



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«ΦΥΤΟΠΑΡΑΣΙΤΙΚΟΙ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ
ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ – ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ - ΒΙΟΛΟΓΙΑ»**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΜΑΡΙΝΑΚΗΣ ΝΙΚΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ: ΜΑΡΑΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2009**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΦΥΤΟΠΑΡΑΣΙΤΙΚΟΙ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ.....	1
Εισαγωγή.....	4
Ιστορικό	6
Οικονομική σημασία των Φυτοπαράσιτων Νηματωδών	8
Ονοματολογία	10
Γενικά χαρακτηριστικά	11
ΒΙΟΛΟΓΙΑ - ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ.....	13
Ο Βιολογικός κύκλος των Φυτοπαράσιτων Νηματωδών	13
Διάρκεια ζωής των Φυτοπαράσιτων Νηματωδών.....	16
Νηματώδεις και φυτά ξενιστές	17
Πυκνότητα πληθυσμών - Ικανότητα αναπαραγωγής	18
Διατροφή – Παρασιτισμός.....	19
Ενδοπαράσιτοι και εκτοπαράσιτοι Νηματώδεις	20
Κίνηση των Νηματωδών	21
Παράγοντες που επιδρούν στην κίνηση στο έδαφος	22
Παράγοντες που επιδρούν στην κίνηση πάνω από το έδαφος.....	23
Κατακόρυφη διάδοση στο έδαφος	24
Γεωγραφική διάδοση	25
Γενετική – Αναπαραγωγή	27
Αλληλεπίδραση φυτοπαράσιτων νηματωδών σε άλλα παθογόνα	28
Νηματώδεις με φυτοπαρασιτική και μη δράση.....	29
Συμπτώματα προσβολής και δυνατότητες βελτίωσης των προσβεβλημένων φυτών	30
Διασπορά των Νηματωδών	32
Τεχνική δειγματοληψίας εδάφους – ριζών	33
ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ.....	35
Καταπολέμηση.....	37
Α. Φυσικές μέθοδοι - Καλλιεργητικά μέτρα	37
Β. Βιολογική καταπολέμηση	43

Γ. Χημική καταπολέμηση	47
ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ – ΑΝΑΤΟΜΙΑ.....	49
Σωματικό περίβλημα (Body wall)	53
Επιδερμίδιο (εφυμενίδα)	53
Υποδερμίδα (υπόδερμα).....	54
Μυϊκό Σύστημα	54
Κεφαλή	56
Πεπτικό σύστημα	61
Νευρικό σύστημα.....	65
Αισθητήρια Όργανα	66
Συμπληρωματικά όργανα (Supplementary organs)	68
Απεκκριτικό Σύστημα.....	72
Όργανο Z (Z organ)	73
Αναπαραγωγικό Σύστημα.....	74
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	77

ΦΥΤΟΠΑΡΑΣΙΤΙΚΟΙ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ

Εισαγωγή

Η λέξη Νηματώδης, (Nematoda ή Nematelminthes) προήλθε από την ελληνική λέξη «νήμα» (**thread ή threatworms**). Οι νηματώδεις ανήκουν στο Ζωικό Βασίλειο, Υποβασίλειο Metazoa **Φύλον Nemata** Cobb 1919 (Chitwood, Filipjev et al., 1959) και αποτελούν την πολυπληθέστερη και πιο ευμετάβολη ομάδα από τα Μετάζωα, μετά τα Αρθρόποδα.

Η διάδοσή τους στη γη είναι ευρεία από τη δυνατότητα που έχουν να προσαρμόζονται και να ζουν λόγω της εσωτερικής και εξωτερικής μορφολογίας τους, όπου μπορεί να υπάρξει ζωή (Hirschmann, 1960).

Αυτοί οι λεπτοί και δραστήριοι σκωληκόμορφοι μικροοργανισμοί συναντώνται στο έδαφος στα γλυκά, θαλάσσια ή υφάλμυρα νερά, όπου υπάρχει οργανική ουσία, με ελεύθερη διαβίωση ή ως ζωικά ή φυτικά παράσιτα.

Οι νηματώδεις σαν φυτικά παράσιτα διαβιούν στο έδαφος τριγύρω από τις ρίζες των φυτών και αποτελούν πολλές φορές ένα σπουδαίο περιοριστικό παράγοντα της ανάπτυξης και της παραγωγής των φυτών με ευρεία διάδοση σ' όλο τον κόσμο (Dao, et al., 1970). Προσβάλλουν όλες γενικά τις καλλιέργειες προκαλώντας ζημιές που μακροσκοπικά μπορούν εύκολα να αποδοθούν σε άλλα παθογόνα ή άλλα αίτια.

Τα τελευταία χρόνια έχει αποδειχθεί η μεγάλη οικονομική σημασία αυτών των παρασίτων σε πολλές περιοχές της χώρας μας, από τις ζημιές που προκαλούν στις διάφορες καλλιέργειες. Συχνά παρατηρούνται προσβολές από διάφορα γένη και είδη νηματωδών, σε σπορεία, κηπευτικές και ανθοκομικές καλλιέργειες, θερμοκήπια ή στον αγρό, και σε φυτώρια ή οπωρώνες.

Οι πιο συχνές με οικονομικό ενδιαφέρον προσβολές, οφείλονται στους νηματώδεις των ριζοκόμβων του γένους *Meloidogyne*, (root-knot nematodes) ή νηματώδεις του εξοιδητικού των ριζών, (Τριανταφύλλου, 1960) και στους κυστογόνους των γενών *Heterodera-Globodera* (cyst nematodes). Είδη *Meloidogyne*, που προκαλούν στις ρίζες εξογκώματα, το γνωστό πατάτιασμα,

όταν βρεθούν σε ευνοϊκές συνθήκες, όπως είναι αυτές που επικρατούν για πολύ χρόνο στα θερμοκήπια, και δεν καταπολεμηθούν μπορούν όχι μόνο να μειώσουν την παραγωγή αλλά να καταστρέψουν την καλλιέργεια. Παρόμοιες ζημιές παρουσιάζονται συχνά στα ζαχαρότευτλα, στον καπνό και μάλιστα σε αγρούς, που καλλιεργούνται για πολλά χρόνια με τις ίδιες ευπαθείς καλλιέργειες. Από τους νηματώδεις των ριζοκόμβων, καθώς και από άλλα είδη έχουμε συχνά προβλήματα στα φυτώρια των οπωροφόρων δένδρων, στους οπωρώνες, και σε άλλες καλλιέργειες αφού μόνον οι νηματώδεις *Meloidogyne* προσβάλλουν γύρω στα 2.000 καλλιεργούμενα και μη φυτά.

Σοβαρές επίσης ζημιές προκαλούνται συχνά σε ορισμένες καλλιέργειες από τους κυστογόνους νηματώδεις. Έτσι η πατάτα προσβάλλεται από τον χρυσονηματώδη του γένους *Globodera* (*G. rostochiensis*). Στις περιπτώσεις αυτές τα φυτά παρουσιάζονται κατά κηλίδες χλωρωτικά, με αραιή, χαμηλή βλάστηση και τελικά όταν η προσβολή προχωρήσει, τα πατατόφυτα χάνονται και τη θέση τους παίρνουν τα αγριόχορτα. Παρόμοια σχεδόν συμπτώματα με ανάλογες ζημιές προκαλούνται στα ζαχαρότευτλα από τον κυστογόνο νηματώδη του γένους *Heterodera*, (*H. schachtii*) καθώς και στα σιτηρά από τον *H. avenae*. Πολύ γνωστός είναι επίσης και ο νηματώδης του σίτου (*Anguina tritici*) που προκαλεί καρουλιάσματα και συστροφές στα φύλλα του σίτου και αργότερα προσβάλλει τους σάχχεις και τους κόκκους με αποτέλεσμα την σοβαρή μείωση της παραγωγής ή και την εκμηδένισή της. Εάν στα παραπάνω προστεθεί και η δυνατότητα, που έχουν ορισμένοι νηματώδεις να ενεργούν σαν φορείς διαφόρων ιών (*Longidoridae*), τότε μπορεί να γίνει μια καλύτερη εκτίμηση, του πόσο επιζήμια μπορεί να γίνουν αυτά τα παράσιτα (Powell, 1971; Pitcher, 1965; Πολυχρονόπουλος, 1970).

Σήμερα με την έρευνα και εκπαίδευση αντιμετωπίζονται με επιτυχία ορισμένοι νηματώδεις. Η επιλογή των πιο κατάλληλων μεθόδων για την έγκαιρη και σωστή διάγνωση και αντιμετώπισή τους σ' ένα σύστημα ολοκληρωμένης καταπολέμησης είναι έργο ειδικά εκπαιδευμένων νηματολόγων.

Οι μέθοδοι αυτές πρέπει να είναι αποτελεσματικές, οικονομικές και με την μικρότερη κατά το δυνατό δυσμενή επίδραση στο περιβάλλον.

Ιστορικό

Η γνώση της ύπαρξης των νηματωδών είναι τόσο παλιά όσο και η ιστορία του ανθρώπου. Οι νηματώδεις σαν ζωικά παράσιτα αναφέρονται στις πρώτες Αιγυπτιακές γραφές 4.000 χρόνια π.Χ. Το *Dracunculus medinensis* είναι ένα από τα ζωικά παράσιτα, που περιλαμβάνονται στις πρώτες ζωολογικές ανακοινώσεις. Προσβάλλει το ανθρώπινο σώμα και ιδιαίτερα τα πόδια και τους βραχίονες προκαλώντας φλεγμονές και έντονους πόνους. Οι νηματώδεις των ζώων ήταν γνωστοί από την εποχή του Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.) (Storer and Usinger, 1965), στους μετέπειτα αιώνες αναφέρονται από διάφορους συγγραφείς στην ιατρική και ζωολογία.

Η ύπαρξη αντίθετα των φυτοπαράσιτων νηματωδών ήταν άγνωστη μέχρι τον 17^ο αιώνα. Και αυτό λόγω του μικροσκοπικού τους μεγέθους (0,3 - 10 mm) και του τρόπου διαβίωσης, μέσα στο έδαφος ή μέσα και έξω από τους φυτικούς ιστούς. Η πρώτη θετική αναγνώριση τους έγινε από τον Needham (1743)*, 100 χρόνια μετά την ανακάλυψη του μικροσκοπίου, ο οποίος βρήκε και περιέγραψε τον νηματώδη του σιταριού, τον γνωστό σήμερα *Anguina tritici*. Το γεγονός αυτό αποτέλεσε την πρώτη αποδεδειγμένη καταγραφή ότι οι νηματώδεις μπορούν να προκαλέσουν ασθένεια στα φυτά.

Η σχετική ανακοίνωση, που έγινε προς τον Πρόεδρο της Αυτοκρατορικής Εταιρείας του Λονδίνου στις 22 Δεκεμβρίου 1743 αναφέρει τα εξής: «Όταν μικρές μαύρες σποροκηκίδες σίτου τοποθετούνται στο νερό, πολλές ίνες στις κηκίδες, φανερά δίχως ζωή αρχίζουν να κινούνται και να μεταναστεύουν μέσα στο νερό».

Η ανάπτυξη της Νηματολογίας στη Μ, Βρετανία καθώς και σε άλλες χώρες της Ευρώπης (Γερμανία, Ολλανδία, Ρωσία κλπ.) άρχισε με τη διαπίστωση της ζημιογόνου δράσης ορισμένων φυτοπαράσιτων νηματωδών κατά το τέλος του 19^{ου} αιώνα. Το 1885 ο Berkeley βρήκε και προσδιόρισε στην Αγγλία σε καλλιέργεια αγγουριών σε θερμοκήπια, τον γνωστό σήμερα νηματώδη των ριζοκόμβων (*Meloidogyne* Spp.) Το 1850 ο Schacht διαπίστωσε στη Γερμανία τη ζημιογόνο δράση του νηματώδη των ζαχαρότευτλων, που έγινε αιτία να κλείσουν πολλές ζαχαροβιομηχανίες στη Γερμανία και που αργότερα προσδιορίστηκε από τον Schmidt με το όνομα *Heterodera schachtii*.

Στις Η.Π.Α. το ενδιαφέρον για την μελέτη των νηματωδών, πριν τον 19^ο αιώνα ήταν περιορισμένο. Μετά το 1900 και ιδιαίτερα η περίοδος μεταξύ 1945-1955 χαρακτηρίζεται σαν εποχή πραγματικής έναρξης και ανάπτυξης μιας σύγχρονης επιστήμης που οικονομικά ενισχυμένη ασχολείται με τους φυτοπαράσιτους νηματώδεις. Ήταν η περίοδος που το ύψος της γεωργικής παραγωγής και οι ζημιές από τους νηματώδεις υποχρέωσε την λήψη μέτρων καταπολέμησης. Το 1910 ιδρύεται στις Η.Π.Α. η Helminthological Society της Ουάσινγκτον, με σκοπό την προώθηση ερευνητικών εργασιών στον κλάδο της Ελμινθολογίας, που μελετά τους παρασιτικούς νηματώδεις του ανθρώπου και των ζώων και της Νηματολογίας, που μελετά τους φυτοπαράσιτους νηματώδεις.

Η περίοδος αυτή σχετίζεται με τη πρακτική εφαρμογή και διάδοση χημικών ουσιών στη καταπολέμηση του χρυσονηματώδη της πατάτας *G. rostochiensis* σε μεγάλες περιοχές της Αμερικής, τη διαπίστωση της καταστρεπτικής δράσης του *Radopholus similis* στα εσπεριδοειδή της Φλώριδας, τις ζημιές από εκτο και ενδοπαράσιτους νηματώδεις στα διάφορα φυτικά είδη, την αναγνώριση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των νηματωδών και άλλων παθογόνων φερομένων δια του εδάφους καθώς και με την απώλεια της ανθεκτικότητας στις ασθένειες και τη διαπίστωση μετάδοσης ιώσεων από τους νηματώδεις (Thorne, 1961; Mai, 1971).

Αποτέλεσμα της μεγάλης σημασίας αυτών των παρασίτων για τη γεωργία και την Εθνική οικονομία ήταν ο κλάδος αυτός να πάρει την πρέπουσα θέση στις περισσότερες χώρες του κόσμου, και ιδιαίτερα σε θερμές περιοχές, σε εδάφη με εντατική καλλιέργεια για μακρές περιόδους.

**Needham, T. 1743 A letter concerning certain chalky tubulous concretions called malm; with some microscopical observations on the farina of the red lily, and on worms discovered in smatty corn. Philos Trans. Roy.Soc. 42:173, 174,634-641.*



Εικόνα 1 - *Heterodera schachtii*

Οικονομική σημασία των Φυτοπαράσιτων Νηματωδών

Οι προκαλούμενες ζημιές από τους νηματώδεις οφείλονται είτε στην απευθείας δράση τους ή σε συνδυασμό με άλλα παθογόνα καθώς και στην προδιάθεση των φυτών σε τροφοπενίες και σε συνθήκες ψύχους και ξηρασίας. Στις ΗΠΑ το εκτιμηθέν ποσοστό % των ζημιών από τους νηματώδεις στις διάφορες κατηγορίες καλλιεργούμενων φυτικών ειδών έχει ως εξής - ΗΠΑ, 1970.

Οι παραπάνω απώλειες αναφέρονται (σε χιλιάδες \$ 1.590.696) σε μέσης έκτασης παραγωγή (1962-1968) σε (χιλιάδες acres 259.211) μέσης αξίας παραγωγής (1967-1968) σε χιλιάδες \$ 22.039.911 (Society of Nematologists 1971). Το σύνολο των ετήσιων απωλειών απ' όλες τις ασθένειες των καλλιεργειών στις Η.Π.Α. ξεπερνά τα δύο δισεκατομμύρια δολάρια, μέρος των οποίων αποδίδεται στην άμεση ή έμμεση δράση των νηματωδών (Mai, 1971) π.χ. μόνο στο βαμβάκι οι ετήσιες ζημιές από τους νηματώδεις στις Η.Π.Α. ανέρχονται σε 53 εκατομμύρια \$. Ο *Pratylenchus vulnus* στις καρυδιές της Καλιφόρνιας προκαλεί ζημιές μισό εκατομμύριο δολάρια. Στην Αγγλία και Ουαλία το 1949 οι ζημιές στη πατάτα από τον *Globodera rostochiensis*, ήταν της τάξεως των 200.000 τόνων αξίας 2 εκατομμυρίων λιρών Αγγλίας.

Πολλά είδη νηματωδών, όπως *H. schachtii*, *G. rostochiensis*, *R. similis*, *Meloidogyne* spp. είναι προσαρμοσμένα σε περιβάλλοντα όπου ευδοκιμούν οι

κυρίως ξενιστές τους, που αντίστοιχα είναι τα ζαχαρότευτλα, η πατάτα, τα εσπεριδοειδή η μπανάνα και για τα *Meloidogynes* πλήθος καλλιεργούμενων και μη φυτών αλλά κυρίως κηπευτικών και βιομηχανικών όπως καπνός, βαμβάκι, ζαχαρότευτλα.

