες αυξητικές ουσίες όπως η θειαμίνη (βιταμίνη B1), η βιοτίνη (βιταμίνη B7) κ.α. Επίσης, μεγίστης σημασίας λειτουργία θεωρείται και η αναπνοή μέσω της οποίας εξασφαλίζουν ενέργεια για την διατήρηση και την αύξησή τους.

Η αναπαραγωγή τους επιτυγχάνεται με αγενή ή εγγενή σπόρια. Η βλάστηση και η ανάπτυξη των σπορίων δεν επηρεάζονται μονάχα από το υπόστρωμα ανάπτυξης αλλά και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Έτσι, σημαντικό ρόλο παίζουν η θερμοκρασία, η υγρασία, το νερό αλλά και το pH. Ως προς την θερμοκρασία παρατηρούνται ποικίλες απαιτήσεις και βάσει αυτού χωρίζονται σε α) ψυχρόφιλους (αναπτύσσονται σε  $\Theta < 0^{\circ}\text{C}$ ) β) μεσοθερμόφιλους, ( $\Theta = 20^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ ) και γ) θερμόφιλους ( $\Theta > 30^{\circ}\text{C}$ ). Η υγρασία θεωρείται ο καθοριστικότερος παράγοντας, καθώς η απορρόφηση και η διαδικασία απορρόφησης των θρεπτικών γίνεται οσμωτικά. Ιδανικότερη σχετική υγρασία θεωρείται η άνω του 85%, με βέλτιστη  $\geq 95\%$ . Ως προς το pH ευνοούνται σε υποστρώματα με τιμή μεταξύ 4,5-6,5. Τέλος η επίδραση του φωτός δεν είναι πάντα σημαντική, αλλά εξαρτάται από το είδος του κάθε μύκητα. Έτσι, υπάρχουν μύκητες που σχηματίζουν σπόρια μόνο παρουσία φωτός, ενώ αντίθετα το ηλιακό φως και ειδικά η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να είναι καταστρεπτική για άλλους (Δαρδαβάκης, 1993).

Το βασίλειο των μυκήτων έχει δύο διαιρέσεις, τους Μυξομύκητες και τους Ευμύκητες. Οι τελευταίοι χωρίζονται σε πέντε υποδιαιρέσεις, τους Μαστιγομύκητες, τους Ζυγομύκητες, τους Ασκομύκητες, τους Βασιδιομύκητες και τέλος τους Δευτερομύκητες. Ως κριτήρια για την ταξινόμηση των μυκήτων θέτονται τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και η φυλογενετική εξέλιξη.

### **1.11.2 ΝΗΜΑΤΟΒΟΡΟΙ ΜΥΚΗΤΕΣ**

Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται ορισμένοι μύκητες, προαιρετικά παράσιτα νηματωδών, που τρέφονται με νηματώδεις αφού τους αιχμαλωτίζουν με ειδικά όργανα-παγίδες. Οι περισσότεροι ανήκουν στους Ευμύκητες, Κλάση Deyteromycetes, Τάξη Moniliales, Οικογένεια Moniliaceae και τα κυριότερα γένη είναι: *Arthrobotrys*, *Dactylaria*, *Dactyllela*, *Monacrosporium* και *Nematoctonus*.

Οι εν λόγω μύκητες ανάλογα με τον τρόπο παρασιτισμού που εκδηλώνουν χωρίζονται σε 3 ομάδες:

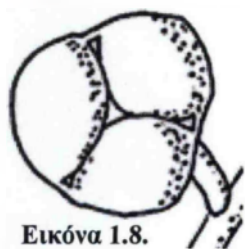
α) αυτούς που δημιουργούν δίκτυο κολλωδών πλεγμάτων, αναπτύσσονται γρήγορα και έχουν αυξημένη σαπροφυτική δραστηριότητα, π.χ. *A. oligospora*

β) αυτούς που αιχμαλωτίζουν τους νηματώδεις με συσφικτικά δακτυλίδια, κολλώδεις κόμπους ή κολλώδεις διακλαδώσεις, έχουν έντονη αρπакτική δράση και αναπτύσσονται με αργό ρυθμό, π.χ. *A. dactyloides*, *Dactylaria brochopaga*, *M. deodycoides*, *Dactyllela lobata*, *N. geogenius* και

γ) ενδοπαρασιτικούς μύκητες, που παράγουν κονίδια και είναι υποχρεωτικά παράσιτα, π.χ. *Hirsutella rhossiliensis* (Jansson & Hertz, 1981).

Το γένος *Arthrobotrys* αποτελεί την πιο γνωστή ομάδα νηματοβόρων μυκήτων, στην οποία ανήκουν είδη που αντιδρούν μηχανικά κατά τη διέλευσή τους πλησίον του νηματώδη, δημιουργώντας παγίδες που χαρακτηρίζονται σαν 'ενεργητικές', όπως για παράδειγμα του *A. dactyloides* που σχηματίζει συσφικτικούς δακτυλίους, και 'παθητικές', όπως του *A. oligospora* που σχηματίζει κολλώδη πλέγματα (δίχτυα).

#### **1.11.2.1 *Arthrobotrys dactyloides***



Εικόνα 1.8.

*Arthrobotrys dactyloides*

Ο *A. dactyloides* έχει μικρή ταχύτητα ανάπτυξης (Εικ. 1.8, Drechsler, 1937), συγκριτικά με τα είδη που σχηματίζουν δίχτυα. Σε *in vitro* καλλιέργεια διαπιστώνουμε πως το χρώμα του μυκηλίου του είναι

λευκό και το εναέριο μυκήλιο έχει μορφή «χνουδωτή».

Με την παρουσία νηματώδων, σχηματίζει δαχτυλίδια σχεδόν κυκλικά, με διάμετρο 20-30μ, αποτελούμενα από τρία τοξοειδή κύτταρα. Κατά την διάρκεια της παγίδευσης του νηματώδη, παρατηρείται συστολή του δαχτυλιδίου, διόγκωση των κυττάρων του και σύσφιξη του θύματος μέχρι να επέλθει ο θάνατος του ή να βρεθεί σε κατάσταση παράλυσης. Εν συνεχεία παράγεται μια υφή η οποία διαπερνά το εξωτερικό περίβλημα του νηματώδη, σχηματίζοντας εσωτερικά πολλές διακλαδώσεις, που καταλαμβάνουν όλο του το σώμα και αφομοιώνουν τα θρεπτικά συστατικά του. Μερικές φορές, βλαστάνοντα σπόρια σχηματίζουν κατ' ευθείαν συσφιγμένα δαχτυλίδια αντί των βλαστικών υφών. Η δράση του μύκητα συνεχίζεται βαθμιαία μέχρι την πλήρη ακινητοποίηση του νηματώδη και τον πλήρη παρασιτισμό του (Drechsler, 1937).

#### 1.11.2.2 *Arthrobotrys oligospora*



Εικόνα 1.9.  
*Arthrobotrys oligospora*

Ο μύκητας *A. oligospora* (Εικ. 1.9, Drechsler, 1937) είναι το πιο συχνά απαντώμενο και πιο καλά μελετημένο είδος που παρασιτεί τους νηματώδεις. Σε *in vitro* καλλιέργεια, το μυκήλιο του έχει ακτινωτή εξάπλωση και μακροσκοπικά είναι λευκό προς κίτρινο χρώμα ενώ στο μικροσκόπιο φαίνεται υαλώδες.

Με την εμφάνιση νηματώδων στο περιβάλλον ανάπτυξής του, σχηματίζονται δίχτυα τριών διαστάσεων. Οι θηλιές τους φέρουν σέπτα και έχουν διάμετρο 20-59μ. Τα δίχτυα αποτελούνται αρχικά από διακριτούς μυκηλιακούς βρόγχους που αργότερα σχηματίζουν σύνθετα δίχτυα (Drechsler, 1937). Η παγίδα αυτού του τύπου εκκρίνει μια κολλώδη ουσία, η οποία παίζει ρόλο στην παγίδευση του θύματος. Όταν το θύμα παγιδευτεί και πεθάνει ή μείνει σε κατάσταση ακινησίας, παράγεται μια υφή η οποία διαπερνά το εξωτερικό περίβλημά του και στη συνέχεια σχηματίζει πολλές διακλαδώσεις σε όλο το σώμα του νηματώδη αφομοιώνοντας τα περιεχόμενα θρεπτικά συστατικά.

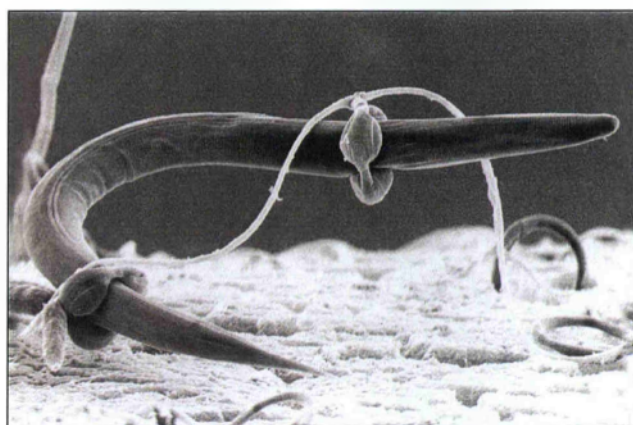
#### 1.11.3 ΤΡΟΠΟΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΝΗΜΑΤΟΒΟΡΩΝ ΜΥΚΗΤΩΝ

Οι μύκητες για να δώσουν θετικά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση των νηματώδων πρέπει να αναπτύξουν ένα «ενεργό» μυκήλιο, οπότε είναι μεγάλης σημασίας η εύρεση πηγής ενέργειας που θα τους βοηθήσει στην ανάπτυξη και εγκατάσταση τους αλλά και να ανταπεξέλθουν στον ανταγωνισμό με τη φυσική μικροχλωρίδα του εδάφους (Kerry, 1988, 1990). Πηγή ενέργειας αποτελεί η οργανική ουσία και ο άνθρακας, και έχει βρεθεί πως με την

παρουσία αυτών εννοείται ο σχηματισμός παγίδων και η θηρευτική ικανότητα (Cooke, 1968, Jaffee *et al.*, 1992). Με αυτή την άποψη συμφωνούν και οι Duddington και Wyborn (1972) καθώς θεωρούν πως μια πηγή υδατάνθρακα είναι απαραίτητη για να ενισχύσει την μυκηλιακή ανάπτυξη. Έτσι, η προσθήκη οργανικής ουσίας στο έδαφος θα μπορούσε να αυξήσει την δραστηριότητα τους, ωστόσο ο Cooke (1963) υποστηρίζει ότι η επίδρασή της διαρκεί μόνο λίγες εβδομάδες.

Ορισμένες φορές, οι παγίδες μπορεί να σχηματιστούν αυθόρμητα χωρίς την παρουσία ευνοϊκών συνθηκών (επάρκεια θρεπτικών συστατικών και νερού) ή νηματώδων, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση του *A. dactyloides* που υπό την επικράτηση τέτοιων συνθηκών παράγει συσφιγκτικά δαχτυλίδια απολύτως ικανά να αιχμαλωτίσουν νηματώδεις (Balan & Lechevalier, 1972).

Η παγιδευτική δραστηριότητα (Εικ. 1.10) θεωρείται ότι διαρκεί μόλις 4-8 εβδομάδες και υποστηρίζεται ότι μετά το πέρας 2-6 εβδομάδων το επίπεδό της ελαττώνεται κατά πολύ (Cooke, 1963, 1968).



**Εικόνα 1.10.** Παγιδευμένος νηματώδης από τον μύκητα *A. dactyloides* (Πηγή: Παπαδέα Αθανασία, Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Καλαμάτας, 2005).

Το εύρος αποικισμού στην περιοχή της ριζόσφαιρας και το επίπεδο ελέγχου που σημειώνεται, εξαρτάται από την ποσότητα του μύκητα που εφαρμόζεται στο έδαφος και πολλούς άλλους παράγοντες, όπως η ανάπτυξη και η αναπαραγωγή του μύκητα που επηρεάζονται με τη σειρά τους από την συχνότητα και τη μέθοδο ενσωμάτωσης, τη δομή του εδάφους, και το είδος και τον πληθυσμό του νηματώδη. Τα δύο τελευταία δε, επιδρούν στην αναλογία των νηματωδών που θα προσβληθούν (Kerry, 1988, Kerry, 1989, Kerry *et al.*, 1982, de Leij & Kerry, 1990). Εξ άλλου παράγοντες όπως η θερμοκρασία του εδάφους, ο ανταγωνισμός με τη μικροπανίδα της ριζόσφαιρας και ο ρυθμός ανάπτυξης και



αναπαραγωγής του νηματώδη, εικάζεται ότι μπορεί να επιδρούν στη δραστηριότητα του μύκητα, γεγονός που δεν έχει ακόμη εξακριβωθεί (Kerry, 1990).

#### 1.11.4 ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΝΗΜΑΤΟΒΟΡΩΝ ΜΥΚΗΤΩΝ

Παρά το γεγονός ότι τα μέχρι σήμερα πειραματικά αποτελέσματα είναι αρκετά ενθαρρυντικά, αν και σε μερικές περιπτώσεις αντικρουόμενα, η εφαρμογή των νηματοβόρων μυκήτων στο χωράφι εμφανίζει πολλά προβλήματα. Ένα από τα προβλήματα αυτά είναι η δυσκολία παραγωγής μολύσματος στις τόσο μεγάλες απαιτούμενες ποσότητες, λόγω οικονομικών και τεχνικών δυσκολιών. Επίσης, σημαντικός ανασταλτικός παράγοντας είναι το ίδιο το έδαφος το οποίο έχει την τάση να διατηρεί την ισορροπία του, με αποτέλεσμα να επαναφέρει τη συγκέντρωση των μυκήτων στα φυσιολογικά του επίπεδα.

Αρκετές προσπάθειες έχουν γίνει για την δημιουργία εμπορικών προϊόντων, που να εμπεριέχουν τους βιολογικούς παράγοντες σε τέτοια μορφή που να καθίσταται εύκολη η ενσωμάτωσή τους στο έδαφος ακόμα και όταν πρόκειται για μεγάλες εκτάσεις που απαιτούν την εφαρμογή μεγάλων ποσοτήτων. Στο παρελθόν τέτοιες ενέργειες είχαν γίνει μόνο στην Ιαπωνία (Kenney & Couch, 1981, Soper & Ward, 1981), όπως π.χ. παρασκευή σκευάσματος *A. dactyloides* υπό την μορφή ξηρών σπορίων με σκοπό να ελαττώνεται η ανάγκη ανάμειξής του με μεγάλες ποσότητες οργανικής ουσίας και να διευκολύνεται η μετέπειτα ενσωμάτωση του εξαιρετικά μεγάλου παραγόμενου όγκου στο έδαφος. Προβλήματα όμως προκύπτουν με μύκητες που δεν σχηματίζουν σπόρια και γι' αυτό παρουσιάζουν δυσκολίες στην μεταχείριση τους για τον παραπάνω σκοπό (Kerry, 1987).

Επίσης, αν η καλλιέργεια του μύκητα δεν έχει την δυνατότητα να διατηρεί τη βιωσιμότητα της μετά την διαδικασία αποξήρανσης, πρέπει να τυποποιηθεί σε υγρή ή σε στερεή μορφή που να εμπεριέχει αρκετή υγρασία. Και στις δυο περιπτώσεις πάντως, κρίνεται απαραίτητη η χρησιμοποίηση αντιβιοτικών για την παρεμπόδιση μολύνσεων (Stirling, *et al.*, 1998). Η βιωσιμότητα των σκευασμάτων επηρεάζεται και από τις συνθήκες αποθήκευσης, θερμοκρασίας, υγρασίας και έκθεσης σε υπεριώδη ακτινοβολία (Kerry, 1987). Η διάρκεια ζωής τους είναι μόλις λίγοι μήνες αν και σκευάσματα με *A. musiformis* μπόρεσαν να διατηρηθούν για πάνω από 1 χρόνο στους 5°C (Tarjan, 1961).

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, διεξήχθη πείραμα με σκεύασμα *A. dactyloides* κοκκώδους μορφής, περιεχόμενης υγρασίας <5%, η εφαρμογή του οποίου μετά τον σχηματισμό των παγίδων του μύκητα, μείωσε τον πληθυσμό νεαρών νυμφών *Meloidogyne* sp. κατά 90%, σε εργαστηριακή μελέτη (Stirling *et al.*, 1998). Το ίδιο σκεύασμα εφαρμόστηκε στο έδαφος θερμοκηπίου και ακολούθησε μόλυνση με ωά *M. javanica* και

φύτευση φυτών τομάτας. Παρατηρήθηκε μείωση της τάξης του 57-96% στον αριθμό των σχηματιζόμενων φυματίων στις ρίζες, ειδικά όταν το σκεύασμα ενσωματώθηκε στο έδαφος και κοντά στο ριζικό σύστημα των φυτών (Stirling & Smith, 1998). Στην ίδια εργασία αναφέρεται ότι η επαναλαμβανόμενη εφαρμογή του κοκκώδους προϊόντος ενδέχεται να οδηγήσει στην παραγωγή περισσότερων παγίδων και κατ' επέκταση σε πιο επαρκή έλεγχο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> (ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ)

### 2.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η παρούσα μελέτη είχε σκοπό να διερευνήσει τη δυνατότητα καταπολέμησης φυτοпараσιτικών νηματωδών του γένους *Meloidogyne* με τους νηματοβόρους μυκήτες *A. dactyloides* και *A. oligospora* και με τη φυτικής προέλευσης ουσία αζαδιραχτίνη, η οποία έχει αποδεδειγμένη εντομοκτόνο δράση, ενώ εικάζεται ότι δρα και νηματοστατικά. Ταυτόχρονα έγινε μια συγκριτική μελέτη της αποτελεσματικότητας των παραπάνω σε σχέση με δύο εμπορικά σκευάσματα.

### 2.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 2.2.1 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

1. Νηματώδεις: *Meloidogyne javanica* (παραχωρήθηκαν από τον Λέκτορα του ΓΠΑ Δρα Γιαννακού Ιωάννη)
2. Μύκητες: *Arthrobotrys dactyloides* και *A. oligospora* (παραχωρήθηκαν από το Εργαστήριο Μυκητολογίας του ΜΦΙ)
3. Σπορόφυτα τομάτας: παραχωρήθηκαν από την εταιρία Plantas.

#### 2.2.2 ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ

1. Σκεύασμα Οίκος (υγρό, γαλακτωματοποιήσιμο, υδατοδιαλυτό, της εταιρίας Λαπαφάρμ)
2. Σκεύασμα Neemazal (υγρό, γαλακτωματοποιήσιμο, υδατοδιαλυτό, της εταιρίας Intrachem Ελλάς Ε.Π.Ε).
3. Σκεύασμα Nemasur (υγρό, γαλακτωματοποιήσιμο, υδατοδιαλυτό, της εταιρίας Άλφα Γεωργικά Εφόδια)
4. Σκεύασμα Nemathorin (στερεό, κοκκώδους μορφής, της εταιρίας Χελλαφάρμ)
5. Διαφυλλικό λίπασμα NPK 30-12-8: Floral N, της εταιρίας cifo.

