

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙ ΤΗΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ
ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΤΩΝ ΛΙΠΙΔΙΩΝ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΝΤΟΜΑΤΙΑΣ
ΠΡΟΣΒΕΒΛΗΜΕΝΗΣ ΑΠΟ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ
ΒΑΓΓΕΛΗ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ
ΘΑΝΑΣΗ ΚΑΠΠΑ

Σεπτέμβριος, 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλουμε να ευχαριστήσουμε θερμά όσους συνέβαλαν με κάθε τρόπο στην πραγματοποίηση αυτής της εργασίας και ιδιαίτερα την Επίκουρο Καθηγήτρια των ΤΕΙ Μεσολογγίου Δρα κυρία Ειρήνη Καραναστάση, η οποία με την επιστημονική της καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθειά της μας κατηύθυνε στην επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας μας και στην καλύτερη παρουσίασή της.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι νηματώδεις σκώληκες αποτελούν τη δεύτερη πολυπληθέστερη ομάδα μεταζώων, λόγω της μεγάλης προσαρμοστικότητας τους. Ζουν παρασιτικά και μπορούν να προσβάλουν κάθε ζωντανό οργανισμό, προκαλώντας σοβαρές ασθένειες, διαταραχές και καταστροφές. Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις προσβάλλουν όλα τα είδη των φυτών καλλιεργημένων και άγριων. Από τους πλέον επιζήμιους φυτοπαρασιτικούς νηματώδεις είναι οι κομβομηματώδεις του γένους *Meloidogyne*.

Το σώμα των αρσενικών είναι σκωληκόμορφο, ενώ των θηλυκών σφαιροειδές. Μόνο τα ακμαία θηλυκά διακρίνονται με γυμνό μάτι. Το μήκος τους από 0,2mm -12mm. Είναι άχρωμα γκρι ή μαύρα. Διαθέτουν μυϊκό, νευρικό, πεπτικό, απεκκριτικό και αναπαραγωγικό σύστημα. Παράγονται αμφιγονικά, ερμαφροδιτικά ή με παρθενογένεση. Γεννούν τα ωά τους μέσα ή έξω από τις ρίζες των ξενιστών φυτών. Η παρουσία νερού προκαλεί την εκκόλαψη. Ο βιολογικός τους κύκλος περιλαμβάνει 4 προνυμφικά στάδια και διαρκεί από 21 ημέρες ως αρκετούς μήνες. Τρέφονται παρασιτώντας στα φυτικά κύτταρα με τη βοήθεια του στιλέτου. Διαδίδονται εύκολα στο έδαφος με την παρουσία νερού, με τα σκαπτικά εργαλεία, τους μολυσμένους σπόρους, το μολυσμένο χώμα, τις βροχές και τους ανέμους. Τα συμπτώματα που προκαλούν είναι: εξασθένηση των φυτών, μείωση της ποσότητας και της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων και δρουν ως φορείς μυκήτων, βακτηρίων και ιών, προκαλώντας σοβαρές ασθένειες στα φυτά.

Οι νηματώδεις καταπολεμούνται με φυσικές, βιολογικές και χημικές μεθόδους ή καλύτερα με συνδυασμό όλων των μεθόδων μαζί.

Στο πειραματικό μέρος, αποσπάρθηκαν ωόσακκοι από μολυσμένα φυτά, και μολύνθηκαν υγιή σπορόφυτα, τα οποία τοποθετήθηκαν σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών 25⁰C για 28 μέρες και ποτίζονταν κανονικά. Έτσι έγινε ο προσδιορισμός των **αλδεϋδικών παραγώγων της υπεροξειδωσής των λιπιδίων (TBARS)** στα φύλλα των φυτών. Από δύο δοκιμές που έγιναν, με υπεροξειδωση λιπιδίων στα φύλλα των φυτών, δεν διαπιστώθηκε σαφής επίδραση της προσβολής των φυτών με νηματώδεις. Αυτή διαπιστώθηκε μόνο όταν τα αποτελέσματα εκφράζονταν ανά γραμμάριο ξηρού βάρους. Χρειάζεται όμως διερεύνηση με μεγαλύτερους αριθμούς νηματωδών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ)	5
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.2. ΓΕΝΙΚΑ	5
1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ	7
1.4 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	8
1.5 ΑΝΑΤΟΜΙΑ.....	9
1.5.1 ΕΠΙΔΕΡΜΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ.....	10
1.5.2 ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	11
1.5.3 ΑΠΕΚΚΡΙΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	13
1.5.4 ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	13
1.5.5 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	15
1.5.6 ΛΟΙΠΑ ΟΡΓΑΝΑ	17
1.6 ΒΙΟΛΟΓΙΑ.....	17
1.6.1 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ.....	17
1.6.2 ΔΙΑΤΡΟΦΗ.....	21
1.6.3 ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΠΟΡΑ.....	22
1.7. ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΑΠΟ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ	23
1.8. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ ΜΕ ΑΛΛΟΥΣ ΠΑΘΟΓΟΝΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ	24
1.9 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ	25
1.9.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	26
1.9.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	28
1.9.3 ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	32
1.10 ΟΙ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ ΜΕΛΟΙΔΟΓΥΝΕ	34
1.10.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ	35
1.10.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	35
1.10.3 ΠΕΡΙΕΔΡΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ	37
1.10.4 ΒΙΟΛΟΓΙΑ.....	37
1.10.5 ΠΑΘΟΓΕΝΕΙΑ.....	40
1.10.6 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ (ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ)	43
2.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	43
2.1.1 Παρασκευή μολύσματος νηματωδών <i>Meloidogyne javanica</i>	43
2.2.2 Προσδιορισμός των αδευδικών παραγώγων της υπεροξειδωσης των λιπιδίων (TBARS) στα φύλλα, με φωτομετρική μέθοδο	45
2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ/ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	51
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ)

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι νηματώδεις είναι γνωστοί απ' τα πανάρχαια χρόνια. Γίνεται αναφορά γι' αυτά τα ζωικά παράσιτα σε Αιγυπτιακές επιγραφές γύρω στο 4.000 π. Χ. ιδιαίτερα γι αυτά που προσβάλλουν τον άνθρωπο. Ο Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.) αναφέρει για τους νηματώδεις των ζώων. Επίσης και άλλοι συγγραφείς που ασχολήθηκαν με την ιατρική και τη ζωολογία στους μετέπειτα αιώνες αναφέρονται σ' αυτούς.

Όμως οι φυτοпараσιτικοί νηματώδεις ήταν άγνωστοι ως το 18ο αιώνα, εξ αιτίας του μικροσκοπικού μεγέθους τους (0,3-10mm) και του τρόπου διαβίωσης τους στο έδαφος και μέσα ή έξω από τους φυτικούς ιστούς. Αναγνωρίστηκαν για πρώτη φορά από τον NEEDHAM το 1743, εκατό χρόνια μετά την ανακάλυψη του μικροσκοπίου. Αυτός παρατήρησε και περιέγραψε τον νηματώδη του σίτου, *Anguina tritici*. Έτσι απέδειξε ότι οι νηματώδεις μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες και στα φυτά. Από τότε ακολούθησαν πολλές έρευνες σχετικές με τη μελέτη και την καταπολέμηση αυτών των παρασίτων. Ιδιαίτερα στη δεκαετία 1945 με 1955 οι ερευνητές ασχολήθηκαν επισταμένως με τη μελέτη των φυτοпараσιτικών νηματωδών. Στην Ελλάδα ο Κ. Ισαακίδης αναφέρεται για πρώτη φορά το 1935 στο νηματώδη του σίτου *Anguina tritici* που τον εντόπισε στο σιτάρι και στον *Ditylenhus dispaci* που τον εντόπισε σε γαρύφαλλο.

1.2. ΓΕΝΙΚΑ

Οι Νηματώδεις σκώληκες, νηματόζωα ή απλώς νηματώδεις αποτελούν τη δεύτερη πολυπληθέστερη ομάδα των Μεταζώων. Είναι πολύ διαδεδομένα πάνω στη γη, γιατί παρουσιάζουν μεγάλη προσαρμοστικότητα, που τους επιτρέπει να ζουν σε κάθε περιβάλλον, όπου υπάρχει και το ελάχιστο ίχνος ζωής. Θα τους συναντήσουμε σε διάφορα οικολογικά περιβάλλοντα, όπως στην έρημο, σε καλλιεργημένα και μη εδάφη, σε λίμνες, ποτάμια, ακόμα και στον ωκεανό. Όμως δεν υπάρχουν αποδείξεις για την ύπαρξή τους στην ατμόσφαιρα ή στην άβυσσο των ωκεανών. Ανήκουν στο Ζωικό Βασίλειο. Υποβασίλειο: Μετάζωα. Φύλο: Nemata.

Η λέξη «νηματώδεις» (Nematoda) προήλθε από την Ελληνική λέξη «νήμα», που χρησιμοποιήθηκε αυτούσια από τη Λατινική ως ρίζα για την παραγωγή σύνθετων λέξεων, που έχουν καθιερωθεί διεθνώς σύμφωνα με τους κανόνες του Διεθνούς Κώδικα Ζωολογικής Ονοματολογίας (International Rules of Zoological Nomenclature 1961). Όπως: Nematology = Νηματολογία, Nematologist = Νηματολόγος, Nematicide = Νηματοκτόνο, Nematosis = Νημάτωση.

Οι νηματώδεις ως παράσιτα μπορούν να προσβάλουν κάθε ζωντανό οργανισμό και προξενούν σοβαρές ασθένειες, διαταραχές και ζημιές. Οι φυτοпараσιτικοί νηματώδεις μπορούν να προσβάλουν όλα τα είδη των φυτών, καλλιεργούμενων και άγριων, προκαλώντας μεγάλες ζημιές οικονομικής σημασίας, με μείωση των αποδόσεων και υποβάθμιση της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων. Είναι δυνατόν να προκαλέσουν ζημιές σε τμήμα μιας καλλιέργειας, μπορούν όμως να προκαλέσουν και ολοκληρωτική καταστροφή, όταν προσβάλουν την καλλιέργεια σε συνδυασμό με άλλους παθογόνους οργανισμούς (μύκητες, βακτήρια). Οι πιο επιζήμιες προσβολές προέρχονται από τους κομβονηματώδεις του γένους *Meloidogyne* και στους κυστογόνους νηματώδεις των γενών *Heterodera* και *Globodera*. Στη χώρα μας η συμμετοχή των νηματωδών στη μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών υψηλής προσόδου ανέρχεται στο 5 – 50 τοις εκατό.

Σχετικά με την ποικιλότητα του φύλου, έχουν προσδιοριστεί μέχρι σήμερα γύρω στα 42.000 είδη όλων των κατηγοριών, απ' τα οποία μόνο τα 2.600 είδη είναι φυτοпараσιτικά. Τα φυτοпараσιτικά περνούν 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 αυξάνονται υπερβολικά. Αναφέρεται ότι μπορούν να καταμετρηθούν 5 ως 100 νηματώδεις ανά κυβικό εκατοστό καλλιεργούμενου εδάφους. Η πλειοψηφία τους εντοπίζεται στην περιοχή της ριζόσφαιρας και στα ανώτερα 25 – 40 εκατοστά. Αρκετοί όμως μπορεί να ανευρεθούν και σε μεγαλύτερα βάθη, όπως οι *Xiphinema* που φτάνουν μέχρι και τα 3,5 μέτρα.

Πρέπει να αναφερθεί ότι όλοι οι νηματώδεις που διαβιούν στο έδαφος δεν είναι επιβλαβείς. Μόνο το 30 – 50 % εκδηλώνει φυτοпараσιτική δράση. Αντίθετα αρκετοί από αυτούς είναι ωφέλιμοι, αφού τρέφονται με ακάρεα, έντομα, φυτοпараσιτικούς νηματώδεις, μύκητες, βακτήρια, ή αποσυνθέτουν ριζικούς ιστούς, συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση της γονιμότητας του εδάφους και συντελώντας στη διατήρηση της

ευρωστίας των φυτών. Ακόμη είναι πολύ πιθανό να βρεθούν μέσα στο έδαφος σε μικρές συγκεντρώσεις και σε διάφορα βιολογικά στάδια νηματώδεις που παρασιτούν στους ανθρώπους και στα ζώα.

1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ

Οι κυριότεροι φυτοпараσιτικοί νηματώδεις κατατάσσονται ως εξής:

Βασίλειο: Animalia

Υποβασίλειο: Metazoa

Φύλο: Nemata

ΚΛΑΣΗ Α': Secernentea (έχουν φασμίδια)

ΤΑΞΕΙΣ: Tylenchida Thorne, Rabditida Chitwood,
Aphelenchida Siddiqi.

ΚΛΑΣΗ Β: Adenophorea (δεν έχουν φασμίδια)

ΤΑΞΕΙΣ: Dorylaimida Perse, Triplonehida Cobb.

Τα περισσότερα σημαντικά είδη φυτοпараσιτικών νηματωδών ανήκουν στην τάξη των 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*.

Στην τάξη APHELENCHIDA σημαντικότερες οικογένειες είναι:

Aphelenchidae: *Aphelenchus*.

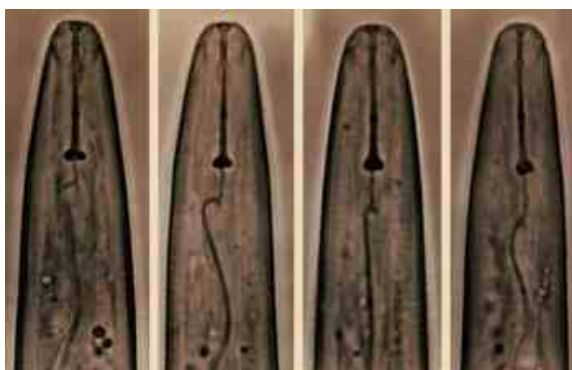
Aphelenchoididae: *Aphelenchoides*.

Στην τάξη DORYLAIMIDA σημαντική είναι η οικογένεια

Longidoridae: *Longidorus*, *Longidoroides*, *Paralongidorus*, *Xiphinema*, *Xifidorus*.

Και στην τάξη TRIPLONCHIDA, η οικογένεια

Trichodoridae: *Trichodorus*, *Paratrachodorus*.



Εικόνα 1: Είδη νηματωδών *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, and *M. hapla*.

(Πηγή:

http://nematode.net/NN3_frontpage.cgi?navbar_selection=speciestable&subnav_selection=Meloidogyne_javanica)

Η συστηματική ταξινόμηση των νηματωδών στηρίζεται κυρίως στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των θηλυκών ατόμων, ενώ θεωρεί δευτερευούσης σημασίας τα χαρακτηριστικά των αρσενικών, των ωών και των προπρονυμφών.

Πρωτεύοντα και σημαντικά χαρακτηριστικά είναι: η κεφαλή, το σχήμα και το μέγεθος του νηματώδη, το μήκος, το εύρος και το σχήμα του στίλετου, ο τύπος του οισοφάγου, η ύπαρξη ή μη φασμιδίων, η θέση του γεννητικού πόρου, οι διάφορες μορφές της επιδερμίδας, ο αριθμός των ωοθηκών, ο τύπος μεσαίου βολβού, οι ουραίες πτέρυγες κ.α.

1.4 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Οι νηματώδεις είναι σκωληκόμορφα ζώα με σώμα λεπτό, επίμηκες ή κυλινδρικό, σε εγκάρσια τομή κυκλικό (χωρίς να λάβουμε υπόψη τα εξωτερικά εξαρτήματα και τις κυτταρικές προεκτάσεις). Το ιδιαίτερο σχήμα και το μέγεθός τους εξαρτάται από το είδος στο οποίο ανήκουν, συνήθως όμως είναι επιμήκεις, νηματοειδείς ή ατρακτοειδείς, ευρύτεροι στο μέσον με το οπίσθιο άκρο τους κιονοειδές και πιο λεπτό από το εμπρόσθιο. Τα ώριμα αρσενικά άτομα διατηρούν το σκωληκόμορφο σχήμα τους, σε αντίθεση με τα θηλυκά ορισμένων ειδών, τα οποία μεταβάλλονται, διογκώνονται και μπορούν να αποκτήσουν σφαιροειδές, λεμονοειδές, νεφροειδές, ακόθμη και απιδοειδές σχήμα.