Η μείωση των αποδόσεων και η ποιοτική υποβάθμιση δύσκολα μπορούν να εκτιμηθούν και να αποδοθούν επακριβώς στους νηματώδεις. Πάντως τα καλά αποτελέσματα της χημικής καταπολέμησης μαρτυρούν τη μεγάλη συμμετοχή των νηματωδών στα ποσοστά των ζημιών και των απωλειών (Wallace, 1963; Mai, 1971) (Soc. Nematologists 1971). Στη χώρα μας τα αποτελέσματα από τη χρήση σκευασμάτων μικρού και μεγάλου φάσματος αποδεικνύουν πολλές φορές την σοβαρή συμμετοχή των νηματωδών στη μείωση των αποδόσεων καλλιεργειών υψηλής προσόδου σε ποσοστά 5-50% (Κύρου, 1979).

Σ' αυτήν την εργασία περιλαμβάνονται ορισμένα αντιπροσωπευτικά γένη ή και είδη νηματωδών που συναντούν οι ασχολούμενοι με τις καλλιέργειες και το έδαφος κυρίως στο χώρο της Β. Ελλάδας. Προσδιορισμοί φυτοπαράσιτων νηματωδών έχουν γίνει και σε άλλες περιοχές της χώρας μας (Hirschmann et al., 1966; Κολιοπάνος, Καλυβιώτου, 1979).

Κατηγορία Καλλιέργειας	1962-68 M.o. Acres (σε χιλιάδες Acres)	1967-68 M.o. Αξίας παραγωγής (σε χιλιάδες \$)	Εκτίμηση απωλειών %	Εκτίμηση απωλειών σε γεωργική αξία (σε χιλιάδες \$)	Εκτίμηση ζημιών ανά acre (=4 στρ.) σε \$
Φυτά Μεγάλης Καλλιέργειας (16 είδη)	250.884	17.172.937	6	1.038.743	\$ 4,44
Οπωροφόρα - Καρυδιές (23 είδη)	3.150	1900.456	12	225.146	\$ 71,95
Κηπευτικά (24 είδη)	4.975	2.368.382	11	266.989	\$ 53,65
Καλλωπιστικά (όλα τα είδη)	212	598.136	10	59.818	\$ 281,80
Σύνολα	259.221	22.039.911		1.590.696	

Ονοματολογία

Η λέξη Νηματώδης, (Nematoda ή Nematelminthes) όπως προαναφέρθηκε προήλθε από την ελληνική λέξη «νήμα» (*thread* ή *threadworms*). Η λέξη *nema* (νήμα) υπήρξε για χιλιάδες χρόνια μια εύχρηστη ελληνική λέξη (συνώνυμη των αγγλικών λέξεων «yarn ή thread») που εισήχθη αναλλοίωτη στη Λατινική και αποτέλεσε το συνθετικό μεγάλου αριθμού αγγλικών λέξεων, που συναντιούνται σε πολλά λεξικά. Η λέξη αυτή που σημαίνει ένα nematoid ή nematode (νηματώδη) χρησιμοποιήθηκε μερικά χρόνια σε δημοσιεύσεις και η χρήση της αναμφίβολα πήρε μεγάλη έκταση επειδή αφεαυτής διευκολύνει πολύ τον σχηματισμό ευφώνων παραγώγων με επακριβή και φανερή έννοια-λέξεις ευρέως χρήσιμες στη παρασιτολογία και ιατρική. Nematology, Nematologist κ.λ.π. είναι λέξεις που έχουν πλέον καθιερωθεί τόσο από το USDA όσο και από την Helminthological Society της Ουάσιγκτον καθώς και στα Διεθνή Συνέδρια. Η χρήση στην Αγγλική της λέξης *nema* (νήμα) χρησιμοποιείται από γενεές φιλολογικών φυσιοδιφών επινοηθείσα σαν πρώτο συνθετικό των λέξεων *rontonema* «seanema» *ichthyonema* «fish nema» κλπ.

Πρακτικά σαν παράγωγα της λέξης νήμα (*nema*) χρησιμοποιούνται τα Nematology (Νηματολογία), Nematologist (Νηματολόγος) Nematize ή Nematization (μόλυνση ή προσβολή από νηματώδεις) Denematize (Απονηματώνω) Nematicide (Νηματοκτόνο), Nematosis (Νημάτωση) (=ασθένεια προκαλούμενη από νηματώδη, Nema ή Nematode (Νηματώδης σκώληξ) (Chitwood 1957). Οι παραπάνω εκλατινισθέντες όροι, που σαν εύφωνα παράγωγα καθιερώθηκαν διεθνώς, είναι επιστημονικά ορθοί και σύμφωνοι με τους κανόνες του Διεθνή Κώδικα Ζωολογικής Ονοματολογίας (International Rules of Zoological Nomenclature 1961) κατά τους οποίους για την ονομασία των ανωτέρω του «είδους» ταξινομικών μονάδων των ζώων χρησιμοποιούνται ονόματα ουσιαστικά της αρχαίας ελληνικής ή λατινικής γλώσσας, μη αποκλεισμένης της χρήσης επιθέτων για το «είδος».

Το φύλον *Nemata-Nemates* (Cobb, 1919) προέρχεται από το ελληνικό ουσιαστικό νήμα, νήματος (*nema-nemat-os*) που χρησιμοποιείται μεταφορικά δίδοντας μεγαλύτερη έμφαση παρά το επίθετο νηματώδης-ους (Cobb 1932). Το Nematoda που αποτελεί μη αποδεκτό συνώνυμο του φύλου προέρχεται

από το επίθετο νηματώδης-ους (Chitwood, 1957) εξ ου και τα χρησιμοποιούμενα από μερικούς μη εύχρηστα και μη εύφωνα παράγωγα Νηματω-δολογία, Νηματω-δολόγος, Νηματω-δοκτόνο που δεν αντιστοιχούν στους διεθνείς όρους και ορισμένοι δεν αποδίδονται παρά μόνο περιφραστικώς. Το μόνο κοινό χαρακτηριστικό από τους κατά καιρούς προταθέντας ονοματολογικούς προσδιορισμούς είναι «*Nema*» με παράλληλη μερική χρήση «*Νηματέλμινθες*».

Όθεν η προταθείσα ονομασία του φύλου *Nemata* από τον Cobb (1919, 1932) έχει προτεραιότητα είναι σαφής και συνεπώς θα πρέπει να γίνει αποδεκτή (Maggenti et al., 1987) καθώς και τα παράγωγα της στην ελληνική. Αυτά άλλωστε καθιερώθηκαν μετά από πολλές δημοσιεύσεις, συγγράμματα και μεταφράσεις (Κουέας, 1960, Della Beffa-Καραμάνος και Μαρσέλλος, 1962), Λεξικό φυτοπαθολογικών όρων (Ζάχος και άλλοι, 1984).

Γενικά χαρακτηριστικά

Οι περισσότεροι φυτοπαράσιτοι νηματώδεις έχουν σώμα λεπτό, σκωληκόμορφο σχεδόν διαφανές, που προστατεύεται από ανθεκτική επιδερμίδα. Το μήκος του σώματος των περισσοτέρων κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 2 mm. Σε μερικά είδη ενώ οι αρσενικοί διατηρούν το σκωληκόμορφο σχήμα τους, οι θηλυκοί καθώς αναπτύσσονται διογκώνονται και παίρνουν διάφορα σχήματα. Στην περίπτωση του νηματώδη του σιταριού *Anguina tritici* σ' ένα προσβεβλημένο κόκκο βρέθηκαν 32.400 άτομα (νύμφες 2^{ου} σταδίου).

Πολλές φορές οι νύμφες αποκαλούνται προνύμφες επειδή δε διαφέρουν ουσιαστικά από τα ανεπτυγμένα άτομα (προνύμφες) παρά μόνο ως προς το αναπαραγωγικό σύστημα, που αυτό εξελίσσεται κατά τα 4 προνυμφικά στάδια. Γενικά το σώμα των νηματωδών εξωτερικά καλύπτεται από το επιδερμίδιο (**cuticle**) κάτω από το οποίο βρίσκεται η υποδερμίδα (**sabcuticle**) και το μυϊκό στρώμα.

- Το μυϊκό σύστημα αποτελείται από επιμηκυσμένους και ειδικευμένους μύες.
- Το πεπτικό σύστημα αποτελείται από τον οισοφάγο, τους αδένες πέψης και το έντερο, που καταλήγει στο θηλυκό στην έδρα και στο αρσενικό στην αμάρα.

- Το αναπαραγωγικό σύστημα στα αρσενικά άτομα αποτελείται από όρχεις και τις συζευκτικές άκανθες και στα θηλυκά από τις ωοθήκες, μήτρα, κόλπο και γεννητικό άνοιγμα.
- Το σύστημα έκκρισης είναι ένα αδενωτό και ένα σωληνωτό όργανο.
- Το νευρικό σύστημα έχει δύο κύρια κέντρα, ένα στην περιοχή του οισοφάγου και ένα στην περιοχή του απευθυσμένου, που συνδέονται μεταξύ τους με ένα δακτύλιο.

Οι νηματώδεις δεν έχουν σκελετό ούτε εξωτερικές προσαρτήσεις, τρίχες άκρα. Δεν έχουν οφθαλμούς, αυτιά καθώς και αναπνευστικό σύστημα. Το ρόλο των αισθητήριων οργάνων παίζουν νευρικές απολήξεις, με μορφή κυρίως αισθητηρίων θηλών, που βρίσκονται συνήθως στο πρόσθιο και οπίσθιο μέρος του σώματος.

Το σώμα των νηματωδών προστατεύεται κάπως από την επιδερμίδα, αλλά μεγάλη προστασία τους δίδει το περιβάλλον που ζουν. Σπάνια είναι εκτεθειμένοι στον κίνδυνο των φαρμάκων, τόσο στην επιφάνεια του εδάφους, όσο και στην επιφάνεια των φύλλων, όπως μερικά έντομα (μελίγκρες, κάμπιες) ή τα σπόρια μερικών μυκήτων (περονόσπορο, κερκόσπορες, ωΐδια).



Εικόνα 2 - *Anguina tritici*

ΒΙΟΛΟΓΙΑ - ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Ο Βιολογικός κύκλος των Φυτοπαράσιτων Νηματώδων

Ο θηλυκός νηματώδης, ανάλογα με το είδος γεννά τα αυγά του μέσα ή έξω από τις ρίζες των φυτών. Με το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου και την μάρανση των φυτών τα αυγά παραμένουν μέσα στις νεκρές ρίζες ή στο έδαφος.

Κάθε φυτοπαράσιτος θηλυκός νηματώδης γεννά πολλά αυγά κυρίως μετά από διασταύρωση αρσενικών και θηλυκών ατόμων (αμφιμικτικά).

Ο αριθμός των αυγών εξαρτάται από το είδος του νηματώδη και κυμαίνεται από 100 ή και λιγότερα μέχρι 2000 ή και περισσότερα π.χ. οι κυστογόνοι νηματώδεις της πατάτας ή των ζαχαρότευτλων γεννούν γύρω στα 500-600 αυγά, Οι νηματώδεις των ριζοκόμβων (μ. όρο 200-500) αλλά και μέχρι 2000, ο νηματώδης του σιταριού μέχρι 2000 ή και περισσότερα.

Τα αυγά έχουν σχετικά ανθεκτικό κέλυφος που προστατεύει τον μικρό νηματώδη (νύμφη) από τις δυσμενείς συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον. Για ορισμένα είδη τα αυγά μπορεί να μείνουν στον αγρό για πολλούς μήνες ή και για χρόνια ακόμη, όπως στους κυστογόνους νηματώδεις της πατάτας και των ζαχαρότευτλων, προστατευμένα στο μητρικό σώμα που μετατρέπεται σε ανθεκτική κύστη.

Το νερό μόνο του ή με τις ουσίες που μεταφέρει από τις ρίζες των φυτών της νέας καλλιέργειας, που είναι ξενιστές τους προκαλεί την εκκόλαψη των αυγών. Οι νύμφες μόλις εκκολαφθούν, κινούνται μέσα σε λεπτή μεμβράνη νερού προς τις ρίζες των φυτών ξενιστών, τις τρυπούν με το στιλέτο τους και αρχίζουν να τρέφονται χωμένοι μέσα στον ριζικό ιστό ή έξω από αυτόν, ανάλογα με το είδος (ενδοπαράσιτοι, ημιενδοπαράσιτοι, εκτοπαράσιτοι).

Οι μικροί νηματώδεις τρέφονται, μεγαλώνουν και αφού υποστούν συνολικά 4 εκδύσεις, διαμέσου των οποίων εξελίσσεται το αναπαραγωγικό τους σύστημα, παίρνουν την τελική τους ανάπτυξη και πολλαπλασιάζονται. Η πρώτη έκδυση γίνεται συνήθως μέσα στο αυγό, πριν την εκκόλαψη.

Οι νύμφες του γένους των ριζοκόμβων (*Meloidogyne* Spp.) αφού υποστούν μέσα στο αυγό μια αποδερμάτωση (έκδυση), εκκολάπτονται και διαπερνούν με το στιλέτο τους τα λεπτά ριζίδια του ξενιστή φυτού τρεφόμενες για αρκετό καιρό σαν ενδοπαράσιτα σε γιγαντιαία κοινά κύτταρα που δεν έχουν σχέση με τα προκαλούμενα εξογκώματα. Οι νύμφες που θα εξελιχθούν σε θηλυκά αλλάζουν διάπλαση και από σκωληκόμορφες, μετατρέπονται σε κύστεις με λευκό μαργαριταρένιο χρώμα ενώ οι αρσενικοί αναπτύσσονται ενδοπαρασιτικά και εγκαταλείπουν τις ρίζες σαν τέλεια άτομα, με σκωλικόμορφη διάπλαση, προς αναζήτηση των θηλυκών.

Τα ανεπτυγμένα θηλυκά εναποθέτουν τα αυγά τους σε μια ζελατινώδη μάζα (ωοσάκκο) συνήθως έξω από τον ριζικό ιστό. Σε μερικές περιπτώσεις συνδυασμού ξενιστών φυτών και σε περιπτώσεις πολλαπλών εξογκωμάτων είναι δυνατό να βρεθούν αυγά καθ' ολοκληρία μέσα στο ριζικό ιστό. Το ζελατινώδες υλικό φυσιολογικά είναι άχρωμο και με την πάροδο του χρόνου παίρνει σκοτεινό χρωματισμό ενώ το σώμα των λευκών θηλυκών αποσυντίθεται γρήγορα. Αντίθετα, οι νύμφες των *Heterodera* και *Globodera* που θα εξελιχθούν σε θηλυκά άτομα, με την πάροδο του χρόνου, διογκώνονται σαν ενδοπαράσιτα και μετατρέπονται σε ανθεκτικές κύστεις, που ανάλογα του είδους παίρνουν διάφορους ενδιάμεσους χρωματισμούς, κίτρινο χρυσαφί.

Οι κύστεις αυτές παίρνοντας την τελική τους ανάπτυξη θραύουν τον ριζικό ιστό και εξέρχονται ως εκτοπαράσιτα στην επιφάνεια των ριζιδίων. Εκεί το μητρικό σώμα μετατρέπεται σε ανθεκτική δερματοποιημένη κύστη και γεμάτη αυγά (500-600) αποσπάται και πέφτει στο έδαφος, προφυλάσσοντας τα αυγά με τις νύμφες για μακρύ χρονικό διάστημα.

Ορισμένα είδη στη διάρκεια μιας καλλιεργητικής περιόδου μπορούν να παρουσιάσουν πολλές γενιές (νηματώδεις ριζοκόμβων, ο νηματώδης των ζαχαρότευτλων) ενώ άλλα μόνο μια (χρυσονηματώδης της πατάτας, νηματώδης των σιτηρών). Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος (Πίνακας 1).

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

*Wallace, 1963, **Κύρου, 1976

Από τα παραπάνω αποτελέσματα βγαίνουν δύο κύρια συμπεράσματα:

1. Παρά τις διαφορετικές συνθήκες του περιβάλλοντος κάτω από τις οποίες μελετήθηκαν οι φυτοπαράσιτοι νηματώδεις, ο χρόνος για την συμπλήρωση του βιολογικού τους κύκλου κυμαίνεται από 20-40 ημέρες.
2. Το περιβάλλον, επιδρά τόσο σημαντικά στην ανάπτυξη, **που αν δεν μελετηθεί ο βιολογικός κύκλος στις άριστες συνθήκες για κάθε είδος, δε μπορούν να γίνουν ακριβείς συγκρίσεις.**

Διάρκεια ζωής των Φυτοπαράσιτων Νηματωδών

Απαραίτητα στοιχεία για την επιβίωση των φυτοπαράσιτων νηματωδών είναι το νερό και το οξυγόνο. Η διάρκεια της ζωής των νηματωδών εξαρτάται και από άλλες συνθήκες, που επικρατούν στο περιβάλλον που ζουν, όπως θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εδάφους, αερισμού, εδαφικού τύπου, ύπαρξης κατάλληλου ξενιστή κλπ. (Πίνακας 2).