#### 2.2.3 ΥΛΙΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΥΚΗΤΩΝ

1. Περλίτης
2. Κομπόστα (compost)

3. Σκόνη αραβοσίτου
4. Απιονισμένο νερό
5. Κωνικές φιάλες 1lt
6. Σακούλες με ανθεκτικότητα σε υψηλές θερμοκρασίες
7. Χαρτί, βαμβάκι, αλουμινόχαρτο, σπάγκος, κοπίδι

#### **2.2.4 ΥΛΙΚΑ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗΣ ΝΗΜΑΤΩΩΩΩΩ**

1. Κόσκινα με διαμέτρους πόρων 630, 250, 56 και 38 μm
2. Γυάλινα χωνιά, διαμέτρου 10-15cm
3. Πλαστικά δοχεία (κουβάδες) όγκου  $\geq 10$ lt
4. Ειδικό τριβλίο καταμέτρησης (counting disk)
5. Κωνικές φιάλες, ογκομετρικός σωλήνας, σιφώνιο
6. Διαφανές πλαστικό δοχείο μετρήσεων ριζών
7. Δικτυωτό πλέγμα, χαρτομάντιλα αυτοκινήτου, υδροβολείς, χαρτί κουζίνας, αλουμινόχαρτο, γυάλινα φιαλίδια όγκου 10ml.
8. Γυάλινα τριβλία, λαβίδα, νυστέρι.

#### **2.2.5 ΛΟΙΠΑ ΥΛΙΚΑ**

1. Υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών: μίγμα τύρφης με κοινό χώμα (1:3)
2. Πλαστικές γλάστρες χωρητικότητας 10lt
3. Ψεκαστήρες, φτυάρι, καρότσι μεταφοράς, ποτιστήρι, υδροβολείς
4. Λαβίδες, ψαλίδια, κλαδευτήρια, ετικέτες, χάρτινες σακούλες, κορδέλες, συραπτικό, μαχαίρι, καλάμια (για την υποστύλωση των φυτών), πλαστικοί σωλήνες και μπεκ (για το στάγδην σύστημα άρδευσης), ηλεκτρονικός ζυγός ακριβείας.

#### **2.2.6 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ** (Εικ. 2.1)

Το πείραμα αποτελούνταν από δώδεκα διαφορετικές επεμβάσεις συνολικά, από τις οποίες οι τέσσερις ήταν μάρτυρες, που χρησιμοποιήθηκαν για την καλύτερη και εγκυρότερη σύγκριση των αποτελεσμάτων των διαφόρων επεμβάσεων.



Εικόνα 2. 1. Πειραματική διάταξη φυτών τομάτας στο θερμοκήπιο.

Οι αρνητικοί μάρτυρες (φυτά που αναπτύσσονταν σε καθαρό υπόστρωμα), χρησιμοποιήθηκαν για να παρατηρηθεί η φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών.

Οι θετικοί μάρτυρες (φυτά που αναπτύσσονταν σε μίγμα χώματος με προσθήκη νηματώδων μόνο) χρησιμοποιήθηκαν για να παρατηρηθούν οι φυσιολογικές επιπτώσεις της μόλυνσης από το νηματώδη στα φυτά, και για τη σύγκριση του πληθυσμού τους με τις άλλες επεμβάσεις.

Οι μάρτυρες με τους μύκητες (φυτά που αναπτύσσονταν σε υπόστρωμα μόνο με την προσθήκη μυκήτων) χρησιμοποιήθηκαν για να παρατηρηθούν οι τυχόν επιδράσεις που μπορεί να έχουν οι μύκητες στην ανάπτυξη των φυτών.

Οι επεμβάσεις με μύκητα και νηματώδεις (φυτά που αναπτύσσονταν σε υπόστρωμα με την προσθήκη νηματώδων και μυκήτων) χρησιμοποιήθηκαν για να διαπιστωθεί η θρεπτική ικανότητα των μυκήτων και η πιθανότητα εφαρμογής τους σε μέσο καταπολέμησης των νηματώδων.

Τα φυτά που αναπτύσσονταν σε μίγμα χώματος με την προσθήκη νηματώδων και βιολογικών σκευασμάτων χρησιμοποιήθηκαν για να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα των τελευταίων ως προς την καταπολέμηση των νηματώδων.

Τα φυτά που αναπτύσσονταν σε υπόστρωμα που περιείχε νηματώδεις και χημικά νηματοκτόνα σκευάσματα χρησιμοποιήθηκαν κατά βάση ως μέτρο σύγκρισης για την

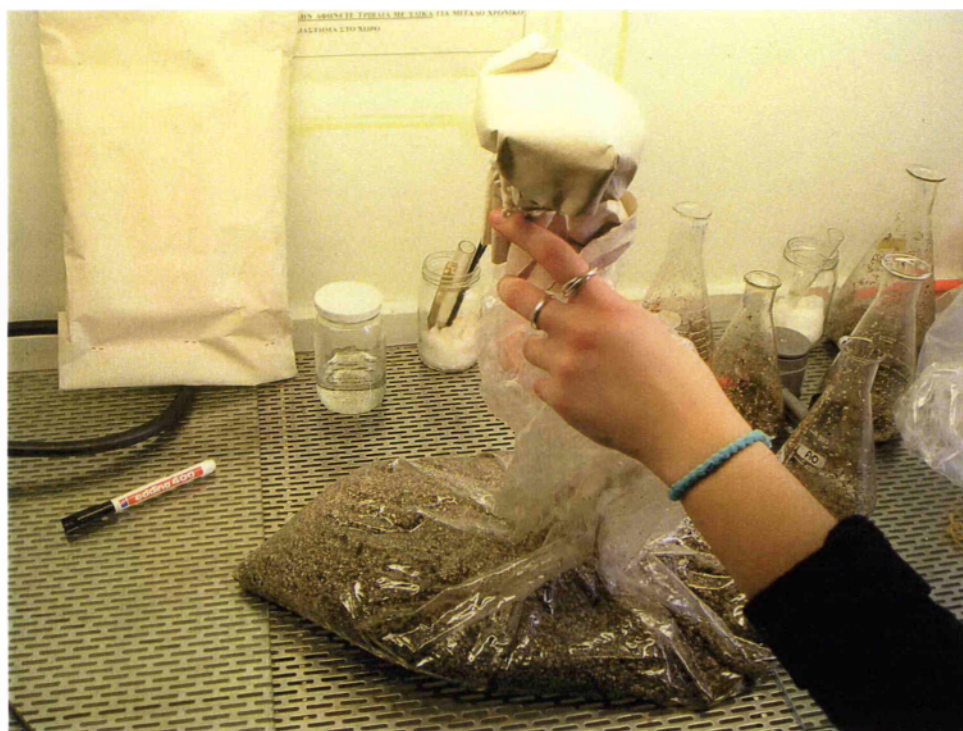
εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των βιολογικών σκευασμάτων και των μυκήτων καθώς και για μεταξύ τους σύγκριση.

Κάθε μία από τις επεμβάσεις αποτελούνταν από οκτώ επαναλήψεις. Συνολικά, μελετήθηκαν και καταγράφηκαν τα αποτελέσματα από 96 γλάστρες.

#### 2.2.6.1 ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΜΟΛΥΣΜΑΤΟΣ ΜΥΚΗΤΩΝ

1. Σε κάθε μία από 12 κωνικές φιάλες τοποθετήθηκαν 225ml περλίτη, ο οποίος διαβρέχτηκε με ελάχιστη ποσότητα νερού.
2. Προστέθηκαν 25ml κομπόστας, 2.5g σκόνη αραβοσίτου και 20ml απιονισμένου νερού και οι φιάλες ανακινήθηκαν.
3. Στη συνέχεια σφραγίστηκαν με κυλίνδρους βάμβακος και το στόμιο κάθε μιας καλύφθηκε με ένα κομμάτι χαρτιού, το οποίο στερεώθηκε με σπάγκο, και μετά τυλίχθηκε με αλουμινόχαρτο.
4. Οι φιάλες αποστειρώθηκαν σε υγρό κλίβανο υπό θερμοκρασία 120°C και πίεση 1atm για 40min.
5. Η διαδικασία της αποστείρωσης επαναλήφθηκε για 1h την επόμενη μέρα.
6. Οι φιάλες αφέθηκαν να κρυώσουν, χωρίστηκαν σε δύο ομάδες των 6 και ακολούθησε ο εμβολιασμός τους υπό ασηπτικές συνθήκες (laminar flow) με τους μύκητες *A. oligospora* και *A. dactyloides*, αντίστοιχα. (Οι μύκητες παραχωρήθηκαν από το εργαστήριο Μυκητολογίας του Μ.Φ.Ι. με τη μορφή μολύσματος αναπτυσσόμενου σε θρεπτικό υλικό P.D.A. σε τριβλία Petri).
7. Σε κάθε φιάλη τοποθετήθηκαν 4 κομματάκια μολύσματος, και η φιάλη ξανασφραγίστηκε, όπως προηγουμένως, ανακινήθηκε και τοποθετήθηκε για επώαση και ανάπτυξη του μύκητα στους 28°C.
8. Οι φιάλες ανακινούνταν κάθε δύο ημέρες ώστε να επιτευχθεί ομοιόμορφη και γρήγορη ανάπτυξη των μυκήτων.
9. Μετά από περίπου δύο εβδομάδες, οι φιάλες ελέγχθηκαν ώστε να επιβεβαιωθεί ότι οι μύκητες είχαν αναπτυχθεί επαρκώς.
10. Στη συνέχεια, οι καλλιέργειες αυτές χρησιμοποιήθηκαν για τον εμβολιασμό μεγαλύτερων ποσοτήτων μολύσματος μυκήτων, επαρκών για τη διεκπεραίωση του πειράματος. Αυτό επιτεύχθηκε με τον εμβολιασμό μεγάλης ποσότητας θρεπτικού υποστρώματος (60 περίπου λίτρων), που παρήχθη όπως παραπάνω, χρησιμοποιώντας αντί για κωνικές φιάλες, σακούλες όγκου 5lt (Εικ. 2.2).

Στην περίπτωση αυτή τα υλικά του υποστρώματος τοποθετήθηκαν στις σακούλες και ακολούθησε απομάκρυνση της περίσσειας αέρα από το εσωτερικό τους. Στη συνέχεια, στη μέση περίπου κάθε σακούλας τοποθετήθηκε μια λωρίδα βάμβακος σε κατακόρυφη διάταξη, και οι σακούλες σφραγίστηκαν προσεκτικά με χαρτί και σπάγκο. Ακολούθησε υγρή αποστείρωση για 1h, που επαναλήφθηκε την επόμενη μέρα. Μετά τον εμβολιασμό των σακουλών με τους μύκητες, στο άκρο κάθε μιας τοποθετήθηκε μια αποστειρωμένη κυλινδρική κατασκευή βάμβακος (λωρίδες βάμβακος, τυλιγμένες σφικτά με ανθεκτικό χαρτί, ίδιου μήκους), που στερεώθηκε με σπάγκο. Η κατασκευή αυτή επέτρεπε την αναπνοή των μυκήτων, ενώ παρεμπόδιζε την είσοδο άλλων μικροοργανισμών.



Εικόνα 2.2. Παρασκευή μεγάλων ποσοτήτων μολύσματος μύκητα σε πλαστικές σακούλες όγκου 5lt.

#### 2.2.6.2 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΓΛΑΣΤΡΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Πριν τη μεταφύτευση των σποροφύτων τομάτας, σε κάθε γλάστρα τοποθετήθηκαν από 10lt μίγματος χώματος. Στη συνέχεια, ανάλογα με την επέμβαση, προστέθηκαν:

- α) 250ml καλλιέργειας *A. oligospora* (σε κάθε μια από 8 γλάστρες)
- β) 750ml καλλιέργειας *A. oligospora* (σε κάθε μια από 16 γλάστρες, οι 8 προορίζονταν για μάρτυρες)
- γ) 250ml καλλιέργειας *A. dactyloides* (σε κάθε μια από οκτώ γλάστρες)

δ) 750ml καλλιέργειας *A. dactyloides* (σε κάθε μια από 16 γλάστρες, οι 8 προορίζονταν για μάρτυρες)

ε) 1.5g nemathorin (σε κάθε μια από 8 γλάστρες)

στ) 500ml nemacur 4% (σε κάθε μια από 8 γλάστρες)

Στις γλάστρες των λευκών μαρτύρων, των μαρτύρων με μόνο νηματώδεις και σ' αυτές όπου θα εφαρμόζονταν το Oikos και το Neemazal, δεν προστέθηκε τίποτα.

Ακολούθησε καλό ανακάτεμα του χώματος, και την επόμενη μέρα φυτεύτηκαν τα σπορόφυτα τομάτας και οι γλάστρες ποτίστηκαν. Αμέσως μετά, πλησίον και γύρω από το ριζικό σύστημα των νεαρών φυτών (εκτός από τους λευκούς μαρτύρες) τοποθετήθηκαν ωόσακκοι με τη βοήθεια σιφωνίου. Κάθε φυτό εμβολιάστηκε με 4 ωόσακκους σε περίπου 5ml νερού. Υπολογίζεται ότι ο αριθμός των ωών που προστέθηκε ανέρχεται στα 900-1000 ωά *M. javanica*.

Στις 16 γλάστρες που προορίζονταν για χειρισμό με αζαδιραχτίνη, πριν από το πότισμα, προστέθηκαν από 150ml Oikos 0.15% και Neemazal 0.3% αντίστοιχα, και κατόπιν ποτίστηκαν.

Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, τα φυτά παρακολουθούνταν καθημερινά, ενώ απομακρύνονταν τυχόν ξερά φύλλα και ζιζάνια, παρέχονταν το απαραίτητο νερό και σε εβδομαδιαία βάση εφαρμοζόταν διαφυλλική λίπανση.

Ο χειρισμός με αζαδιραχτίνη επαναλαμβανόταν κάθε 7-10 ημέρες.

Τα φυτά από τις μισές επαναλήψεις αφέθηκαν ν' αναπτυχθούν για χρονικό διάστημα 45 ημερών, ενώ τα υπόλοιπα για 90 ημέρες, οπότε και πραγματοποιήθηκαν οι διάφορες μετρήσεις.

### 2.2.6.3 ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

Πριν την απομόνωση των νηματωδών από τις γλάστρες, το περιεχόμενο κάθε μιας μεταφερόταν σε πλαστική λεκάνη, όπου η ρίζα κάθε φυτού απελευθερωνόταν από το χώμα με πολύ απαλές κινήσεις ώστε να μην κοπεί (Εικ. 2.3Α-Δ). Το υπέργειο τμήμα ζυγίζόταν (πρβλ. 2.2.6.5) και η ρίζα ξεπλενόταν προσεκτικά, τυλιγόταν με βρεγμένο χαρτί κουζίνας, και αλουμινοχαρτο και φυλασσόταν στο ψυγείο για να μην αποξηρανθεί μέχρι να ολοκληρωθούν οι απαραίτητες μετρήσεις.





Εικόνα 2.3. Διαδικασία απομόνωσης ριζών από το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών.

Το υπόλοιπο περιεχόμενο κάθε γλάστρας ζυγίζοταν και πραγματοποιούνταν απομόνωση και καταμέτρηση των περιεχομενων νηματώδων από ποσότητα 200g.

Η απομόνωση των νηματώδων έγινε με μία τροποποίηση της μεθόδου Baermann, κατά την οποία τα 200g εδάφους τοποθετούνταν αρχικά εντός πλαστικού δοχείου όγκου  $\geq 10\text{lt}$  όπου αναδεύονταν καλά με νερό υπό πίεση. Το αιώρημα που περιείχε και τους νηματώδεις αφηνόταν για λίγα δευτερόλεπτα (5-10) ώστε να κατακαθίσουν τα στερεά υλικά και τα βαρύτερα εδαφικά σωματίδια και στη συνέχεια ρίχνονταν μέσω κόσκινου με διάμετρο πόρων  $630\mu\text{m}$  σε δεύτερο πλαστικό δοχείο (Εικ. 2.4Α). Τα υλικά που είχαν συλλεχθεί στο κόσκινο απορρίπτονταν ενώ το αιώρημα του 2<sup>ου</sup> δοχείου περνούσε μέσα από δεύτερο κόσκινο με διάμετρο πόρων  $56\mu\text{m}$ . Τα υλικά (και οι νηματώδεις) που είχαν συλλεχθεί στο 2<sup>ο</sup> κόσκινο ξεπλένονταν σε ποτήρι ζέσεως (Εικ. 2.4Β, Γ) και μεταφέρονταν εντός γυάλινου χωνιού (Εικ. 2.4Δ) το οποίο είχε προετοιμαστεί ως εξής: το χωνί είχε διάμετρο 10-15εκ., και στο σωληνωτό τμήμα του, προσαρμόζονταν κομμάτι λάστιχου από σιλικόνη μήκους 10εκ. περίπου, στο άκρο του οποίου υπήρχε ειδικός σφιγκτήρας που έκλεινε το χωνί αεροστεγώς (Εικ. 2.5). Στην άνω επιφάνεια του χωνιού τοποθετούνταν δικτυωτό πλέγμα, επί του οποίου στηριζόταν χαρτομάντιλο αυτοκινήτου, ή ειδικό για την απομόνωση νηματώδων διηθητικό χαρτί.



Εικόνα 2.4. Διαδικασία απομόνωσης και συλλογής νηματωδών από υπόστρωμα

Το αιώρημα με τους νηματώδεις μεταφερόταν εντός του χωνιού, μέσω του χαρτομάντιλου (Εικ. 2.5). Αφού το χαρτομάντιλο στράγγιζε, διπλωνόταν ώστε να μην είναι δυνατή η διαφυγή του περιεχομένου του, και το χονί γεμιζόταν με νερό έως ότου καλυφθεί το χαρτομάντιλο.

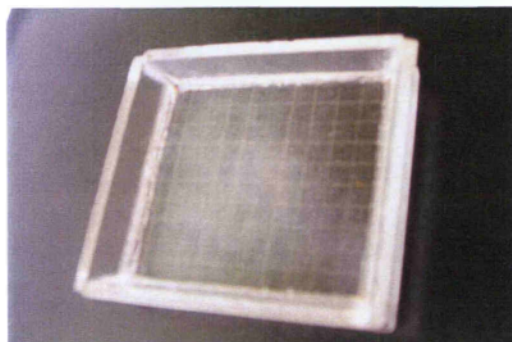
Το όλο σύστημα αφήνονταν σε ηρεμία για διάστημα 48 περίπου ωρών, στη διάρκεια του οποίου οι κινητές μορφές των νηματωδών διαπερνούσαν το χαρτομάντιλο ενεργητικά και τελικά κατακάθονταν στο κάτω άκρο του λάστιχου, απ' όπου και γινόταν η παραλαβή τους. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι τα ωά, οι δυσκίνητες σε φάση έκδυσης νύμφες, οι κύστες καθώς και οι νεκροί νηματώδεις δε μπορούν να διαπεράσουν τους πόρους του χαρτομάντιλου, οπότε δεν ανιχνεύονται με αυτή τη μέθοδο.



Εικόνα 2.5. Σχηματική αναπαράσταση της διάταξης συλλογής νηματωδών με τη μέθοδο Baermann.

#### 2.2.6.4 ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

Οι νηματώδεις παραλαμβάνονταν από τα χωνιά τύπου Baermann σε γυάλινα φιαλίδια των 10ml. Το δείγμα μεταφερόταν σε ειδικό τριβλίο καταμέτρησης (counting dish) (Εικ. 2.6) απ' όπου με τη χρήση στερεοσκοπίου γινόταν επιβεβαίωση της ύπαρξης νηματωδών. Εφόσον ανιχνεύονταν φυτοпараσιτικοί νηματώδεις (το στίλετο είναι ορατό σε μεγέθυνση 60x), ταυτοποιούνταν το είδος με τη βοήθεια οπτικού μικροσκοπίου και ακολουθούσε καταμέτρηση του αριθμού των J2 στο τριβλίο καταμέτρησης και εκτίμηση του πληθυσμού των J2 στο συνολικό βάρος υποστρώματος κάθε γλάστρας.