Οι φυτοпараσιτικοί νηματώδεις διακρίνονται εύκολα από τα υπόλοιπα είδη βάσει των εξής χαρακτηριστικών. Α) Έχουν στιλέτο. Β) Δεν έχουν χειλικές προεκτάσεις πάνω στο κεφάλι τους. Γ) Το μήκος της ουράς τους είναι βραχύ και Δ) Η κίνησή τους είναι αργή. Πολλά είδη φυτοпараσιτικών νηματωδών δεν διακρίνονται με γυμνό μάτι. Εξαιρούνται τα ακμαία θηλυκά άτομα *Meloidogyne*, *Globodera* και *Heterodera*. Το μήκος του σώματός τους κυμαίνεται από 0,2mm έως 12 mm, με μέσο όρο το 1mm, ενώ στους περισσότερους δεν ξεπερνά τα 3mm. Το πλάτος τους κυμαίνεται από 50 μm έως 250 μm. Το σώμα τους δεν εμφανίζει χρωματισμούς, συχνά όμως χρωματίζεται γκρι ή μαύρο από τις τροφές που περιέχονται στο έντερό τους. Περιβάλλεται από επιδερμίδα άχρωμη και διαφανή, που μπορεί σε μερικά είδη να αποκτά υπόλευκη ή υποκίτρινη απόχρωση. 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 κύστεις.

Το σώμα τους δεν χωρίζεται σε επί μέρους τμήματα, όπως στα έντομα, αλλά αποτελείται από δύο σωλήνες (εικ. 1), έναν εξωτερικό που αποτελεί το τοίχωμά τους και έναν εσωτερικό, που αποτελεί τον πεπτικό σωλήνα. Στο χώρο μεταξύ των δύο σωλήνων βρίσκονται τα όργανα του αναπαραγωγικού συστήματος, όπως και διάφορα αδενικά κύτταρα. Όμως για να διευκολυνθεί η μελέτη και η περιγραφή τους χωρίζονται νοητά σε τρία τμήματα: την κεφαλή, το κυρίως σώμα και την ουρά. Ως κεφαλή θεωρείται το εμπρόσθιο άκρο, που περιλαμβάνει το στοματικό άνοιγμα και τη στοματική κοιλότητα με το στιλέτο, το οποίο είναι το κύριο όργανο παρασιτισμού των φυτοпараσιτικών νηματωδών. Ως ουρά θεωρείται 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.

1.5 ANATOMIA

Όλοι οι νηματώδεις διαθέτουν πεπτικό, μυϊκό, νευρικό, αναπαραγωγικό, απεκκριτικό σύστημα. Δεν έχουν όμως αναπνευστικό και κυκλοφορικό σύστημα. Κοιλιακή περιοχή ονομάζεται η πλευρά που φέρει τον απεκκριτικό πόρο, το γεννητικό άνοιγμα και την έδρα των θηλυκών ή την αμάρα των αρσενικών. Νωτιαία χαρακτηρίζεται η αντίθετη από αυτήν πλευρά.

1.5.1 ΕΠΙΔΕΡΜΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ

Η επιδερμίδα έχει πρωτεϊνική σύνθεση και αποτελεί την προστατευτική ασπίδα του νηματώδη, συνιστά όμως και τον εξωτερικό σκελετό του. Καλύπτει, επίσης, τη στοματική κοιλότητα και προχωρεί προς το εσωτερικό καλύπτοντας τον οισοφάγο, τον απεκκριτικό πόρο, το γεννητικό άνοιγμα, τον κόλπο, την έδρα, την αμάρα, το ορθό και κάποια αισθητήρια όργανα.

Πάνω στην επιδερμίδα παρατηρούνται κάποιοι πόροι, οι οποίοι συνδέονται με υποδερμικούς αδένες. Οι οποίοι πάλι σχετίζονται με διάφορα αισθητήρια όργανα. Η επιδερμίδα είναι συνήθως λεία, αλλά μερικές φορές διατρέχεται από επιμήκεις επιδερμικές γραμμές, που συνθέτουν τις πλάγιες επιδερμικές περιοχές, των οποίων η παρουσία, ο αριθμός και η διάταξη χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση των νηματωδών. Επίσης από το είδος κάθε νηματώδους εξαρτάται η έκταση που καταλαμβάνουν αυτές οι επιδερμικές γραμμές, οι οποίες μπορεί να φθάνουν από το πίσω μέρος του κεφαλιού ως την περιοχή της ουράς, και κατά πόσον είναι ευδιάκριτες ή όχι. Εξ άλλου στα γένη *Heterodera*, *Globodera*, *Meloidogyne*, παρατηρούνται κάποιοι ιδιαίτεροι μορφολογικοί σχηματισμοί, που δημιουργούνται από την επιδερμίδα και έχουν τη μορφή γραμμών, παυλών, κύκλων ή ανάγλυφων γραμμώσεων. Οι σχηματισμοί αυτοί συνθέτουν τα λεγόμενα περιεδρικά αποτυπώματα (perineal patterns), (εικ. 2), και αποτελούν σημαντικό ταξινομικό χαρακτηριστικό για τα είδη αυτά.

Η υποδερμίδα αποτελείται από λεπτό κυτταρικό ιστό. Εσωτερικά παρουσιάζει τέσσερις επιμήκεις παχύνσεις, οι οποίες χωρίζονται σε δύο πλευρικές, μία κοιλιακή και μία νωτιαία, που διατρέχουν κατά μήκος όλο το σώμα του νηματώδους και ονομάζονται 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 κίνησή του, τις κινήσεις του σκελετού, τη λειτουργία της έδρας των γεννητικών οργάνων και του οισοφάγου.

Στα αρσενικά άτομα, πάνω στο επιδερμικό στρώμα παρατηρούνται πολλές φορές κάποιες παχύνσεις, που ονομάζονται πτερύγια (alae), και ανάλογα με τη θέση τους παίρνουν διαφορετικά ονόματα. Αυτά που βρίσκονται στην περιοχή του αυχένα ονομάζονται αυχενικά πτερύγια (cervical alae), αυτά που βρίσκονται στην ουρά

ουριαία (caudal alae) και πτερύγια συνουσίας (bursa), γιατί φαίνεται ότι λειτουργούν σαν όργανα περίπτυξης κατά τη διάρκεια της γονιμοποίησης.

1.5.2 ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

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

Το στόμα διαιρείται σε τρία μέρη: Το εμπρόσθιο ή στοματικό άνοιγμα, το οποίο περιβάλλεται από τα χείλη. Το μεσαίο και το οπίσθιο, που αποτελεί τη στοματική κοιλότητα. Το σχήμα του μπορεί να είναι τριγωνικό, ημισφαιρικό, κυλινδρικό, μικρού μεγέθους ή επίμηκες, λιγότερο ή περισσότερο ενσωματωμένο στο μυϊκό σύστημα του οισοφάγου ή ακόμη και τελείως ελεύθερο απ' αυτό.

Το στοματικό άνοιγμα περιβάλλεται από έξι χείλη, άλλοτε συγχωνευμένα και άλλοτε όχι, ανάλογα με το είδος του νηματώδους. Στην Κλάση Secernentea υπάρχουν ομάδες που έχουν μόνο τρία χείλη ή και καθόλου. Στα πλάγια και εκατέρωθεν του στοματικού ανοίγματος βρίσκονται τα αισθητήρια όργανα, που ονομάζονται αμφίδια.

Στη συνέχεια βρίσκεται η στοματική κοιλότητα, της οποίας το μέγεθος και το σχήμα ποικίλει και σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο διατροφής και παρασιτισμού των νηματωδών. Έτσι, οι αρπακτικοί νηματώδεις π.χ. *Mononchus spp.*, είναι εξοπλισμένοι με ισχυρά δόντια, οι ζωοπαρασιτικοί π.χ. *aerobeles spp.*, διαθέτουν μυζητήρες, ενώ οι φυτοπαρασιτικοί έχουν το σιλέτο, πού τους βοηθά στη διάτρηση των φυτικών κυττάρων.

Το σιλέτο είναι μια επιδερμική κατασκευή, που μοιάζει με μικρό σωληνίσκο, και τη διαθέτουν όλοι οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις, εκτός από κάποιες εξαιρέσεις. Π.χ. στα εκφυλισμένα αρσενικά *Sfheronema*, δεν υπάρχει σιλέτο, όπως επίσης και σε κάποια προνυμφικά στάδια στα *Heterodera*. Το μήκος, το εύρος και το σχήμα του σιλέτου διαφέρουν μεταξύ των διαφόρων ειδών νηματωδών και αποτελούν μορφολογικό χαρακτηριστικό ταξινόμησης. Για παράδειγμα στην τάξη *Tylenchida* η παρουσία εξογκωμάτων στη βάση του σιλέτου είναι συνήθης σε αντίθεση με την *Aphelenchida*.

Τα σιλέτα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

A. Το στοματοσιλέτο, το οποίο προέρχεται από κύτταρα αποσκληρυμένων τοιχωμάτων της στοματικής κοιλότητας, και αποτελεί μορφολογικό γνώρισμα της

κλάσης *Secernentea*, φέρει εσωτερικά έναν πολύ λεπτό αγωγό, μικρότερο του 1μm, μέσα απ' τον οποίο η τροφή φτάνει στον οισοφάγο και διά μέσου αυτού στο έντερο, αφού οδεύσει πρώτα μέσα από το στοματικό αγωγό, την φαρυγγοοισοφαγική σύνδεση, τον οισοφάγο, την καρδιά και τέλος το έντερο.

B. Το οδοντοστιλέτο, το οποίο προέρχεται από κύτταρα του μυϊκού τοιχώματος του οισοφάγου, εντοπίζεται στα *Dorylaimida*, και στην πραγματικότητα απαρτίζεται από ένα εμπρόσθιο τμήμα, το οδοντοστιλέτο και ένα οπίσθιο, τον οδοντοφόρο.

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 τη θέση που καταλαμβάνει ο κάθε βολβός στον οισοφάγο, ονομάζεται μεσαίος, όταν βρίσκεται στο μέσον, και τελικός ή βασικός όταν βρίσκεται στο τέλος.

Ο οισοφάγος διαιρείται σε τρία μέρη: α) Το σώμα (corpus), που περιλαμβάνει: 1) το εμπρόσθιο κυλινδρικό τμήμα,(procorpus) 2) το διογκωμένο σφαιρικής μορφής τμήμα (metacorpus) και 3) τον ισθμό (isthmus), που είναι ένα στενό, κυλινδρικό και βραχύ τμήμα, που συνδέει το metacorpus με τον βασικό βολβό, δηλαδή το αδενώδες πίσω τμήμα του οισοφάγου.

Οι οισοφαγικοί αδένες είναι συνήθως τρεις, δύο πλαγιοκοιλιακοί και ένας νωτιαίος. Κάθε ένας απ' αυτούς αποτελείται και από έναν αγωγό. Η λειτουργία τους καθώς και η ρύθμιση των μυϊκών οισοφαγικών ινών λειτουργούν υπό την εποπτεία του νευρικού συστήματος. Το σημείο έγχυσης του νωτιαίου αδένου βρίσκεται κοντά στη βάση του στιλέτου, ενώ των πλαγιοκοιλιακών αδένων στο κατώτερο τμήμα του οισοφάγου. Το χαρακτηριστικό αυτό αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό γνώρισμα ταξινόμησης μεταξύ των τάξεων *Tylenchida* και *Aphelenchida*, γιατί στην πρώτη το σημείο έγχυσης του νωτιαίου αδένου βρίσκεται ακριβώς μετά τη στοματική κοιλότητα, ενώ στη δεύτερη μέσα στο μεσαίο βολβό.

Ανάλογα με τη μορφολογία και τη διάπλασή του ο οισοφάγος μπορεί να είναι κυλινδρικός, όπως στον *Mononchus*, διμερής κυλινδρικός ή δορυλαιμοειδής στον *Longidorus* και τριμερής κυλινδρικός ή τυλεγχοειδής στον *Tylenchorhynchus*.

Η ένωση του οισοφάγου με το έντερο πραγματοποιείται μέσω της οισοφαγοεντερικής βαλβίδας, η οποία ονομάζεται και καρδία και βρίσκεται στη βάση του οισοφάγου. Η βαλβίδα προεκτείνεται ελαφρώς εντός του εντερικού σωλήνα, παρεμποδίζοντας μ' 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 περιττωμάτων στο περιβάλλον πραγματοποιείται με το ορθό, το οποίο είναι ένας πεπλατυσμένος σωλήνας, που συνδέεται με το κυρίως έντερο μέσω ενός σφικτήρα. Το ορθό καταλήγει στην έδρα των θηλυκών ή στην αμάρα των αρσενικών, που βρίσκονται χαμηλά στην κοιλιακή περιοχή του σώματος και από εκεί αποβάλλονται τα περιττώματα στη φύση.

1.5.3 ΑΠΕΚΚΡΙΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

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

Τα *Secernentea*, έχουν ένα ζεύγος πλάγιων απεκκριτικών αγωγών, οι οποίοι ενώνονται και εκβάλλουν σε κοινό απεκκριτικό πόρο κοιλιακά. Ο απεκκριτικός πόρος είναι ευδιάκριτος. Οι φυτοпараσιτικοί νηματώδεις έχουν ένα μόνο αγωγό, που καταλήγει στον απεκκριτικό πόρο.

1.5.4 ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το νευρικό σύστημα διαθέτει δυο βασικά κέντρα, ένα στον οισοφάγο και ένα στο απευθυσμένο, τα οποία ενώνονται με νευρικές ίνες. Ο νευρικός δακτύλιος είναι το βασικό τμήμα του, απ' τον οποίο εκτείνονται τα νεύρα και τα γάγγλια. Αυτός περιβάλλει τον οισοφάγο στην περιοχή του ισθμού. Οι νευρικές ίνες είναι έξι και

ντοπίζονται : δύο πλάγια, δύο πλαγιονωτιαία και δύο πλαγιοκοιλιακά. Κάθε ένα διακλαδίζεται σε 2 ή 3 νεύρα και καταλήγει σε κάποιο αισθητήριο όργανο.

Στο νευρικό σύστημα εντάσσονται και κάποια αισθητήρια όργανα που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία του νηματώδη με το περιβάλλον, την εύρεση τροφής, την αναζήτηση συντρόφου. Αυτά είναι τα φασμίδια, οι χειλικές θηλές, οι αισθητήριες σμήριγγες, τα sensilla, οι γεννητικές θηλές, και τα αμφίδια. Όλα αυτά τα όργανα είναι νευρικές απολήξεις με τη μορφή αισθητηρίων θηλών, που εντοπίζονται στο εμπρόσθιο ή το οπίσθιο τμήμα του σώματος.

Τα φασμίδια είναι αισθητήρια, όργανα αφής, που βρίσκονται στο πίσω τμήμα του σώματος πριν απ την ουρά. Είναι ένα ζεύγος επιδερμικών θυλάκων, που αποτελούνται από έναν κοντό αγωγό, ο οποίος καταλήγει στην επιφάνεια της επιδερμίδας σαν επιφανειακός πόρος ή θηλή και συνδέεται εσωτερικά με ένα πλάγιο ουραίο νεύρο. Η ύπαρξη ή μη φασμιδίων διαχωρίζει τις κλάσεις Phasmidia και Aphasmidia. Η παρουσία ή μη φασμιδίων, η ακριβής θέση εντοπισμού τους στο σώμα του νηματώδους και η δυνατότητα διάκρισής τους αποτελούν ταξινομικούς χαρακτήρες, στους οποίους στηρίζεται ο διαχωρισμός ορισμένων ομάδων.