Έτσι, σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, κάτω των 10 °C ή πάνω από 30 °C σε χαμηλή ή υπερβολική υγρασία, σε βαρύ αργιλώδες ή σε ελαφρό αμμώδες έδαφος, καθώς και σε έλλειψη κατάλληλων φυτών ξενιστών, οι νηματώδεις περιορίζουν την δραστηριότητά τους ή αδρανοποιούνται τελείως.

Ειδικά για τους νηματώδεις των ριζοκόμβων, που είναι από τους πιο κοινούς, ο βιολογικός τους κύκλος διαρκεί από 21 ημέρες έως πολλούς μήνες, ανάλογα με τη θερμοκρασία και την ύπαρξη ή μη φυτών ξενιστών. Σε θερμοκρασία κοντά στους 26,50 °C η ωρίμανση και η εκκόλαψη γίνεται σε διάστημα 25 ημερών, ενώ σε 16,50 °C σε 87 ημέρες. Οι νηματώδεις των ριζοκόμβων ευνοούνται στις θερινές θερμές περιόδους, ενώ αντίθετα περιορίζουν ή παύουν κάθε δραστηριότητα κατά τις χειμερινές περιόδους, σε εδαφικές θερμοκρασίες κάτω των 13 °C (2-10 °C).

Γενικά η διάρκεια ζωής των νηματωδών μπορεί να κυμαίνεται σε μεγάλα όρια, ανάλογα με τις διάφορες συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον και την ύπαρξη ή μη φυτών ξενιστών. Πάντως είναι ανάγκη να γνωρίζουμε τη διάρκεια της ζωής των νηματωδών στο έδαφος, εάν πρόκειται να τους καταπολεμήσουμε με αλλαγή της καλλιέργειας (αμειψισπορά), ή δίχως καλλιέργεια, αφήνοντας τον αγρό χέρσο (Πίνακας 2).

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

Οι αριθμοί του Πίνακα 2 μπορούν να μεταβληθούν ανάλογα με τις θερμοκρασίες που θα επικρατήσουν στο περιβάλλον, που ζουν οι νηματώδεις.

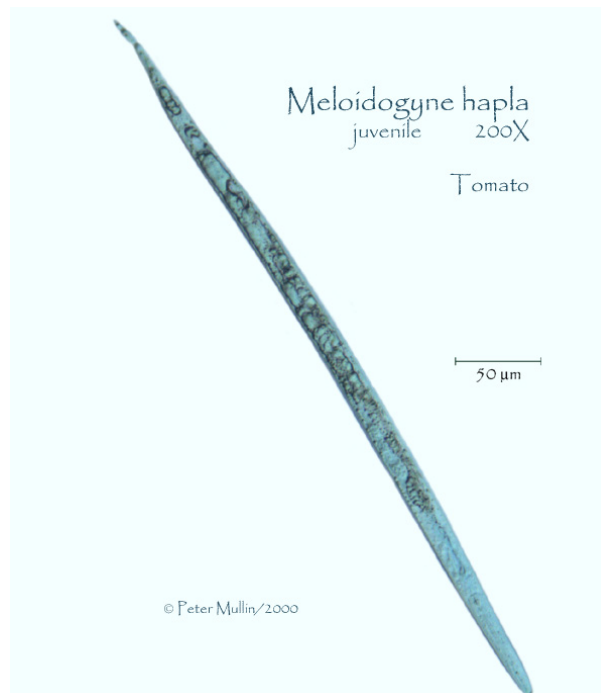
Νηματώδεις και φυτά ξενιστές

Οι φυτοπαράσιτοι νηματώδεις είναι υποχρεωτικά παράσιτα. Μερικοί νηματώδεις μπορούν να τραφούν σε πολλά διαφορετικά είδη φυτών καλλιεργούμενα και μη. Ο νηματώδης των ριζοκόμβων π.χ. έχει περίπου 2.000 ξενιστές, ενώ άλλοι προσβάλλουν ένα πολύ μικρό αριθμό φυτών π.χ. ο χρυσονηματώδης της πατάτας προσβάλλει εκτός από την πατάτα, την τομάτα και μελιτζάνα, ο νηματώδης των σιτηρών προσβάλλει την βρώμη, το σιτάρι και λιγότερο το κριθάρι και την σίκαλη. Ο νηματώδης των ζαχαρότευτλων προσβάλλει φυτά των Οικογενειών *Chenopodiaceae* (ζαχαρότευτλα, τεύτλα κ.α.), *Brassicaceae* (λάχανο, κουνουπίδι, ραπάνι κ.α.), *Apiaceae* (σκιαδανθών) σέλινο, καρότο, *Chenopodiaceae* (σπανάκι) και μεγάλο αριθμό φυτών καλλιεργούμενων και αυτοφυών 19 και πλέον οικογενειών (Filirjeven et al., 1959; Goodey et al., 1965).

Πυκνότητα πληθυσμών - Ικανότητα αναπαραγωγής

Μετρήσεις πληθυσμών νηματωδών, που έγιναν σε καλλιεργούμενα εδάφη μεγάλης γονιμότητας έδωσαν πληθυσμούς μέχρι και 20 χιλιάδες εκατομμύρια στο στρέμμα. Οι περισσότεροι νηματώδεις βρίσκονται στα πάνω στρώματα του εδάφους, σε βάθος 25 έως 40 εκατοστά γύρω από την ριζόσφαιρα. Πολλοί όμως μπορούν να φθάσουν, και σε μεγαλύτερα βάθη γύρω από τις βαθιές φυτικές ρίζες (2,5 έως 3,5 μέτρα) (Wallace, J. 1963). Ο αριθμός των νηματωδών, που προσβάλλουν τις ρίζες των φυτών μπορεί να είναι τεράστιος. Έτσι σ' ένα γραμμάριο ρίζας του ανανά βρέθηκαν 23.800 άτομα από το είδος *Pratylenchus minutus*, σε 10 γραμμάρια ριζών σίκαλης 106.000 άτομα από το είδος *Pratylenchus penetrans*.

Η ικανότης αναπαραγωγής των φυτοπαράσιτων νηματωδών είναι πολλές φορές αξιοσημείωτη. Πληθυσμοί του *Hoplolaimus tylenchiformis* αυξήθηκαν μέσα σε ένα χρόνο στη ριζόσφαιρα βαμβακόφυτων από 500 σε 13.000, ενώ ένα μόνο θηλυκό άτομο του γένους *Meloidogyne*, των ριζοκόμβων μπορεί να παραγάγει περισσότερα από 2.000 αυγά (Williams, 1968). Σε μια σποροκηκίδα σίτου έχουν βρεθεί 30-90.000 αυγά ή νύμφες του *Anguina tritici* (Leukel, 1957; Mai, 1971).



Εικόνα 3 - *Meloidogyne hapla*

Διατροφή – Παρασιτισμός

Οι νηματώδεις του εδάφους ανάλογα με το είδος και τρόπο διατροφής τους ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

1. Σαπροφάγοι που καταβροχθίζουν βακτήρια.
2. Αρπακτικοί που τρέφονται από μεγαλύτερους οργανισμούς.
3. Φυτοπαράσιτοι και ζωοπαράσιτοι.

Το στόμα όλων των φυτοπαράσιτων νηματωδών είναι οπλισμένο με μια επιδερμική κατασκευή σπιλέτο ή δόρυ που το χρησιμοποιούν κατά τη διατροφή τους. Με το σπιλέτο τα παράσιτα τρυπούν τους ιστούς του φυτού και απομυζούν τους χυμούς του, με τη βοήθεια του μυώδη οισοφάγου προκαλώντας ζημιές στις ρίζες, στελέχη, φύλλα και άνθη πολλών φυτών.

Ο μηχανισμός της διατροφής των φυτοπαράσιτων και μερικών αρπακτικών νηματωδών παρουσιάζει τις κάτωθι φάσεις:

- Όταν ο νηματώδης φτάσει στην επιφάνεια της ρίζας αναζητά τριγύρω του κύτταρα, στρέφοντας την κεφαλή με γρήγορες κινήσεις έως ότου η περιοχή των χειλιών του βρει το κατάλληλο σημείο στην επιφάνεια της ρίζας. Φαίνεται ότι στη φάση αυτή ενεργοποιούνται τα αισθητήρια όργανα αφής, και η παραγωγή χημικών διεγερτικών ουσιών, που συμβάλλουν στη πορεία της διατροφής. Στην φάση αυτή πριν διαπεραστεί το κύτταρο, το σώμα του νηματώδη ανυψώνεται φέρνοντας τη κεφαλή και το σπιλέτο σε ορθή γωνία με τη ρίζα. Οπότε αρχίζει η φάση της διείσδυσης στο κύτταρο. Το σπιλέτο τρυπά το τοίχωμα του κυττάρου και η προς τα εμπρός κυματοειδής κίνηση του σώματος συνεχίζει να ωθεί την κεφαλή μέσα στο προσβεβλημένο κύτταρο.
- Την διείσδυση μπορεί να ακολουθήσει μια περίοδος ακινησίας κατά την οποία μέσα στο κύτταρο εκχύνεται ένζυμα.
- Συγχρόνως ενεργοποιείται ο μυώδης οισοφάγος ο οποίος σαν αντλία απορροφά το περιεχόμενο του κυττάρου σε χρόνο, που ποικίλει, από μερικά λεπτά έως μερικές ημέρες, ανάλογα του είδους του νηματώδη.

Η λειτουργία του μυώδη οισοφάγου απαιτεί την γρήγορη άντληση, που γίνεται με συχνότητα 2-24 συσφίξεις το δευτερόλεπτο και με ακριβή συγχρονισμό της μυϊκής συστολής, που επιτυγχάνεται μηχανικά. Επίσης η ταχύτητα της άντλησης σχετίζεται με το άνοιγμα του κεντρικού κοιλώματος του οισοφαγικού αγωγού (lumen). Ο αγωγός αυτός βρίσκεται πάντα σε μια κατάσταση ημιδιαστολής που με την αντοχή της επιδερμίδας στην συμπίεση προκαλεί ένα μηχανισμό στιγμιαίας διαστολής και συστολής «click» (Crofton, 1971).

Ενδοπαράσιτοι και εκτοπαράσιτοι Νηματώδεις

Τους νηματώδεις ανάλογα του τρόπου παρασιτισμού τους διακρίνουμε σε δύο κύριες ομάδες:

1. Σ' αυτούς που ζουν μέσα στο έδαφος και παρασιτούν στα υπόγεια μέρη, του φυτού (ρίζες, βολβούς, κονδύλους, ριζώματα) που είναι και οι περισσότεροι.
2. Σ' αυτούς, που διαβιούν στην επιφάνεια του εδάφους, εισβάλλουν στα φυτά και μεταφέρονται με την ανάπτυξη των φυτών, στα εναέρια μέρη τους, στελέχη, φύλλα, άνθη όπου παρασιτούν (π.χ. *Anguina tritici*, *Aphelenchoides* spp.).

Ο φυτοπαρασιτισμός διαφέρει μεταξύ των διαφόρων ειδών νηματωδών. Μερικά είδη νηματωδών παραμένουν έξω από τους ιστούς του φυτού και παίρνουν την τροφή τους με το σιλέτο, βυθίζοντας το στους ιστούς των φυτών (εκτοπαράσιτοι). Άλλοι τρέφονται και πολλαπλασιάζονται δια μέσου των φυτικών ιστών (ενδοπαράσιτοι) (*Pratylenchus* Spp.).

Οι εκτοπαράσιτοι και ενδοπαράσιτοι διακρίνονται σε μόνιμους και πλάνητες. Οι μόνιμοι αφού εγκατασταθούν σε ένα σημείο του ξενιστή τους παραμένουν εκεί μόνιμα χωρίς να μετακινούνται σε άλλη θέση. Αντίθετα οι πλάνητες μετακινούνται πάνω στον ξενιστή τους από θέση σε θέση ή και από ξενιστή σε ξενιστή.

Κίνηση των Νηματωδών

Ο ρόλος του νερού

Οι νηματώδεις κινούνται με την βοήθεια του μυϊκού τους συστήματος με κυματοειδή κίνηση, σε ελάχιστη ποσότητα νερού μέσα στο έδαφος ή στην επιφάνεια των υπέργειων φυτικών μερών. Μ' αυτόν τον τρόπο οι νύμφες μετά την εκκόλασή τους βρίσκουν στο έδαφος το φυτό-ξενιστή ή μετακινούνται από ρίζα σε ρίζα όπου και διατρέφονται. Γενικά αυτή η κίνηση σπάνια ξεπερνά 1-2 μέτρα το χρόνο, συνήθως περιορίζεται σε μερικά εκατοστά. Το *Radopholus similis* των εσπεριδοειδών υπό ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας μπορεί να κινηθεί και μέχρι 6 μ. το χρόνο (Suit and Du Charme, 1957). Για τους περισσότερους νηματώδεις το νερό παίζει σπουδαιότατο ρόλο τόσο για την κίνηση όσο και για την επιβίωσή τους.

Κανένα είδος δεν μπορεί να μετακινηθεί όταν δεν υπάρχει λεπτή μεμβράνη νερού στο έδαφος ή στην επιφάνεια του φυτού. Στο νερό καθιζάνουν λόγω του βάρους τους εκτός από ορισμένους, συνήθως μη φυτοπαρασιτικούς (*Rhabditida*), που λόγω της ταχείας κίνησης τους αιωρούνται.

Μερικά είδη μόλις χαθεί το νερό και βρεθούν σε ξηρό περιβάλλον στο έδαφος ή στο φυτό σταματούν την δραστηριότητά τους και πεθαίνουν, ενώ άλλα σε ορισμένα στάδια μπορούν να αντέξουν τόσο στην ξηρασία όσο και στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες μένοντας αδρανή για μεγάλη χρονική περίοδο. Έτσι π.χ. ο νηματώδης του στελέχους (*Ditylenchus dipsaci*) μπορεί πριν πάρει τη τελική του ανάπτυξη να επιζήσει σε ξηρό περιβάλλον περισσότερο από 20 χρόνια (Fielding, 1951) ενώ επιβιώνει για 20 λεπτά σε θερμοκρασία 80 °C κάτω από το μηδέν (Bosher and Mckeen, 1954).

Ο Νηματώδης του σιταριού (*Anguina tritici*) μπορεί να επιζήσει μέσα στις σποροκηκίδες του σίτου 23-28 χρόνια (Fielding 1951). Επίσης ο νηματώδης των σιτηρών (*Heterodera avenae*) προέλευσης Χαλκιδικής διατηρεί την ικανότητα προσβολής και αναπαραγωγής παραμένοντας αγκυστωμένος επί 30 μήνες σε εδαφικά δείγματα αποξηραμένα στον αέρα (Κύρου, 1976). Ενώ μετά την πάροδο 18 ετών οι νύμφες 2^{ου} σταδίου αν και διατηρήθηκαν σε άριστη κατάσταση, δεν ήταν ικανές να προσβάλουν και

συνεπώς να αναπαραχθούν στις ρίζες του σιταριού (παρατηρήσεις μη δημοσιευμένες).

Παράγοντες που επιδρούν στην κίνηση στο έδαφος

1. Θερμοκρασία.

Η άριστη θερμοκρασία για τη κίνηση των νηματωδών διαφέρει μεταξύ των διαφόρων ειδών. π.χ. η άριστη θερμοκρασία για τον νηματώδη των ζαχαρότευτλων (*Heterodera schachtii*) είναι περίπου 15 °C, για τον νηματώδη του στελέχους (*Ditylenchus dipsaci*) 15° C - 20° C, για τον *Tylenchorhynchus icarus* περίπου 20 °C. Η κίνηση των ανωτέρω ειδών περιορίζεται σημαντικά στους 30 °C και 10 °C.

2. Υγρασία και μέγεθος πόρων του εδάφους.

Η σχέση μεταξύ της εδαφικής υγρασίας και του μεγέθους των πόρων του εδάφους είναι τόσο στενή ώστε πρέπει να συνυπολογίζεται σε μελέτες που αφορούν την επίδρασή τους στη κίνηση των διαφόρων ειδών νηματωδών.

Για τους διάφορους νηματώδεις υπάρχει ένα άριστο εδαφικής υγρασίας ή δε κίνησή τους αυξομειώνεται ανάλογα με το μέγεθος των εδαφικών μορίων. Η κατακόρυφη κίνηση νυμφών του *Heterodera schachtii* δια μέσου στήλης υγρής άμμου παρεμποδίζεται σε μεγάλο βαθμό όταν τα μόρια της άμμου έχουν μέσο μέγεθος μικρότερο από 50-250 mm. Αυτό συμβαίνει επειδή ο μέσος όρος της διαμέτρου των πόρων είναι περίπου ο ίδιος με το πλάτος του νηματώδη. Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι η παρεμπόδιση της κίνησης ενός νηματώδη σχετίζεται με το μέγεθός του και το μέγεθος των μορίων ή των πόρων του εδάφους (Jones et al., 1969) (Wallace, 1963).