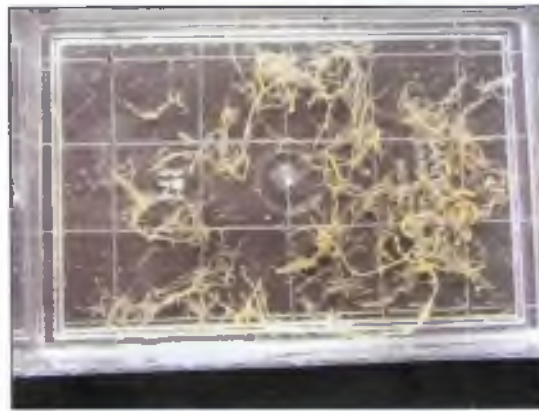
Εικόνα 2.6. Τριβλίο καταμέτρησης νηματωδών

#### 2.2.6.5 ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΩΩΝ ΑΠΟ ΡΙΖΕΣ

Μετά το καθαρισμό τους, οι ρίζες ζυγίζονταν σε ζυγό ακριβείας για την εύρεση του ολικού νωπού τους βάρους, τεμαχίζονταν και τοποθετούνταν σε ποτήρια ζέσεως που περιείχαν διάλυμα χλωρίνης 5% και ανακινούνταν για 5 λεπτά. Το περιεχόμενο των ποτηριών περνούσε από συνδυασμό κόσκινων με διάμετρο πόρων 200μm το πρώτο, και 38μm το δεύτερο. Το περιεχόμενο του δεύτερου κόσκινου συλλεγόταν σε ποτήρι ζέσεως και γινόταν ογκομέτρησή του. Στη συνέχεια 5ml από το αιώρημα μεταφέρονταν στο ειδικό τριβλίο καταμέτρησης, όπου υπολογιζόταν ο αριθμός των ωών σε 5ml αιωρήματος και κατόπιν γινόταν εκτίμηση του συνολικού αριθμού τους στον συνολικό όγκο.

#### 2.2.6.6 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΡΙΖΑΣ

Ένα τμήμα της ρίζας που ζυγίζοταν πρώτα σε ζυγό ακριβείας τοποθετούνταν εντός πλαστικού διάφανου δοχείου, διαστάσεων 16.5×19.5cm, στον πυθμένα του οποίου υπήρχαν χαραγμένες κάθετες και οριζόντιες γραμμές ανά 5cm (Εικ. 2.7). Στο δοχείο προστίθονταν 5ml νερό και οι ρίζες απλώνονταν με τη βοήθεια εργαστηριακής λαβίδας. Στη συνέχεια μετριόνταν πόσες φορές οι ρίζες τέμνονταν πάνω στις κάθετες και οριζόντιες γραμμές.



Εικόνα 2.7. Δοχείο μέτρησης μήκους ρίζας

Το μήκος της ρίζας υπολογιζόταν, κατόπιν αναγωγής στο συνολικό βάρος της, με τον εξής τύπο:  $R = (\pi + A)n / 2H$ , όπου

R= το μήκος ρίζας

$\pi = 3,14$

A= το εμβαδόν του δοχείου μέτρησης

n= ο αριθμός των σημείων που η ρίζα τέμνει τις γραμμές του πλέγματος

H= το συνολικό μήκος γραμμών πλέγματος

#### 2.2.6.7 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΦΥΜΑΤΙΩΝ

Στο ίδιο δοχείο που γινόταν η μέτρηση του μήκους της ρίζας, πραγματοποιούνταν ταυτόχρονα και ο υπολογισμός του αριθμού των φυματίων επί των ριζών, με αναγωγή βέβαια στο συνολικό βάρος της ρίζας.

#### 2.2.6.8 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΥΚΗΤΑ

Μετά το πέρας κάθε δειγματοληψίας, από το ριζικό σύστημα κάθε φυτού στο οποίο είχε γίνει επέμβαση με μύκητα, ελήφθη ένα μικρό κομμάτι ρίζας, καλά καθαρισμένο από υπολείμματα υποστρώματος, που τοποθετήθηκε μέσα σε τριβλίο με σκέτο άγαρ. Στην συνέχεια μεταφέρθηκαν σε θάλαμο στους 30°C και περίπου για το χρονικό διάστημα των δύο εβδομάδων. Μετά το πέρας αυτού, τα τριβλία εξετάστηκαν με στερεοσκόπιο και μικροσκόπιο για να επιβεβαιωθεί η ανάπτυξη των μυκήτων.

#### **2.2.6.9 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΞΗΡΟΥ ΚΑΙ ΝΩΠΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΦΥΤΩΝ**

Τέσσερα φυτά από κάθε επέμβαση επιλέγονταν τυχαία και το υπέργειο τμήμα τους ζυγίζονταν και τοποθετούνταν σε χάρτινη σακούλα. Σε περίπτωση που οι βλαστοί έφεραν καρπούς, αυτοί ζυγίζονταν χωριστά και τοποθετούνταν μαζί με τους βλαστούς στις σακούλες. Οι σακούλες τοποθετούνταν για 2 ημέρες σε ξηρό κλίβανο στους 80°C, για αποξήρανση του περιεχομένου τους. Μετά την πάροδο των δύο ημερών, ξαναζυγίζονταν ξεχωριστά καρποί και βλαστοί, και υπολογιζόταν το ξηρό βάρος τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΧΟΛΙΑ

Μετά το πέρας των πειραμάτων της Α' και Β' δειγματοληψίας (40 και 80 ημέρες αντίστοιχα) καταμετρήθηκαν οι εξής παράμετροι:

1. Ολικός πληθυσμός νηματωδών
2. Ολικός αριθμός φυματίων
3. Μήκος ρίζας
4. Νωπό βάρος βλαστών
5. Ξηρό βάρος βλαστών
6. Νωπό και ξηρό βάρος καρπών
7. Νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος (βλαστών και καρπών)
8. Επιτυχής εγκατάσταση των μυκήτων

Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από τις παραπάνω μετρήσεις παρατίθενται στα Παραρτήματα I-V.

Σχετικά με τις επεμβάσεις - μάρτυρες όπου εφαρμόστηκαν μόνο μύκητες, οι ρίζες και τα υποστρώματα ανάπτυξης εξετάστηκαν για τυχόν προσβολές ή επιμολύνσεις με νηματώδεις και βρέθηκαν καθαρά. Επίσης, τα φυτά δε φάνηκε να επηρεάζονται από την παρουσία των μυκήτων.

### 3.1 ΟΛΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ *MELOIDOGYNE*

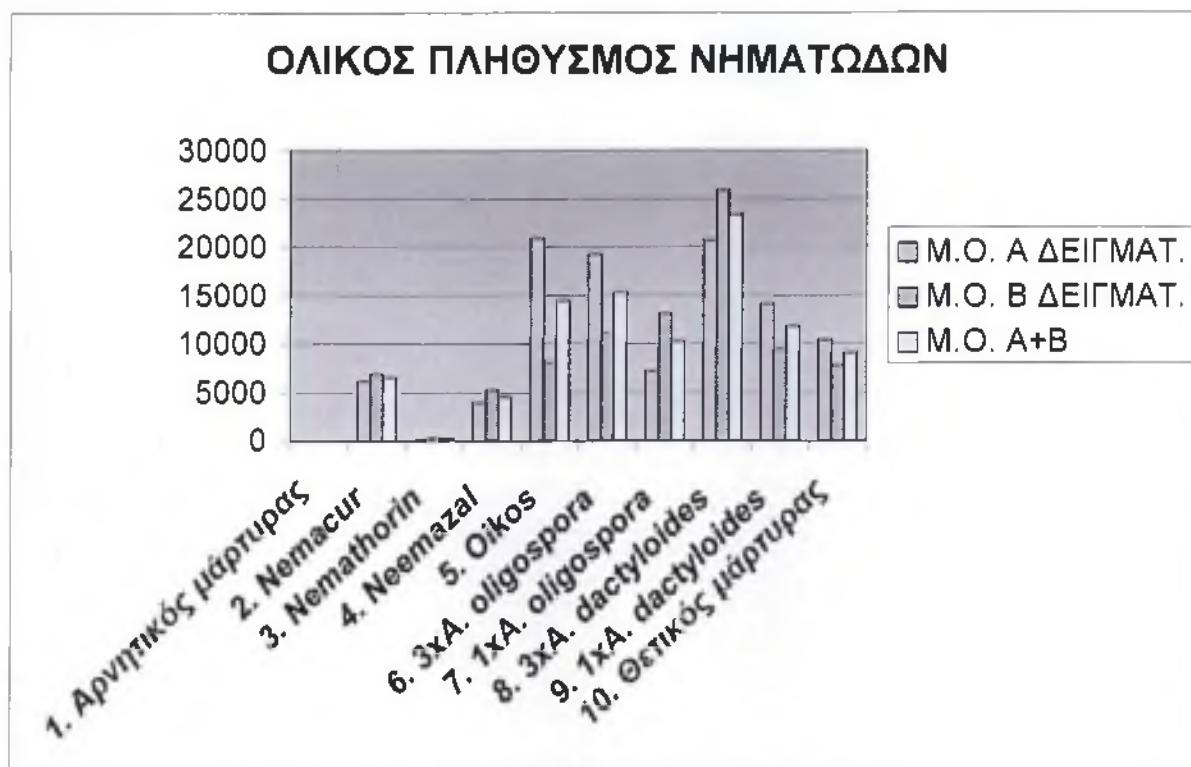
Στην παρούσα ανάλυση, με τον όρο «ολικός πληθυσμός *Meloidogyne*», εννοούμε τον συνολικό αριθμό ελεύθερων προνυμφών 2<sup>ου</sup> σταδίου και αρσενικών ατόμων που απομονώθηκαν από το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών, συν τον συνολικό αριθμό ωών που απομονώθηκαν από τη ρίζα κάθε φυτού.

Για τη μελέτη της παραμέτρου αυτής χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος πληθυσμού που προέκυψε από τις τέσσερις επαναλήψεις κάθε επέμβασης. Οι μέσοι όροι για κάθε δειγματοληψία χωριστά αλλά και ο μέσος όρος των δύο δειγματοληψιών αναφέρονται στον πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1 Ολικός πληθυσμός *Meloidogyne*

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	Α ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	Β ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	Μ.Ο. Α+Β
1. Αρνητικός μάρτυρας	0	0	0
2. Nema-cur	6179	6864	6521
3. Nema-thorin	149	306	227
4. Nema-zal	3893	5263	4578
5. Οίκος	20918	8050	14484
6. 3x <i>A. oligospora</i>	19322	11107	15214
7. 1x <i>A. oligospora</i>	7196	13138	10167
8. 3x <i>A. dactyloides</i>	20755	25829	23292
9. 1x <i>A. dactyloides</i>	14170	9545	11857
10. Θετικός μάρτυρας	10355	7751	9053

Από τον Πίνακα 3.1 προκύπτει το Διάγραμμα 3.1, όπου παρατηρούμε ότι για τις περισσότερες επεμβάσεις δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ α' και β' δειγματοληψίας.



Διάγραμμα 3.1 Ολικός πληθυσμός *Meloidogyne*

Παρατηρώντας το Διάγραμμα 3.1 διαπιστώνουμε πως το Nemathorin επέδειξε την καλύτερη αποτελεσματικότητα επιφέροντας σημαντικό περιορισμό του πληθυσμού των νηματωδών και διατηρώντας τον σε πολύ χαμηλά επίπεδα σε σχέση με τα υπόλοιπα σκευάσματα και φυσικά με τον θετικό μάρτυρα. Το Neemazal και έπειτα το Nemasur ήταν τα αμέσως επόμενα πιο δραστικά.

Αντίθετα το Οίκος δεν παρουσίασε δραστικότητα, αφού και στις δύο δειγματοληψίες ο πληθυσμός των νηματωδών ξεπερνούσε κατά πολύ τον αντίστοιχο των θετικών μαρτύρων. Ωστόσο, πρέπει να λάβουμε υπ' όψη ότι στη β' δειγματοληψία ο πληθυσμός μειώθηκε σημαντικά, γεγονός που πιθανόν να σημαίνει ότι η αποτελεσματικότητά του σκευάσματος αυξάνει με την πάροδο του χρόνου. Έτσι σε σχέση με το Neemazal που έχει την ίδια δραστική ουσία, δε μπορούμε ουσιαστικά να αποφανθούμε ποιο από τα δύο είναι το καλύτερο, εάν δεν εφαρμοστούν μεγαλύτερης διάρκειας δοκιμές.

Σχετικά με τους μύκητες διαπιστώνουμε ότι δεν είχαν αποτελεσματικότητα αφού οι πληθυσμοί των νηματωδών ήταν υψηλότεροι από τους αντίστοιχους των θετικών μαρτύρων, πλην της επέμβασης 1x*A. oligospora* για την οποία όμως ο πληθυσμός ήταν χαμηλότερος μόνο στην α' δειγματοληψία. Για τον ίδιο μύκητα, στη μεγαλύτερη δόση (3x), μια σχετική επίδραση φάνηκε με τη β' δειγματοληψία, ενώ κατά την α', ο πληθυσμός ήταν ιδιαίτερα υψηλός. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε καθυστέρηση της εγκατάστασης του μύκητα στο ριζικό σύστημα και την εκδήλωση της αποτελεσματικότητάς του, ενώ η δραστηριοποίησή του άρχισε μετά την πάροδο κάποιου απαιτούμενου ίσως χρονικού διαστήματος που η εγκατάσταση επετεύχθη. Παράλληλα, η υπέρμετρη αύξηση του πληθυσμού των νηματωδών μπορεί να οφείλεται στην ύπαρξη πολύ καλά ανεπτυγμένης ρίζας που μπορεί με τη σειρά της να είναι αποτέλεσμα της προσθήκης οργανικής ουσίας (καλλιέργεια μύκητα) στο υπόστρωμα. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στις υπόλοιπες επεμβάσεις με τους μύκητες (Πίνακας & Διάγραμμα 3.3) Ο μύκητας *A. dactyloides* στη δόση 3x, αύξησε κατά πολύ τον πληθυσμό, και μάλιστα η αύξηση αυτή συνεχίστηκε με την πάροδο του χρόνου. Η εφαρμογή στη δόση 1x ήταν σαφώς καλύτερη από την 3x, σημειώνοντας μείωση του αριθμού των νηματωδών με το πέρας του χρόνου, αλλά και πάλι με μ.ο. υψηλότερο από του θετικού μάρτυρα. Όπως παρατηρούμε και οι δύο μύκητες είναι καλύτεροι στις χαμηλότερες δόσεις, με πιο δραστικό τον *A. oligospora*, αν και κανένας από τους δύο δε φαίνεται να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο καταπολέμησης των νηματωδών.



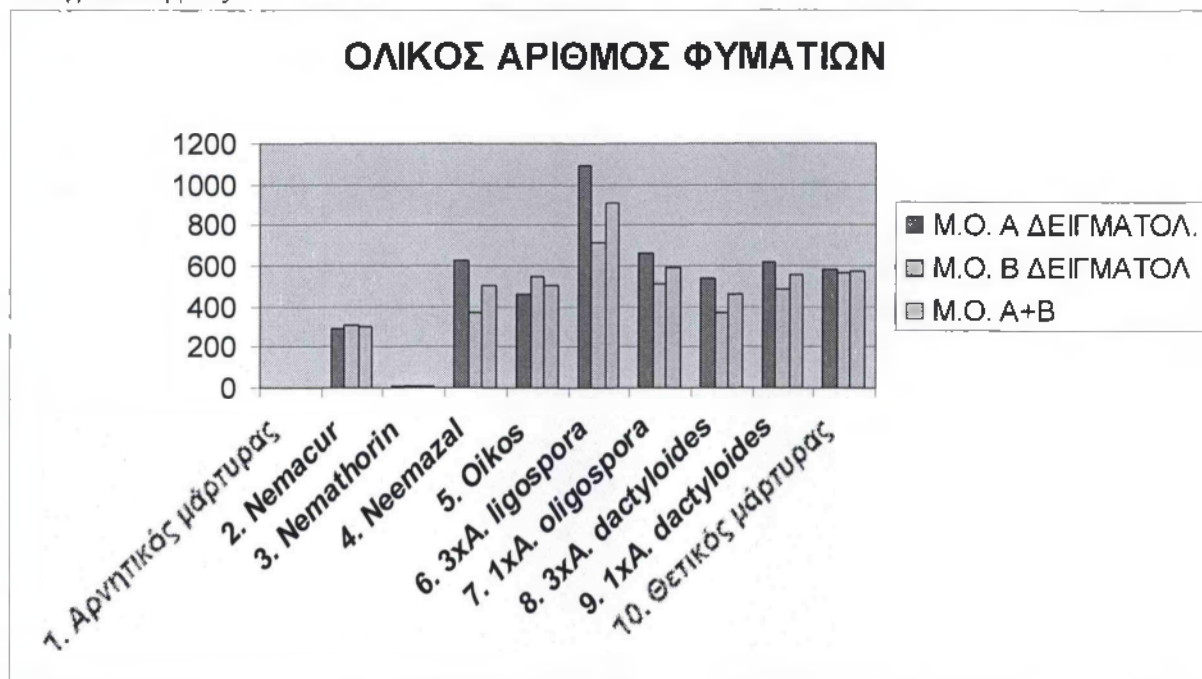
### 3.2 ΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΜΑΤΙΩΝ

Για τη μελέτη της παραμέτρου αυτής χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος του αριθμού των φυματίων που μετρήθηκαν σε κάθε μία από τις τέσσερις επαναλήψεις κάθε επέμβασης. Οι μέσοι όροι για κάθε δειγματοληψία χωριστά αλλά και ο μέσος όρος των δύο δειγματοληψιών αναφέρονται στον πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2 Ολικός αριθμός φυματίων

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	Α ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	Β ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	Μ.Ο. Α+Β
1. Αρνητικός μάρτυρας	0	0	0
2. Nemaecur	288	307	297
3. Nemathorin	10	9	9
4. Neemazal	630	368	499
5. Oikos	463	550	506
6. 3x <i>A. oligospora</i>	1094	718	906
7. 1x <i>A. oligospora</i>	665	514	589
8. 3x <i>A. dactyloides</i>	542	375	458
9. 1x <i>A. dactyloides</i>	622	486	554
10. Θετικός μάρτυρας	585	565	575

Από τον Πίνακα 3.2 προκύπτει το Διάγραμμα 3.2, όπου παρατηρούμε ότι για τις περισσότερες επεμβάσεις δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ α' και β' δειγματοληψίας.



Διάγραμμα 3.2 Ολικός αριθμός φυματίων

Σε σχέση με τον ολικό αριθμό φυματίων επί των ριζών (Διάγραμμα 3.2), παρατηρούμε ότι πιο αποτελεσματική επέμβαση ήταν και πάλι αυτή με το Nematogin, όπου ήταν σχεδόν ανύπαρκτη. Ακολουθεί το Nemasur, που συγκρίνοντας τις τιμές του με αυτές των θετικών μαρτύρων βλέπουμε πως είναι αρκετά μικρότερες. Κατά τη β' δειγματοληψία παρατηρείται αύξηση του αριθμού των φυματίων, αυτό όμως είναι αναμενόμενο, καθώς τα παλαιά φυμάτια παραμένουν στη ρίζα μετά το θάνατο των θηλυκών ατόμων, ενώ κατά τον επόμενο βιολογικό κύκλο τα νέα θηλυκά δημιουργούν νέα φυμάτια.