Οι Χειλικές θηλές χρησιμεύουν σαν όργανα αφής. Είναι επιδερμικές δομές που βρίσκονται γύρω απ το στοματικό άνοιγμα και συνδέονται με νεύρα, που έχουν κέντρο και σημείο εκκίνησής τους τον νευρικό δακτύλιο. Στην κλάση Secernentea οι θηλές κατέχουν πλαγιοκοιλιακή θέση, ενώ στην Adenophorea οι θηλές και οι σμήριγγες βρίσκονται στα πλάγια χείλη.

Οι σμήριγγες μοιάζουν με τρίχες που ποικίλουν ως προς το σχήμα. Μπορεί να είναι μικρές και δυσδιάκριτες ή μακριές και καλά ανεπτυγμένες. Είναι επιμήκεις, έχουν δυνατότητα κίνησης και βρίσκονται σχεδόν σε όλες τις περιοχές του σώματος. Διακρίνονται σε σωματικές και ουραίες και συνδέονται με μη εξειδικευμένα νεύρα. Συνήθως έχουν σμήριγγες τα υδρόβια είδη ελεύθερης διαβίωσης, ενώ αυτά που διαβιούν στο έδαφος ή είναι παράσιτα και φυτοπαράσιτα έχουν μόνο θηλές.

Οι θηλές και οι σμήριγγες έχουν την εξής γενική διάταξη: Το στοματικό άνοιγμα πλαισιώνεται από έναν δακτύλιο με έξι αισθητήριες θηλές, που η κάθε μια από αυτές αντιστοιχεί σε ένα χείλος. Στο εσωτερικό μέρος του χείλους υπάρχει ένας δευτερός δακτύλιος με 6 επί πλέον θηλές, μια για κάθε χείλος. Ακολουθεί ένας τελευταίος εξωτερικός δακτύλιος, ο οποίος φέρει 4 σμήριγγες, οι οποίες όμως δεν τοποθετούνται πάνω στα χείλη.

Τα αμφίδια τα συναντάμε σε όλους τους νηματώδεις. Βρίσκονται κάτω από τις θηλές στο πλάγιο μέρος του κεφαλιού. Είναι αισθητήρια όργανα αφής που αποτελούνται από νευρικές απολήξεις και έναν αδένα. Στην κλάση Secernentea βρίσκονται στην περιοχή των χειλέων, ενώ στα Adenophorea βρίσκονται πίσω ή κάτω απ το κεφάλι. Στους φυτοпараσιτικούς νηματώδεις ποικίλει το εξωτερικό σχήμα τους. Μοιάζουν με στρογγυλεμένους πόρους ή και επιμήκεις σχισμές.

Τα Sensilla είναι απλά αισθητήρια όργανα, που βρίσκονται μέσα στον αμφιδιακό αγωγό, στο σημείο που αυτός σχηματίζει μια σακκοειδή διόγκωση και ενώνεται με το αμφιδιακό άνοιγμα.

Οι γεννητικές θηλές εντοπίζονται στην περιοχή της κοιλιάς στα αρσενικά άτομα, ενώ στα θηλυκά εντοπίζονται πριν ή μετά την έδρα και συνδέονται με νεύρα. Αυτές παίρνουν διάφορα σχήματα και μπορεί να καλύπτονται από τις ουραίες πτέρυγες ή να απαρτίζουν ανορθώσεις από λεπτό επιδερμικό στρώμα.

Το ημιζώνιο βρίσκεται στην κοιλιακή πλευρά του νηματώδη και σχηματίζει ένα ημικύκλιο κοντά στον απεκκριτικό πόρο. Δεν έχει διευκρινισθεί ακόμη ο ρόλος του, όμως πολύ πιθανόν να σχετίζεται άμεσα με το νευρικό σύστημα.

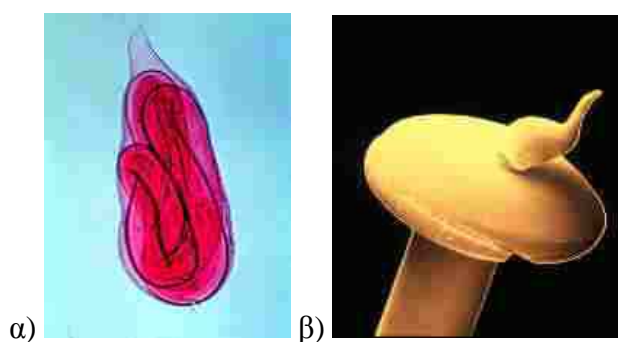
Οι αυχενικές αισθητήριες θηλές είναι ένα ζεύγος θηλών που λειτουργεί σαν όργανο αφής. Βρίσκονται στο τμήμα του νευρικού δακτυλίου και φαίνονται σαν προεξοχές της επιδερμίδας. Επειδή δεν υπάρχουν σε όλα τα είδη και δεν είναι εύκολη η παρατήρησή τους δεν χρησιμοποιούνται σαν γνώρισμα ταξινόμησης.

1.5.5 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το αναπαραγωγικό σύστημα των θηλυκών μπορεί να αποτελείται από έναν ή δύο γεννητικούς βραχίονες. Όταν ο βραχίονας είναι ένας, μπορεί να κατευθύνεται είτε προς τα εμπρός (μονόδελφος ή πρόδελφος) είτε προς τα πίσω (οπισθόδελφος). Όταν οι βραχίονες είναι δύο εκτείνονται εκατέρωθεν του κόλπου με αναδιπλούμενες ή μη ωοθήκες (δίδελφος). Κάθε βραχίονας περιλαμβάνει μια ωοθήκη, τη σπερματοθήκη και τον αγωγό. Οι δύο βραχίονες συναντιούνται συνήθως στο μέσον 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 τη μεγιστοποίηση της παραγωγής ωών.

Στα θηλυκά άτομα του γένους *Xiphinema* διαπιστώνεται η ύπαρξη του οργάνου που ονομάζεται Z, του οποίου η λειτουργία δεν έχει ακόμη εξακριβωθεί. Εντοπίζεται στο τμήμα μεταξύ της σπερματοθήκης και της μήτρας και αποτελεί σημαντικό διαγνωστικό χαρακτηριστικό για το συγκεκριμένο γένος.

Το αναπαραγωγικό σύστημα των αρσενικών εντοπίζεται στο πίσω 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 έχει αντίθετη κατεύθυνση από τον άλλο, ή αποτελείται από ένα βραχίονα που κατευθύνεται προς τα εμπρός. Κάθε γεννητικός βραχίονας περιλαμβάνει έναν όρχι και τον σπερματικό αγωγό, που συνδέεται με τη σπερματική κύστη και 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 επί πλέον 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 περίπτυξης κατά τη διάρκεια της συνουσίας.



Εικόνα 2:α) Προνόμφη *Meloidogyne* 2^{ου} σταδίου μέσα σε ωό και β) θηλυκό στέλεχος επάνω σε κεφαλή καρφίτσας για σύγκριση μεγέθους. (Πηγή: <http://rlpnmweb.ucdavis.edu/nemaplex/taxadata/G076.HTM>)

Το αναπαραγωγικό σύστημα στα ερμαφρόδιτα είδη (στα οποία δεν υπάρχουν αρσενικά) παρουσιάζει ειδική διαμόρφωση. Ο γεννητικός βραχίονας αποτελείται από τη σπερματοθήκη και διαθέτει ένα όργανο σφαιροειδούς μορφής, το σπερματογόνο, το οποίο παράγει το σπέρμα. Αυτό κατευθύνεται προς τη σπερματοθήκη και γονιμοποιεί τα ωοκύτταρα.

1.5.6 ΛΟΙΠΑ ΟΡΓΑΝΑ

Οι νηματώδεις δεν έχουν αναπνευστικό και κυκλοφορικό σύστημα, ούτε κινητικά όργανα.

Μεταξύ του μυϊκού στρώματος και των διαφόρων εσωτερικών οργάνων υπάρχει μια σπλαχνική κοιλότητα, το ψευδοκοιλίωμα, που θεωρείται ότι αντικαθιστά το αναπνευστικό και το κυκλοφορικό σύστημα. Επίσης κάποια μορφή αναπνοής γίνεται και μέσω της επιδερμίδας και των πόρων της.

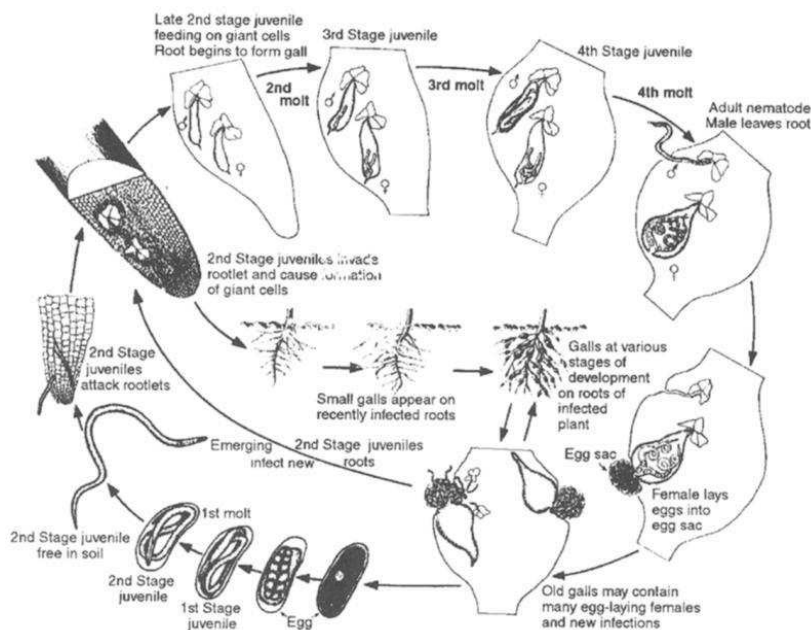
Η κίνηση των νηματωδών στο έδαφος πραγματοποιείται οφιοειδώς με τη βοήθεια του μυϊκού συστήματος και έχει κατεύθυνση πλάγια, νωτιοκοιλιακά. Μετακινούνται πολύ αργά και η απόσταση που μπορούν να διανύσουν είναι συνήθως μερικά εκατοστά, ενώ δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 1-2 μέτρα το χρόνο. Εξαιρέση αποτελεί το *Radopholus similes* των εσπεριδοειδών, που μπορεί να κινηθεί μέχρι και 6 μέτρα το χρόνο υπό την επικράτηση ευνοϊκών επιπέδων υγρασίας εδάφους. Κινούνται μόνο όταν υπάρχει λεπτό στρώμα νερού και έχει παρατηρηθεί, ότι ορισμένα είδη, αν βρεθούν σε συνθήκες έλλειψης νερού είτε αποθνήσκουν είτε διακόπτουν τη δραστηριότητά τους και μένουν αδρανή για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα, αν βέβαια ανήκουν σε ανθεκτικές μορφές. Για παράδειγμα, ο *Ditylenchus dipsaci* πριν αναπτυχθεί πλήρως, μπορεί να επιβιώσει σε ξηρό περιβάλλον για περισσότερα από 20 χρόνια.

1.6 ΒΙΟΛΟΓΙΑ

1.6.1 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Στην πλειοψηφία τους οι νηματώδεις είναι ζώα γονοχωριστικά και παράγονται κυρίως αμφιμικτικά, δηλαδή με τη 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. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η αναπαραγωγή γίνεται είτε παρθενογενετικά, δηλαδή χωρίς τη γονιμοποίηση των ωών είτε ερμαφρόδιτικά, όπου η παραγωγή ωαρίων και σπερματοζωαρίων πραγματοποιείται από τα θηλυκά. Επίσης υπάρχουν κάποιες περιπτώσεις ερμαφροδιτισμού, όπου υφίσταται παρουσία αρσενικών ατόμων, τα οποία μπορεί να

λάβουν ενεργό ή μη ενεργό ρόλο. Όταν είναι ενεργητικά η αναπαραγωγή γίνεται αμφιμικτικά, ενώ στην αντίθετη περίπτωση με αυτογονιμοποίηση.



Εικόνα 3: Ο κύκλος ζωής των *Meloidogyne*. (Πηγή:

<https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/abstracts/agronomymonogra/plantandnematod/487?access=0&view=article>

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*.

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 από το είδος του νηματώδους. Για παράδειγμα οι κυστογόνοι νηματώδεις της πατάτας γεννούν 500 έως 600 ωά, ενώ οι κομβονηματώδεις (*Meloidogyne*) γεννούν 100 έως 1000 ωά.

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

μερικούς μήνες ως και μερικά χρόνια. Για παράδειγμα οι κυστογόνοι νηματώδεις, στους οποίους το σώμα των θηλυκών κατά το τέλος της ανάπτυξης διογκώνεται, μετά το θάνατό τους μετατρέπεται σε ανθεκτική κύστη, η οποία ελευθερώνεται από τους ριζικούς ιστούς με τη θραύση των φυτικών κυττάρων και τελικά πέφτει στο έδαφος. Έτσι τα ωά που περιέχονται στην κύστη δεν είναι εκτεθειμένα σε εξωτερικούς κινδύνους και προστατεύονται 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 βοηθώντας την εκκόλαψη των ωών.

Από τα ωά εξέρχονται οι προνύμφες 1^{ου} σταδίου (J1). Μετά την πρώτη έκδυση που υφίστανται αυτές εξέρχονται οι προνύμφες 2^{ου} σταδίου (J2), οι οποίες αποτελούν τις περισσότερες φορές το κατ' εξοχήν παθογόνο στάδιο των φυτοπαρασιτικών νηματωδών. Σε μερικές περιπτώσεις είναι δυνατόν η πρώτη έκδυση να συμβεί μέσα στο ωό, οπότε οι προνύμφες J2 προκύπτουν μετά την εκκόλαψή του. Ακολουθούν άλλες δύο εκδύσεις που συμβαίνουν μέσα ή έξω από τον ξενιστή, οπότε προκύπτουν αντίστοιχα οι προνύμφες J3 και J4 και τέλος μία τέταρτη έκδυση από την οποία προκύπτουν τα τέλεια θηλυκά ή τα τέλεια αρσενικά άτομα. Συνολικά λοιπόν ο βιολογικός τους κύκλος περιλαμβάνει 4 προπρονυμφικά 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 σώματός τους. Τα Προνυμφικά στάδια ονομάζονται και ατελή, γιατί έχουν όλα τα όργανά τους ανεπτυγμένα εκτός απ' το αναπαραγωγικό σύστημα, το οποίο υπάρχει υποτυπωδώς και εξελίσσεται κατά τη διάρκεια των τεσσάρων προνυμφικών σταδίων.

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

Για την επιβίωση και δραστηριοποίησή τους απαιτούνται ορισμένες ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας, αερισμού, εδαφικού τύπου, σχετικής εδαφικής υγρασίας καθώς και παρουσία κατάλληλου ξενιστή. Μεγάλη σημασία έχει και η παρουσία επαρκούς νερού και οξυγόνου. Οι ιδανικότερες συνθήκες είναι: Εδαφική υγρασία 50

– 70 %, θερμοκρασία 10 – 30⁰C, εδαφική οξύτητα pH 5 – 8 και έδαφος μέσης σύστασης. Δυσμενείς συνθήκες, όπου παρατηρείται περιορισμός της δραστηριότητας των νηματώδων ή ακόμα και πλήρης αδρανοποίησή τους είναι: Θερμοκρασία κάτω των 10⁰C, ή άνω των 30⁰C, βαριά αργιλώδη ή αμμώδη εδάφη, υγρασία ελάχιστη ή υπερβολική και απουσία κατάλληλου ξενιστή. Τότε οι νηματώδεις πέφτουν σε ένα είδος νάρκης, απ' το οποίο μπορούν να αναβιώσουν και να επαναδραστηριοποιηθούν, όταν δημιουργηθούν ευνοϊκές συνθήκες επιβίωσης τους. 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 τη μόλυνση από κομβονηματώδεις.