3. Εδαφικός τύπος.

Γενικά αν και η επίδραση του εδαφικού τύπου στη κίνηση του νηματώδη δεν έχει ακόμη διευκρινιστεί επαρκώς, είναι αρκετά φανερό ότι η πρακτική συσχέτισμού της συμπεριφοράς των νηματωδών με την εδαφική σύσταση, μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένα συμπεράσματα εκτός εάν συνυπολογιστεί η εδαφική δομή (σχέσεις μεγέθους πόρων).

4. Οσμωτική πίεση.

Η οσμωτική πίεση στη κίνηση των νηματωδών δεν φαίνεται να έχει ενδιαφέρον δεδομένου ότι στα εδάφη που λιπαίνονται, η συγκέντρωση του άλατος στο εδαφικό νερό δεν ξεπερνά τις 2 ατμόσφαιρες ενώ οι νηματώδεις δεν επηρεάζονται μέχρι και σε 10 ατμόσφαιρες

Παράγοντες που επιδρούν στην κίνηση πάνω από το έδαφος

Και στη περίπτωση της κίνησης των νηματωδών στα υπέργεια μέρη του φυτού (*Aphelenchoides* spp., *Ditylenchus dipsaci*) απαιτείται όπως και μέσα στο έδαφος, η ύπαρξη νερού. Στη περίπτωση αυτή διάφοροι κλιματολογικοί παράγοντες που επιδρούν στην εναπόθεση νερού (δρόσος, ομίχλη, βροχή, κ.λ.π.) παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Κάποιον ανάλογο ρόλο με το μέγεθος των μορίων, που ρυθμίζει τα διάκενα στο έδαφος φαίνεται να έχει και η πυκνότητα των τριχιδίων στα φύλλα, που επιδρούν στη κυματοειδή κίνηση των νηματωδών. Πλέον αυτών, το μέγεθος και η δραστηριότητα των νηματωδών επηρεάζει την δυνατότητα μετανάστευσης τους στην επιφάνεια των φυτών.

Προσανατολισμός:

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον προσανατολισμό των νηματωδών στο έδαφος είναι: η υγρασία, η βαρύτητα, το φως, η θερμοκρασία, η κυκλοφορία του νερού, η κλίση και η σύσταση του εδάφους, χημικές αντιδράσεις, η χρήση του εδάφους, η τεχνική καλλιέργειας.

Η επίδραση όλων αυτών των παραμέτρων που μπορούν να επηρεάσουν άμεσα τον μηχανισμό του προσανατολισμού των νηματωδών γίνεται λίγο κατανοητή μέσα στο πολύπλοκο εδαφικό περιβάλλον. Η δε παρουσία του φυτού κάνει ακόμη πολυπλοκότερη την όλη κατάσταση. Πάντως γεγονός είναι ότι οι νηματώδεις προσελκύονται από τα φυτά.

Οριζόντια διάδοση

Εκτός των παραγόντων που αναφέρθηκαν, στην οριζόντια διάδοση παίζει ρόλο και η ευαισθησία του φυτού, που μπορεί να επηρεάσει την πυκνότητα σε υπάρχοντες πληθυσμούς π.χ. στη περίπτωση ενός πολύ

ευαίσθητου φυτού μπορεί να γίνει μια ουσιώδης αύξηση του πληθυσμού σε περιοχές που η αρχική πυκνότητα ήταν μικρή, ενώ σε κηλίδες με μεγάλη πυκνότητα πληθυσμού οι ζημιές στις ρίζες μπορεί να είναι τόσο μεγάλες που ο πληθυσμός να παρακμάσει από έλλειψη τροφής.

Κατακόρυφη διάδοση στο έδαφος

Τα διάφορα είδη νηματώδων συνήθως συγκεντρώνονται σε ένα ιδιαίτερο βάθος ανάλογα του εδαφικού τύπου του φυτού - ξενιστή, της εποχής κ.λ.π. Εκείνο που μπορεί να διαταράξει τη διάδοση είναι η κατεργασία του εδάφους. Παρ' όλ' αυτά όμως οι νηματώδεις μπορεί να επανέλθουν και πάλι στην αρχική τους περιοχή μετά την συγκέντρωσή τους σε διαφορετικό βάθος.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη κατακόρυφη διάδοση των νηματώδων στο έδαφος είναι το βάθος των ριζών από τις οποίες τρέφονται, η βροχόπτωση, η εδαφική υγρασία, ο εδαφικός τύπος, το βάθος του υπεδάφους και η θερμοκρασία.

Διαφορές στην κάθετη διάδοση παρατηρούνται τόσο μεταξύ των γενών όσο και μεταξύ των διαφόρων ειδών: π.χ. το ελάχιστο βάθος για τον χρυσονηματώδη της πατάτας (*Globodera rostochiensis*) είναι 5.1 εκατ. του *Xiphinema diversicaudum* 7,6 - 22,9 εκατ., του *Pratylenchus penetrans* (σε φυτώρια αχλαδιάς) 16-24 εκατ., του *Tylenchulus semipenetrans* 2,44 μέτρα.

Πληθυσμοί των *Meloidogyne spp.* έχουν βρεθεί σε βάθη μέχρι 85 εκατ. Στην Β. Καρολίνα είδη αυτού του γένους βρίσκονται κυρίως σε βάθος άνω των 30 εκατ. Σε μερικές όμως περιοχές μπορούν να βρεθούν σε βάθος 150-400 εκατ.

Το *Trichodorus pachydamus* βρίσκεται σε βάθη 100 εκατ. ενώ το *Xiphinema index* παράσιτο βαθύριζων φυτών συχνά παρασιτεί σε βάθη 1,5-2,40 μ. σε ριζικά υπολείμματα αμπελιού για 4,5 χρόνια. Οι μεγαλύτεροι πληθυσμοί του *Radopholus similis* (σε εσπεριδοειδή) βρίσκονται σε βάθος 0,31-1,53 μ. μερικοί όμως όπως αναφέραμε συναντώνται σε 3.05-3.66 μ. ή και περισσότερο.

Η κάθετη διάδοση των φυτοπαράσιτων νηματώδων θεωρητικά σχετίζεται με τη παρουσία οξυγόνου, θερμοκρασία, υγρασία, εδαφικό τύπο και κυρίως με τις κατακόρυφες κλίσεις των ριζών που τους διατρέφουν,

παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη μετανάστευση των νηματωδών παρασύροντας τους προς ένα καθοδικό ρεύμα και συγκεντρώνοντας τους σε μια ιδιαίτερη ζώνη.

Όταν το φυτό ξενιστής έχει βαθιές ρίζες (εσπεριδοειδή κλπ.) τότε η κάθετη διάδοση των νηματωδών είναι μεγαλύτερη. Επίσης το μέγεθος του πληθυσμού των φυτοπαράσιτων νηματωδών είναι στενά συνδεδεμένο με τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Αυτό επαληθεύεται στην επιφάνεια του εδάφους όπου π.χ. οι νηματώδεις των ριζοκόμβων μπορούν να σκοτωθούν από υψηλή θερμοκρασία και χαμηλή υγρασία, και το *Ditylenchus* από χαμηλή θερμοκρασία υπό το μηδέν τον χειμώνα.

Πάντως η μελέτη της διάδοσης των νηματωδών στο έδαφος είναι δύσκολη λόγω της πολυπλοκότητας πολλών σχετικών παραγόντων.

Γεωγραφική διάδοση

Η παρουσία ενός είδους σε μια ιδιαίτερη περιοχή εξαρτάται από τη παρουσία και διάδοση των φυτών που είναι ξενιστές του. Μικροκλίματα παρουσιάζονται σε μικρές αποστάσεις ανάλογα του υψομέτρου από την επιφάνεια της θάλασσας. Οι φυτοπαράσιτοι νηματώδεις και τα φυτά-ξενιστές τους, συνδέονται τόσο στενά ώστε συχνά να συμπίπτει η γεωγραφική διάδοση. Π.χ. το *Tylenchulus semipenetrans* συνδέεται στενά σ' όλο τον κόσμο με τις περιοχές καλλιέργειας εσπεριδοειδών. Επίσης η διάδοση δια μέσου περιοχών με ίδιο κλίμα σχετίζεται με τη διάδοση της καλλιέργειας.

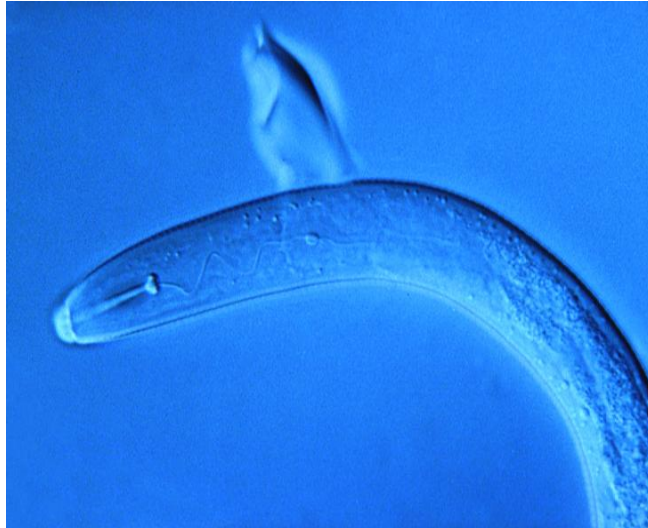
Τα *H. schachtii* και *G. rostochiensis* επισυμβαίνουν κυρίως στις περιοχές όπου καλλιεργούνται τα ζαχαρότευτλα και η πατάτα αντίστοιχα. Ο εδαφικός τύπος μπορεί επίσης να επιδράσει στη διάδοση τοπικά ή σε περιοχές μερικών νηματωδών, που χαρακτηρίζονται ως είδη ελαφριάς ή βαριάς εδαφικής σύστασης. Επίσης η σύνδεση ενός νηματώδη με ένα δεδομένο τύπο εδάφους μπορεί να σχετίζεται με την εδαφική υγρασία. Το *D. dipsaci* είναι επικρατέστερο σε αργιλώδη εδάφη επειδή η επιφάνεια τους ξηραίνεται βραδύτερα από ότι στα ελαφρά εδάφη. Πολλά γένη και είδη νηματωδών έχουν μεγάλη διάδοση και θεωρούνται κοσμοπολίτικα όπως ο νηματώδης των βολβών και στελεχών (*Ditylenchus* Spp.), οι λογχοφόροι

νηματώδεις (*Xiphinema Spp.*) τα είδη *Pratylenchus Spp.* (των νεκρώσεων), οι σπειροειδείς νηματώδεις *Helicotylenchus Spp.* κ.α.

Άλλα είδη έχουν μικρότερη διάδοση λόγω των μεγαλύτερων οικολογικών απαιτήσεων, σε θερμοκρασία, υγρασία και εδαφικό τύπο είτε από τις περιορισμένες προτιμήσεις σε φυτά-ξενιστές.

Η ανά τον κόσμο χαρτογράφηση των νηματωδών έχει μικρή οικολογική αξία τόσο στις τροπικές, υποτροπικές και εύκρατες περιοχές όσο και στα θερμότερα εύκρατα κλίματα καθότι μερικά είδη ευδοκούν σε περισσότερες της μιας ζώνης και μερικά γένη όπως τα παραπάνω αντιπροσωπεύονται από είδη σε όλες τις κλιματολογικές ζώνες. Εξ άλλου σε υψηλά γεωγραφικά πλάτη τροπικές χώρες, μπορούν να βρεθούν νηματώδεις που φυσιολογικά είναι περιορισμένοι σε ψυχρότερα πλάτη π.χ το *Ditylenchus dipsaci*, που παρουσιάζει πολλές βιολογικές φυλές, βρίσκεται σε δροσερές περιοχές της Β. Ευρώπης, στα πολύ θερμότερα αρδευόμενα εδάφη των δυτικών Η.Π.Α. και στις ψυχρές ψηλές κοιλάδες των βραχωδών ορέων. Εν τούτοις αναπαράγεται ταχύτερα και γίνεται πιο ζημιογόνος σε δροσερά υγρά κλίματα. Το *Meloidogyne hapla* (νηματώδης των βορείων περιοχών) είναι ευρέως διαδεδομένος σε ψυχρότερα γεωγραφικά πλάτη. Ακόμη ο *Globodera rostochiensis* όπως άλλα είδη *Heterodera*, που υπερισχύουν σε εύκρατες περιοχές εγκαθίστανται επίσης με επιτυχία σε περιοχές καλλιέργειας γεωμήλων στη Β. Αφρική, Νότια Αμερική και στις δροσερότερες περιοχές των Ινδιών.

Η δράση ενός είδους σε μια ιδιαίτερη περιοχή δεν είναι πάντα αιτία προγενέστερης εισαγωγής από μια άλλη περιοχή. Μερικά είδη θεωρούνται ως αυτόχθονα. Τα είδη αυτά βρίσκονται σε αυτόχθονα φυτά σε αγρούς δίχως γεωργική προϊστορία. Π.χ. το *T. semipenetrans* θεωρείται ως αυτόχθονο στη Φλώριδα των Η.Π.Α. επειδή βρέθηκε σε ρίζες αναρριχόμενης αγριοκάναβης σε αγρό, που δεν είχε γεωργική ιστορία.



Εικόνα 4 - *Globodera rostochiensis*

Διακυμάνσεις πληθυσμών

Ο πληθυσμός των διαφόρων ειδών νηματωδών κατά την διάρκεια του έτους υφίσταται διακυμάνσεις, που σχετίζονται με την αλλαγή της εδαφικής υγρασίας και θερμοκρασίας, χωρίς να αποκλείεται η επίδραση άλλων παραγόντων. π.χ. στο *Xiphinema americanum*, οι πιο μεγάλες διακυμάνσεις των πληθυσμών παρατηρούνται το καλοκαίρι και το φθινόπωρο σε βάθη μικρότερα των 25-50 εκατ. όπου συνήθως συμβαίνουν ελάχιστες αλλαγές στην πυκνότητά του πληθυσμού προφανώς από την χαμηλή εδαφική υγρασία. Στον ίδιο παράγοντα, στην εδαφική υγρασία, αποδίδονται οι μεγάλες διακυμάνσεις σε πληθυσμούς του *Pratylenchus penetrans*. Μερικές μεταναστεύσεις του πληθυσμού του *Ditylenchus dipsaci*, παρατηρούνται προς τα κάτω και άνω στρώματα αντίστοιχα το φθινόπωρο και την άνοιξη (Wallace; 1963, Williams, 1968) and (Barker et al., 1971).

Γενετική – Αναπαραγωγή

Οι περισσότεροι φυτοπαράσιτοι νηματώδεις είναι ζώα γονοχωριστικά. Τα αρσενικά διακρίνονται από τα θηλυκά, από τα όργανα οχείας και από τη παρουσία ή απουσία ευδιάκριτων πρωτευόντων ή δευτερευόντων χαρακτηριστικών, όπως το μικρότερο μέγεθος των αρσενικών, η κυρτότητα του οπίσθιου άκρου, της ουράς τους, Οι άκανθοι σύζευξης, τα ουραία πτερύγια και άλλα δευτερεύοντα όργανα οχείας. Στα είδη όπου τα αρσενικά και θηλυκά εμφανίζονται με την ίδια περίπου συχνότητα, η αναπαραγωγή

συνήθως γίνεται αμφιμικτικά (διασταύρωση φύλων). Σε μερικά είδη τα θηλυκά υπερέχουν των αρσενικών ή τα αρσενικά είναι σπάνια ή απουσιάζουν. Σ' αυτά τα είδη η αναπαραγωγή γίνεται παρθενογενετικά. Μερικά είδη είναι ερμαφρόδιτα (ωάρια και σπερματοζωάρια παράγονται από το θηλυκό) και αναπαράγονται με αυτογονιμοποίηση. Πλείστα ερμαφρόδιτα είδη εκτός από τον ερμαφροδιτισμό, έχουν έναν ευμετάβολο αριθμό αρσενικών (με ατελή ή με ανισόρροπο ερμαφροδιτισμό) τα οποία μπορεί να λειτουργούν ή όχι αναπαραγωγικά. Όταν τα αρσενικά είναι ενεργητικά, η αναπαραγωγή γίνεται μερικώς αμφιμικτικά και μερικώς με αυτογονιμοποίηση (Triantaphyllos, 1971).

Οι γεννητικοί βραχίονες (γεννητικοί αδένες) σε πολλούς ερμαφρόδιτους νηματώδεις, (rhabditids, diplogasterids, aphelenchs και σε criconematids), αρχικά παράγουν σπερματοζωάρια και λειτουργούν σαν όρχεις (protandric) και μετέπειτα οι ίδιοι γεννητικοί βραχίονες λειτουργούν ως ωοθήκες με παραγωγή ωοκυττών που γονιμοποιούνται από σπέρμα που παράχθηκε προηγούμενα (αυτογονιμοποίηση). Συνήθως η ωρίμανση των ωοκυττών και σπερματοζωαρίων, στα ερμαφρόδιτα γίνεται με κανονική μείωση όπως στα γονοχωριστικά αμφιμικτικά είδη (Triantaphyllou, 1971).