Για το Neemazal, τα αποτελέσματα ήταν αντικρουόμενα μεταξύ α' και β' δειγματοληψίας και παρατηρήθηκε μείωση του αριθμού των φυματίων με την πάροδο του χρόνου, γεγονός που δεν είναι σύμφωνο με την προηγούμενη θεωρία. Ωστόσο, η μείωση αυτή δεν ήταν πραγματική και δε συνεπάγεται μείωση της προσβολής, αφού όπως προκύπτει και από την κλίμακα των Bridge και Page (1980) τα φυμάτια συνενώνονται και γίνονται μεγαλύτερα σε όγκο και πιο συμπαγή με την πάροδο των γενεών. Κατά μ.ο. πάντως ο αριθμός των φυματίων στην επέμβαση με το Neemazal, ήταν σχετικά μικρότερος από αυτόν των θετικών μαρτύρων. Αντίθετα στην επέμβαση με το Οίκος, το πλήθος των φυματίων δε διαφέρει από αυτό των θετικών μαρτύρων και παρατηρείται και πάλι αύξηση του αριθμού τους με την πάροδο του χρόνου.

Στις επεμβάσεις με τους μύκητες παρατηρήθηκε ότι στις χαμηλότερες δόσεις ο αριθμός των φυματίων ήταν μικρότερος και για τα δύο είδη με ελαφρώς καλύτερο τον *A. dactyloides*. Για τις επεμβάσεις αυτές παρατηρείται και πάλι μείωση του αριθμού των φυματίων στην β' δειγματοληψία, με πιο αισθητή τη διαφορά στην *3x A. oligospora*. Ο μύκητας αυτός, ειδικότερα στη δόση 3x, φαίνεται να είναι η μοναδική επέμβαση που δεν περιορίζει την ανάπτυξη φυματίων, εμφανίζοντας περισσότερα φυμάτια από τους θετικούς μάρτυρες.

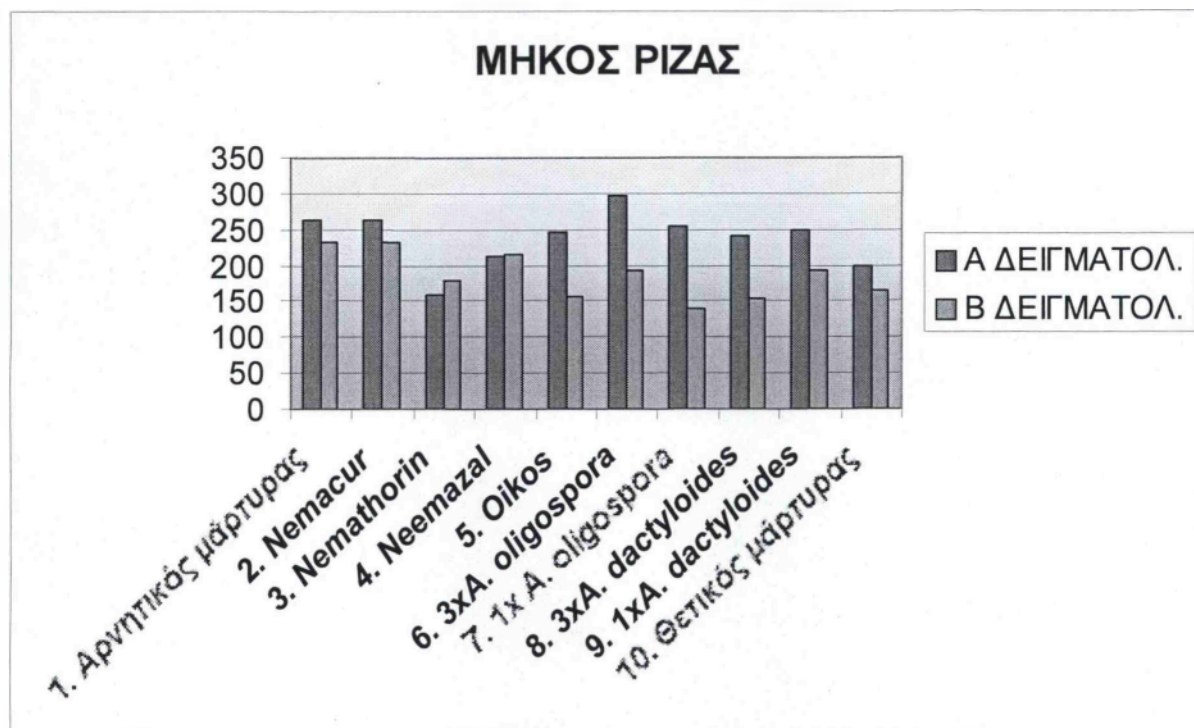
### 3.3 ΜΗΚΟΣ ΡΙΖΑΣ

Για τη μελέτη της παραμέτρου αυτής χρησιμοποιήθηκε και πάλι ο μέσος όρος μήκους που προέκυψε από τις μετρήσεις των τεσσάρων φυτών κάθε επέμβασης (Πίνακας 3.3).

Πίνακας 3.3 Μήκος ρίζας

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	Α ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	Β ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ
1. Αρνητικός μάρτυρας	263,1	232,2
2. Nematicur	264,5	231,1
3. Nemathorin	160,5	177,8
4. Neemazal	212,27	215,23
5. Oikos	247,54	156
6. 3x <i>A. oligospora</i>	297,12	193,57
7. 1x <i>A. oligospora</i>	255,91	140,44
8. 3x <i>A. dactyloides</i>	239,5	153
9. 1x <i>A. dactyloides</i>	249,11	193,24
10. Θετικός μάρτυρας	198,5	164,1

Από τον Πίνακα 3.3 προκύπτει το Διάγραμμα 3.3.



Διάγραμμα 3.3 Μήκος ρίζας

Σχετικά με το μήκος ρίζας (Διάγραμμα 3.3), παρατηρούμε πως όλες οι επεμβάσεις, πλην του Nemathorin, είχαν καλύτερα ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα από τους θετικούς μάρτυρες. Πολύ σημαντικό δε, είναι το γεγονός ότι στην επέμβαση με το Nematicur, η ανάπτυξη ήταν ιδίου βαθμού με των υγιών φυτών. Επίσης, σε σχετικά μικρότερο βαθμό, το Neemazal και μετά το Oikos παρουσίασαν αρκετά καλή ανάπτυξη της ρίζας. Το Nemathorin

φαίνεται να παρουσίασε τοξικότητα κατά την εφαρμογή του, που προκάλεσε καθυστέρηση στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Η τοξικότητα φαίνεται να ξεπεράστηκε αφού παρατηρείται σχετική αύξηση του μήκους της ρίζας με την πάροδο του χρόνου.

Επίσης, σε όλες τις επεμβάσεις εκτός των Neemazal και Nemathorin παρατηρούμε μείωση του μήκους των ριζών με την πάροδο του χρόνου, που μπορεί να οφείλεται στην προσβολή από νηματώδεις (Walters, *et al.*, 1992).

Στις επεμβάσεις με τους μύκητες δεν παρατηρούνται σαφή αποτελέσματα. Ωστόσο, οι διαφορές μεταξύ α' και β' δειγματοληψίας μπορεί να οφείλονται σε καθυστέρηση της εγκατάστασης των μυκήτων και σε καλύτερη ανάπτυξη των ριζών όπως αναλύεται παραπάνω. Αυτό είναι σύμφωνο και με το γεγονός ότι κατά την α' δειγματοληψία το μήκος των ριζών είναι σχεδόν ίσο με το μήκος των ριζών των υγιών φυτών και αρκετά μεγαλύτερο από τους θετικούς μάρτυρες.

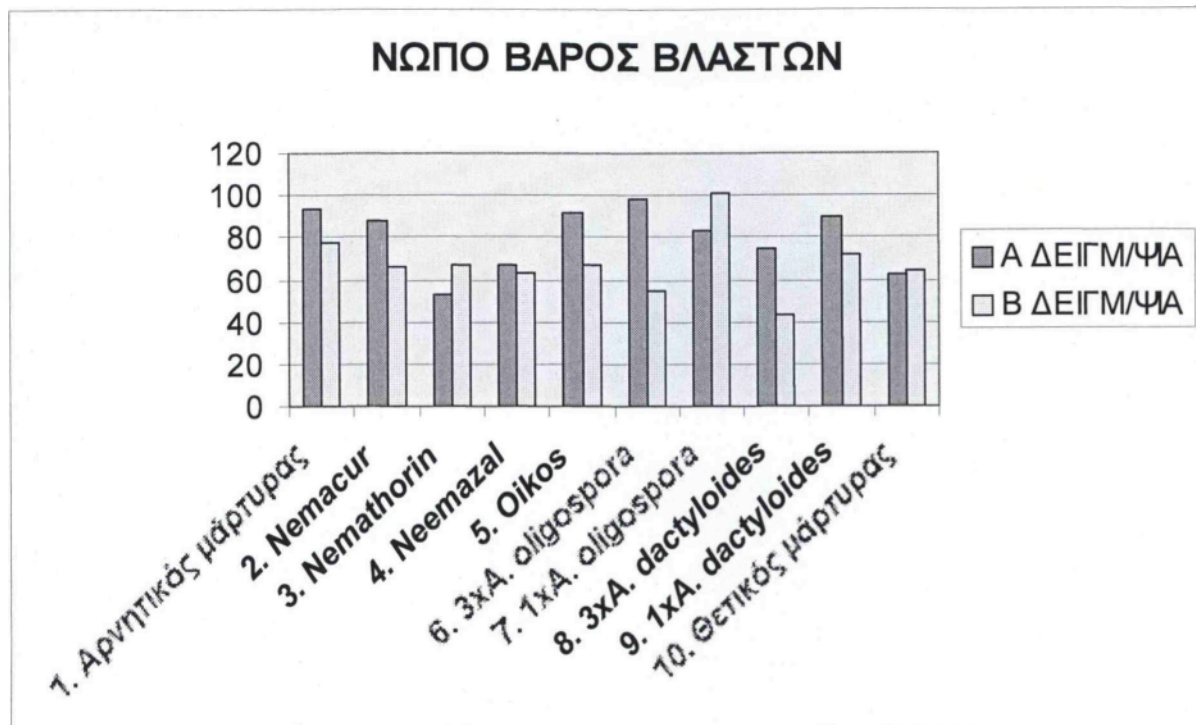
### 3.4 ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

Για τη μελέτη της παραμέτρου αυτής χρησιμοποιήθηκαν και πάλι οι μέσοι όροι από τις μετρήσεις των τεσσάρων φυτών κάθε επέμβασης.

Πίνακας 3.4 Νωπό βάρος βλαστών

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	Α ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	Β ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ
1. Αρνητικός μάρτυρας	93,2	77,9
2. Nemacur	88,1	66,5
3. Nemathorin	52,7	67,3
4. Neemazal	67,41	63,4
5. Oikos	91,23	67,115
6. 3x <i>A. oligospora</i>	98,12	54,55
7. 1x <i>A. oligospora</i>	83	100,7
8. 3x <i>A. dactyloides</i>	74,66	43,87
9. 1x <i>A. dactyloides</i>	90,19	72,1
10. Θετικός μάρτυρας	62,3	64,3

Από τον Πίνακα 3.4 προκύπτει το Διάγραμμα 3.4.



Διάγραμμα 3.4 Νωπό βάρος βλαστών

Από το Διάγραμμα 3.4. βλέπουμε ότι σε όλες τις επεμβάσεις, πλην των Nemathorin, θετικού μάρτυρα και της 1x με τον *A. oligospora*, το νωπό βάρος και κατ' επέκταση η ανάπτυξη των φυτών ήταν μειωμένα στη β' δειγματοληψία. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι με την πάροδο του χρόνου αυξάνονταν ο πληθυσμός των νηματωδών και κατά συνέπεια η προσβολή των φυτών, ενώ επιπλέον μειώθηκε το μήκος της ρίζας, επίσης λόγω της προσβολής από τους νηματώδεις, με συνολικό αποτέλεσμα το φυτό να μην μπορεί να τραφεί σωστά.

Γενικά, το νωπό βάρος των βλαστών στις διάφορες επεμβάσεις με βιολογικά ή χημικά σκευάσματα ήταν τελικά χαμηλότερο από αυτό του αρνητικού μάρτυρα και υψηλότερο από του θετικού, με καλύτερο το Οίκος ενώ ακολουθούσαν κατά σειρά το Nematicur, το Neemazal και τελευταίο το Nemathorin. Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε οι επεμβάσεις αυτές δεν επέδρασαν αρνητικά στην ανάπτυξη των φυτών, χωρίς ωστόσο να παρουσιάσουν και ιδιαίτερα ευνοϊκή επίδραση.

Αναφορικά με τους μύκητες διαπιστώνουμε πως η επέμβαση 1x με τον μύκητα *A. oligospora* είχε ως αποτέλεσμα καλύτερη ανάπτυξη των βλαστών σε σχέση με τον αρνητικό μάρτυρα, όλες δε οι επεμβάσεις με μύκητες είχαν, σε σχέση με τον θετικό μάρτυρα, καλύτερη ανάπτυξη κατά την α' δειγματοληψία. Κατά τη β' δειγματοληψία φαίνεται ότι οι μεγαλύτερες δόσεις (3x) επέδρασαν αρνητικά. Γενικά πάντως η εφαρμογή των μυκήτων στη μικρότερη

δόση ήταν πιο αποτελεσματική ενώ η ανάπτυξη των φυτών ήταν καλύτερη ακόμη και από τις επεμβάσεις με τα βιολογικά και τα χημικά σκευάσματα.

Η γενική εικόνα πάντως που παρατηρείται στις περισσότερες επεμβάσεις είναι μείωση του βάρους του υπέργειου τμήματος με την πάροδο του χρόνου που μπορεί να οφείλεται είτε σε γήρανση των φυτών είτε σε μάρανση λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούσαν στο θερμοκήπιο. Επίσης μπορεί να οφείλεται στον περιορισμό παροχής θρεπτικών στοιχείων προκειμένου να ωφεληθεί η ανάπτυξη καρπών.

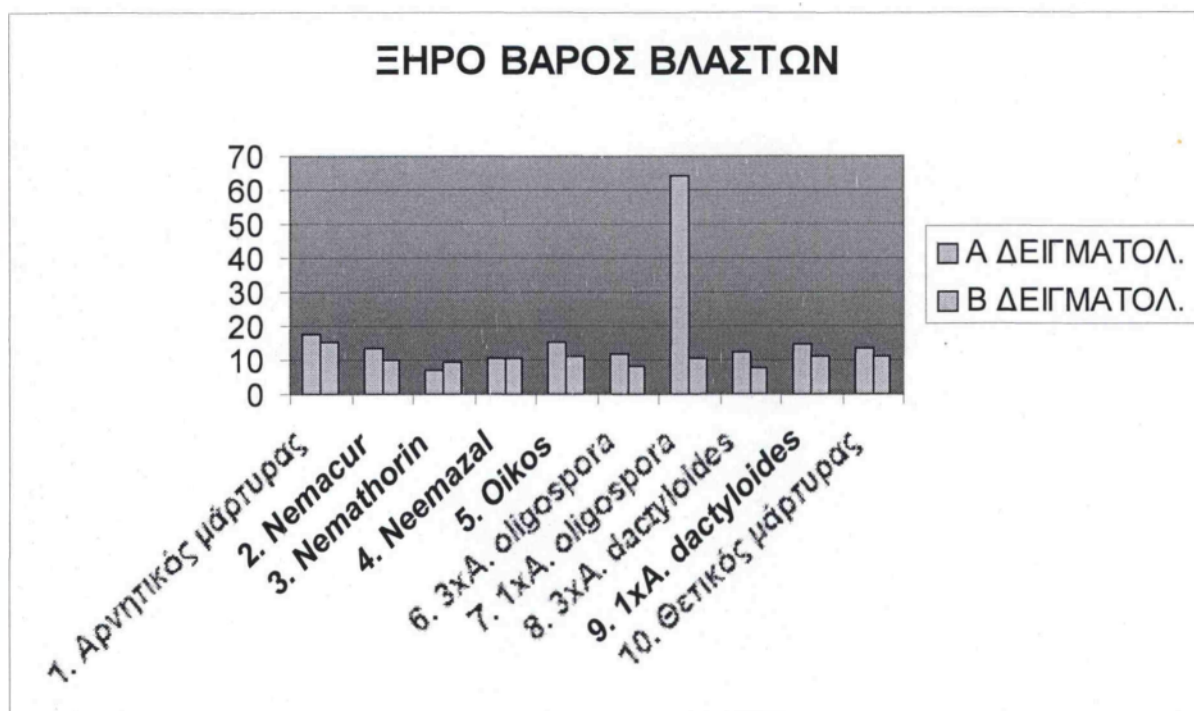
### 3.5 ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΒΛΑΣΤΩΝ

Για τη μελέτη της παραμέτρου αυτής χρησιμοποιήθηκε και πάλι ο μέσος όρος μήκους που προέκυψε από τις μετρήσεις των τεσσάρων φυτών κάθε επέμβασης (Πίνακας 3.5).

**Πίνακας 3.5** Ξηρό βάρος βλαστών

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	Α ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	Β ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ
1. Αρνητικός μάρτυρας	17,6	15,5
2. Nema-cur	13,7	10,2
3. Nema-thorin	7,3	9,3
4. Nema-zal	10,4	10,8
5. Oikos	15,5	11,4
6. 3x <i>A. oligospora</i>	11,9	8,4
7. 1x <i>A. oligospora</i>	6,4	10,6
8. 3x <i>A. dactyloides</i>	12,4	7,9
9. 1x <i>A. dactyloides</i>	14,6	11,1
10. Θετικός μάρτυρας	13,6	11,1

Από τον Πίνακα 3.5 προκύπτει το Διάγραμμα 3.5.



**Διάγραμμα 3.5** Ξηρό βάρος βλαστών

Όπως ήταν αναμενόμενο και καθώς φαίνεται και από τους αντίστοιχους πίνακες και τα διαγράμματα, το ξηρό βάρος των βλαστών παρουσιάζει την ίδια εικόνα με του νωπού βάρους. Εξαιρέση αποτελεί το ξηρό βάρος της επέμβασης 1x με τον *A. oligospora* που εμφανίζει ιδιαίτερα υψηλή τιμή. Αυτό πρέπει να θεωρηθεί ως ακραίος αστάθμητος παράγοντας και δεν πρέπει να συμπεριληφθεί στα υπόλοιπα δεδομένα.