Οι περισσότεροι νηματώδεις διαβιούν γύρω από τη ριζόσφαιρα των ξενιστών τους στα ανώτερα στρώματα του εδάφους, μέχρι 40 εκατοστών βάθους. Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός, ότι όσο αυξάνεται το βάθος της δειγματοληψίας τόσο μειώνεται ο πληθυσμός τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις κάποιοι νηματώδεις μπορεί να φθάσουν και σε μεγαλύτερα βάθη, όπως ο νηματώδης *Xiphinema index*, που παρασιτεί στην άμπελο και μπορεί να φτάσει σε βάθος ακόμη και 3,5 μέτρα.

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

A. Ζωοπαρασιτικοί:

- α) ασπονδύλων
- β) σπονδυλωτών

B. Μη ζωοπαρασιτικοί:

- α) υδρόβιοι
- β) υφάλμυρων νερών
- γ) γλυκών νερών

Γ. Αμφίβιοι

- α) σαπροφάγοι
- β) σαρκοφάγοι
- γ) μυκητοφάγοι

δ) φυτοπαρασιτικοί που χωρίζονται σε:

1. Παρασιτικούς υπέργειων φυτικών τμημάτων. (Ζουν στην επιφάνεια του εδάφους και μεταφέρονται στα υπέργεια μέρη των φυτών: φύλλα, βλαστούς, άνθη, όπου και τρέφονται ενδοπαρασιτικά ή εκτοπαρασιτικά.

2. Παρασιτικούς υπόγειων φυτικών τμημάτων. (Αυτοί προσβάλλουν τα υπόγεια μέρη των φυτών: ρίζες, κονδύλους, βολβούς, ριζώματα, και διακρίνονται σε ενδοπαρασιτικούς, εκτοπαρασιτικούς και ημιενδοπαρασιτικούς.

Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις, ανάλογα με τον τρόπο διαβίωσης και παρασιτισμού τους επάνω στα φυτά, κατατάσσονται επίσης στις εξής τέσσερις κατηγορίες:

1. Ενδοπαρασιτικούς, που εισέρχονται εντός των ριζών και ζουν μονίμως εντός αυτών.
2. Ημιενδοπαρασιτικούς, που βυθίζουν μερικώς το πρόσθιο τμήμα του σώματός τους εντός του φυτού ξενιστή, για να πάρουν τις απαραίτητες ουσίες για τη διατροφή τους.
3. Εκτοπαρασιτικούς, 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
4. Κυστογόνους, των οποίων οι προνύμφες αναπτύσσονται κατά το 2^ο, 3^ο και 4^ο στάδιο μέσα στους φυτικούς ιστούς, τα τέλεια άτομα τρέφονται ημιενδοπαρασιτικά και τα θηλυκά, αφού πεθάνουν γίνονται κύστεις και παραμένουν στο έδαφος.

1.6.2 ΔΙΑΤΡΟΦΗ

Οι νηματώδεις τρέφονται παρασιτώντας στα φυτικά κύτταρα με τη βοήθεια του στίλετου. Στην αρχή, αφού φθάσουν σε μια πιθανή θέση σίτισης, συστρέφουν το κεφάλι τους με γρήγορες κινήσεις, ώσπου τα χείλη τους να φθάσουν σε κάποιο κατάλληλο σημείο. Τότε πιστεύεται ότι ενεργοποιούνται τα αισθητήρια όργανα αφής. Στη συνέχεια φέρνουν το κεφάλι και το στίλετο τους σε ορθή γωνία με τα φυτικά κύτταρα και ξεκινά η φάση της διείσδυσης. Πιθανόν να ακολουθήσει μια περίοδος ακινησίας, κατά την οποία γίνεται έκχυση ενζύμων. Με παλινδρομικές κινήσεις του στίλετου καταφέρνουν πολλαπλά χτυπήματα στα φυτικά κύτταρα προκαλώντας διάτρηση των κυτταρικών τοιχωμάτων και εν συνεχεία διάλυσή τους, με τη βοήθεια ορισμένων ενζύμων που εκκρίνουν, όπως η πηκτινάση. Η άντληση των χυμών του κυττάρου μπορεί να διαρκέσει από μερικά λεπτά μέχρι μερικές ημέρες. Αυτό

εξαρτάται από το είδος του νηματώδους. Όταν η τροφή σε κάποιο σημείο σίτισης εξαντληθεί, οι νηματώδεις μετακινούνται σε άλλο φυτικό κύτταρο στην ίδια ρίζα ή μεταναστεύουν σε γειτονικούς ιστούς του ίδιου ή άλλου ξενιστή.

Η κίνηση των νηματωδών στο έδαφος εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την υγρασία, τον τύπο του εδάφους καθώς επίσης και το μέγεθος του νηματώδους. Χρειάζεται επίσης την παρουσία έστω και ελάχιστης ποσότητας νερού. Η κίνησή 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 η οποία περιορίζει τη δυνατότητα κίνησης και μετανάστευσης.

1.6.3 ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΠΟΡΑ

Η διάδοσή των νηματωδών στο έδαφος πραγματοποιείται χάρη στην οριζόντια και κατακόρυφη κατατομή τους, η οποία εξαρτάται από τις βροχοπτώσεις, την εδαφική υγρασία, τη θερμοκρασία, τον τύπο του εδάφους, την ευαισθησία και τον τύπο του ριζικού συστήματος, το είδος του νηματώδους και τέλος την κατεργασία του εδάφους.

Οι νηματώδεις από μόνοι τους μπορούν να μετακινηθούν λίγα εκατοστά έως ένα μέτρο ετησίως και αυτό μόνο με την παρουσία ελάχιστης ποσότητας νερού. Χωρίς νερό η μετακίνησή τους είναι αδύνατη. Σε μεγαλύτερες αποστάσεις οι νηματώδεις κινούνται μόνο μηχανικά. 1) Με τη μεταφορά χώματος, φυτών ή φυτικών τμημάτων, που έχουν μολυνθεί, καθώς και με την φύτευση δένδρυλλίων, φυτωρίων, κονδύλων, βολβών και σπόρων που είναι προσβεβλημένοι. 2) Με τα χρησιμοποιούμενα καλλιεργητικά μηχανήματα, τα εργαλεία, την υπόδηση και την ένδυση των εργαζομένων στους αγρούς, καθώς και τα γεωργικά υλικά που μεταχειρίζονται (σάκκοι κλπ.). 3) Με το βρόχινο νερό και το νερό των αρδεύσεων ή ακόμη με τις πλημμύρες. 4) Με τα έντομα, και 5) Με τους ισχυρούς ανέμους, που μπορούν να παρασύρουν τα ωά και τις κύστες των νηματωδών.

1.7. ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΑΠΟ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ

Όταν τα φυτά προσβληθούν από νηματώδεις, εξασθενούν, μειώνεται η παραγωγή και υποβαθμίζεται η ποιότητα των παραγομένων προϊόντων. Οι ζημιές που προκαλούνται μπορεί να είναι:

- 1) Μηχανικές. Αυτές προκαλούνται από το στιλέτο και κατά την είσοδο του νηματώδη στον ξενιστή, καθώς και από την κίνησή του μέσα στους φυτικούς ιστούς. Οι μηχανικές βλάβες μπορεί να οδηγήσουν σε επιδερμικές ή κυτταρικές νεκρώσεις, με συνέπεια την δημιουργία δευτερογενών προσβολών από παθογόνους οργανισμούς (βακτήρια, μύκητες), με αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία ή την καταστροφή των φυτικών ιστών.
- 2) Μολύνσεις. Ορισμένοι νηματώδεις είναι φορείς παθογόνων ιών ή άλλων ασθενειών, τις οποίες μπορούν να μεταδώσουν στα φυτά.
- 3) Διαταραχή της βιοχημείας του φυτού. Τα συμπτώματα που παρατηρούνται στα φυτά εξαρτώνται: α) από το είδος του νηματώδους, β) το είδος του φυτού, γ) το είδος του φυτικού οργάνου επί του οποίου γίνεται ο παρασιτισμός, δ) την ηλικία του φυτού – ξενιστή, ε) το βαθμό ευαισθησίας του, κ.α.

Όταν οι νηματώδεις προσβάλλουν το υπόγειο τμήμα του φυτού, τα συμπτώματα που εκδηλώνονται στο υπέργειο τμήμα του είναι όμοια μ' εκείνα που προκαλούνται από διάφορους παράγοντες δυσλειτουργίας του ριζικού συστήματος π.χ. προσβολές από μύκητες, βακτήρια, ιούς κλπ., από υπερβολική ή ελλιπή εδαφική υγρασία, κακό αερισμό των ριζών, τροφοπενίες κλπ..

Τα συμπτώματα αυτά μπορεί να είναι:

- α) Καχεξία.
- β) Μάρανση μικρής ή μεγάλης έκτασης, που σε σοβαρές προσβολές νεκρώνει τα φυτά.
- γ) Καθυστέρηση της βλάστησης.
- δ) Νανισμός.
- ε) Μικροφυλλία και φυλλόπτωση.
- στ) Μικροκαρπία.
- ζ) Νεκρώσεις βραχιόνων.

Σε περίπτωση προσβολής του υπέργειου τμήματος του φυτού, παρατηρούνται επίσης:

- α) Σχηματισμός φυματίων σε φύλλα στελέχη και καρπούς.
- β) Μεταχρωματισμοί και νεκρώσεις σε φύλλα, άνθη και στελέχη.
- γ) Νέκρωση και εκφυλισμός οφθαλμών.
- δ) Παραμορφώσεις βλαστών, φύλλων, στελεχών (συστροφή, αναδίπλωση), και μετατροπή των σπόρων σε σποροκηκίδες (*Anguina tritici* σε σιτάρι).

Κατά την προσβολή του υπόγειου τμήματος του φυτού τα συμπτώματα που παρατηρούνται είναι:

- α) Διακοπή της ανάπτυξης της κεντρικής ρίζας και παραγωγή πλάγιων οφθαλμών με υπερβολική διακλάδωση των ριζών (θύσανοι). *Heterodera avenae*.
- β) Κόμβοι και εξογκώματα πάνω στις ρίζες. *Meloidogyne spp.* Εικ....
- γ) Μεταχρωματισμός ριζών και εξελκώσεις.
- δ) Σάπισμα ριζών και νεκρώσεις.
- ε) Συστροφές και διόγκωση ριζών.
- στ) Σήψη κονδύλων ή βολβών.

1.8. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ ΜΕ ΑΛΛΟΥΣ ΠΑΘΟΓΟΝΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

Η δράση των νηματωδών στα φυτά μπορεί να αποφέρει πολύ σοβαρές ζημιές στις καλλιέργειες. Εκτός απ' αυτό, η ταυτόχρονη δράση τους με άλλους παθογόνους οργανισμούς μπορεί να οδηγήσει σε ολοσχερή και μη αναστρέψιμη καταστροφή των φυτών, λόγω των συνεργιστικών αλληλεπιδράσεων που πραγματοποιούνται. Θα παρατηρήσουμε ότι οι νηματώδεις:

- 1) Δρουν ως φορείς παθογόνων οργανισμών. (π.χ. Ο *Anguina tritici* μεταφέρει το βακτήριο *Corynebacterium tritici* στο σιτάρι).
- 2) Δημιουργούν πέρασμα για παθογόνους οργανισμούς και ιούς, μέσω των πληγών που προκαλούν στις ρίζες.
- 3) Προκαλούν μεταβολές στη φυσιολογία του φυτού ξενιστή. (π.χ. Όταν ο *Meloidogyne* προσβάλει μια ποικιλία καπνού ανθεκτική στο μύκητα *Phytophthora*, και συμβεί ταυτόχρονα προσβολή από τον μύκητα, το φυτό χάνει την ανθεκτικότητά του.

Αλληλεπιδράσεις συμβαίνουν επίσης :

α) Μεταξύ νηματωδών και μυκήτων.

Π.χ. Η παρουσία του *Pratylenchus spp.* αυξάνει την προσβολή από *Vetricillium spp.* Επίσης η συνδυαστική δράση του *Heterodera schachtii* με τον μύκητα *Rhizoctonia solani* μπορεί να αποβεί καταστροφική. Ενώ η παρουσία του *Belonolaimus gracilis* προκαλεί αύξηση της προσβολής από *Fusarium spp.*

β) Μεταξύ νηματωδών και βακτηρίων.

Π.χ. Η αλληλεπίδραση των νηματωδών *Platylenchus*, *Paratrichodorus*, *Meloidogyne*, *Xiphinema* με το *Claibacterium xyli* σε σακχαροκάλαμο είχε σαν αποτέλεσμα την διακοπή της ανάπτυξής του.

γ) Νηματωδών και ιών.

Έχει διαπιστωθεί, ότι μερικά είδη των γενών *Xiphinema*, *Longidorus*, *Trichodorus*, *Paratrichodorus* αποτελούν φορείς ιών, όπως ο *X. Index*, που προκαλεί τον μολυσματικό εκφυλισμό της αμπέλου.

1.9 ANTIMETΩΠΙΣΗ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

Η επιτυχία της καταπολέμησης των νηματωδών εξαρτάται από μια σύνθεση 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 σχεδιαστεί ένα αξιόλογο πρόγραμμα καταστολής και καταπολέμησής τους, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε το συγκεκριμένο είδος του νηματώδους που θα καταπολεμήσουμε, λόγω της διαφορετικότητας που επικρατεί στη βιολογία των διαφόρων ειδών. Για τους λόγους αυτούς, πριν απ' την εφαρμογή οποιασδήποτε μεθόδου, είναι ανάγκη να απευθυνόμαστε σε ειδικούς επιστήμονες.

Πρέπει επίσης να γνωρίζουμε, ότι οποιαδήποτε μέθοδο και να χρησιμοποιήσουμε δεν είναι ποτέ δυνατόν να εκμηδενιστούν εξ ολοκλήρου οι πληθυσμοί των νηματωδών. Επομένως σημαντικότερη της καταπολέμησης είναι η λήψη προφυλακτικών μέτρων προς αποφυγή της μόλυνσης. Τέτοια μέτρα είναι:

1. Η χρησιμοποίηση υγιούς και απαλλαγμένου από νηματώδεις πολλαπλασιαστικού υλικού (βολβών, σπόρων, μοσχευμάτων).

2. Η συστηματική απολύμανση των γεωργικών εργαλείων με διάφορα μέσα, όπως καυτό νερό, ατμό, κλπ. Ειδικά όσων προέρχονται από περιοχές εκτεθειμένες σε νηματώδεις.
3. 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 φυσικών, βιολογικών και χημικών μεθόδων.