Οι γεννητικοί βραχίονες (γεννητικοί αδένες) σε πολλούς ερμαφρόδιτους νηματώδεις, (rhabditids, diplogasterids, aphelenchs και σε criconematids), αρχικά παράγουν σπερματοζωάρια και λειτουργούν σαν όρχεις (protandric) και μετέπειτα οι ίδιοι γεννητικοί βραχίονες λειτουργούν ως ωοθήκες με παραγωγή ωοκυττών που γονιμοποιούνται από σπέρμα που παράχθηκε προηγούμενα (αυτογονιμοποίηση). Συνήθως η ωρίμανση των ωοκυττών και σπερματοζωαρίων, στα ερμαφρόδιτα γίνεται με κανονική μείωση όπως στα γονοχωριστικά αμφιμικτικά είδη (Triantaphyllou, 1971).

Αλληλεπίδραση φυτοπαράσιτων νηματωδών σε άλλα παθογόνα

Οι νηματώδεις μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές στα φυτά ξενιστές τους ανεξάρτητα από άλλους μικροοργανισμούς. Οι ζημιές αυτές μπορούν να περιοριστούν σε μεγάλο βαθμό με επιτυχή καταπολέμηση. Επίσης ορισμένα άλλα παθογόνα μύκητες, βακτήρια και ιοί είναι σπουδαίοι περιοριστικοί συντελεστές της παραγωγής χωρίς την επίδραση άλλων

βιοτικών παραγόντων. Τα φυτά στο έδαφος σπάνια δέχονται την επίδραση ενός παθογόνου, συνήθως είναι σταθερά εκτεθειμένα σε πληθώρα άλλων οργανισμών, πολλοί από τους οποίους είναι κοινά συνθετικά της εδαφικής βιόσφαιρας.

Η προσβολή ενός ξενιστή από ένα παθογόνο μπορεί να αλλάξει σημαντικά την αντίστασή του σε τυχόν πρόσθετους εισβολείς. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην ανάπτυξη της ασθένειας, σε ένα δεδομένο ξενιστή, στην επιδημιολογία των παθογόνων εισβολέων και τελικά στη καταπολέμηση της ασθένειας. Στην περίπτωση των δια ταυ εδάφους φερομένων μικροοργανισμών δεν έχουμε μονοπαθογενείς καταστάσεις. Οι φυτοπαράσιτοι νηματώδεις είναι συνήθως ένα μέρος της εδαφικής μικροπανίδας και για μια σωστή διάγνωση πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στις περιπτώσεις πολύπλοκων ασθενειών (Powell, 1971). Πολλά περιστατικά αποδεικνύουν συνεχώς την φανερή αύξηση διαφόρων μορφών παθογένειας με την παρουσία νηματωδών (συνεργιστική αλληλεπίδραση). Επίσης της ίδιας σημασίας είναι τα γεγονότα ότι ορισμένοι μικροοργανισμοί είναι καταστρεπτικοί μόνον όταν επισυμβαίνουν σε συνδυασμό με άλλους βιοτικούς παράγοντες.

Νηματώδεις με φυτοπαρασιτική και μη δράση

Σε καλλιεργούμενα εδάφη με μεγάλη γονιμότητα και πυκνή κάλυψη από φυτά, προσφέρεται γόνιμο έδαφος για να συνυπάρξουν πολλά είδη νηματωδών και είναι εύκολο να βρεθούν πληθυσμοί πολλών δισεκατομμυρίων σε ένα εκτάριο.

Σε τέτοια καλλιεργούμενα εδάφη είναι πολύ συνηθισμένο να βρεθούν 10 έως 30 είδη από τα οποία άλλα είναι ενδοπαράσιτα μεταναστευτικά και μη και άλλα εκτοπαράσιτα ή σαπροφάγα. Σε ένα χιλιοστόγραμμα από καλλιεργούμενο έδαφος μπορεί να βρεθούν 10-50 μικροί πολυκύτταροι οργανισμοί (**Μετάζωα**).

Δειγματοληψίες σε ορεινές περιοχές της Κίνας δείχνουν ότι οι νηματώδεις κυριαρχούν στη σύνθεση της εδαφικής πανίδας. Σε 18511 δείγματα βρέθηκαν 6 τάξεις που ανήκουν σε 10 οικογένειες και 18 γένη. Η πυκνότητα του πληθυσμού ελαττώνεται με την αύξηση του βάθους των

δειγματοληψιών (Wang and Zhang, 1992). Οι νηματώδεις αποτελούν την πιο πολυπληθή και διαδεδομένη ομάδα, που περιλαμβάνει το 80-90% από όλους τους πολυκύτταρους οργανισμούς. Αποδείχτηκε ότι τα 30-50% από τους νηματώδεις στο έδαφος είναι γνωστοί ή ύποπτοι για τη φυτοπαρασιτική τους δράση. Οι υπόλοιποι είναι σαπροφάγοι, μικροβιοφάγοι ή αρπακτικά είδη, που έχουν μεγάλες διαφορές στη διατροφή τους.

Διάφορα βιολογικά στάδια από νηματώδεις, που είναι παράσιτα των ζώων ή του ανθρώπου μπορούν να βρεθούν στο έδαφος αλλά με ακανόνιστη κατανομή και σε μικρούς πληθυσμούς (Bunt, 1975). Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί, ότι όλοι οι νηματώδεις, που βρίσκονται στο έδαφος δεν είναι ζημιογόνοι. Αντίθετα πολλοί από αυτούς είναι ωφέλιμοι διότι τρέφονται από φυτοπαρασίτους νηματώδεις, ακάρεα και έντομα ή αποσυνθέτουν κατεστραμμένες ρίζες αυξάνοντας τη γονιμότητα του εδάφους. Επίσης, άλλοι τρέφονται με βακτήρια ή μύκητες, που προκαλούν διάφορες ασθένειες στα φυτά.

Συμπτώματα προσβολής και δυνατότητες βελτίωσης των προσβεβλημένων φυτών

Οι ζημιές που προκαλούνται από τους νηματώδεις στα φυτά μπορεί να είναι:

1. Μηχανικές. Δηλαδή βλάβες που προκαλούνται από τον τρόπο που προσβάλλουν οι νηματώδεις με το σπiléτο τους τον ιστό του φυτού ή από την κίνησή τους ανάμεσα ή μέσα στα κύτταρα του φυτού.
2. Νεκρώσεις. Επιδερμικές ή κυτταρικές που προκαλούνται κατά τον παρασιτισμό από δευτερογενή αίτια (ένζυμα, παθογόνα) ή κατά την είσοδο ορισμένων ειδών νηματωδών μέσα στους φυτικούς ιστούς.
3. Μολύνσεις. Διάφορες ιώσεις ή άλλες ασθένειες μπορούν να μεταδοθούν στα φυτά κατά τον παρασιτισμό τους, από διάφορα είδη νηματωδών. Οι ασθένειες αυτές μπορεί να είναι πιο καταστρεπτικές από τους νηματώδεις.
4. Παρακμή του φυτού. Από την απορρόφηση των χυμών του φυτού για την διατροφή των παράσιτων (Christie, 1959).

Τα συμπτώματα στα φυτά από προσβολές των νηματωδών διαφέρουν πολύ και εξαρτώνται:

1. Από το είδος του παρασίτου.
2. Από το είδος και την ηλικία του φυτού.
3. Από τις συνθήκες, στις οποίες μεγαλώνει το φυτό.

Την προσβολή των νηματωδών στα φυτά μπορούμε να υποψιαστούμε, όταν μέσα στην καλλιέργεια εμφανίζονται κηλίδες με φυτά πτωχής ανάπτυξης και ασθενικά, σε σύγκριση με άλλα σποραδικά υγιή φυτά, με μεγάλη και ζωηρή ανάπτυξη. Στις περιπτώσεις, που οι νηματώδεις προσβάλλουν το υπόγειο μέρος των φυτών, τα συμπτώματα στο υπέργειο μέρος του φυτού μοιάζουν με εκείνα που προκαλούνται, όταν οι ρίζες του φυτού δεν λειτουργούν καλά ή όταν λείπουν ορισμένα θρεπτικά συστατικά (τροφοπενίες).

A. Συμπτώματα στο υπέργειο μέρος

1. Τα φυτά, μεμονωμένα ή κατά κηλίδες, χάνουν τη ζωηρότητα και την ευρωστία τους, σε μικρό ή μεγάλο βαθμό.
2. Οι καρποί των λαχανικών και φρούτων γίνονται μικροί και υστερούν σε ποιότητα.
3. Τα φυτά παρουσιάζουν μάρανση σε διάφορο βαθμό και σε σοβαρές προσβολές νεκρώνονται.
4. Νεκρώσεις και μεταχρωματισμοί εμφανίζονται στα στελέχη και στα φύλλα, επίσης νέκρωση και εκφυλισμός στους οφθαλμούς.
5. Παραμορφώσεις στα στελέχη, βλαστούς, φύλλα (αναδιπλώσεις, συστροφές) και μετατροπή των σπόρων σε σποροκηκίδες.
6. Καθυστέρηση της βλάστησης, νανισμός.
7. Σχηματισμός φυματίων στα φύλλα, στα στελέχη και στους καρπούς..
8. Νέκρωση βραχιόνων, μικροφυλλία, φυλλόπτωση (κυρίως σε δένδρα).

B. Συμπτώματα στο υπόγειο μέρος

1. Κόμβοι και εξογκώματα πάνω στις ρίζες.
2. Μεταχρωματισμός των ριζών, εξελκώσεις.
3. Σάπισμα των ριζών, νεκρώσεις.

4. Συστροφές και διόγκωση των λεπτών ριζιδίων.
5. Υπερβολική διακλάδωση των ριζών (θυσανωτή ρίζα).
6. Διακοπή της ανάπτυξης της ρίζας, παραγωγή πλαγίων ριζιδίων.

Ορισμένα συμπτώματα όπως οι συστροφές των φύλλων και η μετατροπή του σπόρου του σιταριού σε κηκιδόμορφους κόκκους με πολλές χιλιάδες νύμφες μπορούν να οδηγήσουν στην παρουσία του νηματώδη του σίτου, *Anguina tritici*. Κόμβοι και εξογκώματα στις ρίζες των κηπευτικών, ζαχαροτεύλων, καπνού κλπ. μπορεί να αποδοθούν σε προσβολές από τους νηματώδεις των ριζοκόμβων (*Meloidogyne Spp.*). Φυτά ζαχαρότευλων με αραιό, μικρό και κιτρινωμένο φύλλωμα, με μακρείς μίσχους και πράσινη σκούρα κορυφή, με υπερβολική ανάπτυξη πλάγιων ριζιδίων, που τα περισσότερα έχουν νεκρωθεί, μαρτυρούν την παρουσία του κυστονηματώδη των ζαχαρότευλων *Heterodera schachtii*. Νεαρά φυτά βρώμης, με ορθωτά (λογχοειδή) κιτρινοκόκκινα φύλλα και αργότερα με ρίζα θυσανωτή υπερβολικά διακλαδωμένη, προδίδουν την παρουσία του νηματώδη των σιτηρών *Heterodera avenae* (Wallace, 1963) (Thorne, 1961). Τα προσβεβλημένα από τους νηματώδεις φυτά συνήθως δεν αντιδρούν στα λιπάσματα τόσο καλά όσο τα υγιή. Εν τούτοις η κατάσταση των φυτών είναι δυνατόν, μερικές φορές να βελτιωθεί, με μεγάλες δόσεις λιπασμάτων και αρδεύσεις.

Διασπορά των Νηματωδών

Οι νηματώδεις συνήθως μόνοι τους δεν μπορούν να κινηθούν περισσότερο από λίγα εκατοστά του μέτρου, μέσα σε ελάχιστη ποσότητα νερού. Η διάδοση τους από μια περιοχή σε άλλη γίνεται:

- ✓ Με την μεταφορά μολυσμένου χώματος, φυτών και φυτικών προϊόντων. Κάθε μέσο μεταφοράς (αεροπλάνα, πλοία, τραίνα, αυτοκίνητα) μπορούν να βοηθήσουν την εξάπλωσή τους. Επίσης τα υποδήματα των εργατών, τα εργαλεία, οι σάκοι, τα ζώα, τα τρακτέρ, οι θεριζοαλωνιστικές μηχανές κλπ.
- ✓ Με τη φύτευση μολυσμένων σπόρων, κονδύλων, βολβών, φυταρίων, δενδρυλλίων κλπ.
- ✓ Με το νερό της βροχής και των αρδεύσεων, με τις πλημμύρες.

- ✓ Με τις ανεμοθύελλες, που μπορούν να διασπείρουν τόσο τα αυγά όσο και τις κύστες των νηματωδών.
- ✓ Με τα έντομα.

Τεχνική δειγματοληψίας εδάφους – ριζών

Δείγμα εδάφους

Το δείγμα εδάφους, παίρνεται από τη ριζόσφαιρα του φυτού, που υποπτευόμαστε, ότι είναι προσβεβλημένο από νηματώδεις, με ένα μικρό φυτάρι ή σέσουλα, σε βάθος 30-40 εκατ. Πριν τη δειγματοληψία αφαιρείται λίγο επιφανειακό χώμα μέχρι 3-4 εκατ. βάθος με τη βλάστηση που τυχόν υπάρχει, μια ποσότητα 500 έως 1000 γραμ. είναι αρκετή για κάθε δείγμα.

Δείγμα ριζών

Σε περιπτώσεις δένδρων ή θάμνων παίρνεται ένα μέρος από τις ρίζες για εξέταση με το χώμα. Όταν τα φυτά είναι μικρά παίρνεται όλη η ρίζα, με 500-600 γραμ. χώμα.

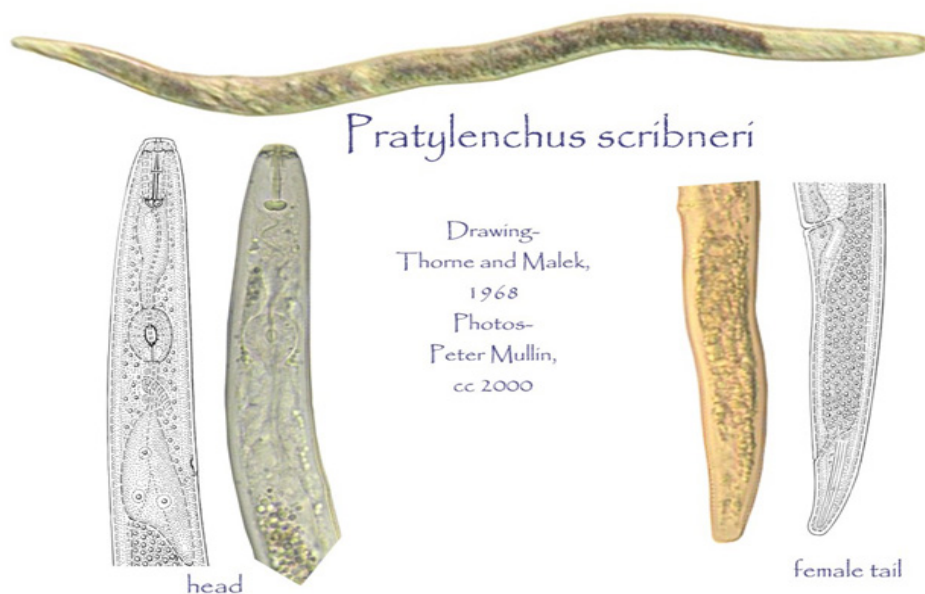
Πότε γίνεται δειγματοληψία

- ❖ Όταν παρουσιάζονται στον αγρό μεγάλες κηλίδες από ασθενικά φυτά με μικρή ανάπτυξη, σε σύγκριση με γειτονικά υγιή, με κανονική ανάπτυξη. Απαιτούνται 4 δείγματα και 2 στα όρια των κηλίδων. Τα δείγματα χώμα και ρίζες (500 περίπου γραμ.) παίρνονται σε βάθος περίπου 20 εκατ.
- ❖ Όταν τα φυτά, αγγουριές, τοματιές, καπνός, ζαχαρότευτλα κλπ. παρουσιάζουν σποραδικά ελαφρό ή έντονο κιτρίνισμα των φύλλων και παραμένουν νάνα και καχεκτικά σε σύγκριση με άλλα γειτονικά. Αρκούν συνήθως 5-6 φυτά, που τα βγάζουμε με ένα φυτάρι (χώμα και ρίζες).
- ❖ Στην περίπτωση, που τα οπωροφόρα δένδρα παρουσιάζουν καθυστέρηση στην ανάπτυξή τους, με μικροφυλλίες, πτώση φύλλων

αποχρωματισμούς, κλπ. Παίρνονται 2-3 δείγματα κάτω από την κόμη κάθε δένδρου, γύρω από τον κορμό και μακριά από τη βάση του, για να βρεθούν λεπτά ριζίδια. Και σ' αυτή την περίπτωση αφαιρείται πριν τη δειγματοληψία, λίγο επιφανειακό χώμα με τη βλάστηση, σε βάθος 3-4 εκατ. Για το σκοπό αυτό ανοίγεται μια τρύπα με ένα δενδροκομικό φυτάρι ή δειγματολήπτη σε βάθος 40-60 εκατ. και παίρνεται από διάφορα βάθη της τρύπας χώμα και λεπτές ρίζες. Ο δειγματολήπτης μετά από κάθε δειγματοληψία καθαρίζεται με φροντίδα, χωρίς να μένει ούτε ίχνος από χώμα. Τα υποδείγματα ανακατεύονται και τελικά παίρνεται το αντιπροσωπευτικό δείγμα για εξέταση. Τα δείγματα ριζών, εδάφους ή και ολόκληρα μικρά φυτά τοποθετούνται μέσα σε πλαστικές σακούλες και σημειώνεται σε δύο χάρτινες ετικέτες, με κοινό μαύρο μολύβι, το όνομα του ιδιοκτήτη, η τοποθεσία, το είδος του φυτού, η ημερομηνία και άλλες τυχόν πληροφορίες. Τα δείγματα καλά είναι να εξετάζονται γρήγορα διαφορετικά πρέπει να τοποθετούνται σε ένα κοινό ψυγείο, σε θερμοκρασία 5°C.