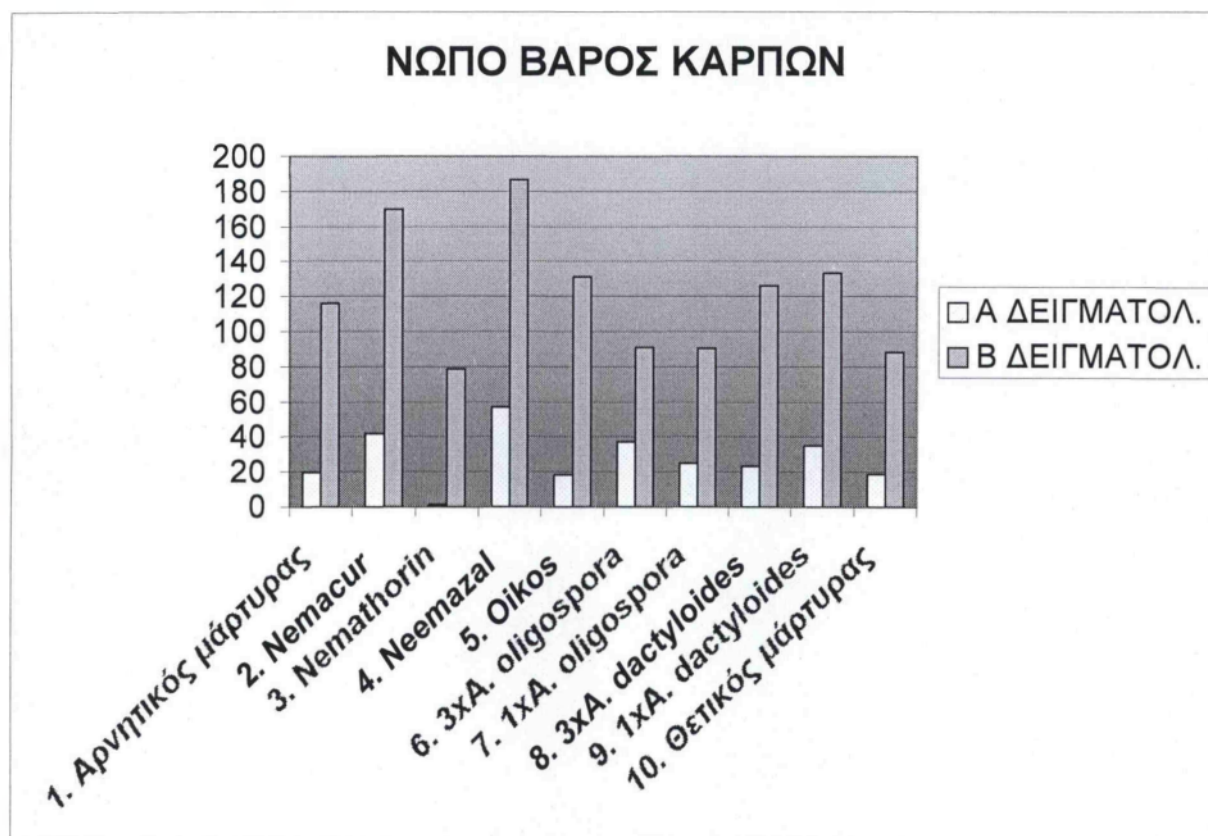
### 3.6 ΝΩΠΟ ΚΑΙ ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΩΝ

Για την μελέτη του νωπού και του ξηρού βάρους ακολούθως χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των φυτών από την κάθε επέμβαση χωριστά (Πίνακας 3.6).

Πίνακας 3.6 Νωπό και ξηρό βάρος καρπών

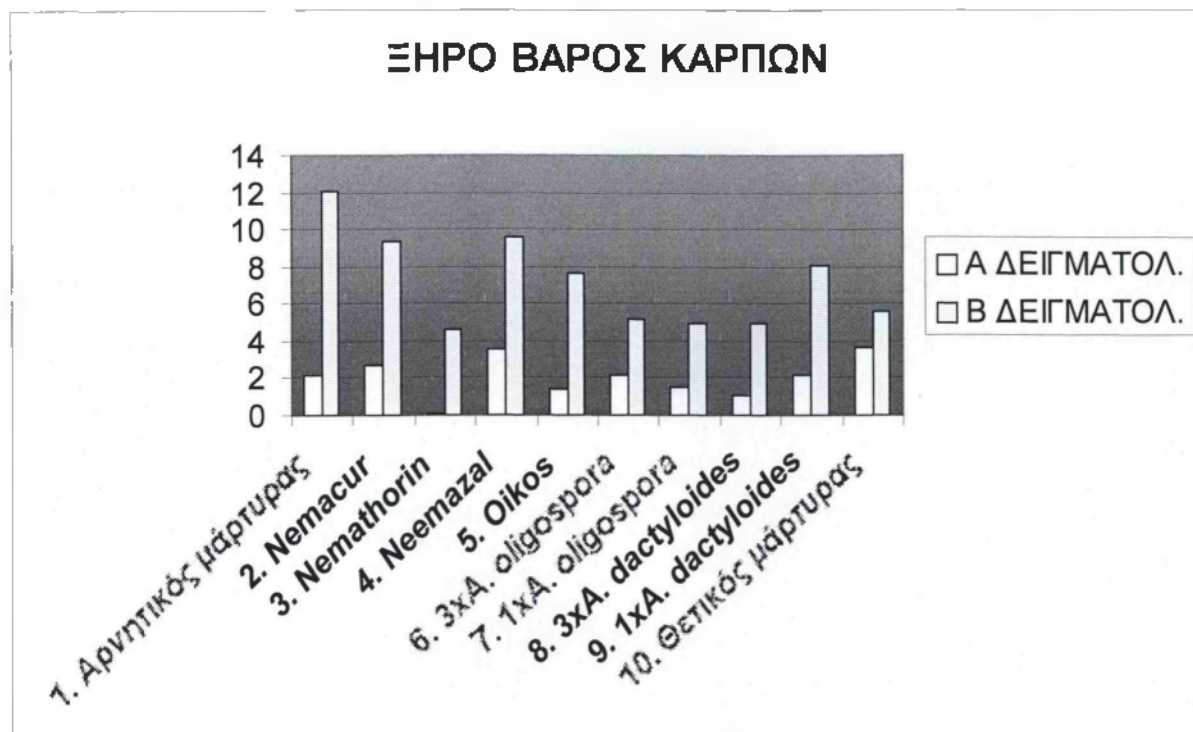
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΩΝ		ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΩΝ	
	Α Δ/ΛΗΨΙΑ	Β Δ/ΛΗΨΙΑ	Α Δ/ΛΗΨΙΑ	Β Δ/ΛΗΨΙΑ
1. Αρνητικός μάρτυρας	19,57	116,29	2,2	12,1
2. Nema-cur	42,02	169,8	2,7	9,4
3. Nema-thorin	1,2	78,98	0,1	4,6
4. Nema-zal	57,08	186,65	3,59	9,6
5. Oikos	18,7	131,15	1,4	7,66
6. 3x <i>A. oligospora</i>	37,29	91,06	2,1	5,18
7. 1x <i>A. oligospora</i>	24,88	90,35	1,5	4,9
8. 3x <i>A. dactyloides</i>	23,65	126,2	1,05	4,97
9. 1x <i>A. dactyloides</i>	35,18	133,6	2,2	8,05
10. Θετικός μάρτυρας	18,73	88,06	3,63	5,6

Από τον Πίνακα 3.6 προκύπτουν τα Διαγράμματα 3.6α και β.



Διάγραμμα 3.6α Νωπό βάρος καρπών.





Διάγραμμα 3.6β Ξηρό βάρος καρπών.

Από τα Διαγράμματα 3.6α και β παρατηρούμε ότι τόσο το νωπό όσο και το ξηρό βάρος των καρπών παρουσιάζουν την ίδια εικόνα. Γενικά παρατηρείται περίπου 3πλάσια αύξηση του βάρους των καρπών σε όλες σχεδόν τις επεμβάσεις κατά τη β' δειγματοληψία, γεγονός το οποίο συμφωνεί με τη φυσιολογική πορεία ανάπτυξης ενός παραγωγικού φυτού.

Αναφορικά με την επίδραση των επεμβάσεων, παρατηρούμε ότι τα βιολογικά σκευάσματα αζαδιραχτίνης καθώς και το Nematicur και οι επεμβάσεις με το μύκητα *A. oligospora* έδωσαν τελικά υψηλότερη παραγωγή ακόμη και από τον αρνητικό μάρτυρα με πιο υψηλή αυτή του Neemazal, ακολούθως του Nematicur και τέλος του Οίκος και του *A. oligospora* που ήταν στο ίδιο επίπεδο.

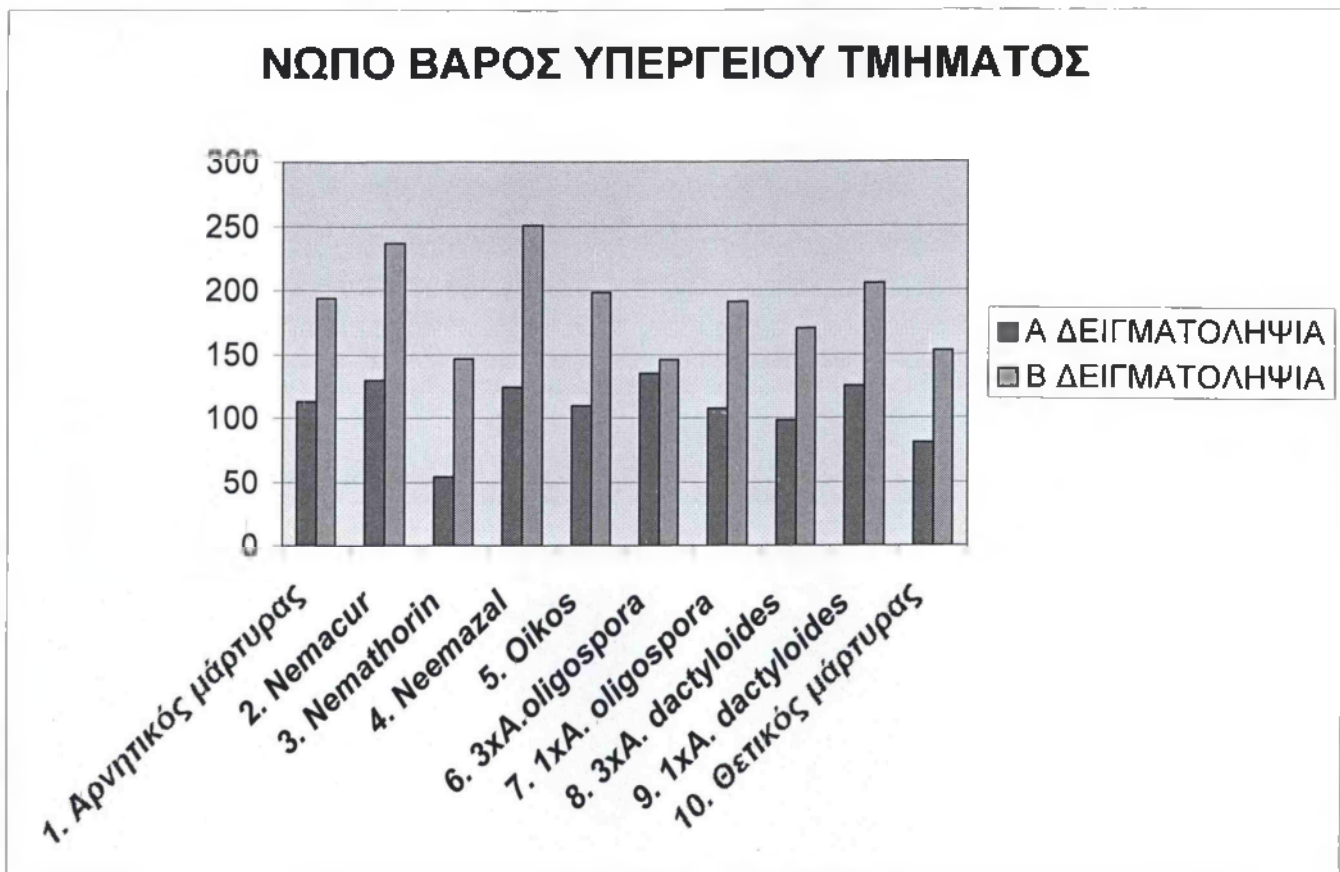
Για τις υπόλοιπες επεμβάσεις φαίνεται ότι η παραγωγή επηρεάστηκε αρνητικά με μ.ο. βάρους καρπών μικρότερο ή στην καλύτερη περίπτωση ανάλογο με αυτό του θετικού μάρτυρα.

Εάν συνδυάσουμε το βάρος των βλαστών με το βάρος των καρπών (Πίνακας 3.4, 3.5 και 3.6) και εξετάσουμε το άθροισμά τους, προκύπτουν ο Πίνακας 3.7 και τα Διάγραμματα 3.7α και β.

Πίνακας 3.7 Νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος.

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ		ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	
	Α Δ/ΛΗΨΙΑ	Β Δ/ΛΗΨΙΑ	Α Δ/ΛΗΨΙΑ	Β Δ/ΛΗΨΙΑ
1. Αρνητικός μάρτυρας	112.77	194.19	19.8	27.6
2. Nemasur	130.12	236.3	16.4	19.6
3. Nemathorin	53.9	146.28	7.4	13.9
4. Neemazal	124.43	250.05	13.99	20.4
5. Oikos	109.93	198.26	16.9	19.06
6. 3x <i>A. oligospora</i>	135.41	145.61	14	13.58
7. 1x <i>A. oligospora</i>	107.88	191.05	65.5	15.5
8. 3x <i>A. dactyloides</i>	98.31	170.07	13.45	12.87
9. 1x <i>A. dactyloides</i>	125.37	205.7	16.8	19.15
10. Θετικός μάρτυρας	81.03	152.36	17.23	16.7

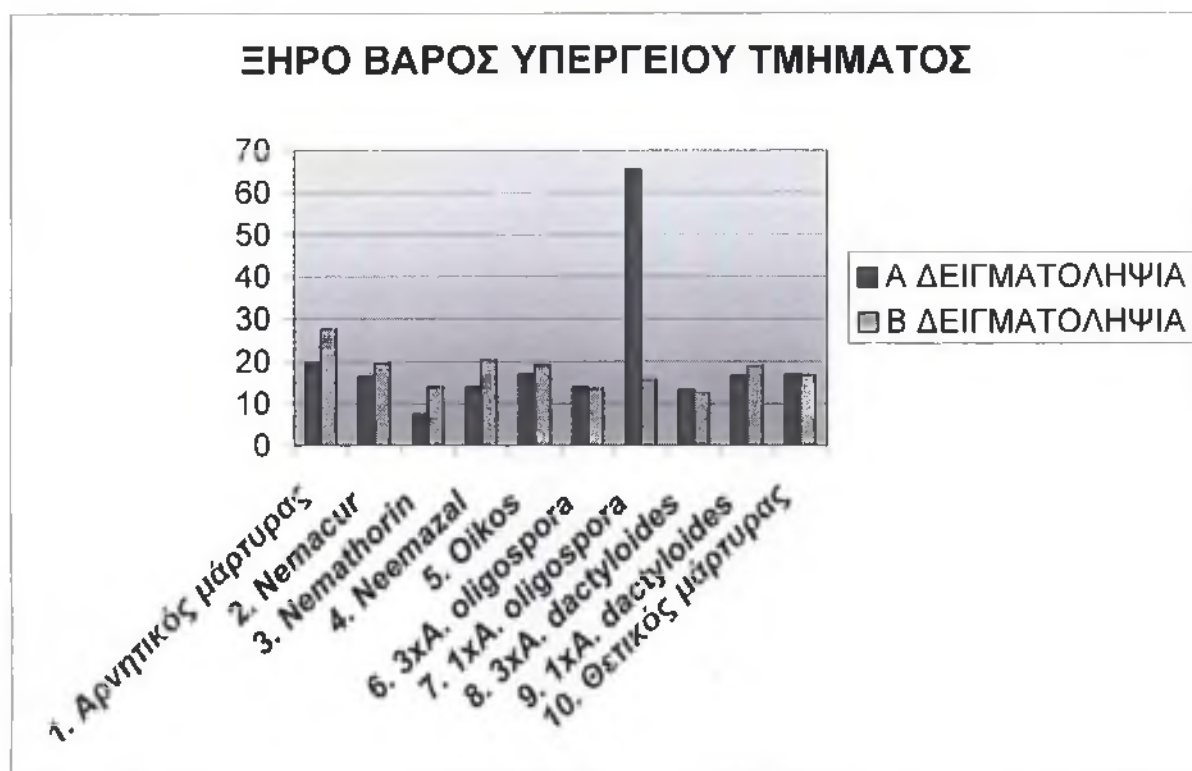
Από τον Πίνακα 3.7 προκύπτουν τα Διαγράμματα 3.7α και β.



Διάγραμμα 3.7α Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος.

Από το Διάγραμμα 3.7α είναι φανερή η ανάπτυξη των φυτών με την πάροδο του χρόνου για όλες τις επεμβάσεις, γεγονός που συμφωνεί με τη φυσιολογική πορεία ανάπτυξης των φυτών.

Όλες οι επεμβάσεις εκτός της 3x με τον *A. oligospora* και το Nematohorin, για το οποίο πιθανολογείται κάποια φυτοτοξικότητα, φαίνεται να οδηγούν σε καλύτερη ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος σε σχέση με τον θετικό μάρτυρα. Επιπλέον, σε σχέση με τον αρνητικό μάρτυρα, τα Nemascur και Neemazal, παρουσιάζουν καλύτερη τελική ανάπτυξη, ενώ τα Οίκος, η 1x *A. oligospora* και η 1x *A. dactyloides* περίπου την ίδια. Η επέμβαση 3x *A. dactyloides* είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη ανάπτυξη από τον θετικό μάρτυρα αλλά μικρότερη από τον αρνητικό.



**Διάγραμμα 3.7β** Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος.

Αναφορικά με το ξηρό βάρος, από το Διάγραμμα 3.7β προκύπτει ότι οι αρνητικοί μάρτυρες αναπτύχθηκαν καλύτερα από όλα τα υπόλοιπα φυτά, αφού τελικά περιείχαν περισσότερη οργανική (ξηρή) ουσία, γεγονός που πιθανότατα οφείλεται σε καλύτερη απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών από το έδαφος και καλύτερη φωτοσυνθετική ικανότητα (Νιάβης, 1981).

Οι υπόλοιπες τιμές είναι σε αντιστοιχία με τις τιμές νωπών βαρών, εκτός από την περίπτωση της επέμβασης 1x με τον *A. oligospora*, όπου παρατηρείται μεγάλη απόκλιση κατά την α' δειγματοληψία, η οποία προφανώς προκύπτει από την αντίστοιχη απόκλιση στο ξηρό βάρος βλαστού και που όπως προαναφέραμε δεν θα πρέπει να την συμπεριλάβουμε με τις υπόλοιπες μετρήσεις μας.

Τέλος, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στις επεμβάσεις με τους μύκητες, τα φυτά δεν εναπόθεσαν ικανοποιητική ποσότητα οργανικής ουσίας.

### **3.8 ΕΠΙΤΥΧΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΜΥΚΗΤΩΝ**

Σε όλα τα τριβλία, όπου τοποθετήθηκαν τμήματα ριζών (πρβλ 2.2.6.8) παρατηρήθηκε σε όλα ανάπτυξη μυκηλίου, κονιδιοφόρων, σπορίων και παγίδων των μυκήτων που χρησιμοποιήθηκαν, γεγονός που σημαίνει ότι και οι δύο μύκητες εγκαταστάθηκαν επιτυχώς στο ριζικό σύστημα των φυτών σε όλες τις επαναλήψεις. Αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί η απλή επιβίωση ή ο αποικισμός του μύκητα εντός του εδάφους δεν επαρκεί για την επιτυχή καταπολέμηση των νηματωδών (Leij de & Kerry, 1990), αλλά απαιτείται εγκατάστασή τους στο ριζικό σύστημα των φυτών που επιθυμούμε να προστατέψουμε από την προσβολή των νηματωδών (Τζωτζακάκης, προσ. επικοινωνία)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ενδιαφέρον για την ενασχόληση και πραγματοποίηση αυτής της μελέτης υποκινήθηκε αρχικά από τις δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις των χημικών μέσων καταπολέμησης νηματωδών και από τη μη πλήρως ικανοποιητική δράση τους. Επιπλέον τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αυξανόμενο ενδιαφέρον για την εύρεση αποτελεσματικών, μη χημικών μεθόδων αντιμετώπισης νηματωδών και ροπή προς την βιολογική φυτοπροστασία.