1.9.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η φυσική καταπολέμηση αναφέρεται στη θανάτωση των νηματωδών χωρίς τη χρησιμοποίηση χημικών. Βασίζεται στην αρχή, ότι κάθε ζωντανός οργανισμός έχει ορισμένα όρια ζωής. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι και η επιλογή της καλύτερης εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν στον αγρό (τοποθεσία, υγρασία, θερμοκρασία, επάρκεια 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 στο έδαφος. Ωστόσο η αποτελεσματικότητά τους ως προς την αντιμετώπιση των νηματωδών είναι σχετική, καθώς δεν έχουν ταχεία δράση, όπως τα χημικά σκευάσματα, και για να υπάρξουν θετικά αποτελέσματα πρέπει να γίνει συνδυασμός και με άλλες μεθόδους. Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι είναι:

- 1) Καλή κατεργασία του εδάφους, που στοχεύει στην αναμόχλευση του χώματος, ώστε να εκτίθενται οι νηματώδεις στην ηλιακή ακτινοβολία και στον αέρα.
- 2) Κατάλληλη προετοιμασία του αγρού που διατηρεί τη γονιμότητά του, γεγονός που συντελεί στην ευρωστία, στην δημιουργία καλής υγείας των φυτών, και στην ανθεκτικότητά τους σε προσβολές από διαφόρους οργανισμούς.
- 3) Εγκατάσταση πρόωμης καλλιέργειας, ώστε το ριζικό σύστημα να εδραιωθεί καλά, πριν απ' τη δραστηριοποίηση των νηματωδών.

4) Αμειψισπορά με είδη ή ποικιλίες, που δεν προτιμά ο νηματώδης του συγκεκριμένου είδους. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι να γνωρίζουμε το συγκεκριμένο είδος του νηματώδους και τους ξενιστές του. Αυτή η μέθοδος δεν είναι αποτελεσματική για πολυφάγα είδη, όπως οι *Meloidogyne*. Κατά την εφαρμογή αμειψισποράς δεν πρέπει να υπάρχουν στον αγρό άλλα φυτά, ιδιαίτερα ζιζάνια.

5) Η εφαρμογή αγρανάπαυσης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, σε συνδυασμό με 2-3 οργώματα για την καταστροφή των ριζών της προηγούμενης καλλιέργειας και των ζιζανίων, μειώνει σημαντικά τον πληθυσμό των νηματωδών, ακόμα και όταν είναι μικρής διάρκειας. Αυτή η μέθοδος είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική κατά των νηματωδών που δεν αντέχουν στις θερμοκρασίες, όπως οι *Meloidogyne spp.* Ωστόσο θεωρείται ότι εντείνει τη διάβρωση του εδάφους, καθώς επιδρά στην οργανική σύσταση και στη δομή του.

6) Η μέθοδος της κατάκλυσης του αγρού με νερό, στηρίζεται στην θανάτωση των νηματωδών, λόγω της έλλειψης αέρα και τροφής. Η αποτελεσματικότητά της εξαρτάται από το είδος του νηματώδους, αλλά θεωρείται αντικοινωνική, μη πρακτική και δύσκολα εφαρμόσιμη, λόγω έλλειψης μεγάλων ποσοτήτων νερού. Καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με την εναλλαγή μιας υγρής περιόδου με μια ξηρή.

7) Η εμβάπτιση φυτικών τμημάτων σε θερμό νερό ορισμένης θερμοκρασίας και για ορισμένο χρονικό διάστημα θανατώνει τους νηματώδεις. Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται για πολλά βολβώδη είδη, όπως στο κύμινο και στον κρόκο κατά του νηματώδους *Ditylenchus dipsasi*, και στον υάκινθο κατά των *Meloidogyne spp.*, αλλά πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί, ώστε να μην καταστρέψουμε τους φυτικούς ιστούς.

8) Η μέθοδος της ηλιαπολύμανσης χρησιμοποιείται πολύ αποτελεσματικά για την καταπολέμηση ζιζανίων και μυκήτων, με την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Κατά τη μέθοδο αυτή ο αγρός καλύπτεται με διαφανές πλαστικό κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, με αποτέλεσμα την άνοδο της θερμοκρασίας εδάφους στους 40⁰-50⁰ C. Έτσι οι νηματώδεις θανατώνονται. Σε πείραμα που έγινε σε θερμοκήπιο, με επικράτηση θερμοκρασίας εδάφους 41⁰ και αέρος 70⁰ C., για 4 ώρες κατ' ελάχιστον, το 55% από 480 μετρήσεις απέδειξε, ότι οι θερμοκρασίες για την επιβίωση των *Meloidogyne* ξεπεράστηκαν κατά πολύ. Τα

τελευταία χρόνια μελετώνται και κάποιες εναλλακτικές προσεγγίσεις, που αφορούν στο συνδυασμό της μεθόδου με νερό που θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία, ή σε συνδυασμό με κάποια νηματοκτόνα και φυσικούς ανταγωνιστές των νηματωδών, για την καλύτερη αποδοτικότητα της μεθόδου.

9) Η απολύμανση του εδάφους με υδρατμούς πραγματοποιείται με την εγκατάσταση δικτύου σωλήνων σε βάθος 15 εκ. περίπου και την κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους με πλαστικό για να αποφύγουμε τυχόν απώλειες ατμού. Η διάρκεια εφαρμογής εξαρτάται από το πόσο μεγάλη θερμοκρασία θέλουμε να αναπτυχθεί. Έχει διαπιστωθεί, ότι θερμοκρασίες άνω των 52-60⁰ C. είναι φονικές για τους νηματώδεις. Η μέθοδος είναι αποτελεσματική και για μύκητες, βακτήρια και άλλους εχθρούς.

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

1.9.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η βιολογική καταπολέμηση αφορά την θανάτωση των νηματωδών με τη χρησιμοποίηση βιολογικών παραγόντων. Αποσκοπεί στην αύξηση των παρασίτων και των φυσικών εχθρών των νηματωδών, που βρίσκονται μέσα στο έδαφος, η οποία οδηγεί σε αυξημένα ποσοστά νεκρών νηματωδών. Οι μέθοδοι αυτές φαίνεται ότι έχουν καλά αποτελέσματα αλλά βρίσκονται, ως επί το πλείστον, σε ερευνητικά επίπεδα, γιατί υπάρχουν πολλές δυσκολίες που σχετίζονται με τον τρόπο της 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, δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε ευρεία κλίμακα, παρά μόνο σε θερμοκήπια ή σε αγροτεμάχια μικρής έκτασης. 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 δραστηριότητας τους από τη συχνότητα των εφαρμογών, η οποία τελικά ελαττώνεται, όταν ο παράγοντας εγκατασταθεί στο έδαφος και αρχίσει να αναπαράγεται.

Η βιολογική καταπολέμηση μπορεί να εφαρμοστεί με δύο τρόπους: α) Τεχνητά, δηλαδή με την προσθήκη του βιολογικού παράγοντα στο έδαφος από τον ίδιο τον άνθρωπο. β) Φυσικά, δηλαδή με την εφαρμογή τεχνικών, που έχουν σκοπό 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 του πληθυσμού των νηματωδών. Τέτοια φυτά είναι το *Asparagus officinalis* (σπαράγγι), που παράγει μια τοξική ουσία, τη γλυκοσιδάση, το *Tagetes patula* (κατηφές), το οποίο έχει αποδειχθεί ότι ελαττώνει τους πληθυσμούς των *Pratilenchus* και *Meloidogyne*, το *Crotalaria spectabilis* καθώς και το *Lawsanta inermis*, που σε ταυτόχρονη καλλιέργεια τομάτας περιόρισε την έκταση της προσβολής από τον *Meloidogyne incognita*.

2) Φυτά παγίδες, τα οποία παρουσιάζουν ευαισθησία στην προσβολή από νηματώδεις. Τα φυτά αυτά καλλιεργούνται, ώστε να δραστηριοποιηθούν οι νηματώδεις και στη συνέχεια ακολουθεί η εκρίζωσή αυτών, προτού συμπληρωθεί ο βιολογικός κύκλος 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 νηματώδους, ενώ ταυτόχρονα είναι δύσκολο να απομακρυνθεί το σύνολο των μολυσμένων ριζών. Σημαντικό παράγοντα αποτελούν και οι καιρικές συνθήκες, καθώς μπορούν να επηρεάσουν το βιολογικό κύκλο του νηματώδους, επιταχύνοντας ή επιβραδύνοντας την ολοκλήρωσή του. Αυτές οι δύο παράμετροι μπορούν να επηρεάσουν σοβαρά την αποτελεσματικότητα της μεθόδου, γιατί 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' όψιν το κόστος της καλλιέργειας του ευπαθούς φυτού-παγίδας. Η προοπτική εφαρμογής της μεθόδου σε ευρεία κλίμακα από το γεγονός ότι τα επίπεδα καταπολέμησης είναι ικανοποιητικά. (Ouden, 1956)

3) Φυσικοί εχθροί των νηματωδών, νηματοβόροι ή νηματοπαθογόνοι οργανισμοί. Τέτοιοι είναι το βακτήριο *Pasteria penetrans* και νηματοβόροι ή αρπακτικοί μύκητες, όπως οι *Arthrobotris spp.* *Pochonia chlamidosporia* (*Vetricilium chlamidosporium*)

(duddington, 1960). Πολλές μελέτες έχουν γίνει σχετικά με το βακτήριο *P. Penetrans*, ιδιαίτερα πάνω στην καταπολέμηση των *Meloidogyne spp.* (Mankau & Imbriani 1975, Mankau & Prasad, 1977) Το βακτήριο μολύνει τους νηματώδεις με ενδοσπόρια, τα οποία προσκολλώνται στην επιδερμίδα τους, και έχει διαπιστωθεί μείωση του πληθυσμού τους μέχρι και 99% μέσα σε 3 εβδομάδες. (Birchfield και Αντωνόπουλος, 1970)

Οι Tzortzakakis και Gowen 1994, διαπίστωσαν πως υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου των νηματωδών, όταν αυτοί βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, για δύο τουλάχιστον καλλιεργητικές περιόδους. Αν και τα αποτελέσματα έρχονται σε αντίθεση με μετέπειτα πειράματα, όπου δε διαπιστώθηκε καμιά επίδραση στον πληθυσμό των νηματωδών ούτε και στα σχηματιζόμενα φυμάτια, αν και υπήρχαν σπόρια του βακτηρίου μέσα στο έδαφος. (Tzortzakakis 1997).

Πειράματα επίσης γίνονται και με ριζοβακτηρίδια, τα οποία, όταν εφαρμοστούν στο σπόρο, φαίνεται ότι επιφέρουν μείωση των νηματωδών στις ρίζες. (Becker 1988) Πιθανότατα επηρεάζουν την εκκόλαψη των ωών και την ικανότητά τους να αναγνωρίζουν τους ξενιστές τους.

Ενθαρρυντικά αποτελέσματα έχουν δοθεί από τη χρησιμοποίηση των *Arthrobotrys*, που η δράση τους ενάντια στους νηματώδεις, συνίσταται στη δημιουργία παγίδων με τις υφές τους. (Kerry &...1980,1982,1987). Το *P. chlamidosporia* φαίνεται ότι μειώνει τον αριθμό των παραγομένων ωών. (Kerry & Bourne, 1996), αλλά είναι αποτελεσματικό μόνο σε περίπτωση μικρής προσβολής και όχι σε ευπαθείς καλλιέργειες. Ωστόσο άλλη έρευνα έδειξε, ότι ο μύκητας, ενώ είχε δημιουργήσει αποικία, δεν κατάφερε να μειώσει τον αριθμό των παραγομένων ωών *Meloidogyne* ούτε και το σχηματισμό φυματίων στις ρίζες.

Νηματοβόροι οργανισμοί είναι επίσης κάποια πρωτόζωα, όπως οι αμοιβάδες, ή ορισμένοι νηματώδεις, που τρέφονται από άλλους νηματώδεις, είτε τρυπώντας το σώμα τους με τη βοήθεια του στιλέτου και απομυζώντας τα συστατικά τους είτε τρώγοντας ολόκληρο το νηματώδη είτε διασπώντας το σώμα του και στη συνέχεια τρώγοντας το περιεχόμενό του.

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

4) Ανθεκτικές ποικιλίες φυσικής ή τεχνητής επιλογής, οι οποίες, είτε παραμένουν απρόσβλητες είτε είναι ανθεκτικές ως προς την προσβολή και μπορούν να συνεχίζουν την ανάπτυξή τους. Οι ποικιλίες αυτές, αν φυτευτούν πριν από την ευπαθή ποικιλία, σημειώνουν μεγάλη επιτυχία στη μείωση του πληθυσμού των νηματωδών. Όμως η ανθεκτικότητά τους επηρεάζεται από το γεωγραφικό πλάτος των περιοχών που εφαρμόζεται και από τις επικρατούσες συνθήκες. Π.χ. έχει διαπιστωθεί μείωση της ανθεκτικότητας λόγω υψηλών θερμοκρασιών, γι' αυτό συνίσταται 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 ευρέως διαδεδομένους κομβονηματώδεις (*M. Javanica*, *M. Incognita*, *M. Arenaria*). Η καλλιέργεια, επίσης, ορισμένων φυτών, όπως ψυχανθών και σιτηρών, μειώνει τη συγκέντρωση των περισσοτέρων ειδών νηματωδών και αποκαθιστά μεγάλο μέρος της οργανικής ουσίας του εδάφους.

Κατά τη βιολογική καταπολέμηση πρέπει να λαμβάνουμε υπ' όψιν ότι κάθε παράγοντας έχει την ανάγκη επικράτησης συγκεκριμένων συνθηκών υγρασίας, θερμοκρασίας και pH για να είναι αποτελεσματικός. Επίσης η καταπολέμηση με βιολογικά μέσα είναι πιο αποτελεσματική, όταν κατευθύνεται εναντίον των αναπτυσσομένων ενηλίκων ατόμων ή των ωών τους, παρά όταν κατευθύνεται εναντίον ανηλίκων ατόμων. Ακόμη, η παρουσία περισσοτέρων του ενός φυσικού εχθρού δεν συνεπάγεται μείωση του πληθυσμού των νηματωδών λόγω ανταγωνισμού, γιατί συνέβη σε πείραμα, να καταστραφούν τα περισσότερα θηλυκά και ωά του νηματώδους *Heterodera avenae*, μόνο από τους μύκητες *Nematophthora gynophila* και *P. Chlamydosporia*, παρά την ταυτόχρονη ύπαρξη πολλών άλλων μυκήτων.

Όπως φαίνεται πάντως, οι βιολογικοί παράγοντες δεν μπορούν να αντικαταστήσουν πλήρως τα χημικά μέσα, και η επίτευξη αποτελεσματικής αντιμετώπισης των νηματωδών απαιτεί την ταυτόχρονη και συνδυασμένη δράση με άλλες μεθόδους, όπως την ηλιοαπολύμανση, την αμειψισπορά και την εφαρμογή μικρών ποσοτήτων χημικών. Η μελλοντική χρησιμοποίησή τους σε εμπορική κλίμακα θα γίνει εφικτή, μόνο αν η δράση τους αποδειχθεί επαρκώς αποτελεσματική εναντίον σημαντικών νηματωδών, π.χ. κομβονηματωδών και κυστονηματωδών, και, αν το κόστος παραγωγής και εφαρμογής τους είναι μικρότερο σχετικά με αυτό των χημικών μέσων.

1.9.3 ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η χημική καταπολέμηση αποτελεί σήμερα την κυριότερη μέθοδο αντιμετώπισης των νηματωδών. Αποβλέπει στη θανάτωσή τους με τη χρησιμοποίηση χημικών μέσων. Για να έχει επιτυχή αποτελέσματα είναι ανάγκη η δραστική ουσία να έχει την κατάλληλη συγκέντρωση, να έλθει σε άμεση επαφή με το σώμα του νηματώδους και να εισχωρήσει σ' αυτό είτε μέσω της επιδερμίδας του είτε μέσω των φυσικών ανοιγμάτων του (στόμα, έδρα, γεννητικός πόρος) είτε μέσω των φυτών που το έχουν απορροφήσει. Η επάρκεια της αποτελεσματικότητας βασίζεται στο συνδυασμό της εφαρμοζόμενης ποσότητας και στο χρόνο έκθεσης των παρασίτων σ' αυτό.