Δειγματοληψία υπέργειων τμημάτων

Τα υπέργεια τμήματα (βλαστοί, ταξιανθίες, φύλλα κλπ.) πρέπει να διατηρούνται νωπά μέσα σε πλαστικές σακούλες και να εξετάζονται γρήγορα.



Εικόνα 5 - *Pratylenchus scribneri*

ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ

Όταν αντιμετωπίζονται προβλήματα από νηματώδεις είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί το είδος του νηματώδη. Αυτό συμβαίνει γιατί τα διάφορα είδη νηματωδών έχουν διαφορετικό τρόπο ζωής, διαφορετικές ιδιότητες και συνήθειες, πάνω στις οποίες βασίζεται και η καταπολέμησή τους. Γι' αυτό το λόγο η μακροσκοπική εξέταση πρέπει να συμπληρώνεται και με εργαστηριακή.

Τα κριτήρια στα οποία θα βασιστεί η καταπολέμηση των νηματωδών:

- ❖ Οι νηματώδεις έχουν μεγάλη διάδοση, είναι παμφάγοι και μπορούν να προσβάλουν όλες τις καλλιέργειες της περιοχής.
- ❖ Οι νηματώδεις έχουν μεγάλη διάδοση, μικρό αριθμό ξενιστών αλλά είναι ακόμη επιζήμιοι επειδή η αμειψισπορά δεν είναι εύχρηστη ή οικονομικά συμφέρουσα.
- ❖ Οι νηματώδεις έχουν μεγάλη διάδοση και μεγάλη εμμονή έτσι ώστε μόνο μεγάλης διάρκειας αμειψισπορά να είναι αποτελεσματική.

Για κάθε μια από αυτές τις περιπτώσεις θα μπορούσε να σχεδιαστεί ένα πρόγραμμα κατάλληλων μέτρων. Καλό είναι αρχικά να καθορίζεται το μέγεθος του πληθυσμού των νηματωδών, που προκαλεί οικονομικές ζημιές και πόσο αυτό το σημείο (threshold) επηρεάζεται από τις τοπικές συνθήκες (εδαφικός τύπος, εδαφική υγρασία, καλλιεργούμενα είδη) (Hooper and Evans, 1993; Barker and Noe, 1987) (Πίνακας 3).

Πρακτικά, δύο είναι οι βασικές κατευθύνσεις αντιμετώπισης των νηματωδών: Πρόληψη και καταπολέμηση (Brown, 1965; Taylor 1953; Wallace, 1963).

1. Πρόληψη

Για να προληφθεί ή αποκλεισθεί η μόλυνση του αγρού από τους νηματώδεις πρέπει:

- I. Το πολλαπλασιαστικό υλικό, που θα χρησιμοποιηθεί, δηλαδή σπόροι, βολβοί, μοσχεύματα, κόνδυλοι, φυτάρια για μεταφύτευση, δενδρύλλια φυτωρίων να είναι απαλλαγμένο από νηματώδεις.

- II. Να αποφεύγεται η χρησιμοποίηση γεωργικών εργαλείων ή χρήση άλλων υλικών, από περιοχές με μόλυνση, αφού προηγουμένα δεν απολυμάνθηκαν με θερμό νερό ή ατμό ή με ένα χημικό παρασκεύασμα.
- III. Για την πρόληψη ή αποκλεισμό εισόδου επικίνδυνων νηματωδών σε μια αμόλυντη περιοχή θεσπίζονται νομοθετικά μέτρα για την διενέργεια φυτουγειονομικού ελέγχου στα διακινούμενα φυτικά υλικά και μέσα συσκευασίας γεωργικών προϊόντων.

Όταν όμως, παρά τα μέτρα που παίρνονται, ο αγρός μολυνθεί, τότε θα πρέπει να παρθούν δραστικότερα μέτρα, για την αποφυγή ζημιών ή τον περιορισμό τους στο ελάχιστο

Πίνακας 3. Σημείο επέμβασης (threshold) κατά προσέγγιση για ορισμένους νηματώδεις σε ειδικά φυτά-ξενιστές			
Νηματώδης	Καλλιέργεια	Ελάχιστη πυκνότης πληθυσμού από την οποία πρέπει να αναμένεται οικονομική ζημιά	Βιβλιογραφία
<i>Belonolaimus longicaudatus</i>	Βαμβάκι, Αραχίδα Σόγια	25/500 cm ³ εδάφους	Από διάφορες πηγές
<i>Ditylenchus dispasi</i>	Κρόμμυα	1-5/500 gr. εδάφους	Από διάφορες πηγές
<i>Heterodera rostochiensis</i>	Πατάτα	31 ζωντανές κύστεις/ 100 gr. εδάφους	Από διάφορες πηγές
<i>Heterodera schachtii</i>	Ζαχαρότευτλα	4-10 ωά/gr. εδάφους	Από διάφορες πηγές
<i>Meloidogyne hapla</i>	Φράουλα	25/500 cm ³ εδάφους	Από διάφορες πηγές
<i>Meloidogyne incognita</i>	Αραχίδα	100/500 cm ³ εδάφους	Από διάφορες πηγές
	Καπνός	25-50-/500 cm ³ εδάφ.	Από διάφορες πηγές
	Τομάτα	25-50-/500 cm ³ εδάφ.	Από διάφορες πηγές
	Αραβόσιτος	>500/500 cm ³ εδάφους	Από διάφορες πηγές
<i>Pratylenchus brachyurous</i>	Αραχίδα	25/500 cm ³ εδάφους	Από διάφορες πηγές
	Καπνός	>200/500 cm ³ εδάφους	Από διάφορες πηγές
<i>Pratylenchus penetrans</i>	Daffodil	1-5/500 gr. εδάφους	Από διάφορες πηγές
	Πατάτα	>500/500 gr. εδάφους	Από διάφορες πηγές
	Κρόμμυα	>5/500 gr. εδάφους	Από διάφορες πηγές
<i>Tylenchorhynchus claytoni</i>	Αζαλέα	>100/500 cm ³ εδάφους	Από διάφορες πηγές
	Καπνός	Δίχως ζημιά	Από διάφορες πηγές
(Barker et al.,1971)			

Καταπολέμηση

A. Φυσικές μέθοδοι - Καλλιεργητικά μέτρα

Όταν είναι γνωστά: η βιολογία των νηματωδών, οι επιδράσεις του περιβάλλοντος και τα φυτά πάνω στα οποία μπορούν να διατραφούν και να αναπαραχθούν, τα παρακάτω μέτρα, που συνήθως είναι αδάπανα, μπορούν να παίξουν ένα σπουδαίο ρόλο στη μείωση του πληθυσμού τους.

- **Καλλιέργεια του αγρού**, Αμέσως μετά τη συγκομιδή, κατά το θέρους, για την αναστροφή των ριζών και την έκθεση των νηματωδών στον αέρα και ήλιο. Το ίδιο μέτρο συνιστάται και για το έδαφος των σπορείων και φυτωρίων.
- **Διατήρηση της γονιμότητας και καλή προετοιμασία του αγρού**. Φυτά που από την αρχή εγκαθίστανται στον αγρό με καλό φύτρωμα είναι καλύτερα προετοιμασμένα να αντισταθούν σε προσβολές νηματωδών, εντόμων και ασθενειών που μπορεί να εμφανιστούν αργότερα.
- **Πρώιμη καλλιέργεια**. Με την πρώιμη καλλιέργεια που σχετίζεται με τον χρόνο σποράς ή φύτευσης δίνεται στο φυτό χρόνος να αναπτύξει περισσότερο το ριζικό του σύστημα και να ξεφύγει από τα πολύ ευάλωτα στάδια, πριν δραστηριοποιηθούν οι νηματώδεις, με την άνοδο της εδαφικής θερμοκρασίας.
- **Αμειψισπορά**. Όταν οι φυτοπαράσιτοι νηματώδεις δεν βρίσκουν τους ξενιστές τους, με την πάροδο του χρόνου, ο αριθμός τους στο έδαφος ελαττώνεται, ανάλογα με το είδος τους γιατί δεν τρέφονται, δεν πολλαπλασιάζονται και τελικά πεθαίνουν.

Έτσι με την καλλιέργεια των φυτών, που δεν προσβάλλονται από τους νηματώδεις, που είναι μολυσμένος ο αγρός-είναι δυνατόν, ύστερα από ένα χρονικό διάστημα, ο πληθυσμός τους να ελαττωθεί σε ποσοστό που να επιτρέπει να καλλιεργηθεί και πάλι η ευαίσθητη ποικιλία, με επιτυχία.

Η διάρκεια της αμειψισποράς μπορεί να είναι ένα, δύο ή και περισσότερα χρόνια (4-6). Η διάρκεια αυτή εξαρτάται:

α. από το είδος του νηματώδη

β. από τη σχέση αριθμού νηματωδών και βαθμού ζημίας της καλλιέργειας

γ. από την ετήσια τιμή της ελάττωσης του πληθυσμού των νηματωδών δίχως ξενιστή.

Στην Αγγλία, με τις εκεί εδαφοκλιματικές συνθήκες, το σημείο επέμβασης (economic threshold) για τους κυστονηματώδεις της πατάτας, ζαχαρότευτλων, σιτηρών και πίσων κυμαίνεται μεταξύ 10-50 αυγά/γραμ. ξηρού στον αέρα εδάφους (Jones and Jones, 1964).

Αναλογικά για την πατάτα και τον χρυσονηματώδη (*O. rostochiensis*) είναι 20-30 αυγά/γραμ., για τα ζαχαρότευτλα και τον νηματώδη των ζαχαρότευτλων (*H. schachtii*) 10 αυγά/γραμ., για την βρώμη και τον νηματώδη των σιτηρών (*H. avenae*) περίπου 10 αυγά/γραμ. και για το κριθάρι περίπου 30 αυγά/γραμ. Στους κυστογόνους νηματώδεις, η τιμή της ετησίας ελάττωσης του πληθυσμού τους χωρίς ξενιστή διαφέρει από είδος σε είδος αλλά και στο ίδιο είδος μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τις καλλιεργητικές και εδαφοκλιματικές συνθήκες και του γεωγραφικού πλάτους.

Έτσι σε ορισμένες περιοχές η τιμή της ετησίας ελάττωσης του χρυσονηματώδη της πατάτας, *G. rostochiensis*, δίχως ξενιστή, κυμαίνεται από 30-40 και 50% (Brown, 1965), κατά Jones (1972) μ.ο 33%, του *H. avenae* των σιτηρών που έχει πολλούς ξενιστές ζιζάνια 60% (Brown, 1965), του *H. schachtii* των ζαχαρότευτλων μ.ο. 50% (Jones, 1972). Επειδή το ποσοστό συμμετοχής των διαφόρων παραγόντων στην τελική διαμόρφωση του πληθυσμού κάθε περιόδου δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί, η αμειψισπορά πολλές φορές πρέπει να συμπληρώνεται με εκτιμήσεις του πληθυσμού των νηματωδών στο έδαφος. Για τους νηματώδεις, που μπορεί να έχουν μεγάλο αριθμό φυτών-ξενιστών ή μεγάλη διάρκεια παραμονής στο έδαφος, οι μέθοδοι αμειψισποράς μπορεί να έχουν μικρή πρακτική σημασία. Στις περιπτώσεις αυτές για να καλλιεργηθεί ένας ξενιστής με μεγαλύτερη συχνότητα, θα πρέπει η αμειψισπορά να συμπληρωθεί με χημικές μεθόδους ή χρήση ανθεκτικών ποικιλιών εφ' όσον τούτο είναι δυνατόν. Κατά την αμειψισπορά δεν πρέπει να υπάρχουν άλλα φυτά, παρά μόνο τα ανθεκτικά στους νηματώδεις από τους οποίους είναι μολυσμένος ο αγρός. Κάθε άλλο ζιζάνιο που είναι ξενιστής ή φυτά «εθελοντές» της προηγούμενης ευαίσθητης καλλιέργειας, που φυτρώνουν σποραδικά πρέπει να απομακρύνονται έγκαιρα. Τα ζιζάνια και τα

μη καλλιεργούμενα φυτικά είδη παίζουν ένα σπουδαίο ρόλο στην οικολογία πολλών φυτοπαράσιτων νηματώδων και μία σωστή γεωργία μπορεί να βοηθήσει στον περιορισμό των ζημιών που προκαλούν οι νηματώδεις στις καλλιέργειες ειδικά όταν ο νηματώδης είναι αυτόχθων ή έχει έναν εκτεταμένο αριθμό ξενιστών (Hooper and Stone, 1980).

- **Αγρανάπαυση.** Το να μείνει ο αγρός χωρίς καλλιέργεια κατά το θέρος και να οργωθεί μια-δύο φορές ώστε οι προσβεβλημένες ρίζες να εκτεθούν, όπως προαναφέρθηκε, στον ήλιο και στον αέρα είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για να ελαττωθεί ο πληθυσμός των νηματώδων. και μάλιστα για ορισμένα είδη που δεν αντέχουν στην ξηρασία, όπως οι νηματώδεις των ριζοκόμβων (*Meloidogyne* spp.).
- **Ανθεκτικές ποικιλίες.** Οι φυτοπαράσιτοι νηματώδεις είναι υποχρεωτικά παράσιτα, με την έννοια ότι δε μπορούν να συμπληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο εάν δεν υπάρχουν ζωντανοί ξενιστές. Για να αναπτυχθεί μια παρασιτική σχέση νηματώδη και φυτού πρέπει ο νηματώδης με ένα τρόπο να εισβάλει στο φυτό-ξενιστή. Ο νηματώδης με το σιλέτο του ή ολόκληρος διαπερνά τα ζωντανά κύτταρα του ξενιστή για να τραφεί, να μεγαλώσει και να αναπαραχθεί. Όταν όλα αυτά εξελίσσονται χωρίς καμία δυσκολία το φυτό θεωρείται «ευπαθές». Εάν οποιοδήποτε χαρακτηριστικό του φυτού ή οποιαδήποτε αντίδραση, μεταξύ του ξενιστή και του παράσιτου επιβραδύνει ένα από τα παραπάνω περιστατικά (στάδια βιολογικής εξέλιξης), το φυτό θεωρείται «**ανθεκτικό**». Μια παρασιτική σχέση μεταξύ φυτού και παράσιτου όπως είναι φυσικό, προκαλεί στον ξενιστή κάποια ζημιά. Εάν δεν διαπιστώνεται ζημιά ή αυτή είναι ασήμαντη, το παράσιτο όμως συνεχίζει την ανάπτυξή του, το φυτό χαρακτηρίζεται «**ανεκτικό**». Εάν το φυτό δεν προσβάλλεται, ακόμη και σε μεγάλους αριθμούς νηματώδων, τότε θεωρείται «**απρόσβλητο**». Ανθεκτικότητα στα φυτά σε προσβολές νηματώδων μπορεί να αναπτυχθεί, σε μικρό ή μεγάλο βαθμό με φυσική ή τεχνητή επιλογή, μετά από κατάλληλες διασταυρώσεις. Η δυσκολία είναι στο ότι ο αριθμός των ποικιλιών, με γνωστή ανθεκτικότητα στους νηματώδεις που είναι εμπορεύσιμες, είναι μικρός. Σήμερα έχουν δημιουργηθεί ανθεκτικές ποικιλίες σε διάφορα είδη φυτών σε ένα ή περισσότερα είδη νηματώδων. Στα πυρηνόκαρπα

π.χ. (ροδακινιά, βερικοκιά, κερασιά, δαμασκηνιά), παρήχθησαν υποκείμενα ανθεκτικά ή απρόσβλητα σε ένα ή περισσότερα είδη νηματωδών των ριζοκόμβων, του γένους *Meloidogyne* (*M. incognita*, *M. javanica*). Ενώ μερικά απ' αυτά είναι ανθεκτικά ή σχετικά ανθεκτικά ή σχετικά ευαίσθητα, στο είδος *Pratylenchus vulnus*. Μερικά υποκείμενα πυρηνοκάρπων με διάφορο βαθμό ανθεκτικότητας στα παραπάνω είδη νηματωδών είναι τα: Nemaguard, Rancho Resistant S-37, Okinawa Royal (Blenheim) Myrobalan, Myrobalan 29C, Marianna 2624 Mahalep, Sour Cherry-Stockton Morello.