Πρωταρχικό ρόλο ως προς αυτή την κατεύθυνση διαδραματίζει η επιτυχής εύρεση και η επιλογή κατάλληλων παραγόντων, ικανών να αντιμετωπίσουν ενδεχόμενες προσβολές από νηματώδεις και να επιφέρουν μείωση των πληθυσμών τους. Η επίτευξη αυτού δεν είναι καθόλου εύκολη υπόθεση, καθώς απαιτείται λεπτομερής γνώση της βιολογίας των νηματωδών αλλά και των υπό μελέτη παραγόντων και την μεταξύ τους αλληλεπίδραση (Kerry, 1990).

Το παρόν πείραμα έλαβε χώρα σε πραγματικές συνθήκες και όχι πλασματικές ή ιδανικές, που μπορούσαν να οδηγήσουν σε ασυνεπή και παραπλανητικά αποτελέσματα (Μπαλής, 1980, Galper *et al.*, 1995), αφού στην πραγματικότητα, στην περιοχή της ριζόσφαιρας παρατηρείται έντονη μικροβιακή δραστηριότητα, και οι ρίζες παρέχουν κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Επιπλέον το φυσικό έδαφος αποτελεί ένα φυσικό βιότοπο μεγάλου πλήθους μικροοργανισμών και εμπλουτίζεται συνεχώς με διάφορες ουσίες που ελευθερώνονται από τις ρίζες των φυτών, π.χ. σάκχαρα, αμινοξέα κ.α. Όλα τα παραπάνω επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών και μπορεί παράλληλα να επηρεάσουν και τα αποτελέσματα ενός τέτοιου πειράματος.

Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις του γένους *Meloidogyne* επιλέχθηκαν γιατί είναι ευρέως διαδεδομένοι, έχουν ευρύ φάσμα ξενιστών και προξενούν ζημιές μεγάλου οικονομικού ενδιαφέροντος (Τριανταφύλλου, 1960).

Οι μύκητες του γένους *Arthrobotrys* χρησιμοποιήθηκαν καθώς υπήρχαν ήδη προηγούμενες αναφορές σχετικά με την παγιδευτική τους ικανότητα εναντίον νηματωδών (Drechsler 1937). Επιπλέον, απαντώνται πολύ συχνά στα ελληνικά εδάφη, και είναι δυνατόν να παραχθούν σχετικά εύκολα σε μεγάλες ποσότητες με μικρό κόστος. Ωστόσο, δεν έχει ακόμη επιλυθεί το πρόβλημα διατήρησης της βιωσιμότητας της παραγόμενης βιομάζας και της αντοχής της υπό δυσμενείς συνθήκες, έτσι ώστε οι μύκητες να μπορούν να επιβιώσουν

μέχρι να ενσωματωθούν στο έδαφος και να δύναται να παραμένουν δραστήριοι στο έδαφος επί μακρό χρονικό διάστημα (Stirling *et al.*, 1998).

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε επίσης η δραστηριότητα και η δυνατότητα ευρείας εφαρμογής δύο βιολογικών σκευασμάτων, τα οποία περιέχουν τη δραστική ουσία αζαδιραχτίνη που έχει έγκριση για εφαρμογή ως εντομοκτόνο, αλλά υπάρχουν υπόνοιες ότι μπορεί να έχει και νηματοστατική (όχι νηματοκτόνο) δράση. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκαν δύο χημικά νηματοκτόνα, για την μεταξύ τους σύγκριση, αλλά και ως μάρτυρες για τη σύγκριση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις.

Δυστυχώς τα αποτελέσματα του πειράματος δεν ήταν απόλυτα σαφή, γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε πολυάριθμους παράγοντες. Κατ' αρχήν, σημαντικό ρόλο παίζει η συνδυαστική αλληλεπίδραση των εμπλεκόμενων παραμέτρων, δηλαδή νηματωδών, μυκήτων, φυτών, εδάφους και δραστικών ουσιών, με πιο καθοριστική αυτή του εδάφους. Ένας επιπλέον ανασταλτικός παράγοντας ήταν οι καιρικές συνθήκες, οι οποίες δε μπόρεσαν να εξομαλυνθούν καθώς τα πειράματα διεξήχθησαν μεν σε θερμοκήπιο αλλά σε μη απόλυτα ελεγχόμενες συνθήκες. Το μειονέκτημα αυτό θέτει υπό αμφισβήτηση τα αποτελέσματα που ελήφθησαν κατά τη δεύτερη δειγματοληψία που διεξήχθη υπό ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες. Παρ' όλ' αυτά, τα διαγράμματα που προέκυψαν επιτρέπουν την εξαγωγή μερικών συμπερασμάτων.

Κατ' αρχήν η χρησιμοποίηση και εφαρμογή των μυκήτων δε στέφθηκε με την αναμενόμενη επιτυχία, αντίθετα από προηγούμενες αναφορές όπου καταγράφηκε ικανοποιητική δραστικότητα έναντι των νηματωδών. Πιο συγκεκριμένα, ο ολικός πληθυσμός των νηματωδών στο έδαφος ήταν πολύ αυξημένος στις επεμβάσεις με την υψηλή δόση, ενώ διατηρήθηκε στα ίδια επίπεδα με τον θετικό μάρτυρα στις επεμβάσεις με τη χαμηλή δόση. Σχετικά με το σχηματισμό φυματίων στις ρίζες, όλες οι επεμβάσεις παρουσίασαν εικόνα όμοια με του θετικού μάρτυρα. Αξιοσημείωτη ήταν η πολύ καλή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος κατά τα πρώτα στάδια, η οποία ωστόσο παρουσίασε ανασχεση με την πάροδο του χρόνου. Τέλος παρατηρήθηκε κακή ανάπτυξη των φυτών, και χαμηλή περιεκτικότητά τους σε οργανική ουσία, που φαίνεται από το τελικό ξηρό βάρος των φυτών που ήταν χαμηλότερο ακόμα και από των φυτών που μεγάλωναν σε μολυσμένο με νηματώδεις έδαφος, χωρίς την παρουσία νηματοκτόνου παράγοντα.

Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι, η αναποτελεσματικότητα των εφαρμογών με τους μύκητες δεν οφείλεται σε μη εγκατάστασή τους στο ριζικό σύστημα των φυτών, όπως αποδείχθηκε με κατάλληλη πειραματική διαδικασία. Η μη ικανοποιητική δράση τους ενδεχομένως να οφείλεται στις δυσμενείς συνθήκες που επικρατούσαν στο θερμοκήπιο,

ιδιαίτερα κατά τη β' δειγματοληψία. Γενικά, είναι γνωστό ότι τα διάφορα είδη μυκήτων έχουν διαφορετικές θερμοκρασιακές απαιτήσεις, ως μέγιστο όμως θεωρούνται οι 45°C. Επίσης, η υγρασία αποτελεί περιοριστικό παράγοντα και τα περισσότερα είδη ζουν σε περιβάλλον με >85% σχετική υγρασία. Στις συνθήκες όμως διενέργειας του πειράματος, πολλές φορές η θερμοκρασία του αέρα ανέρχεται σε επίπεδα άνω των 40°C, γεγονός που προκαλούσε και έντονη εξάτμιση με αποτέλεσμα την ταχύτερη αποξήρανση του εδάφους μεταξύ των καθημερινών ποτισμάτων. Ανασταλτικός παράγοντας στη δράση των μυκήτων πιθανόν να ήταν και η παρουσία φουζάριου στις ρίζες, η οποία μπορεί να δρα ανταγωνιστικά- παρεμποδιστικά στους *Arthrobotrys*.

Σχετικά με την αποτελεσματικότητα των βιολογικών σκευασμάτων αζαδιραχτίνης, παρατηρήθηκε ότι σε γενικές γραμμές το σκεύασμα Neemazal ήταν καλύτερο από το Οίκος, χωρίς όμως τα φυτά να αναπτύσσονται τόσο καλά όσο οι αρνητικοί μάρτυρες. Πιο συγκεκριμένα, το Neemazal παρουσίασε χαμηλότερο πληθυσμό νηματωδών από τον θετικό μάρτυρα, ιδιαίτερα κατά την α' δειγματοληψία, ενώ το Οίκος στην αρχή εμφάνισε υψηλούς πληθυσμούς που μειώθηκαν με την πάροδο του χρόνου, όχι όμως ικανοποιητικά. Ως προς τον αριθμό φυματίων, το Neemazal παρουσίασε μείωση με την πάροδο του χρόνου, ενώ το Οίκος διατηρήθηκε σε επίπεδα παρόμοια με του θετικού μάρτυρα. Το ριζικό σύστημα των φυτών στα οποία χορηγήθηκε Neemazal, αναπτύχθηκε περισσότερο απ' ό,τι στους θετικούς μάρτυρες, αλλά λιγότερο από τους αρνητικούς. Το ίδιο παρατηρήθηκε και για το Οίκος, μόνο όμως όσον αφορά την α' δειγματοληψία. Τέλος, σχετικά με την ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος παρατηρήθηκε ότι τόσο στο Neemazal όσο και στο Οίκος, το νωπό και ξηρό βάρος των βλαστών ήταν περίπου ίδιο με τους θετικούς μάρτυρες και σχετικά χαμηλότερο από τους αρνητικούς. Το ίδιο παρατηρήθηκε και σχετικά με το ξηρό βάρος καρπών. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι το νωπό βάρος καρπών στην περίπτωση χειρισμού με Neemazal ήταν μεγαλύτερο ακόμη και από αυτό του αρνητικού μάρτυρα. Αυτό όμως οφείλεται σε αυξημένη περιεκτικότητα των καρπών σε νερό όπως φαίνεται και από το σχετικό ξηρό βάρος.

Τέλος, όσον αφορά τα δύο χημικά νηματοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν, παρατηρήθηκε ότι το Nemathorin ήταν πιο αποτελεσματικό κατά των νηματωδών από το Nemasur, ωστόσο υπάρχει το ενδεχόμενο να δημιουργήσει φυτοτοξικότητα, όπως φάνηκε από τα διαγράμματα μήκους ρίζας και νωπού και ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος (βλαστών, καρπών και ολικό), αλλά και από τη γενική εικόνα των φυτών στο θερμοκήπιο.

Συνοψίζοντας, από την παρούσα μελέτη προκύπτει ότι ως πιο αποτελεσματικός βιολογικός παράγοντας μπορεί να θεωρηθεί το Neemazal, ενώ από τα χημικά σκευάσματα το Nemasur, λόγω καλύτερης ανάπτυξης των φυτών, αν και το Nemathorin θα πρέπει να

δοκιμασθεί και σε δόσεις που δεν προκαλούν φυτοτοξικότητα. Μεταξύ Neemazal και Nemasur, το πρώτο παρουσίασε καλύτερο έλεγχο του επιπέδου του ολικού πληθυσμού των νηματωδών, αν και παρατηρήθηκε μεγαλύτερος αριθμός φυματίων. Επίσης, οι ρίζες και οι βλαστοί αναπτύχθηκαν περισσότερο στον χειρισμό με Nemasur, όμως τα φυτά στα οποία εφαρμόζονταν το Neemazal, είχαμε μεγαλύτερη παραγωγικότητα (μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος καρπών). Εν τούτοις, και εφ' όσον δεν αποδειχθεί στο μέλλον ότι το Neemazal εμφανίζει τοξική υπολειμματική δράση, η παρούσα εργασία δείχνει ότι υπερτερεί έναντι όλων των άλλων επεμβάσεων και ενδεχομένως να μπορεί να εφαρμοστεί στη γεωργική πράξη, με την προϋπόθεση ότι θα μελετηθεί με μεγαλύτερης κλίμακας πειραματισμό.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ)

- Allen, M.W. 1959. Nematodes – basic taxonomic structures and an outline of literature available for classification. Nemat. Dept. Univ. California.
- Allen, M.W. 1960. The genera *Xiphinema*, *Longidorus* and *Trichodorus*. In: Sasser, J.N. and Jenkins, W.R (Eds) Nematology Univ. N. C Press Chapel Hill. pp. 227-228.
- Arutyunov, A.V. 1990. Scientific and field tests on heat from solar energy for the disinfection of gall nematodes, *Meloidogyne* in soil. Izvestiya Akademii Nauk Turkmens kot SSR. *Seriya Biol. Nauk* 5, 57-61.
- Backer, K.E. & Cook R.J. 1974. Biological control of plant pathogens. San Francisco: W.H. Freeman and Company.
- Balan, J. & Lechevalier, H.A. 1972. The predaceous fungus *Arthrobotrys dactyloides*: induction of trap formation. *Mycologia*. pp. 919-924.
- Barker, K.R. & Noe, J.P. 1987. Establishing and using threshold population levels. In: Veech, J.A. and Dikson, D.W. (Eds). Vistas on Nematology. Society of Nematologists, Hyattsville. pp. 75-81.
- Barker, K.R. 1991. Rotation and cropping systems of nematode control: The North Carolina experience-Introduction. *Journal of Nematology* 23: 342-343.
- Becker, J.O., Zavaleta – Meija, E., Colbert, S.F., Schroth, M.N., Weinhold, A.R., Hancock, J.G., & Van Gundy, S.D. 1988. Effects of rhizobacteria on root-knot nematodes and gall formation. *Phytopathology* 78:1466-1469.
- Bergerson, G.B. 1959. The influence of temperature on the survival of some species of the genus *Meloidogyne*, in the absence of a host. *Nematologica* 4. 344-354.
- Bird, A.F. 1959. Development of the root-knot nematodes *Meloidogyne javanica* (Treub) and *Meloidogyne halpa* (Chitwood) in tomato. *Nematologica* 4, 31-42.
- Bird, A.F. 1962. The influence of giant cells by *Meloidogyne javanica*. *Nematologica* 8, 1-10.
- Bird, A.F. 1974. Plant response to root-knot nematode. *Ann. Rev. Phytopathology* 12, 69-85.
- Birch, A.N.E., Robertson, W.E. & Fellows, L.E. 1993. Plant products to control plant parasitic nematodes. *Pesti Sci.* 39. 141-145.
- Birchfield, W. & Antonopoulos A.A. 1970. Scanning electron microscopic observations of *Duboscqia penetrans* parasitizing root knot larvae. *J. Nematol.* 8: 272-273.
- Borges, M.L.V. & Sequeira, J.C. 1992. Soil solarization and plant viruses. In: Recent advances in vegetable virus research. 7th Conference ISHS Vegetable virus working group. Athens Volos Greece.

- Bosher, J.E. & McKeen, W.E. 1954.** Lyophilisation and low temperature studies with the bulb and stem nematodes *Ditylenchus dipsasi* (Kuhn, 1858) Filipjev. *Proc. Helminth. Soc. Wash.* 21, 113-117.
- Bourne, J.M., Kerry, B.R. & de Leij, F.A.A.M. 1994.** Methods for the study of *Veticillium chlamidosporium* in the rhizosphere. *J. Nemat.* 26 (45): 587-591 (Suppl.).
- Brandy, N.C. 1974.** The nature and properties of soils. 8th ed. New York: Macmillan Publishing.
- Bridge, J. & Page, S.L.J. 1980.** Estimation of root-knot nematode infestation levels on root using a rating chart. *Tropical Pest Management* 26(3): 296-298.
- Brown, E.B. 1965.** Cultural and biological control. In: Southey, J. *Tecnh. Bull. Min. Agr. Fish. Food London.* (Eds). Plant Nematology 2nd ed. 7, 219-237.
- Bryden, J.W. 1967.** Hot water treatment of plant material. *Min. Agr. Fish. Food. London Bull.* 201, 42pp.
- Bunt, J.A. 1975.** Effect and mode of action of some systemic nematicides. Communications Agrc. Univ. Wageningen. The Netherlands. 127pp.
- Caveness, F.E. 1964.** A glossary of nematological terms. P.M.B. 5029 Pacific printers. Moor Plantation. Ibadan Nigeria. 68pp.
- Chitwood, B.G. & Wehr, E.E. 1933.** The value of cephalic structures as characters in nematode classification with special references to the superfamily. Spiruroidea. *Zeit Parasitek.* 7: 273-335, 20f.
- Chitwood, B.G. 1933.** Notes on nematode. Systemics and nomenclature. *J. Parasit.* 19, 242-243.
- Chitwood, B.G. & Chitwood, M.B. 1950.** An introduction to nematology. Section I: Anatomy. Monumental Printing Co, Baltimore, 213pp.
- Chitwood, B.G. 1957.** The English word «nema» revised. *Systemic Zoology*, 6, 184-186 (53).
- Chitwood, B.G. 1958.** *Bull. Zool. Nomencl.* 15, 860-895.
- Christie, J.R. 1959.** Plant nematodes their bionomics and control. Florida Agric. Exp. Stn. 256pp.
- Cobb, N.A. 1919.** The orders and classes of nemas. *Ibid.*, No VIII, pp. 213-216.
- Cobb, N.A. 1932.** The English word «nema». *J. Amer. Med. Assoc.* 98, 175.
- Cooke, R.C. 1963.** Succession of nematofagous fungi during decomposition of organic matter in the soil. *Nature* (London) 197-205pp.
- Cooke, R.C. 1968.** Relationships between nematode-destroying fungi and soil-borne phytonematodes. *Phytopathology.* Vol. 58. pp. 909-912.

- Cook, R. & Evans, K. 1987.** Resistance and tolerance *In* R.H. Brown, and B.R. Kerry, (Eds) Principles and practice in nematode control in crops. New York: *Academic Press*. Pp. 179-221
- Crofton, H.D. 1966.** Nematodes (Ed.) H. Munro Fox. Hutchinson Univ. Libr. London. 160pp.
- Cunningham, H.S. 1936.** The root-knot nematode *Heterodera marioni* in relation to the potato industry on Long Island. *Bull. N. Y. St. agric. Exp. Sta.* 667, 1-24.
- Dao, D.F. 1970.** *Meded. LandbHoogesch. Wageningen.* 70, 1-18.
- Daulton, R.A. and Nusbaum, C.J. 1961.** The effect of soil temperature on the survival of the root-knot nematodes *Meloidogyne javanica* and *Meloidogyne halpa*. *Nematologica* 6: 280-294pp.
- Dimock, A.W. 1956.** An efficient labor saving method of steaming soil. N.York State College of *Agrc. Cornell Ext. Bull.* No 635, pp. 1-17.
- Drechsler, C. 1937.** Some hypomycetes that prey on free living terricolous nematodes. *Mycologia* 29, pp. 464-487.
- Duncan, L.W. 1991.** Current options for nematode management. *Ann. Rev. of Phytopath.* 29: 469-490.
- Duddington, C.L. 1960.** Biological contro-predaceous fungi, fundaments and recent advances with emphassis on plant and soil forms parasitic. *In*: Sasser, J.N. &. Jenkins, W.R.(Eds). *Nematology*. University of North Carolina Press, Chapel Hill. pp. 461-465
- Duddington, C.L. & Wyborn, C.H.E. 1972.** Recent research on the nematophagous Hyphomycetes. *Bot. Rev.* 38: 545-565.
- Dulmage, H.T. 1971.** Economics of microbial control *In* H.D. Burges and N.W. Hussey, (Eds) Microbial Control of insects and Mites. *Academic Press*, London and New York. pp. 581-590
- Dropkin, V.H., Martin, G.C. & Johnson, R.W. 1958.** Effect of osmotic concentration on hatching of some parasitic nematodes. *Nematologica* 3, 115-126.
- Eisenback, J.D. & Hirschmann, H. 1991.** Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species and factors races. *In*: . W.R. Nikle (Ed), Manual of agricultural nematology. New York, Marcel Dekker. pp.191-274.
- Filipjev, I.N., & Schuurmanns Stekhoven, J.H. 1959.** A manual of Agricultural Helminthology. Leiden, E.J. Brill. 879pp (54).
- Flegg, J.J.M. 1966.** The Z-organ in *Xiphinema diversicaudatum*. *Nematologica* 12, 174.
- Franklin, M.T. 1961.** A British root-knot nematode, *Meloidogyne artiellia* n. sp. *J. Helminth* R.T. Leiper 85-92. (Suppl.)