Για την αποτελεσματικότητα της χημικής καταπολέμησης πρέπει επίσης να γνωρίζουμε το συγκεκριμένο είδος του νηματώδους και τη βιολογία του. Η αντιμετώπιση των εκτοπαρασιτικών νηματωδών είναι πιο εύκολη, όταν 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. Η δραστικότητά τους εξαρτάται από την καλή διάχυση της δραστικής ουσίας στο έδαφος και την παραμονή της για ορισμένο χρονικό διάστημα σ' αυτό. Δεν πρέπει όμως να προκαλούνται φυτοτοξικότητες ούτε 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, τον τύπο του εδάφους, το είδος της καλλιέργειας, τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής και του χώρου που επιθυμούμε να γίνει 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, όπου η διάχυση είναι πιο αργή και

δύσκολη, απαιτούνται μεγαλύτερες δόσεις. Οι ιδανικότερες συνθήκες για μια επιτυχημένη απονημάτωση είναι:

α) Η υγρασία του εδάφους να είναι περίπου 75%.

β) Περισσότερο νερό στο έδαφος δυσκολεύει την εξάτμιση των νηματοκτόνων.

γ) Η θερμοκρασία να κυμαίνεται μεταξύ 10 – 30 βαθμούς Κελσίου. (Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες δεν ευνοείται η εξάτμιση και η διάχυση, ενώ σε υψηλότερες επιτυγχάνεται).

δ) Η οργανική ουσία και τα κολλοειδή του εδάφους προστατεύουν τους νηματώδεις και απορροφούν τα νηματοκτόνα, με αποτέλεσμα να τα αδρανοποιούν.

ε) Σημαντικό ρόλο παίζει και ο καλός αερισμός του εδάφους.

στ) Είναι ανάγκη να προηγηθεί προετοιμασία του εδάφους, με θρυμμάτισμα και ψιλοχωμάτιασμα, ώστε να μην υπάρχουν υπολείμματα άλλων φυτών και ζιζανίων, και να περάσει αρκετό χρονικό διάστημα προκειμένου να καταστραφεί η υπάρχουσα οργανική ουσία.

ζ) Οι καλύτερες εποχές απονημάτωσης για την Ελλάδα είναι η Άνοιξη και το Φθινόπωρο.

η) Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις οδηγίες χρήσης κάθε νηματοκτόνου, γιατί ο τρόπος εφαρμογής και δράσης αλλάζει ανάλογα με τη δραστική ουσία και τη μορφή του σκευάσματος. Οπωσδήποτε πρέπει να προσέχουμε, ώστε τα φάρμακα που χρησιμοποιούμε να είναι εγκεκριμένα για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια που μας ενδιαφέρει. Η δόση, επίσης, του φαρμάκου εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης του νηματώδους, τη θερμοκρασία του εδάφους, την απόσταση και το βάθος έγχυσης.

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

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

Τα νηματοκτόνα υψηλής τοξικότητας εφαρμόζονται αυστηρά πριν από την εγκατάσταση της καλλιέργειας και συνήθως απαιτείται η πάροδος δύο τουλάχιστον

μηγών από τη σπορά, τη φύτευση ή τη μεταφύτευση. Τέτοια νηματοκτόνα με έγκριση για εφαρμογή σε μία ή περισσότερες καλλιέργειες είναι:

1) 3-dicloropropene: Νηματοκτόνο και εντομοκτόνο εδάφους, υγρής μορφής, που μετατρέπεται σε αέριο. Εφαρμόζεται πριν απ' τη σπορά ή τη φύτευση.

2)Methan Sodium: Απολυμαντικό εδάφους με νηματοκτόνες και μυκητοκτόνες ιδιότητες. Διατίθεται ως διάλυμα και εφαρμόζεται πριν απ' τη σπορά ή τη φύτευση.

Τα νηματοκτόνα χαμηλής φυτοτοξικότητας περιλαμβάνουν ουσίες με διασυστηματική ή μη δράση. (Έχουν, δηλαδή, την ιδιότητα, να κυκλοφορούν από το ριζικό τμήμα 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. Τέτοια νηματοκτόνα με έγκριση για εφαρμογή σε μία ή περισσότερες καλλιέργειες είναι:

1)Aldicarb: Καρβαμιδικό, διασυστηματικό νηματοκτόνο και εντομοκτόνο και ακαρεοκτόνο φυλλώματος και εδάφους.

2) Cadusafos: Κοκκώδες νηματοκτόνο και εντομοκτόνο εδάφους. Δρα με επαφή.

3)Carbofuran: Καρβαμιδικό, μη καπνογόνο, διασυστηματικό νηματοκτόνο και εντομοκτόνο επαφής και στομάχου.

4)Ethoprop: Οργανοφωσφορικό, μη καπνογόνο, κοκκώδες νηματοκτόνο και εντομοκτόνο επαφής.

5)Fenamiphos: Οργανοφωσφορικό, διασυστηματικό, μη καπνογόνο νηματοκτόνο.

6)Oxamyl: Καρβαμιδικό, διασυστηματικό, μη καπνογόνο νηματοκτόνο και εντομοκτόνο επαφής και στομάχου.

1.10 ΟΙ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ MELOIDOGYNE

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

Ο Berkeley (1855) αναφέρει για πρώτη φορά προσβολή φυτών από το γένος *Meloidogyne* σε ρίζες φυτών αγγουριάς. Από τότε έχουν περιγραφεί πάνω από 80 διαφορετικά είδη. Από αυτά 20 είδη έχουν εντοπιστεί στην Ευρώπη. Δέκα είδη θεωρούνται επιζήμια για τη γεωργία, απ' τα οποία τα 4 είναι διαδεδομένα σε όλες τις γεωργικές περιοχές και αποτελούν πολύ σοβαρούς ζωικούς εχθρούς. Αυτά είναι: *M. arenaria*, *M. harla*, *M. incognita*, *M. javanica*. Πρόσφατα άλλα δύο έχουν συμπεριληφθεί στη λίστα των παθογόνων καραντίνας, τα *M. chitwoodii* & *M. Fallax*.

1.10.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ

Σήμερα το γένος *Meloidogyne* κατατάσσεται στην τάξη: *Tylenchida*. Υπόταξη: *Tylenchina*. Υπεροικογένεια: *Tylenchoidea*. Οικογένεια: *Heteroderidae*. Υποοικογένεια: *Meloidogyne*.

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 *Meloidogyne*, με την οικογένεια *Platylenchidae*, 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 απιοειδές, και δεν μετατρέπεται σε κύστη, όπως συμβαίνει στο γένος *Heterodera*. Ο λαιμός τους, μακρύς ή κοντός, προεξέχει. Το μήκος τους κυμαίνεται από 350 μm- 3mm. Η επιδερμίδα τους είναι μαλακή, με μέτριο πάχος, με 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. Η έδρα και η γεννητική οπή βρίσκονται στο οπίσθιο ακραίο τμήμα, που κάποιες φορές είναι ελαφρώς ανυψωμένο από το υπόλοιπο σωματικό περίγραμμα. Τα φασμίδια εμφανίζονται κοντά στην έδρα, σε κάθε πλευρά της ουράς. Η έδρα συνήθως καλύπτεται από επιδερμικές πτυχώσεις. Η κεφαλή μπορεί να

ξεχωρίζει ελαφρά ή να είναι συνεχής με το υπόλοιπο σώμα. Ο κεφαλικός σκελετός είναι ευδιάκριτος, λεπτός και κάπως αποσκληρωμένος. Τα χείλη είναι ανυψωμένα και τα δύο αμφίδια σχισμοειδή. Το στιλέτο είναι κοντό, λεπτό, καλά ανεπτυγμένο, με μήκος 10-25 μm (συνήθως 14-15 μm), ως επί το πλείστον κωνοειδές, με ελαφριά νωτιαία κύρτωση και φέρει 3 εξογκώματα στη βάση του. Ο απεκκριτικός πόρος βρίσκεται μεταξύ κεφαλής και metacarpus, τις περισσότερες φορές βρίσκεται κοντά στη βάση του στιλέτου. Το procarpus είναι κυλινδρικό και ο μεσαίος οισοφαγικός βολβός έχει βαλβίδα. Το metacarpus είναι διογκωμένο και έχει οισοφαγικούς αδένες, που ποικίλουν σε μέγεθος και σχήμα και επικαλύπτουν το έντερο κοιλιακά. Διαθέτουν δύο επιμήκεις γεννητικούς βραχίονες με περιελίξεις, (δίδελφοι).

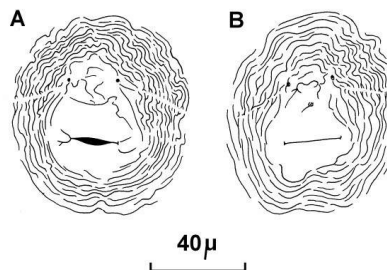
Τα αρσενικά άτομα είναι εκτοπαρασιτικά. Το σώμα τους έχει σκωληκόμορφο σχήμα, μήκος 600-2500 μm και φέρει εξωτερικούς δακτυλίους. Το κεφάλι τους είναι χαμηλό, χωρίς να προεξέχει και υποδιαιρείται μερικώς με εγκάρσιες εντομές. Φέρει μια χειλική καλύπτρα, που περικλείει τα χείλη, και τα αμφιδιακά ανοίγματα, που είναι μεγάλα και σχισμοειδή. Ο κεφαλικός σκελετός και το στιλέτο τους είναι καλώς ανεπτυγμένα. Το μήκος του στιλέτου είναι 13-33 μm και συνήθως 18-24 μm . Το procarpus είναι κυλινδρικό και το metacarpus μικρότερο από αυτό των θηλυκών, ασθενώς ανεπτυγμένο με βαλβίδα. Ο απεκκριτικός πόρος και το ημιζώνιο εντοπίζονται στην περιοχή του metacarpus. Ο οισοφάγος επικαλύπτει το έντερο. Συνήθως έχουν έναν επιμήκη όρχι και σπάνια δύο. Οι συζευκτικές άκανθες είναι λεπτές, μήκους 20-40 μm και το πηδάλιο έχει μήκος 10 μm . Η ουρά τους είναι μικρή, στρογγυλεμένη, δεν έχουν ουραίες πτέρυγες και τα φασμίδια ανιχνεύονται κοντά στην αμάρα.

Οι προνύμφες δευτέρου σταδίου έχουν σώμα σκωληκόμορφο, που φέρει δακτυλίους και το μήκος του είναι 250-600 μm , (συνήθως 300-500). Το κεφάλι τους μοιάζει με των αρσενικών, αλλά είναι πολύ μικρότερο και έχει πιο αδύνατο σκελετό. Το στιλέτο είναι λεπτό, μήκους 9-16 μm με λεπτά εξογκώματα στη βάση του. Το τμήμα του metacarpus είναι σχετικά μικρό. Το ημιζώνιο βρίσκεται μπροστά ή πίσω από τον απεκκριτικό πόρο, ο οποίος εντοπίζεται στο πίσω μέρος του μεσαίου βολβού, και οι τρεις οισοφαγικοί αδένες επικαλύπτουν το έντερο κοιλιακά. Το απηυθυσμένο είναι συχνά φουσκωμένο, η ουρά κωνοειδής, στενή, 15-100 μm και υαλώδες ακραίο τμήμα.

Οι προνύμφες του τρίτου και τετάρτου σταδίου είναι διογκωμένες και σταθεροποιημένες μέσα στους ριζικούς ιστούς και δεν έχουν στιλέτο.

1.10.3 ΠΕΡΙΕΔΡΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ

Το περιεδρικό αποτύπωμα αποτελεί ένα μοναδικό, σύνθετο, μορφολογικό και ταξινομικό χαρακτηριστικό των ειδών του γένους *Meloidogyne*. Εντοπίζεται στην οπίσθια επιδερμική περιοχή του σώματος των ενήλικων θηλυκών και περιλαμβάνει την έδρα, τον γεννητικό πόρο, τα φασμίδα, το ακραίο μέρος της ουράς, τις πλάγιες γραμμώσεις και τις περιβάλλουσες επιδερμικές ραβδώσεις, που ποικίλουν ως προς τη διάταξη και τη μορφή τους.



Εικόνα 4: Περιεδρικό αποτύπωμα του παρασίτου *Nematodes Meloidogyne*. (Πηγή: www.plantwise.org)

Σε μια εκτενή μελέτη 50 ειδών *Meloidogyne*, διακρίθηκαν 6 ομάδες περιεδρικών αποτυπωμάτων. Το περιεδρικό αποτύπωμα θεωρείται ο κυρίαρχος και επικρατέστερος διαγνωστικός χαρακτήρας, καθώς είναι σταθερό χαρακτηριστικό μεγάλου μεγέθους και ευκρινές.

1.10.4 ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Οι *Meloidogyne* αναπαράγονται αμφιμικτικά ή παρθενογεννητικά και υποστηρίζεται, ότι η θέση, που καταλαμβάνουν τα θηλυκά στη ρίζα των φυτών, σχετίζεται με τον τρόπο αναπαραγωγής τους. Έτσι, στα είδη που πολλαπλασιάζονται αμφιμικτικά, τα θηλυκά εισχωρούν μερικά στη ρίζα, για να διευκολυνθεί η γονιμοποίησή τους από τα αρσενικά, και οι ωοσάκκοι τους εντοπίζονται έξω από τους ιστούς. Αντίθετα στα παρθενογεννητικά αναπαραγόμενα είδη, τα θηλυκά βρίσκονται βυθισμένα στους ριζικούς ιστούς ή στα σχηματιζόμενα εξογκώματα.

Όλα τα στάδια ανάπτυξης των *Meloidogyne* είναι ενδοπαρασιτικά, εκτός από τις προνύμφες 2^{ου} σταδίου, που ζουν στο έδαφος, είναι κινητές και αποτελούν το κατ'εξοχήν παθογόνο στάδιο του είδους τους.

Οι κινητές αυτές προπρονύμφες έχουν συσσωρευμένα στο έντερό 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 στη ρίζα και αρχίζουν να τρέφονται. Προτιμούν τη ζώνη επιμήκυνσης, κοντά στο άκρο της ρίζας, όπου οι ιστοί είναι τρυφεροί. Σ' 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 στο λεπτό. Μετά την πάροδο 12-24 ωρών, οι προνύμφες εισέρχονται στη ρίζα από το άνοιγμα που έχει προκύψει και στη συνέχεια μεταναστεύουν μέσα στους ιστούς της, όπου εγκαθίστανται, αφού πάρουν θέση παράλληλη ως προς τον άξονα της ρίζας και βάλουν το κεφάλι τους στο στρώμα του περικυκλίου.

Ακολουθεί η έκκριση ενζύμων από τους οισοφαγικούς αδένες, που έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό γιγάντιων κυττάρων (κοινοκύτταρα), γύρω από την περιοχή του κεφαλιού τους, από τα οποία τρέφονται, σαν ενδοπαρασίτα, χωρίς να μετακινούνται. Στη συνέχεια διογκώνονται, λαμβάνουν σακκοειδές σχήμα με οξεία ουρά, και πραγματοποιούν την 2^η, 3^η και 4^η έκδυσή τους. Το στιλέτο στις προνύμφες 3^{ου} και 4^{ου} σταδίου δεν είναι ορατό. Σ' αυτό το χρονικό διάστημα δεν τρέφονται και αρχίζει η ανάπτυξη των γεννητικών αδένων. Μετά την τελευταία έκδυση, το στιλέτο γίνεται ξανά ορατό και αρχίζει πάλι η διατροφική τους δραστηριότητα.