Ορισμένες ανθεκτικές ποικιλίες έχουν αναπτυχθεί και στην τομάτα όπως η Hawaii 5229, που είναι ανθεκτική σε 3 είδη από τους νηματώδεις των ριζοκόμβων *M. incognita*, *M. javanica* και *M. arenaria*. Ανθεκτικές ποικιλίες έχουν δημιουργηθεί στην πατάτα, όπως η Maris Piper για τον χρυσονηματώδη της πατάτας. Επίσης στον καπνό, βαμβάκι, εσπεριδοειδή κλπ. Πολλές ποικιλίες μηδικής δημιουργήθηκαν στο παρελθόν με ανθεκτικότητα στον νηματώδη του στελέχους (*Ditylenchus dipsaci*) αλλά με παραγωγή μικρότερη από τις ευαίσθητες ποικιλίες. Οι ανθεκτικές ποικιλίες πριν να καλλιεργηθούν πρέπει να δοκιμάζονται στις τοπικές συνθήκες, για να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητά τους, στους υπάρχοντες πληθυσμούς των νηματωδών. Από πολλά χρόνια καταβάλλεται προσπάθεια από Ιδρύματα του εξωτερικού εξεύρεσης ανθεκτικού ζαχαρότευτλου στον νηματώδη των ζαχαρότευτλων (*H. schachtii*) (Lange et al., 1990, Caubel, 1991; Skaracis et al., 1981). Τελευταία εμπορικές σποροπαραγωγικές εταιρείες σε συνεργασία με ευρωπαϊκά κέντρα Νηματολογικής έρευνας, έχουν δραστηριοποιηθεί για την εξεύρεση ανθεκτικών γονότυπων ζαχαρότευτλων στον *H. schachtii* (Cooke et al., 1991; Muller, 1992).

- **Κατάκλιση.** Οι νηματώδεις δεν ευνοούνται, όταν στο έδαφος οι συνθήκες υγρασίας είναι εξαιρετικά μεγάλες. Σε παρατεταμένη κατάκλιση πεθαίνουν από έλλειψη οξυγόνου και τροφής. Η κατάκλιση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται σε μερικές χώρες για τον περιορισμό του πληθυσμού των νηματωδών. Κατάκλιση του εδάφους για 4 μήνες μπορεί να σκοτώσει όλες τις νύμφες των νηματωδών των ριζοκόμβων, τα αυγά επιβιώνουν περισσότερο χρόνο, αλλά ο πληθυσμός των νηματωδών ελαττώνεται πάρα πολύ, μετά από 12

μήνες. Σε 22 1/2 μήνες μπορεί να σκοτωθούν όλοι οι νηματώδεις. Τα αποτελέσματα της κατάκλισης σε ένα έδαφος μολυσμένο από νηματώδεις διαφέρουν, ανάλογα με το είδος των νηματωδών. Οι προνύμφες π.χ. του χρυσονηματώδη της πατάτας αντέχουν βυθισμένες στο νερό, πάνω από 8 μήνες, ενώ άλλα είδη είναι ευαίσθητα σε τέτοιες εδαφικές συνθήκες. Η εξεύρεση μεγάλης ποσότητας νερού και η απώλεια παραγωγής μέχρι και δύο χρόνια, περιορίζουν την εφαρμογή αυτής της μεθόδου, γιατί αυξάνει το κόστος. Η κατάκλιση θα μπορούσε να είναι ένα πρακτικό μέτρο καταπολέμησης των νηματωδών, μόνο όπου γίνονται φυσικές πλημμύρες, οπότε μειώνεται το κόστος. Με την εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου υπάρχει πάντα ο κίνδυνος να διαδοθούν μερικά παράσιτα που δεν τα υποψιαζόμασταν.

- **Θερμό νερό.** Με τη μέθοδο αυτή ανυψώνεται η θερμοκρασία του φυτού, με εμβάπτιση σε θερμό νερό, σε σημείο που να σκοτώνονται οι νηματώδεις, χωρίς να παθαίνουν καμιά ζημιά οι φυτικοί ιστοί, Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα περιθώρια μεταξύ των δύο ορίων είναι τόσο μικρά ώστε να χρειάζεται μεγάλη ακρίβεια στη ρύθμιση, τόσο της θερμοκρασίας, όσο και στη διάρκεια της επέμβασης. Η θερμοκρασία για την καταπολέμηση των νηματωδών αλλάζει με το είδος τους, π.χ. ο νηματώδης του χρυσάνθεμου *Aphelenchoides ritzemabosi* είναι ευκολότερο να θανατωθεί απ' ό,τι ο νηματώδης του στελέχους *Ditylenchus dipsaci*. Έτσι ο πρώτος θανατώνεται με εμβάπτιση των μοσχευμάτων για 20 λεπτά σε θερμοκρασία 43,40 °C ή για 5 λεπτά σε θερμοκρασία 46, 1 °C, ενώ ο δεύτερος των στολόνων για 4 ώρες σε θερμοκρασία 43,60 °C. Η μέθοδος του θερμού νερού συνιστάται για πολλά βολβώδη ανθοκομικά είδη όπως στην τουλίπα, για τον νηματώδη *Ditylenchus dipsaci*, στη βιγόνια για τους νηματώδεις των ριζόκομβων, *Meloidogyne* Spp. στον υάκινθο για τον *D. dipsaci*, στην ίριδα για τον *Ditylenchus destructor*, στον κρίκο για τους *D. destructor* και *Aphelenchoides subtenuis*. Επίσης στα κύμινα για τον *D. dipsaci*, στα χρυσάνθεμα για τον *Aphelenchoides ritzemabosi*, στη φράουλα (στους στόλους) για τους *Aphelenchoides fragariae*, *A. ritzemabosi*, *D. dipsaci* κλπ. (Bryden et al., 1967).

- **Υδρατμός.** Απολύμανση και απονημάτωση του εδάφους μπορεί να γίνει με υδρατμό. Ο τρόπος αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε γλάστρες, σπορεία, θερμοκήπια και γενικά σε περιορισμένη έκταση επειδή είναι σχετικά δαπανηρός και δύσκολος. Ο ατμός διοχετεύεται από ένα λέβητα στο έδαφος με ένα σύστημα τρυπημένων σωλήνων. Η απολύμανση ή απονημάτωση επιτυγχάνεται με την ανύψωση της θερμοκρασίας σ' όλη τη μάζα του εδάφους, στους 82,20 °C για 30 λεπτά το ελάχιστο. Οι σωλήνες τοποθετούνται σε βάθος 15 εκατ. και ο χρόνος υπολογίζεται από τη στιγμή, που η θερμοκρασία θα φτάσει στην επιφάνεια του εδάφους τους βαθμούς που επιθυμούμε. Κατά τη διοχέτευση του ατμού, το έδαφος, που καλά είναι να έχει κάποια υγρασία, σκεπάζεται με πλαστικό κάλυμμα, για την παραμονή του ατμού και την καταστροφή των νηματωδών καθώς και, άλλων επικίνδυνων εχθρών των καλλιεργειών, όπως μύκητες, βακτήρια, πολλούς ιούς των φυτών, έντομα εδάφους και σπόρους πολλών ζιζανίων (Dimock, 1956). Να σημειωθεί ότι και μικρότερες θερμοκρασίες, 40-55 °C, για μικρό χρονικό διάστημά έχουν αποδειχθεί θανατηφόρες για τους περισσότερους νηματώδεις. Και τούτο γιατί τα περισσότερα ζωικά ένζυμα αδρανοποιούνται, μετά από σύντομη έκθεση σε θερμοκρασία κοντά στους 50 °C. Όλοι οι νηματώδεις πεθαίνουν σχεδόν ακαριαία σε θερμοκρασίες 52-60 °C. Πολύ μεγάλες θερμοκρασίες για μεγάλα χρονικά διαστήματα, καλά είναι να μην εφαρμόζονται, για την αποφυγή δημιουργίας «βιολογικού κενού». Δηλαδή καταστροφή όλων των βλαβερών και ωφέλιμων μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η ταχύτερη αναμόλυνση του απολυμασμένου εδάφους. Έτσι, μπορεί τα αποτελέσματα να είναι αντίθετα και να παρατηρηθούν μεγαλύτερες απώλειες απ' ό,τι αν δεν γινόταν απολύμανση. Ο περιορισμός της επίδρασης των διαφόρων μέσων είναι η πιο χρήσιμη μέθοδος, για την αποφυγή τέτοιων παρενεργειών. Αυτό μπορεί να γίνει πιο εύκολα με τον περιορισμό της έντασης του ατμού, παρά με τη μείωση της δόσης των χημικών μέσων, που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητά τους.

- **Θερμότης.** Σε αντίθεση με την απολύμανση του εδάφους με ατμό, που γίνεται σε περιορισμένη κλίμακα σε θερμοκήπια και με υψηλό κόστος, χρησιμοποιείται η ηλιακή ακτινοβολία (ηλιοαπολύμανση solarization) σε επίπεδο αγρού (Katan, 1981). Με τη μέθοδο αυτή καλύπτεται ο αγρός με λεπτό διαφανές πολυαιθυλένιο για ένα περίπου μήνα κατά τη θερμότερη περίοδο του χρόνου. Μ' αυτή τη τεχνική αυξάνει η θερμοκρασία του εδάφους σε επίπεδα θανατηφόρα για πολλά παθογόνα και έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στη καταπολέμηση του *Globodera rostochiensis* στη Β. Αμερική (La Mondia and Brodie, 1984). Χρήση της ηλιακής ενέργειας σε βιομηχανικής μορφής καλλιέργεια κηπευτικών σε θερμοκήπια αποδεικνύεται αποτελεσματική στη καταπολέμηση των νηματωδών *Meloidogyne*. Θερμοκρασίες αέρος μέχρι 70 °C και εδάφους μέχρι 41 °C και άνω, σε 55% των 480 μετρήσεων με διάρκεια το ελάχιστο 4 ώρες μέχρι 8-9 ώρες ξεπέρασαν σε σημαντικό βαθμό τις θερμοκρασίες επιβίωσης των *Meloidogyne* (Arutyunov, 1990). Μια ευεργετική επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας αναφέρεται στην καταπολέμηση ζιζανίων ξενιστών ιώσεων, με σπουδαία οικονομική σημασία καθώς και στον περιορισμό πληθυσμών μυκήτων (Borges and Sequeira, 1992). Αυτή η τεχνική εξετάζεται εκτενώς από τους Gaur and Perry (1991) και Grinstein and Ausher (1991).

B. Βιολογική καταπολέμηση

α. Η βιολογική καταπολέμηση στοχεύει στην αύξηση των παρασίτων και αρπακτικών των νηματωδών στο έδαφος για να αυξηθεί η θνησιμότητα των φυτοπαράσιτων νηματωδών (Paracer et al., 1966). Μερικοί νηματώδεις τρέφονται από φυτοπαράσιτους νηματώδεις, ακάρεα και έντομα. Επίσης πολλοί μύκητες, βακτήρια, πρωτόζωα και ιοί προσβάλλουν τους φυτοπαράσιτους νηματώδεις. Ο μύκητας *Nematophthora gynophila* καταστρέφει τα θηλυκά άτομα του κυστογόνου νηματώδη των σιτηρών *H. avenae*, ελαττώνει τη γονιμότητα του και παρασιτεί τα αυγά. Ο μύκητας αυτός καταστρέφει ολοκληρωτικά τα θηλυκά, μέσα σε μία περίπου εβδομάδα και τα αυγά που ελευθερώνονται στο έδαφος, δεν αναλαμβάνουν πλέον. Προσβολές

στα θηλυκά άτομα του παραπάνω νηματώδη διαπιστώθηκαν και από τον μύκητα *Verticillium chlamidosporium* με αποτέλεσμα τα προσβεβλημένα θηλυκά να γεννούν λιγότερα αυγά, από ότι τα υγιή, πολλά από τα οποία ήταν μολυσμένα (Kerry et al., 1980,1982, 1982α, 1985). Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με τον κυστογόνο νηματώδη των ζαχαρότευτλων και τον *M.javanica* (Nigh et al., 1980; Roberts et al., 1981; Qadri and Saleh, 1990) πλην όμως ο βαθμός παρασιτισμού στη φύση δεν παρέχει ικανοποιητική καταπολέμηση, χωρίς τη λήψη άλλων μέτρων, όταν η καλλιέργεια των τεύτλων είναι συνεχής. Ο ίδιος νηματοφάγος μύκητας *V. chlamidosporium* στο έδαφος περιορίζει σε μεγάλο βαθμό τον πληθυσμό των *Globodera* spp, *Heterodera* spp, και *Meloidogyne* spp (Kerry et al., 1992). Παθογόνοι μύκητες, κυρίως ο *Nectria radicicola* και δευτερευόντως το *Fusarium oxysporum*, που απομονώθηκαν από καλλιέργειες πिसου, αραβόσιτου, κριθάρι, αγρανάπαυσης, σε ένα σύστημα διετούς αμειψισποράς καλλιέργειας ζαχαρότευτλων αποτελούν παράγοντες μείωσης του πληθυσμού του *Heterodera schachtii* (Banaszek et al., 1990). Συνδυασμός του *Verticillium chlamidosporium* με το καρβαμιδικό νηματοκτόνο aldicarb (Temic) (2.8 χιλ γρ. δ.ο./Ha) δίνει καλύτερα αποτελέσματα στη καταπολέμηση των *M. incognita* και *M. halpa* σε τοματόφυτα απ'ότι το καθένα ξεχωριστά, χωρίς αρνητική επίδραση στη δράση του μύκητα. (Leu et al., 1993). Η καταπολέμηση του *M. incognita* σε τοματόφυτα με τον νηματοφάγο μύκητα *V. chlamidosporium* είναι αποτελεσματικότερη σε στρώματα εδάφους που αερίζονται καλύτερα, παρά σε βαθύτερα στρώματα με λίγο αερισμό. Το παραπάνω συνδέεται με την διακύμανση του οξυγόνου στο πορώδες του εδάφους που εξαρτάται από τον τρόπο διαβροχής του τελευταίου (De Leu et al., 1993). Το βακτήριο *Pasteuria penetrans* αποδεικνύεται αποτελεσματικό στην βιολογική καταπολέμηση νηματωδών του γένους *Meloidogyne* και υπό ορισμένες προϋποθέσεις θα μπορούσε να αποτελέσει θετικό παράγοντα σ' ένα σύστημα ολοκληρωμένης καταπολέμησης (Gowen and Tzortzakakis, 1994; Tzortzakakis and Gowen, 1994; Zaki, 1990). Μία περιγραφή και προσδιορισμός νηματοκτόνων μυκήτων από ελληνικά εδάφη δίδεται από τον Κουγέα (1960). Παρά το μεγάλο ενδιαφέρον για τη βιολογική καταπολέμηση, η πρακτική της εφαρμογή φαίνεται ότι θα απαιτήσει περισσότερο από 5-10 χρόνια (Stirling,1992).

Το πρόβλημα στη βιολογική καταπολέμηση δεν είναι μόνο το πως θα βρεθούν αυτά τα παράσιτα, αλλά το πως θα αυξηθεί ο πληθυσμός και η δραστηριότητα τους, κάτι που εξαρτάται από βιοτικούς και εδαφικούς παράγοντες στο περιβάλλον. Τίποτα δεν μπορεί να προδικάσει, ότι οι αρπακτικοί νηματώδεις, που τυχόν θα εφαρμοστούν σε ένα έδαφος θα μπορέσουν να φτάσουν σε μεγάλους πληθυσμούς, που συνήθως συναντιόνται κάπου αλλού, αν δεν αναλυθούν οι φυσιολογικές και βιολογικές ανάγκες στο έδαφος σε σχέση με τον αριθμό των νηματωδών. Επίσης αναγκαία θεωρείται η διασάφηση της σχέσης άλλων παθογόνων όπως του *Bacillus thuringiensis* και της φυσικής εδαφικής πανίδας και μικροπανίδας δεδομένου ότι η τοξική επίδραση του *B.t.* είναι δεδομένη για πολλά ασπόνδυλα μεταξύ των οποίων και οι νηματώδεις (Addison, 1993).

β. Παγίδευση (Φυτά παγίδες). Με ευπαθή ή ανθεκτικά φυτά παγίδες.