- Franklin, M.T. 1965.** *Meloidogyne*-Root-knot Eelworms. In: J.F. Southey (Ed) *Plant Nematology*. London, H.M.S.O. pp. 59-88.
- Galper, S., Eden, L.M., Strirling, G.R. & Smith, L.J. 1995.** Simple screening methods assessing the predacious activity of nematode-trapping fungi. *Nematologica* 41: 130-140.
- Gaur, H.S. & Perry, R.N. 1991.** The use of soil solarization for control of plant parasitic nematodes. *Nematologica* 60, 153-167 (Abstr.).
- Geraert, E. 1997.** Comparizon of the head patterns in the Tylenchoidea (Nematoda). *Nematologica* 43, 283-294.
- Gillard, A. 1961.** Onderzoekingen omtrent de biologie de verspreiding en de bestrijding van wovtelkobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) *Meded. Landb. Hoogeschool Gent*. 26, 515-646.
- Gowen, S.R. & Tzortzakakis, E.A. 1994.** Biological control of *Meloidogyne* spp. With *Pasturia penetrans* *Bull. OEPP/EPPO Bull.* 24, 495-500.
- Guiran de, G & Ritter, M. 1979.** Life cycle of *Meloidogyne* species and factors influencing their development. In: F. Lamberti & Taylor, C.E. (Eds). *Root-knot nematodes (Meloidogyne species) Systematics, Biology and Control*. London, *Academic Press*. pp. 172-191
- Hanna, H.Y., Colyer, P.D., Kirkpatrick, T.L., Romainem, D.J., Gernon, P.R. 1994.** Feasibility of improving cucumber yield without chemical control in soils susceptible to nematode buildup. *Hortic Sci.* 29, 1136-1138.
- Hirschmann, H. 1960.** Gross morphology on nematodes. In: Sasser, J.N. and Jenkins, W.R. (Eds). *Nematology*. California Univ. *Press Chapel Hill*. pp. 125-129.
- 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 Pres.* Vol. I, 11-63.
- Hirschmann, H. 1985.** The genus *Meloidogyne* and morphological characters differentiating its species. In: J.N. Sasser & Carter, C.C. (Eds). *An advanced treatise on Meloidogyne*, Volume I. Raleigh, NC, USA. North Carolina State University Graphics. Pp. 79-94
- Hooper, D.J. & Stone, A.R. 1980.** Roloe of wild plants and weeds in the ecology of plant-parasitic nematodes. In: Thresh, J.M. (Ed). *Pests pathogens and vegetation*. pp. 199-215.
- Hooper, D.J. & Evans. K. 1993.** Extraction, indentificaton and control of plant parasitic nematodes. In: Evans, K. & Trudgill, D.L. & Webster, J.M. (Eds): *Plant parasitic nematodes in temperature agriculture*. C.A.B. International. Wallingford Oxon OX10 8DE, UK. 656pp.
- Jaffee, B.A., Muldoon. A.E. & Tedford, E.C. 1992.** Trap production by nematophagous fungi growing from parasitized nematodes. *Phytopathology*. Vol. 28, No. 6, pp. 615-620.

- Jansson, H.B. & Nordbring-Hertz, B. 1981.** Interactions between nematophagous fungi and plant-parasitic nematodes: Attraction, induction of trap formation and capture. *Nematologica* 26: 383-389.
- Jepson, S.B. 1987.** Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Wallingford, UK, C.A.B. International.
- Jones, F.G.W., Larbey, D.W. & Parrott, D.M. 1969.** The influence of soil structure and moisture on nematodes, especially *Xiphinem*, *Longidorus*, *Trichodorus* and *Heterodera* spp. *Soil Biol. Biochem.* 1. 153-165.
- Karanastasi, E., Wyss, U. & Brown, D.J.F. (2003).** An *in vitro* examination of the feeding behaviour of *Paratrichodorus anemones* (Trichodoridae: Triplonchida), with discussion of the ability of the nematode to transmit *Tobravirus* particles. *Nematology*, 5 (3): 421-434.
- Karssen, G. 1999.** The plant-parasitic nematode genus *Meloidogyne* Goldi, 1982 (Tylenchida) in Europe. University of Gent, Biology Department, Belgium.
- Katan, J. 1981.** Solar heating (solarization) of soil for control of soil borne pests. *Ann. Rev. Phytopath.* 19, 211-236.
- Kenney, D.S. & Cough, T.L. 1981.** Mass production of plant disease, weed and insect control, In G.C. Papavizas (Ed). *Biological Control in Crop Production*. (BARC Symposium No.5). Allenheld and Osmum, Totowa. pp. 143-150
- Kinloch, R.A. 1973.** Nematode and crop responses to short - term rotations of corn and soybean. *Proc. Soil and Crop Sci. Soc. Florida* 44: 35-39.
- Kerry, B.R. 1980.** Biocontrol: Fungal parasites of female cyst nematodes. *J. Nematol.* 12:253-259.
- Kerry, B.R., Crump, D.H. & Mullen. L.A. 1982a.** Studies of the cereal cyst nematode, *Heterodera avenae*, under continuous cereals, 1975-1978. II. Fungal parasitism of nematode females and eggs. *Ann. Appl. Biol.* 100: 489-499.
- Kerry, B.R. 1982.** The decline of *Heterodera avenae* populations. *EPPO Bull.* 12: 491-496.
- Kerry, B.R. 1984.** Nematophagous fungi and the regulation of nematode populations in soil. *Helminthological Abstracts Series B* 53: 1-14.
- Kerry, B.R. 1987.** Biological control. In Brown, R.H. & Kerry, B.R. (Eds). *Principles and practice of nematode control in crops*. Sydney: *Academic Press*. Pp. 233-263
- Kerry, B.R. 1988.** Two microorganisms for the biological control of plant parasitic nematodes. *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference: Pest and Diseases*. Pp. 603-607.

- Kerry, B.R. 1989.** Fungi as a biological control agents for plant parasitic nematodes. *In*. Whipps, J.M. & Lumsden, R.D. (Eds). *Biotechnology of fungi for improving plant growth*. Cambridge: Cambridge University Press. Pp. 153-170
- Kerry, B.R. 1990.** An assesment of progress toward microbial control of plant-parasitic nematodes. *J. Nematol.* 22: 621-631.
- Kerry, B.R. 1995.** Ecological consideration for the use of the nematophagous fungus, *Verticillium chlamydosporium* to control plant parasitic nematodes. *Can. J. Bot.* 73 S650-S70. (Suppl. 1):
- Kerry, B.R. & Bourne, J.M. 1996.** The importance of rhizosphere interactions in the biological control of plant parasitic nematodes - a case of study using *Verticillium chlamydosporium*. *Pestic. Sci.* 47, 69-75.
- Leij de, F.A.A.M., & B.R. Kerry. 1990.** The nematophagous fungus *Verticillium chlamydosporium* Goddard, as a potential biological control agent for *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood. *Rev. de Nemat.* In Press. Vol. 14(1): 157-164.
- Linford, M.B. 1941.** Parasitism of the root-knot nematode in leaves and stems. *Phytopathology* 31, 634-648.
- Luc, M. 1961.** Structure de la gonade femelle chez quelques especes du genre *Xiphinema* Cobb, 1913. (Nematoda-Dorylaimoidea) *Nematologica* 6, 144-154.
- Luc, M., Maggenti, A.R., Fortuner, R., Raski, D.J. & Geraert, E. 1987.** A reappraisal of Tylenchida (Nemata). 1. For a new approach to the taxonomy of Tylenchina. *Rev. Nematol.* 10, 127-134
- Luc, M. & Dalmaso, A. 1975.** Considerations on the genus *Xiphinema* Cobb, 1919 (Nematoda: Longidoridae) and a key for the identification of species. *Cah. ORSTOM. ser. Biol.* X(3): 303-327.
- Maggenti, A.R., Luc, M., Raski, D.J. Fortuner, R. & Geraert, E. 1987.** A reappraisal of Tylenchina (Nemata: Diplogasteria). *Rev. Nematol.* 10, 135-142.
- Mankau, R. & Imbiani, J. 1975.** The life cycle of an endoparasite in some Tylenchid nematodes. *Nematologica* 21: 89-94.
- Mankau, R. Prasad, N. 1977.** Infectivity of *Bacillus penetrans* in plant parasitic nematodes. *J. Nematol.* 9: 40-45.
- Ornat, C., Verdejo-Lucas, S. & Sorribas, F.J., 1997.** Effect of the previous crop on population densities of *Meloidogyne javanica* and yield of cucumber. *Nematropica* 27, 85-90.
- Overman, A.J. 1964.** The effect of temperature and flooding on nematode survival in fallow sandy soil. *Proc. Soil and Crop Sc. Soc. of Florida* 34: 197-200.

- Overman, A.J., Bryan, H.H. & Harkness, R.W. 1971.** Effect of off-season culture on weeds, nematodes, and potato yields on marl soils. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 91: 294-297.
- Overman, A.J. 1985.** Off-season land management, soil solarization and fumigation for tomato. *Proc. Soil and Crop Sc. Soc. of Florida* 44:35-39.
- Ouden, H., den. 1956.** The influence of hosts and non-suseptible hatching plants on populations of *Heterodera schachtii*, *Nematologica* 1, 138-144.
- Paracer, S.M., Brzeski, M.W. & Zuckerman, B.M. 1966.** Nematophagous and predaceous nematodes associated with cranberry soil in Massachussetts. *Plant Dis. Reprtr.* 50, 548-586.
- Pitcher, R.S. 1965.** Inerrelationships of nematodes and other pathogens of plant. *Helmnith. Abst.* 34, 1-17.
- Polychronopoulos, A.G, Houston, B.R. & Lownsbery, B.F. 1969.** *Phytopathology* 59, 482-485.
- Powell, N.T. 1971.** Interaction of plant parasitic nematodes with other disease-causing agents. *In:* :Zuckermann, B.M., Mai, W.F. and Rohde, R.A. (Eds). *Plant parasitic nematodes* New York and London. Academic Press. Vol. II, 119-135E
- Rodriguez-Kabana, R., Pinochet, J., Robertson, D. G. & Wells, L. 1992.** Crop rotation studies with velvetbean (*Mucuna deeringiana*) for the management of *Meloidogyne* spp. *Suppl. to the Nemat.* 24: 662-668.
- Rodriguez-Kabana, R. 1992.** Cropping systems for the management of phytonematodes. *In:* Gommers, F.J. & Maas, P.W.Th. (Eds). *Nematology from molecule to ecosystem.* Invergowrie, Dundee, Scotland: European Society of Nematologists. Pp. 219-233
- Sayre, R.M. & Wergin, W.P. 1977.** Bacterial parasite of a plant nematode: morphology and ultrastructure. *J. Bact.* 129: 1091-1101.
- Shepherd, A.M. & Clarke, A.J. 1971.** Molting and hatching stimuli. *In:* Zuckermann, B.M., Mai, W.F. & Rohde, R.A. (Eds). *Plant parasitic nematodes Acad. Press, New York, Vol.* 11, 267-287.
- Soper, R.S & Ward, M.G. 1981.** Production, formulation and application of fungi for insect control *In:* Papavizas, G.C. (Ed). *Biological control in crop production.* London: Granada, pp. 161- 180.
- Spaull, W.V., Bailey, R.A. 1993.** Combined effect of nematodes and ratoon stunting disease on sugarcane. *Proc. Ann. Congr. S. African Sugar Techn. Assosiation.*

- Stapleton, J.J., Devay, J.E. & Lear, B. 1987.** Effect of combining soil solarization with certain nematicides on target and nontarget organisms and plant growth. Supplement to the *J. of Nemat.* 1: 107-112.
- Stirling, G.R., Smith, L.J., Licastro, K.A. & Eden, L.M. 1998.** Control of root-knot nematode with formulations of the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys dactyloides*. *Biol. Contr.* 11, 224-230.
- Stirling, G.R. & Smith, L.J. 1998.** Field tests of products containing either *Verticillium chlamydosporium* or *A. dactyloides* for biological control of root-knot nematodes. *Biol. Contr.* 11, 229-237.
- Storer, T.I. & Usinger, R.L. 1965.** General Zoology. Mc Craw-Hill Book Co 741pp.
- Suit, R.F. & Du Charme, E.P. 1957.** Spreading decline of citrus. State plant board of Florida (Ed. Ayers) Plant Comm. Gainesville, Florida. VII Bull. 11, 24pp.
- Tarjan, A.C. 1961.** Attempts of controlling citrus burrowing nematode-trapping fungi. *Proc. Soil Sci. Soc. Fla.* 21 :17-36.
- Taylor, A.L. 1953.** More about the control of nematodes. Year Book Separate No 2416, pp. 129-134.
- Taylor, A.L., Dropkin, V.H. & Martin, G.C. 1955.** Perineal patterns of the root-knot nematodes. *Phytopathology* 45, 26-34.
- Thomanson, I.J. & Lear, B. 1961.** Rate of reproduction of *Meloidogyne* spp. as influenced by soil temperature. *Phytopathology* 51, 520-524.
- Thomanson, I.J. & Caswell, E.P. 1987.** Principles of nematode control. In: Brown, R.H. and Kerry, B.R. (Eds). Principles and practice of nematode control in crops. Sydney, *Academic Press*. Pp. 87-130
- Thorne, G. 1961.** Principles of Nematology. Mc Graw-Hill, New York, 553 pp.
- Triantaphyllou, A.C. & Hirschmann, H. 1960.** Post-infection development of *Meloidogyne incognita* Chitwood, 1949 (Nematoda: Heteroderidae). *Ann. Inst. Phytopathol.* Benaki 3, 3-11.
- Triantaphyllou, A.C. 1960.** Sex determination in *Meloidogyne incognita* Chitwood, 1949 and intersexuality in *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. *Ann. Inst. Phytopath.* Benaki, N. S. 3, 12-31.
- Triantaphyllou, A.C. 1971.** Genetics and cytology. In: Zuckerman, B.M., Mai, W.F. & Rohde, R.A. (Eds). Plant parasitic nematodes *Academic Press*. New York and London, Vol. 2, 1-34.



- Tyler, J. 1933.** Reproduction without males in aseptic root cultures of the root-knot nematode. *Hilgardia* 7, 373-388.
- Tyler, J. 1933.** Development of the root-knot nematode as affected by temperature. *Hilgardia* 7, 391-415.
- Tyler, J. 1938.** Egg output of the root-knot nematode. *Proc. Helminth. Soc. Wash.* 5, 49-54.
- Tzortzakakis, E.A., Channer, A.G.De.R., Gowen, S.R. & Ahmed, R. 1997.** Studies on the use of *Pasteria penetrans* as a biological control agent of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) *Plant Pathol.* 46, 45-55.
- Tzortzakakis, E.A. 2000.** The effect of *Verticillium chlamydosporium* and oxamyl on the control of *Meloidogyne javanica* on tomatoes grown in a plastic house in Crete, Greece. *Nematol. mediterr.* 28: 249-254.
- Tzortzakakis, E.A. & Petsas, S.E. 2003.** Investigations of alternatives to methyl bromide for management of *Meloidogyne javanica* on greenhouse grown tomato. *Pest Manag. Sci.* 59: 1311-1320.
- 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.
- Walker, J.T. 1960.** The effect of hot water at different temperatures on larvae of various species of *Meloidogyne*. *Phytopathology* 56: 568.
- Wallace, H.R. 1963.** The biology of plant parasitic nematodes. Edward Arnold (Publ.) Ltd. 280pp.
- Walters, S.A., Wehner, T.C., & Barker, K.R. 1992.** Effects of root decay on the relationship between *Meloidogyne* spp. Gall index and egg mass number in cucumber and horned cucumber. *J. Nemat.* 24(4): 707-711. (Suppl).
- Williams, T.D. 1968.** Plant parasitic nematodes. In: Plant Pathologists Pocket Book. Comm. Mycol. Inst. New Surrey England. pp. 119-136.
- [www.eppo.org/QUARANTINE](http://www.eppo.org/QUARANTINE).

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (ΕΛΛΗΝΙΚΗ)**

- Δαρδαβάκης, Μ. 1993.** Συστηματική Βοτανική. Τόμος 1, Εκδόσεις Σαλονικίδης.
- Ηλιόπουλος, Α.Γ. 1997.** Φυτοπροστασία ΙΙ. Γεωργική Εντομολογία-Ζωολογία. Σελ. 131-147.
- Ηλιόπουλος, Α.Γ. 1999.** Φυτοπροστασία Ι. Στοιχεία φυτοπαθολογίας. Σελ. 23-44.

- Κολιοπάνος, Κ.Ν. 1999.** Φυτοпараσιτικοί νηματώδεις σκώληκες. Βιολογία- Φυσιολογία - Γενετική ταξινόμηση και παθογένεση επί φυτών – Τρόποι αντιμετώπισης. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Εργαστήριο Γεωργικής Εντομολογίας και Ζωολογίας.
- Κουγέας, Β.Σ. 1960.** Νηματοκτόνοι μύκητες από ελληνικά εδάφη. Γεωπονικά. 69, 138-140 (55).
- Κουτσομάρης, Ι. 2004.** Συμβολή στη μελέτη και αξιοποίηση της θηρευτικής ικανότητας υων μυκήτων του γένους *Arthrobotrys* για την καταπολέμηση φυτοπαθογόνων νηματωδών. Πτυχιακή εργασία, Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.
- Κόρου, Ν.Χ. 1979.** Ζημίες επί της φυτικής παραγωγής από προσβολές φυτοπαρασίτων νηματωδών. Γεωργ. Έρευνα Υπ. Γεωργίας, Τ. 3, 416-422.
- Κόρου, Ν.Χ. 2004.** Φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις. Εκδόσεις Αγροτύπος ΑΕ.
- Μαρσέλλος, Σ.Π. και Καραμάνος, Τ.Ι. 1962.** Μετάφραση Γ. Εντομολογίας G. Della Beffa Εκδ. Οικ. Μ.Χ. Γκιούρδα 1492σ.
- Μπαλής, Κ. 1980.** Σημειώσεις στο μάθημα της μικροβιολογίας.
- Μπούρμος, Β.Α. και Σκουντριάδης, Μ.Θ. 1990.** Εχθροί και ασθένειες της τομάτας του θερμοκηπίου. Αγροτικές Εκδόσεις, Τόμος II.
- Νιάβης, Α.Κ. 1981.** Μαθήματα φυσιολογίας φυτών.
- Παπαδέα, Α. 2004.** Καταπολέμηση νηματωδών με νηματοβόρους μύκητες. Πτυχιακή εργασία, Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.
- Πολυχρονόπουλος, Α.Γ. 1970.** Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις σκώληκες. Το πρόβλημα και η οικονομική σημασία αυτού. Γεωπονικά. 188-189, 93-96.
- Τριανταφύλλου, Α.Χ. 1960.** Προσδιορισμός του φύλου εις το *Meloidogyne incognita* Chitwood 1949 και ο αμφιφυλετισμός εις το *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. Χρονικά Μπεν. Φυτοπαθ. Ινστ. Ν.Σ. 3, 14-36.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.