Μόλις αρχίσουν πάλι να τρέφονται, παρατηρείται αύξηση του εύρους του σώματος των ενηλίκων πια θηλυκών, που σύμφωνα με τον Bird (1959), είναι ραγδαία μεταξύ της 20^{ης} και 27^{ης} ημέρας. Στη φάση αυτή, και πριν ξεκινήσει η εναπόθεση των ωών, το εύρος του σώματός τους φθάνει στο μέγιστο σχήμα του, (σχεδόν τετραπλάσιο των προνυμφών του 3^{ου} σταδίου (J3)).

Στη συνέχεια ακολουθεί η ωοτοκία, κατά την οποία εναποτίθενται 100 – 2000 ωά, 20-30 ημέρες μετά την είσοδό τους στο ξενιστή. Τα ωά εναποτίθενται μέσα στον ωόσακκο, που αποτελείται από παχύρρευστη ζελατινώδη μάζα και σχηματίζεται από τις εκκρίσεις 6 μεγάλων αδένων του ορθού, μέσω της έδρας. Ο ωόσακκος προστατεύει τα ωά από τυχόν δυσμενείς εδαφικές συνθήκες και μπορεί να βρίσκεται

μέσα στη ρίζα ή έξω από αυτή. Όταν παραμένει μέσα στη ρίζα είναι μαλακός, ενώ όταν βρίσκεται έξω από αυτήν αποξηραίνεται και αποχρωματίζεται. Η ημερήσια φωτοκία εξαρτάται από την καταλληλότητα του ξενιστή και την θερμοκρασία. Το οξυγόνο, επίσης, είναι σημαντικός παράγοντας για την εκκόλαψη. Η έλλειψή του την περιορίζει. Έχει υπολογιστεί, ότι από τη γέννηση του ωού ως την εκκόλαψή του απαιτούνται 9 ημέρες στους 27°C και 31 ημέρες στους 16,5°C.

Ο βιολογικός κύκλος των *Meloidogyne* είναι απλός και ραγδαίας εξέλιξης. Η έκτασή του εξαρτάται από την κατάλληλη υγρασία, το είδος του ξενιστή, την επάρκεια οξυγόνου στο έδαφος και σε μεγάλο βαθμό απ' τη θερμοκρασία. Η παραγωγή ωών μπορεί να ολοκληρωθεί μέσα σε τρεις εβδομάδες, αλλά και να συνεχιστεί για 2-3 μήνες. Η 1^η έκδυση γίνεται μέσα στο ωό, οπότε εμφανίζεται η προνύμφη 1^{ου} σταδίου (J1). Μετά την εκκόλαψη εξέρχεται η προνύμφη 2^{ου} σταδίου (J2). Πριν εξέλθει η J2, διαπιστώνεται έντονη δραστηριοποίησή της μέσα στο ωό. Η J2 εισέρχεται και εγκαθίσταται στους ιστούς της ρίζας. Ακολουθούν η 2^η, 3^η και 4^η έκδυση και προκύπτουν τα ώριμα αρσενικά και θηλυκά άτομα. Τα αρσενικά άτομα αναπτύσσονται ενδοπαρασιτικά, δεν τρέφονται και μεγαλώνουν μόνο ως προς το μήκος τους. Έπειτα εγκαταλείπουν τις ρίζες προς αναζήτηση θηλυκών για να επιτευχθεί η σύζευξη.

Η διαμόρφωση του φύλου επηρεάζεται άμεσα από τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες, κυρίως κατά τη διάρκεια του 2^{ου} προνυμφικού σταδίου. Έτσι, αν εισχωρήσει μικρός αριθμός προνυμφών στις ρίζες, εξελίσσονται όλες σε θηλυκά άτομα. Όταν επικρατήσουν δυσμενείς συνθήκες, γίνεται αναστροφή φύλου και παράγεται μεγαλύτερος αριθμός αρσενικών. Επίσης, αν στα πρώτα στάδια εξέλιξης της προνύμφης σε θηλυκό άτομο αντιστραφούν οι ευνοϊκές συνθήκες, η προνύμφη τελικά αναπτύσσεται σε αρσενικό άτομο με 2 όρχεις ή σε μικρού μεγέθους αρσενικό με έναν όρχι, αν αυτό συμβεί πριν τη διαμόρφωση φύλου.

Μεταξύ των διαφόρων ειδών *Meloidogyne*, έχει διαπιστωθεί, ότι οι θερμοκρασιακές απαιτήσεις ποικίλουν, ανάλογα με το είδος και το στάδιο στο οποίο βρίσκονται. Για παράδειγμα, οι προνύμφες και τα ωά του *M. incognita* στους 10-16°C επιζούν περισσότερο από ένα έτος, ενώ στους 21°C, μόλις 4 μήνες. Οι ωόσακκοι και οι προνύμφες του *M hapla* παρουσιάζουν ανθεκτικότητα ακόμα και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και επιζούν στους -10°C για αρκετές ημέρες, ενώ έχουν μικρότερη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες. Γενικά για τους νηματώδεις, θανατηφόρες

θερμοκρασίες είναι όσες ξεπερνούν τους 40°C, όταν μείνουν εκτεθειμένοι σ' αυτές για αρκετή ώρα, ενώ ακαριαίος θάνατος επέρχεται στους 52°C. Πάντως οι ωόσακκοι επιδεικνύουν μεγαλύτερη αντοχή.

1.10.5 ΠΑΘΟΓΕΝΕΙΑ

Οι νηματώδεις του γένους *Meloidogyne* αποτελούν την πιο γνωστή και ευρέως διαδεδομένη ομάδα νηματωδών στους καλλιεργητές. Τα δύο κυρία χαρακτηριστικά τους στις ρίζες των φυτών είναι: α) Η δημιουργία των κοινοκυττάρων στον αγγειώδη ιστό και β) Ο σχηματισμός χαρακτηριστικών εξογκωμάτων στις ρίζες και στα υπόγεια μέρη του φυτού (φυμάτια). Αυτό έχει ως συνέπεια τη διαταραχή της φυσιολογίας του προσβεβλημένου φυτού και τελικά μείωση της παραγωγής και υποβάθμιση της ποιότητας του προϊόντος.



Εικόνα 5: Συγκριτική παράθεση προσβεβλημένης και υγιούς ρίζας τοματιάς από στέλεχος *Nematodes Meloidogyne*. (Πηγή: www.infonet-biovision.org)

Τα κοινοκύτταρα δημιουργούνται από τις οισοφαγικές εκκρίσεις των νηματωδών και εμφανίζουν έντονες μορφολογικές και φυσιολογικές διαφορές από τα γειτονικά τους υγιή κύτταρα. Είναι πολυπύρρηνα με διογκωμένα κυτταρικά τοιχώματα και διατηρούνται ζωντανά όσο διαρκεί η διατροφή των νηματωδών σ' αυτά. Αν θανατωθεί ο νηματώδης ακολουθεί και η νέκρωσή τους. Σχηματίζονται συνήθως μέσα στα φυμάτια και η ύπαρξή τους είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη και αναπαραγωγή των νηματωδών, 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 στο νηματώδη. Ποικίλουν ως προς το μέγεθος και το σχήμα τους, γεγονός, που εξαρτάται αφ' ενός από την ευαισθησία του ξενιστή και αφ' ετέρου από το μέγεθος του πληθυσμού. Μέσα στα φυμάτια είναι ενσωματωμένα τα θηλυκά άτομα, ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από το είδος του νηματώδους και του ξενιστή.

Με την είσοδο μεγάλου αριθμού προνυμφών μέσα στις ρίζες, προκαλείται αναχαίτιση των μιτωτικών διαιρέσεων μέσα στη ρίζα, οπότε σταματά η ανάπτυξη της σε χρονικό διάστημα 24 ωρών. Όσες προνύμφες έχουν εισχωρήσει στους ιστούς, θα παραμείνουν σ' αυτούς, για να αναπτυχθούν, όσο υπάρχει διαθέσιμη τροφή. Όταν εξαντληθεί η τροφή, οι προνύμφες αποχωρούν προς εύρεση νέου σημείου παρασιτισμού ή άλλον ξενιστή.

Είναι χαρακτηριστικό, ότι κατά την προσβολή αυτή, το υπέργειο τμήμα των προσβεβλημένων φυτών δεν εμφανίζει σαφή συμπτώματα, τα οποία να υποδηλώνουν την προσβολή. Κυριότερο σύμπτωμα θεωρείται η καχεξία, που προκαλείται λόγω της μείωσης της ικανότητας απορρόφησης νερού και θρεπτικών συστατικών, και μη ομαλής μεταφοράς αυτών από τη ρίζα προς το βλαστό, με αποτέλεσμα τον περιορισμό της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας. Παρατηρείται επίσης χλώρωση των φύλλων, που αρκετές φορές συνοδεύεται από ξήρανση της περιφέρειας. Η παραγωγή είναι μειωμένη και η ποιότητα του προϊόντος υποβαθμισμένη. Τα συμπτώματα εντείνονται σε περιόδους ξηρασίας ή αύξησης της θερμοκρασίας 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 είναι δυνατόν να παρατηρηθούν φυμάτια στα στελέχη και στα φύλλα.

Όσον αφορά το υπόγειο τμήμα του φυτού, χαρακτηριστικό και καθοριστικό σύμπτωμα είναι τα φυμάτια. Σε περίπτωση σοβαρής προσβολής τα φυμάτια μπορεί να καλύψουν ολόκληρο το ριζικό σύστημα, παραμορφώνοντάς το. Πολλές φορές παρατηρείται έκπτυξη πλάγιων ριζιδίων και σχηματισμός θυσανωτών 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 άλλους παθογόνους οργανισμούς, μύκητες, βακτήρια. Η ένταση των συμπτωμάτων εξαρτάται

από το είδος του ξενιστή, και από το μέγεθος του πληθυσμού των νηματωδών, και εκδηλώνονται σε μεγαλύτερο βαθμό, όταν επικρατούν συνθήκες υγρασίας και χαμηλής γονιμότητας εδάφους.

1.10.6 ANTIMETΩΠΙΣΗ

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 τα είδη αυτά των νηματωδών είναι πολυφάγα. Για αποτελεσματική αμειψισπορά πρέπει να γίνεται συνδυασμός ανθεκτικών με σχετικώς ανθεκτικά φυτά, (π.χ. σόργο, βρώμη, σίκαλη, κριθάρι, σιτάρι, κάποιες ποικιλίες βαμβακιού, καρότα, τομάτες, αγρωστώδη, ζαχαρότευτλα, φράουλες). Απαραίτητη είναι και η χρήση χημικών μέσων.

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ (ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ)

2.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

2.1.1 Παρασκευή μολύσματος νηματώδων *Meloidogyne javanica*

2.1.1.1 Υλικά και ζωντανοί οργανισμοί

- Νηματώδεις *Meloidogyne javanica*
- Σπορόφυτα τομάτας ποικιλίας 'Belladonna' (ΣΠΥΡΟΥ ΑΕΒΕ)
- Πλαστικά ποτήρια χωρητικότητας 300ml
- Φυτόχωμα αποστειρωμένο εμπορίου
- Λαβίδα
- Νερό βρύσης

2.1.1.2 Μεθοδολογία

Σπορόφυτα τομάτας στο στάδιο του 3^{ου} φύλλου μολύνθηκαν με νηματώδεις *Meloidogyne javanica*, οι οποίοι προήλθαν από καλλιέργεια που διατηρείται στους 25°C στο εργαστήριο φυτοπροστασίας του ΤΕΙ Μεσολογίου.

Η μόλυνση πραγματοποιήθηκε με την εναποθέτηση ορισμένου αριθμού ωών (ανάλογου με τις ανάγκες κάθε μεταχείρισης) στις ρίζες κάθε σποροφύτου.

Τα ωά προήλθαν από ωόσακους που απομονώθηκαν από τις ρίζες μολυσμένων σποροφύτων τομάτας που διατηρούνται 25°C στο εργαστήριο φυτοπροστασίας του ΤΕΙ Μεσολογίου.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής:

1. Οι ρίζες μολυσμένων σποροφύτων τομάτας καθαρίζονται από το προσκολλημένο υπόστρωμα προσεκτικά με νερό βρύσης, τυλίγονται με βρεγμένο χαρτί κουζίνας, και αλουμινόχαρτο και φυλάσσονται στο ψυγείο μέχρι να ολοκληρωθεί ο καθαρισμός όλων των ριζών.



Εικόνα 2.1. Διαδικασία καθαρισμού ριζών από το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών για παραλαβή ωών *Meloidogyne*.

2. Οι ρίζες τοποθετούνται σε στερεοσκόπιο και με τη βοήθεια λαβίδας απομονώνεται επαρκής αριθμός ωόσακων (τουλάχιστον 100).



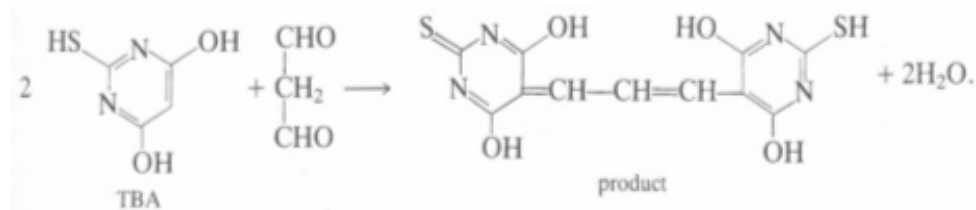
Εικόνα 2.2. Δεξιά: ρίζα τομάτας μετά το πλύσιμο, αριστερά μεγεθυμένο τμήμα, όπου διακρίνονται ωόσακοι νηματωδών *Meloidogyne*.

3. Δέκα ωόσακοι επιλέγονται τυχαία και τοποθετούνται σε διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου, με τη βοήθεια του οποίου τα ωά διαχωρίζονται από τη ζελατινώδη μάζα μέσα στην οποία περιέχονται και καταμετρώνται.
4. Υπολογίζεται ο μέσος όρος ωών ανά ωόσακο.
5. Υγιή σπορόφυτα τομάτας τοποθετούνται σε αποστειρωμένο υπόστρωμα, μέσα σε πλαστικά ποτήρια περιεκτικότητας 300ml.
6. Πλησίον της ρίζας κάθε σποροφύτου, τοποθετείται ο κατάλληλος αριθμός ωόσακων, ανάλογα με το επιθυμητό επιδιωκόμενο επίπεδο μόλυνσης (100, 1000, 1500, 5000, 10000).
6. Η ρίζα καλύπτεται με υπόστρωμα, τα σπορόφυτα ποτίζονται και τοποθετούνται σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών, στους 25°C για 28 περίπου ημέρες (μέχρι την ολοκλήρωση ενός βιολογικού κύκλου).

2.2.2 Προσδιορισμός των αλδεϋδικών παραγώγων της υπεροξειδωσής των λιπιδίων (TBARS) στα φύλλα, με φωτομετρική μέθοδο

Η μέθοδος βασίζεται στην αντίδραση, σε υψηλή θερμοκρασία, του θειοβαρβιτουρικού οξέος (thiobarbituric acid, TBA) με τη μαλονική διαλδεϋδη (malondialdehyde, MDA) η οποία είναι παράγωγο της υπεροξειδωσής των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (Poly Unsaturated Fatty Acids, PUFAs) που περιέχουν περισσότερους από δύο διπλούς δεσμούς. Επειδή, εκτός από την MDA υπάρχουν και άλλα αλδεϋδικά παράγωγα υπεροξειδωσής στο κύτταρο που μπορεί να αντιδράσουν με το TBA, η μέθοδος χαρακτηρίζεται ως μη εξειδικευμένη και υπολογίζει το σύνολο των ουσιών αυτών που εν συντομία καλούνται ουσίες αντιδρούσες με θειοβαρβιτουρικό οξύ (ThioBarbituric Acid Reactive Substances, TBARS).