#### Πίνακας Ι.Ι Ολικός πληθυσμός *Meloidogyne*

Παρατίθενται τα αποτελέσματα από όλες τις μετρήσεις που έγιναν και σε όλες τις επαναλήψεις της κάθε επέμβασης ξεχωριστά.

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	α/α	ΑΡΙΘΜΟΣ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ ΣΤΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΩΩΝ	ΟΛΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
<b>Α' ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ</b>				
Αρνητικός μάρτυρας	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
Nemacur	1	196	12032	12228
	2	0	2783	2783
	3	2398	1931	4330
	4	0	5375	5375
Nemathorin	1	22	35	22
	2	0	0	0
	3	257	0	257
	4	42	0	42
Neemazal	1	1066	601	1667
	2	151126	6483	157609
	3	1712	2886	4598
	4	392	5022	5414
Oikos	1	11220	7157	18377
	2	17243	3711	20954
	3	4127	6316	10444
	4	29768	4130	33898
3ΧΑ. <i>oligospora</i>	1	7398	4176	11574
	2	15067	7404	22471
	3	23050	2684	25734
	4	321	5500	5821
	5	1507	16024	17513
1xA. <i>oligospora</i>	1	20323	17385	37708
	2	5967	1229	7196
	3	40345	3377	43723
3xA. <i>dactyloides</i>	1	29225	3646	32871
	2	6953	4044	10997
	3	23393	5202	28595
	4	5664	4892	10556
1xA. <i>dactyloides</i>	1	14042	5547	19589
	2	101732	5065	106797
	3	2055	12432	14487
	4	2315	6120	8435

<b>Θετικός μάρτυρας</b>	1	28700	4032	32732
	2	26302	1386	27688
	3	5586	6608	12194
	4	2419	6098	8517
<b>Β' ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ</b>				
<b>Αρνητικός μάρτυρας</b>	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
<b>Nemacur</b>	1	39	158	197
	2	15975	739	16714
	3	334	1378	1712
	4	11815	202	12017
<b>Nemathorin</b>	1	44	0	0
	2	432	0	0
	3	442	0	0
	4	0	0	0
<b>Neemazal</b>	1	985	479	1464
	2	8882	297	9179
	3	3124	2024	5148
	4	194346	2240	196586
<b>Oikos</b>	1	5769	1780	7549
	2	84042	1067	85109
	3	6431	2120	8552
	4	6062	555	6617
<b>3x<i>A. oligospora</i></b>	1	33120	1837	34956
	2	12492	216	12708
	3	8323	1184	9507
	4	4692	297	4989
<b>1x<i>A. oligospora</i></b>	1	5645	1980	7625
	2	4410	1139	5549
	3	10960	1007	11967
	4	26690	724	27414
<b>3x<i>A. dactyloides</i></b>	1	57256	856	58112
	2	22605	162	22767
	3	28427	464	28891
	4	753	1235	1988
<b>1x<i>A. dactyloides</i></b>	1	14797	41	14838
	2	91618	432	92050
	3	7877	1255	9132
	4	3810	854	4664
<b>Θετικός μάρτυρας</b>	1	10532	2226	12758
	2	3407	1269	4676
	3	5102	927	6028
	4	4612	2930	7542

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.

### Πίνακας Ι.ΙΙ Ολικός αριθμός φυματίων

Παρατίθενται τα αποτελέσματα από όλες τις μετρήσεις που έγιναν και σε όλες τις επαναλήψεις της κάθε επέμβασης ξεχωριστά.

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	α/α	ΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΜΑΤΙΩΝ
<b>Α' ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ</b>		
Αρνητικός μάρτυρας	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
Nemacur	1	316
	2	283
	3	717
	4	266
Nemathorin	1	28
	2	0
	3	0
	4	10
Neemazal	1	759
	2	683
	3	785
	4	424
Oikos	1	289
	2	528
	3	399
	4	1156
3x <i>A. oligospora</i>	1	1712
	2	1443
	3	1063
	4	1093
	5	1125
1x <i>A. oligospora</i>	1	432
	2	899
	3	1246
3x <i>A. dactyloides</i>	1	330
	2	855
	3	754
	4	176
1x <i>A. dactyloides</i>	1	435
	2	840
	3	1022
	4	590
Θετικός μάρτυρας	1	511
	2	261
	3	529
	4	715

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	α/α	ΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΜΑΤΙΩΝ
<b>Β' ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ</b>		
Αρνητικός μάρτυρας	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
Nemacur	1	73
	2	134
	3	507
	4	281
Nemathorin	1	44
	2	432
	3	442
	4	0
Neemazal	1	24
	2	231
	3	431
	4	444
Oikos	1	514
	2	392
	3	657
	4	639
3x <i>A. oligospora</i>	1	608
	2	321
	3	750
	4	796
1x <i>A. oligospora</i>	1	925
	2	182
	3	113
	4	435
3x <i>A. dactyloides</i>	1	305
	2	309
	3	463
	4	422
1x <i>A. dactyloides</i>	1	281
	2	670
	3	507
	4	234
Θετικός μάρτυρας	1	530
	2	445
	3	888
	4	719

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ.

#### Πίνακας Ι.ΙΙΙ Μήκος ρίζας

Παρατίθενται τα αποτελέσματα από όλες τις μετρήσεις που έγιναν και σε όλες τις επαναλήψεις της κάθε επέμβασης ξεχωριστά.

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	α/α	ΜΗΚΟΣ ΡΙΖΑΣ
<b>Α' ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ</b>		
Αρνητικός μάρτυρας	1	254
	2	134
	3	347,4
	4	317
Nemacur	1	316
	2	215,5
	3	222,4
	4	262
Nemathorin	1	214,5
	2	190
	3	151,5
	4	140
Neemazal	1	278,55
	2	229,34
	3	218,51
	4	188,98
Oikos	1	69,57
	2	246,07
	3	249,02
	4	259,85
3xΑ. <i>oligospora</i>	1	253
	2	236,23
	3	266
	4	235,24
	5	180,12
1xΑ. <i>oligospora</i>	1	227,37
	2	284,46
	3	252
3xΑ. <i>dactyloides</i>	1	332
	2	182,09
	3	147
	4	222,5
1xΑ. <i>dactyloides</i>	1	264
	2	326
	3	239,18
	4	292,33
Θετικός μάρτυρας	1	239
	2	142
	3	150,5
	4	206

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	α/α	ΜΗΚΟΣ ΡΙΖΑΣ
<b>Β' ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ</b>		
Αρνητικός μάρτυρας	1	224,418
	2	240,167
	3	192
	4	202
Nemacur	1	338
	2	193
	3	276
	4	224,418
Nemathorin	1	184,06
	2	192,92
	3	156,50
	4	224,418
Neemazal	1	66
	2	220,48
	3	182,09
	4	243,12
Oikos	1	192,92
	2	137,80
	3	63,978
	4	229,34
3x <i>A. oligospora</i>	1	191,936
	2	271,66
	3	192,92
	4	195,87
1x <i>A. oligospora</i>	1	144,69
	2	101,38
	3	114,177
	4	175,25
3x <i>A. dactyloides</i>	1	100,397
	2	198,826
	3	88,586
	4	224,418
1x <i>A. dactyloides</i>	1	161,42
	2	242,135
	3	176,188
	4	233,277
Θετικός μάρτυρας	1	157,486
	2	141
	3	174,219
	4	194



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV.****Πίνακας I.IV Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος (βλαστών και καρπών)**

Παρατίθενται τα αποτελέσματα από όλες τις μετρήσεις που έγιναν και σε όλες τις επαναλήψεις της κάθε επέμβασης ξεχωριστά.

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	α/α	ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΒΛΑΣΤΩΝ (g)	ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΩΝ (g)	ΟΛΙΚΟ ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ (g)
<b>Α' ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ</b>				
Αρνητικός μάρτυρας	1	106,58	33,02	139,6
	2	74,56	4,71	76,27
	3	81,33	32,67	114
	4	42,41	7,91	50,32
Nemacur	1	104	58,89	162,89
	2	65	16,4	81,4
	3	77,47	-	77,47
	4	57,22	50,83	108,05
Nemathorin	1	77,36	-	77,36
	2	65	-	65
	3	59,57	1,2	60,77
	4	63	-	63
Neemazal	1	15,19	45,25	60,44
	2	38,02	16,39	54,41
	3	42,68	75,93	118,61
	4	109,55	57,31	166,86
Oikos	1	55,28	47,16	102,44
	2	62,46	18,7	81,16
	3	74,57	-	74,57
	4	76,15	44,31	120,46
3x <i>A. oligospora</i>	1	51,22	20,97	72,19
	2	46,03	64,27	110,3
	3	56,26	55,68	111,94
	4	56,17	6	62,17
	5	93,5	50,2	143,7
1x <i>A. oligospora</i>	1	66,17	28,47	94,64
	2	64,7	21,29	85,99
	3	142,57	-	142,57
3x <i>A. dactyloides</i>	1	50,36	29,35	79,71
	2	42,97	13,25	56,22
	3	17,85	17,96	35,81
	4	64,3	86,6	150,9
1x <i>A. dactyloides</i>	1	29,28	28,04	57,32
	2	77,39	74,4	151,79
	3	109,67	21,7	131,37
	4	50,17	3,1	53,27
Θετικός μάρτυρας	1	50,43	23,84	74,27
	2	64,58	33,04	97,62
	3	55,23	-	55,23

	4	78,01	13,63	146,87
<b>Β' ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ</b>				
<b>Αρνητικός μάρτυρας</b>	1	106,58	120,67	227,25
	2	74,56	133,42	207,98
	3	81,33	99,17	180,5
	4	42,41	172,28	214,69
<b>Nemacur</b>	1	104	199,61	303,61
	2	65	186,07	251,07
	3	77,47	139,93	217,41
	4	57,22	138,70	195,92
<b>Nemathorin</b>	1	77,36	65,77	143,13
	2	65	38,56	103,56
	3	59,57	132,63	295,76
	4	63	133,25	196,25
<b>Neemazal</b>	1	15,19	16,4	31,59
	2	38,02	153,62	191,64
	3	42,68	218,59	261,27
	4	109,55	187,74	297,29
<b>Oikos</b>	1	55,28	147,64	202,92
	2	62,46	138,11	200,57
	3	74,57	140,34	214,91
	4	76,15	98,54	174,69
<b>3x<i>A. oligospora</i></b>	1	51,22	124,36	175,58
	2	46,03	152,28	198,31
	3	56,26	2,0	58,26
	4	56,17	146,82	202,99
<b>1x<i>A. oligospora</i></b>	1	93,5	119,44	212,94
	2	66,17	74,8	140,97
	3	64,7	258,21	322,91
	4	142,57	76,82	219,39
<b>3x<i>A. dactyloides</i></b>	1	50,36	96,63	146,99
	2	42,97	190,92	233,89
	3	17,85	97,7	115,55
	4	64,3	119,69	183,99
<b>1x<i>A. dactyloides</i></b>	1	29,28	141,36	170,64
	2	77,39	89,47	166,86
	3	109,67	270,05	379,72
	4	50,17	184,25	234,42
<b>Θετικός μάρτυρας</b>	1	50,43	39,5	89,93
	2	64,58	54,3	118,88
	3	55,23	96,28	151,51
	4	78,01	170,38	248,38

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V.

Πίνακας V. Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος (βλαστών και καρπών).

Παρατίθενται τα αποτελέσματα από όλες τις μετρήσεις που έγιναν και σε όλες τις επαναλήψεις της κάθε επέμβασης ξεχωριστά.

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	α/α	ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΒΛΑΣΤΩΝ (g)	ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΩΝ (g)	ΟΛΙΚΟ ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ (g)
<b>Α' ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ</b>				
Αρνητικός μάρτυρας	1	17	2,2	19,2
	2	17,4	0,3	17,7
	3	22	5,7	27,2
	4	1,34	0,6	1,92
Nemacur	1	14	4,02	18,02
	2	15	1,1	16,1
	3	14,3	-	14,3
	4	12,3	3	15,3
Nemathorin	1	6	-	6
	2	10	-	10
	3	5	0,1	5,1
	4	7	-	7
Neemazal	1	14,2	2,8	17
	2	15,8	1,22	17,02
	3	11	5,25	16,25
	4	4,6	4,32	8,92
Oikos	1	13,5	3,0	16,5
	2	12,9	1,4	14,3
	3	18,1	-	18,1
	4	12,4	2,8	15,2
3x <i>A. oligospora</i>	1	12	1,4	13,4
	2	16	4,4	20,4
	3	9,4	3,83	13,23
	4	20,1	0,4	20,5
	5	6,2	2,23	8,43
1x <i>A. oligospora</i>	1	8	1,7	9,7
	2	120	1,43	121,43
	3	14,5	-	14,5
3x <i>A. dactyloides</i>	1	10.6	1,8	12,4
	2	9.8	0,95	10,75
	3	14.3	0,3	14,6
	4	10.7	5,3	16
1x <i>A. dactyloides</i>	1	14.4	1,8	16,2
	2	8	4,62	12,62
	3	11.2	1,55	12,75
	4	21.5	0,2	21,7
Θετικός μάρτυρας	1	24	6,36	30,36
	2	18,5	5,08	23,58
	3	4,3	-	4,3

	4	12,5	0,9	13,4
<b>Β' ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ</b>				
Αρνητικός μάρτυρας	1	16,06	6,6	11,66
	2	16	18,01	34,01
	3	5	6,56	11,56
	4	9	6,6	15,6
Nemacur	1	17	11,41	28,41
	2	10,57	9,49	20,06
	3	11	8,36	19,36
	4	9,16	10,45	19,61
Nemathorin	1	11,29	3,83	15,12
	2	9	2,53	11,53
	3	7,8	7,59	15,39
	4	8,92	7,74	16,66
Neemazal	1	9	1,4	10,4
	2	8,1	7,34	15,44
	3	7,5	10,47	17,97
	4	16,87	11,15	28,02
Oikos	1	9,97	9,40	19,37
	2	9,57	6,6	16,17
	3	13,27	8,74	22,01
	4	12,97	5,9	18,87
<i>3x A. oligospora</i>	1	7,77	7,2	14,97
	2	5,57	14,35	19,92
	3	9,41	0,15	9,56
	4	8,14	8,20	16,34
<i>1xA. oligospora</i>	1	13,33	8,22	21,55
	2	4,97	3,9	8,87
	3	13,47	17,32	30,79
	4	13,7	2,77	16,47
<i>3x A. dactyloides</i>	1	8,51	5,63	14,14
	2	6,67	9,27	15,94
	3	6,39	4,98	11,37
	4	10,23	6,7	16,93
<i>1xA. dactyloides</i>	1	4,17	5,64	9,81
	2	11,47	4,91	16,38
	3	17,95	13,6	31,55
	4	11,85	10,31	22,16
Θετικός μάρτυρας	1	9	2,68	11,68
	2	12,43	5,41	17,84
	3	9,5	9,28	18,78
	4	12	8,93	20,93

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI.

Πίνακας VI. Νωπό βάρος, ξηρό βάρος και πλήθος καρπών.

Παρατίθενται τα αποτελέσματα από όλες τις μετρήσεις που έγιναν και σε όλες τις επαναλήψεις της κάθε επέμβασης ξεχωριστά.

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ	ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΩΝ (g)	ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΩΝ (g)	ΠΛΗΘΟΣ ΚΑΡΠΩΝ
<b>Α' ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ</b>				
<b>Αρνητικός μάρτυρας</b>	1	14,1	1	2
		18,92	1,2	
	2	4,71	0,3	1
	3	7,15	0,5	2
	25,52	5,2		
	4	7,91	0,6	1
<b>Θετικός μάρτυρας</b>	1	6,62	0,46	2
		17,22	5,9	
	2	13,20	3,9	2
		19,84	1,18	
	3	-	-	-
	4	13,63	0,9	1
<b>Nemacur</b>	1	43,90	3,12	2
		14,99	0,9	
	2	16,4	1,1	1
	3	-	-	-
	4	29,93	1,80	3
		16,2	1,0	
		4,7	0,2	
<b>Nemathorin</b>	1	-	-	-
	2	-	-	-
	3	1,2	0,1	1
	4	-	-	-
<b>Neemazal</b>	1	45,25	2,8	1
	2	16,39	1,22	1
	3	75,93	5,25	1
	4	57,31	4,32	1
<b>Oikos</b>	1	47,16	3,0	1
	2	6,29	0,4	2
		12,41	1	
	3	-	-	-
	4	44,31	2,8	1
<b>3x4. oligospora</b>	1	20,97	1,4	1
	2	64,27	4,4	1
	3	55,68	3,83	1
	4	6	0,4	1
	5	50,2	2,23	1
<b>1x4. oligospora</b>	1	28,47	,7	1

	2	7,39	0,53	2
		13,9	0,9	
	3	-	-	-
<b>3x A. dactyloides</b>	1	29,35	1,8	1
	2	13,25	0,95	1
	3	1,69	0,1	2
		16,27	0,2	
	4	86,6	5,3	1
<b>1x A. dactyloides</b>	1	28,04	1,8	1
	2	74,4	4,62	1
	3	6,7	0,5	2
		15	1,05	
	4	1,4	0,1	2
		1,7	0,1	
<b>Β' ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ</b>				
<b>Αρνητικός μάρτυρας</b>	1	120,67	6,6	1
	2	78,24	2,91	2
		55,18	15,1	
	3	99,17	6,56	1
	4	66,29	2,5	3
		38,25	1,6	
		67,74	2,5	
<b>Nemacur</b>	1	46,99	2,74	3
		60,26	3,47	
		92,36	5,2	
	2	10,69	0,76	3
		66,56	3,71	
		108,82	5,02	
	3	45,28	3,46	2
		94,65	4,9	
	4	138,70	10,45	1
<b>Nemathorin</b>	1	37,45	2,24	2
		28,32	1,59	
	2	38,56	2,53	1
	3	82,58	5,09	2
		50,05	2,5	
	4	65,95	3,84	2
		67,30	3,9	
<b>Neemazal</b>	1	16,4	1,4	1
	2	153,62	7,34	1
	3	157,66	7,48	2
		60,93	2,99	
	4	128,84	7,41	2
		58,90	3,74	
<b>Oikos</b>	1	147,64	9,40	1
	2	138,11	6,6	1
	3	55,84	3,84	2

		84,50	4,9	
	4	98,54	5,9	1
<b>3xA. oligospora</b>	1	124,36	7,2	1
	2	61,08	3,35	2
		91,20	11,00	
	3	2,0	0,15	1
	4	146,82	8,20	1
<b>1xA. oligospora</b>	1	119,44	8,22	1
	2	74,8	3,9	1
	3	89,63	5,88	4
		83,33	5,85	
		67,44	4,12	
		17,81	1,47	
	4	76,82	2,77	1
<b>3xA. dactyloides</b>	1	96,63	5,63	1
	2	56,18	2,91	5
		55,27	2,5	
		33,71	1,16	
		23,88	1,10	
		21,88	1,6	
	3	50,48	2,56	2
		47,22	2,42	
	4	74,02	4,17	2
		45,67	2,53	
<b>1xA. dactyloides</b>	1	141,36	5,64	1
	2	89,47	4,91	1
	3	136,32	6,6	4
		52,11	2,50	
		45,32	2,5	
		36,30	2,00	
	4	110,03	6,89	2
		74,22	3,42	
<b>Θετικός μάρτυρας</b>	1	23,90	1,69	2
		15,6	0,99	
	2	40,7	4,58	2
		13,6	0,83	
	3	96,28	9,28	1
	4	40,5	2,13	4
		32,8	1,74	
		62,38	3,16	
		34,7	1,9	