Η μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε είναι παραλλαγή του TBA test που έχει χρησιμοποιηθεί τόσο σε φυτικούς (Ajit Singh Nandwal et al., 2007; Feng-Qin Zhang et al., 2007; Xiancan Zhu et al., 2010) όσο και ζωικούς ιστούς (Patsoukis et al., 2005).



Μηχανισμός αντίδρασης της μεθόδου προσδιορισμού των TBARS

2.2.2.1 Υλικά

1. **Ρυθμιστικό διάλυμα 50 mM Na₂HPO₄·2H₂O pH 7,2, 1 mM EDTA, 1 mM BHA, 0,15% ethanol:** Το διάλυμα χρησιμοποιείται για την ομογενοποίηση αλλά και για την αραίωση του ομογενοποιημένου. Ομογενοποιούμε σε αναλογία 1 gr : 5 ml, διατηρώντας όλα τα υλικά παγωμένα, και παίρνουμε το ολικό ομογενοποίημα (χωρίς φυγοκέντρηση).
2. **50% TCA:** Διαλύονται 10 g TCA σε τελικό όγκο 20 ml.
3. **HCl (37%) 12,07 N**
4. **Διαλύτης TBA:** Για 15 ml διαλύματος σύστασης 20% TCA, 0,33 N HCl, αναμειγνύονται 8,59 ml ddH₂O, 6 ml 50% TCA (εναλλακτικά, το TCA μπορεί να προστεθεί σε στερεή μορφή μέσα στο διάλυμα), 410 μl HCl 12,07 N.
5. **Αντιδραστήριο TBA:** Για 15 ml διαλύματος σύστασης 20% TCA, 0,33 N HCl, 0,5% TBA αναμειγνύονται 8.59 ml ddH₂O, 6 ml 50% TCA (εναλλακτικά, το TCA μπορεί να προστεθεί σε στερεή μορφή μέσα στο διάλυμα), 410 μl HCl 12,07 N. Στη συνέχεια προστίθενται 0,075 g TBA (MB:144,1) και το διάλυμα αναδεύεται μέχρι πλήρους διάλυσης του στερεού.
6. **2% BHA (butyl-hydroxyanisole) σε απόλυτη αιθανόλη:** Διαλύονται 0,02 g BHA (MB:180,2) σε 1 ml απόλυτη αιθανόλη.
7. **Βουτανόλη-1 (butanol-1) {ή ισοβουτανόλη (isobutanol)}**
8. **Ανάλογο της μαλονικής διαλδεΐδης (MDA) 1,1,3,3-Tetramethoxypropan ή αλλιώς Malonaldehyde bis (dimethyl acetal):** Το διάλυμα είναι σε υγρή μορφή με πυκνότητα d=0,997 και (MB:164,2). Με βάση τα στοιχεία αυτά η συγκέντρωση του πυκνού αυτού διαλύματος είναι 6 M.

2.2.2.2 Μεθοδολογία

Τα αντιδραστήρια προστίθενται σύμφωνα με τον πίνακα:

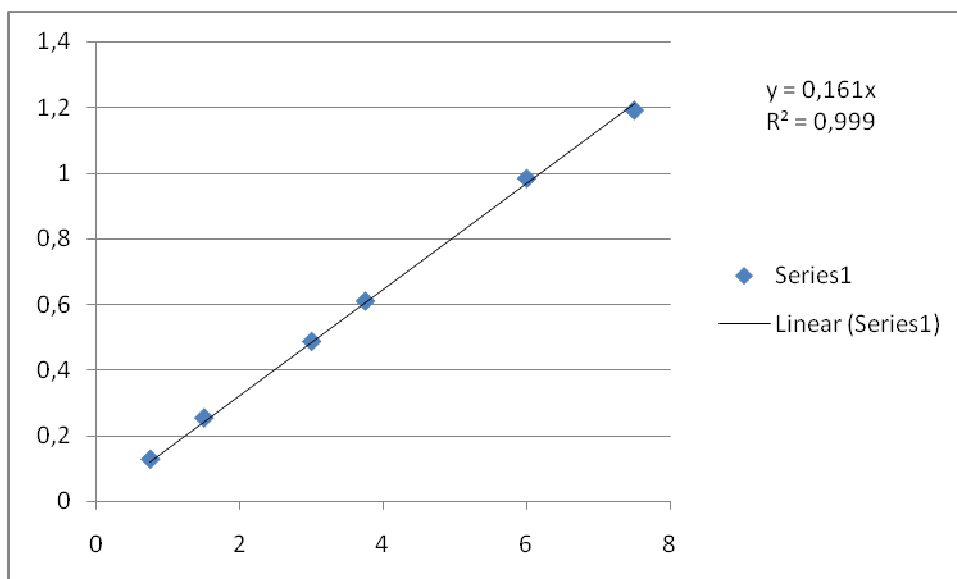
Διαλύματα (μl)	Τυφλό Αντιδραστηρίων	Δείγμα	Τυφλό Δείγματος
Ομογενοποίηση	-	375	375
Ρυθμιστικό διάλυμα ομογενοποίησης	375	-	-
2% BHA	5 (τα προσθέτουμε μετά το αντιδραστήριο TBA)		
Διαλύτης TBA	-	-	375
Αντιδραστήριο TBA	375	375	-
Επώαση για 15min στους 85°C			
Butanol	800		
Έντονο vortex και φυγοκέντρηση για διαχωρισμό των φάσεων			
Μετράται η απορρόφηση της βουτανολικής φάσης στα 535nm (και στα 600nm για να αφαιρέσω την απορρόφηση που προκαλεί η θολότητα του δείγματος)			

Από την (καθαρή) τιμή του δείγματος αφαιρούνται οι (καθαρές) τιμές του τυφλού των αντιδραστηρίων και του τυφλού δείγματος και η τελική τιμή μετατρέπεται σε ισοδύναμα MDA σύμφωνα με την πρότυπη καμπύλη που είναι ευθυγραμμική. Συνήθως η αντίδραση πραγματοποιείται για διάφορες αραιώσεις του δείγματος, ώστε να επιβεβαιώνεται η τιμή στις διάφορες αναλογίες. Το τελικό αποτέλεσμα υπολογίζεται με βάση την πρότυπη καμπύλη και εκφράζεται συνήθως ως ισοδύναμα nmoles MDA/mg ολικής πρωτεΐνης του ιστού (ποσοτικοποιείται με την μέθοδο του Coomassie Brilliant Blue).

2.2.2.2.1 Κατασκευή πρότυπης καμπύλης TBARS

1. Παρασκευή διαλύματος ομογενοποίησης
2. Παρασκευή stock διαλυμάτων της MDA:
Από πυκνό διάλυμα MDA 6M με διαδοχικές αραιώσεις (με buffer εκχύλισης) φτιάχνω 60 mM, 6 mM, 600 μ M, 60 μ M
3. Παρασκευή διαλυμάτων για την αντίδραση
4. Ετοιμάζω τα δείγματα σύμφωνα με τον πίνακα του πρωτοκόλλου (375 μ l συνολικός όγκος δείγματος) με ποσότητες 10, 20, 40, 50, 80, 100 μ l από τη συγκέντρωση των 60 μ M
Συνεπώς έχω 0,8, 1,6, 3,2, 4, 6,4, 8 μ M στα 750 μ l της αντίδρασης
5. Εκχύλιση με 800 μ l butanol. Συνεπώς, έχω 0,75, 1,5, 3, 3,75, 6, 7,5 μ M στα 800 μ l.

	MDA στα 800 μ l butanol	A ₅₃₅	A ₆₀₀	A ₅₃₅ - A ₆₀₀	αποτέλεσμα
1	R.B.	0,004	-0,002	0,004	0,005
2	R.B.	0,005	-0,001	0,005	
3	S.B. 0,75 μ M	0,001	0,002	0	
4	0,75 μ M	0,138	0,005	0,133	0,128
5	S.B. 1,5 μ M	0,001	0,002	0	
6	1,5 μ M	0,260	0,001	0,259	0,254
7	S.B. 3 μ M	0,001	0,002	0	
8	3 μ M	0,494	0,002	0,492	0,487
9	S.B. 3,75 μ M	0,001	0,002	0	
10	3,75 μ M	0,618	0,003	0,615	0,610
11	S.B. 6 μ M	0,001	0,002	0	
12	6 μ M	0,994	0,005	0,989	0,984
13	S.B. 7,5 μ M	0,001	0,002	0	
14	7,5 μ M	1,200	0,003	1,197	1,192



2.2.2.2.2 Προσδιορισμός των TBARS σε φύλλα υγιούς και προσβεβλημένης τοματιάς

Η δοκιμή πραγματοποιήθηκε αρχικά σε φυτά προσβεβλημένα με 10000 ωά, ώστε να διαπιστωθεί αν πράγματι παρατηρούνται διαφορές μεταξύ προσβεβλημένων και υγιών φυτών.

ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 1^H

1. Ομογενοποιώ: 0,9576 gr v.β. φύλλου προσβεβλημένης → $V_{\text{υπερκ}} = 5,4 \text{ ml}$
 0,9416 gr v.β. φύλλου υγιούς → $V_{\text{υπερκ}} = 5,3 \text{ ml}$
2. Ζυγίζω: 0,9697 gr v.β. προσβεβλημένης → 0,1236 gr ξ.β.
 0,9655 gr v.β. υγιούς → 0,1557 gr ξ.β.
3. Μετράω TBARS με ποσότητες: 100 μl από αραιό 10 φορές (10 μl πυκνό)
 250 μl από αραιό 10 φορές (25 μl πυκνό)
 50, 100 και 200 μl πυκνό
4. Ακολουθώ το πρωτόκολλο (δείγμα για πρωτεΐνες, μέχρι 375 μl δείγμα, 800 μl butanol)

	Δείγμα	A ₅₃₅	A ₆₀₀	A ₅₃₅ - A ₆₀₀	Καθαρές Α
	Reagent blank	0,006	0,003	0,003	0,003
	Reagent blank	0,005	0,002	0,003	
	Reagent blank	0,005	0,002	0,003	
Υγιές	10 μl τυφλό	0,041	0,036	0,005	0,015
	10 μl δείγμα	0,055	0,032	0,023	
	25 μl τυφλό	0,107	0,094	0,013	0,039
	25 μl δείγμα	0,136	0,081	0,055	
	50 μl τυφλό	0,236	0,203	0,033	0,075
	50 μl δείγμα	0,292	0,181	0,111	
	100 μl τυφλό	0,408	0,351	0,057	0,148
	100 μl δείγμα	0,540	0,332	0,208	
	200 μl τυφλό	0,781	0,672	0,109	0,298
200 μl δείγμα	1,065	0,655	0,410		
Προσβεβλημένο	10 μl τυφλό	0,040	0,036	0,004	0,014
	10 μl δείγμα	0,049	0,028	0,021	
	25 μl τυφλό	0,098	0,084	0,014	0,030
	25 μl δείγμα	0,115	0,068	0,047	
	50 μl τυφλό	0,228	0,196	0,032	0,065
	50 μl δείγμα	0,263	0,163	0,100	
	100 μl τυφλό	0,360	0,308	0,052	0,130
	100 μl δείγμα	0,484	0,299	0,185	
	200 μl τυφλό	0,764	0,655	0,109	0,276
200 μl δείγμα	1,042	0,654	0,388		

ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 2^Η

- Ομογενοποιώ: 0,6360 gr v.β. φύλλου προσβεβλημένης → V_{υπερκ} = 3,9 ml
0,6920 gr v.β. φύλλου υγιούς → V_{υπερκ} = 3,8 ml
- Ζυγίζω: 1,118 gr v.β. προσβεβλημένης → 0,1139 gr ξ.β.
0,9070 gr v.β. υγιούς → 0,1269 gr ξ.β.
- Μετρώ TBARS με ποσότητες: 50, 100 και 200 μl πυκνό
- Ακολουθώ το πρωτόκολλο (δείγμα για πρωτεΐνες, μέχρι 375 μl δείγμα, 800 μl butanol)

5.

	Δείγμα	A ₅₃₅	A ₆₀₀	A ₅₃₅ - A ₆₀₀	Καθαρές Α
	Reagent blank	0,002	0,000	0,002	0,003
	Reagent blank	0,003	0,000	0,003	
	Reagent blank	0,003	0,000	0,003	
Υγιές	10 μl τυφλό				
	10 μl δείγμα				
	25 μl τυφλό				
	25 μl δείγμα				
	50 μl τυφλό	0,251	0,218	0,033	0,092
	50 μl δείγμα	0,309	0,181	0,128	
	100 μl τυφλό	0,408	0,355	0,053	0,181
	100 μl δείγμα	0,590	0,353	0,237	
	200 μl τυφλό	0,837	0,729	0,108	0,351
200 μl δείγμα	1,161	0,699	0,462		
Προσβεβλημένο					
	50 μl τυφλό	0,259	0,226	0,033	0,103
	50 μl δείγμα	0,362	0,223	0,139	
	100 μl τυφλό	0,484	0,422	0,062	0,198
	100 μl δείγμα	0,722	0,459	0,263	
200 μl τυφλό	0,978	0,854	0,124	0,349	
200 μl δείγμα	1,298	0,822	0,476		

2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ/ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Δείγμα	TBARS/gr v.β. (nmoles/gr v.β.)		TBARS/mgr πρωτ (nmoles/mgr)		TBARS/gr ξ.β. (nmoles/gr ξ.β.)	
Control 19/6/12	43,28	100%	1,21	100%	268	100%
Infected (10.000) 19/6/12	38,70	89,4%	1,21	99,3%	303	113,1%
Control 20/6/12	51,01	100%	1,46	100%	364	100%
Infected (10.000) 20/6/12	63,92	125,3%	1,45	99,5%	627	172%

Από τις δύο δοκιμές δε διαπιστώθηκε σαφής επίδραση της προσβολής φυτών τομάτας με νηματώδεις, στην υπεροξειδωση λιπιδίων στα φύλλα του φυτού. Ωστόσο η διαπίστωση αυτή αφορά μόνο πληθυσμούς της τάξης των 1000 ατόμων.

Επίδραση διαπιστώνεται μόνο όταν τα αποτελέσματα εκφράζονται ανά gr ξηρού βάρους αλλά χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση με μεγαλύτερους πληθυσμούς νηματωδών.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

- 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. Techn. 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.
- Caviness, 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.** Role 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, identification and control of plant parasitic nematodes. *In: Evans, K. & Trudgill, D.L. & Webster, J.M. (Eds): Plant parasitic nematodes in temperate 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 *Xiphinema*, *Longidorus*, *Trichodorus* and *Heterodera* spp. *Soil Biol. Biochem.* I. 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.
- Karsen, 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 assesement 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. & Dalmasso, A. 1975.** Considerations on the genus *Xiphinema* Cobb, 1919 (Nematoda: Longidoridae) and a <<lattice>> 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 Massachusetts. *Plant Dis. Repr.* 50, 548-586.
- Pitcher, R.S. 1965.** Interrelationships 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. medit.* 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 Hunan. Department of Geography, Hunan Normal Univ. Hunan, China, *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* 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.

Ελληνική

- Δαρδαβάκης, Μ. 1993.** Συστηματική Βοτανική. Τόμος 1, Εκδόσεις Σαλονικίδης.
- Ηλιόπουλος, Α.Γ. 1997.** Φυτοπροστασία II. Γεωργική Εντομολογία-Ζωολογία. Σελ. 131-147.
- Ηλιόπουλος, Α.Γ. 1999.** Φυτοπροστασία I. 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.
- Κύρου, Ν.Χ. 1979.** Ζημίες επί της φυτικής παραγωγής από προσβολές φυτοπαρασίτων νηματωδών. Γεωργ. Έρευνα Υπ. Γεωργίας. Τ. 3, 416-422.
- Κύρου, Ν.Χ. 2004.** Φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις. 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 ΙΙ.
- 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.