Με τη μέθοδο αυτή ο πληθυσμός των νηματωδών ελαττώνεται με καλλιέργεια φυτών που είναι ιδιαίτερα ευπαθή στους νηματώδεις που υπάρχουν. Τα φυτά αναπτύσσονται για ορισμένο χρόνο, μέχρις ότου ένα μεγάλο ποσοστό από τους νηματώδεις εισβάλλει στις ρίζες τους, οπότε η καλλιέργεια καταστρέφεται από τον παραγωγό, πριν οι νηματώδεις ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο.

Δυσκολίες για την επιτυχία της παραπάνω μεθόδου:

1. Δεν είναι δυνατό να απομακρυνθούν όλες οι ρίζες από το έδαφος.
2. Ο χρόνος που θα γίνει η απομάκρυνση των ριζών πρέπει να είναι «ακριβής», πράγμα που προϋποθέτει την ακριβή γνώση του βιολογικού κύκλου του παράσιτου.
3. Μπορεί από απρόβλεπτες δυσμενείς καιρικές συνθήκες να διαφύγει ο κατάλληλος χρόνος για την εκρίζωση, οπότε ο πληθυσμός αντί να ελαττωθεί να αυξηθεί.
4. Το κόστος της καλλιέργειας της ευαίσθητης ποικιλίας πρέπει να καλύπτεται από το αποτέλεσμα της καταπολέμησης.

Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί, κυρίως στα είδη των νηματωδών, που τα θηλυκά άτομα μετατρέπονται σε κύστες που είναι ορατές πάνω στις ρίζες των φυτών, πριν ακόμη φτάσουν στο τελικό στάδιο της ανάπτυξής τους. Όπως ο κυστογόνος νηματώδης των ζαχαρότευτλων (*H.*

schachtii) και των σιτηρών (*H. avenae*). Για τον πρώτο, σαν ευπαθές φυτό «παγίδα» καλλιεργείται η ράπα, για τον δεύτερο η βρώμη (Franklin, 1951, Stone, 1961). Τα φυτά αναστρέφονται με όργωμα όταν οι λευκές ακόμη κύστεις του παράσιτου αρχίζουν να φαίνονται καθαρά πάνω στις ρίζες, οπότε οι νηματώδεις με την επίδραση του ήλιου και του αέρα καταστρέφονται. Σημασία έχει η εκρίζωση να γίνεται με προσοχή για να μην παραμένουν ρίζες μέσα στο έδαφος. Ένας άλλος τρόπος είναι η φύτευση μη ξενιστών φυτών (π.χ. *Hesperia matronalis*), που ενώ αρχικά διεγείρουν την εκκόλαψη των αυγών και προσβάλλονται από τις νύμφες, στη συνέχεια δεν επιτρέπουν την ολοκλήρωση του βιολογικού τους κύκλου. Και σ' αυτές τις περιπτώσεις η ελάττωση του πληθυσμού πρέπει να είναι σε ικανοποιητικό επίπεδο για να χρησιμοποιηθεί σαν μέθοδος καταπολέμησης (Ouden, 1956).

γ. Άλλοι τρόποι καταπολέμησης.

Ένας άλλος παράγων προς εξέταση είναι η δυνατότητα χρησιμοποίησης σ' ένα σύστημα ολοκληρωμένης καταπολέμησης ανασχετικών ουσιών για τους νηματώδεις, που παράγονται από τα ίδια τα φυτά για την άμυνα τους (Birch et al., 1993). Το φυτό *Lawsanta inermis* περιορίζει σημαντικά τις προσβολές σε φυτά τομάτας από τον *Meloidogyne incognita* όταν τα 2 φυτά αναπτύσσονται μαζί. Η ίδια επίδραση παρατηρείται όταν τα τοματόφυτα αναπτύσσονται σε έδαφος που περιέχει εκκρίματα του *L. inermis* αλλά σε μικρότερη ένταση. Σε καλλιέργεια μόνο του *L. inermis*, ο δείκτης κόμβων στις ρίζες και η τιμή αναπαραγωγής του νηματώδη περιορίστηκαν αντίστοιχα 75 και 99% σε σύγκριση με την τομάτα όταν καλλιεργήθηκε μόνη (Korayen et al., 1992). Υδαρή εκχυλίσματα από βολβούς σκόρδου (*Allium sativum* L.) αναχαιτίζουν την εκκόλαψη των αυγών του *M. incognita* σε ποσοστό 88.64-98.88% με αντίστοιχες συγκεντρώσεις 0.05-10%. Τα εκχυλίσματα των βολβών είναι περισσότερο τοξικά για τις νύμφες απ'ότι τα εκχυλίσματα φύλλων. Μεγάλη τοξικότητα για τις νύμφες εμφανίζει το ελαιώδες απόσταγμα σε συγκέντρωση 8ppm. Κονιορτοποιημένο σκόρδο σε συγκέντρωση 5% αποδεικνύεται θανατηφόρο για το 100% των νυμφών σε 72 ώρες (Gurta et al., 1991). Επίσης εκχυλίσματα φύλλων του *Origanum vulgare* (Fam. Lamiaceae) σε διάφορες συγκεντρώσεις, έχουν νηματοκτόνο

δράση που αυξάνει με την αύξηση της πυκνότητας του εκχυλίσματος, και της διάρκειας της επέμβασης (Ramraj et al., 1991).

Οι φυσικοί μέθοδοι καταπολέμησης των νηματωδών, όπως απολύμανση του εδάφους με ατμό, εμβάπτιση κοιμώμενων βολβών, κονδύλων, φυταρίων κλπ. σε νερό θερμοκρασίας 45-50 °C, ή βύθιση ένριζων φυτών για 10-20 λεπτά σε νερό θερμοκρασίας 50 °C, αποδεικνύονται δύσκολες πρακτικές για τους γεωργούς. Μερικοί μύκητες και βακτήρια έχουν προσδιοριστεί αλλά και η βιολογική καταπολέμηση δεν είναι προς το παρόν ρεαλιστική. Διάφορες καλλιεργητικές τεχνικές, όπως αγρανάπαυση δίχως ζιζάνια, κατάκλιση (μη εφαρμόσιμη οπουδήποτε και δαπανηρή), εναλλαγή φυτών ξενιστών και ευαίσθητων ποικιλιών (αμειψισπορά], καταστροφή προσβεβλημένων υπολειμμάτων καλλιεργειών και χρήση ανθεκτικών ποικιλιών ή χρήση φυτών παγίδες, είναι εύχρηστες. Πλην όμως καμιά από αυτές εφαρμοζόμενη μόνη δεν αποδεικνύεται αποτελεσματική (Ferraz, 1992). Πιο εύχρηστη μέθοδος θα μπορούσε να χαρακτηριστεί η χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας (soil solarization) αλλά κι αυτή εφαρμόζεται σε πολύ περιορισμένη κλίμακα, αν και σε μερικές περιπτώσεις έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα (La Mondia et al., 1984). Ο συνδυασμός της βιολογικής καταπολέμησης, φυσικών μεθόδων και χημικών μέσων σ' ένα πρόγραμμα ολοκληρωμένης καταπολέμησης εναντίων εχθρών θερμοκηπίων, είναι δυνατός εάν παράλληλα ληφθεί φροντίδα ελαχιστοποίησης άστοχων επιδράσεων από φυτοφάρμακα (Matteoni et al., 1993, Davis, 1991, Whitehead et al., 1991). Η αμειψισπορά και οι ανθεκτικές ποικιλίες είναι αποτελεσματικοί τρόποι καταπολέμησης των νηματωδών στις περισσότερες καλλιέργειες, διαφορετικά πρέπει ακόμη να χρησιμοποιούνται χημικοί μέθοδοι (Weischer, 1994).

Γ. Χημική καταπολέμηση

Η χημική καταπολέμηση στοχεύει στη θανάτωση των νηματωδών με χημικά μέσα. Απαραίτητη προϋπόθεση για τις φυσιολογικές αντιδράσεις, που θα προκαλέσουν το θάνατο είναι η θανατηφόρα δόση να διαπεράσει το νηματώδη. Τούτο μπορεί να γίνει από το στόμα, την έδρα, το γεννητικό άνοιγμα καθώς και από την επιδερμίδα. Επίσης κατά τη διατροφή τους σε

φυτά, που ψεκάστηκαν ή απορρόφησαν τέτοιες χημικές ουσίες. Οι νύμφες φαίνεται να παρουσιάζουν μικρότερη αντοχή απ' ό,τι τα αυγά στα νηματοκτόνα (Thorne, 1961).

Σύντομη ιστορική ανασκόπηση

Χημική καταπολέμηση με καπνογόνα εδάφους (soil fumigants) έγινε για πρώτη φορά το 1884, με διθειούχο άνθρακα (CS₂), για την καταπολέμηση της φυλλοξήρας στις ρίζες των αμπελιών, στη Γαλλία. Μετά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο ανακαλύπτεται η χλωροπικρίνη, ένα σκεύασμα πολύ αποτελεσματικό για όλους τους μικροοργανισμούς του εδάφους με μικρό βιολογικό κύκλο, όπως έντομα εδάφους, μύκητες, βακτήρια, νηματώδεις και σπόρους ζιζανίων. Η μεγάλη πτητικότητα, τοξικότητα, η δακρυγόνα δράση και το υψηλό κόστος περιόρισαν τη χρήση της, σε φυτά μεγάλης προσόδου και για σοβαρές μόνο ασθένειες, για τις οποίες δεν υπήρχε άλλος τρόπος καταπολέμησης. Η χλωροπικρίνη χρησιμοποιήθηκε στην Καλιφόρνια της Αμερικής σε καλλιέργειες φράουλας για την καταπολέμηση του Βερτισίλλιου. Επίσης χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλη κλίμακα, σε θερμοκήπια, παρά τη φυτοτοξικότητα των ατμών της, πράγμα που κάνει δύσκολη τη χρησιμοποίησή της σε περίοδο που αναπτύσσονται άλλα φυτά, στο ίδιο θερμοκήπιο. Οι νηματοκτόνες ιδιότητες του D-D και Telone (καπνογόνα εδάφους), διαπιστώθηκαν το 1940. Αργότερα ανακαλύφθηκαν το E.D.B. (Διβρωμιούχο αιθυλένιο), και το D.B.C.P. (Διβρωμοχλωροπροπάνιο), Nemagon, Fumazon, που έχουν αποσυρθεί από την κυκλοφορία σαν επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία. Την ίδια εποχή εμφανίζεται το B.M. (Βρωμιούχο μεθύλιο), ένα ισχυρό απολυμαντικό εδάφους, που σε συνδυασμό με τη χλωροπικρίνη καταπολεμεί τους πιο δυσεξόντωτους μικροοργανισμούς, που φέρονται διαμέσου του εδάφους. Το 1950 και 1960 μια νέα ομάδα, νηματοκτόνων-εντομοκτόνων παράγεται, χωρίς πτητικές ιδιότητες και με διασυστηματική δράση, τα καρβαμιδικά και οργανοφωσφορικά με κοκκώδη ή γαλακτοματοποιήσιμη μορφή.

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ – ΑΝΑΤΟΜΙΑ

Οι νηματώδεις είναι ζώα σκωληκόμορφα με σημαντικές μορφολογικές και ανατομικές διαφορές, που τους καθιστά ικανούς να επιβιώνουν σε διάφορες συνθήκες του περιβάλλοντος. Υπάρχουν εντούτοις βασικά οργανικά συστήματα κοινά σε όλους τους νηματώδεις όπως πεπτικό, νευρικό, απεκκριτικό, μυϊκό και αναπαραγωγικό, ενώ λείπει το αναπνευστικό και κυκλοφοριακό.

Το σώμα τους είναι επιμηκυσμένο κυλινδρικό, κυκλικό σε εγκάρσια διατομή, με αμφίπλευρη συμμετρία αν και συμμετρικά και ασύμμετρα χαρακτηριστικά μπορεί να υπάρχουν σε ορισμένα όργανα ή σε ορισμένες περιοχές του σώματός τους. Ακτινοειδώς συμμετρικά χαρακτηριστικά (τριακτινωτά, τετρακτινωτά και εξακτινωτά) εντοπίζονται στο εμπρόσθιο τμήμα ενώ το έντερο, το απεκκριτικό και αναπαραγωγικό σύστημα δείχνουν τάσεις προς ασυμμετρία. Το σώμα εμφανίζεται ενιαίο δίχως εσωτερικό μεταμερισμό αν και σε μερικά σχήματα παρουσιάζονται εμφανείς αποτομές που εντοπίζονται μόνο στην επιδερμίδα (Hirschmann, 1971).

Οι νηματώδεις αναλόγως του είδους διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό σε σχήμα ή μέγεθος. Το σχήμα μπορεί να είναι επίμηκες, ατρακτοειδές (fusiform) ή νηματοειδές (filiform).

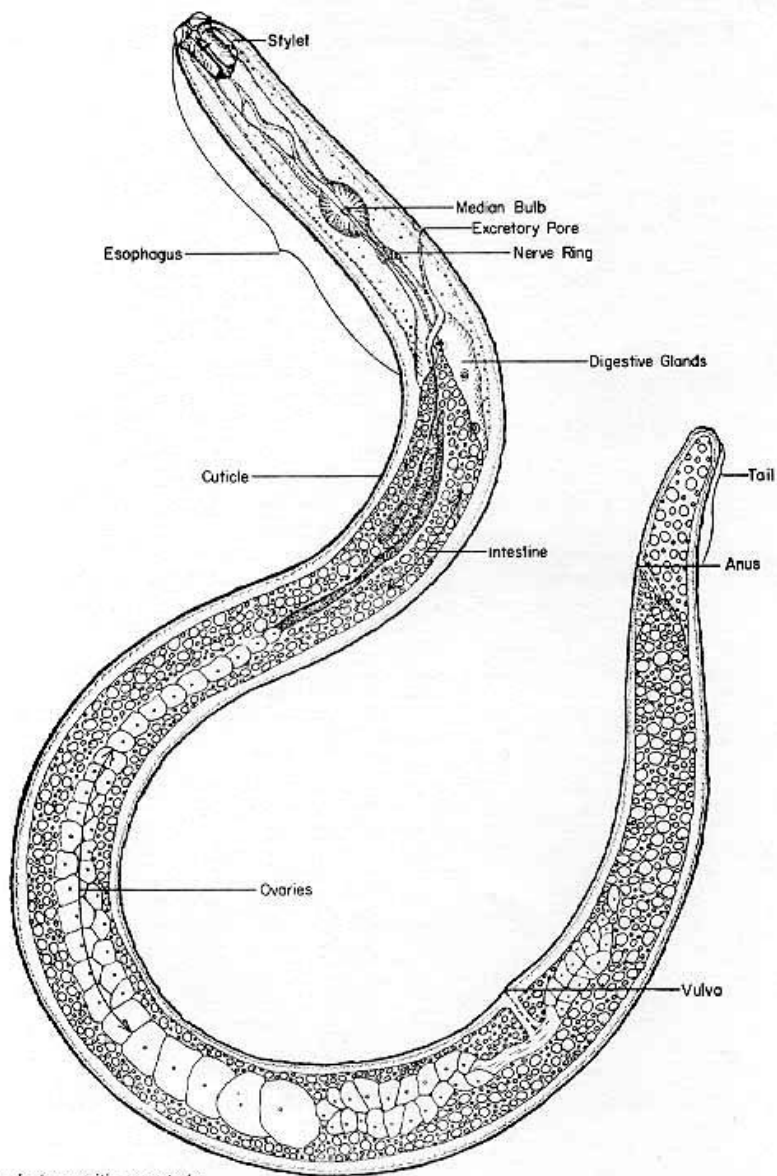
Ο ατρακτοειδής τύπος, που είναι και πιο συνηθισμένος, έχει μορφή επιμηκυσμένης ατράκτου, ευρύτερος στο μέσο και κωνοειδής στα άκρα. Το εμπρόσθιο τμήμα είναι αμβλύτερο του οπισθίου, το οποίο πολλές φορές είναι πολύ λεπτό. Ο νηματοειδής μοιάζει με νήμα της ίδιας διαμέτρου σε όλο το μήκος με λεπτότερα άκρα. Μερικά γένη νηματωδών στην διάρκεια των νυμφικών σταδίων εμφανίζουν εντυπωσιακές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων στη διάπλασή τους με μία αποδιοργάνωση των σωματικών μυών, με αποτέλεσμα την απώλεια δυνάμεων για μετακίνηση. Έτσι στο γένος *Meloidogyne* το ανεπτυγμένο θηλυκό παίρνει σχήμα, απιοειδές, σφαιρικό, στα γένη *Globodera*, *Heterodera* σφαιρικό ή λεμονοειδές, στο *Nacobus* σακκοειδές, στα *Tylenchulus*, *Rotylenchulus* νεφροειδές ενώ το αρσενικό διατηρεί πάντα το αρχικό επίμηκες κυλινδρικό σκωληκόμορφο σχήμα.

Το μήκος των φυτοπαράσιτων νηματωδών είναι κατά μέσον όρο περίπου 1 mm. Αυτό κυμαίνεται από 0,2 mm (*Paratylenchus spp.*) μέχρι 12

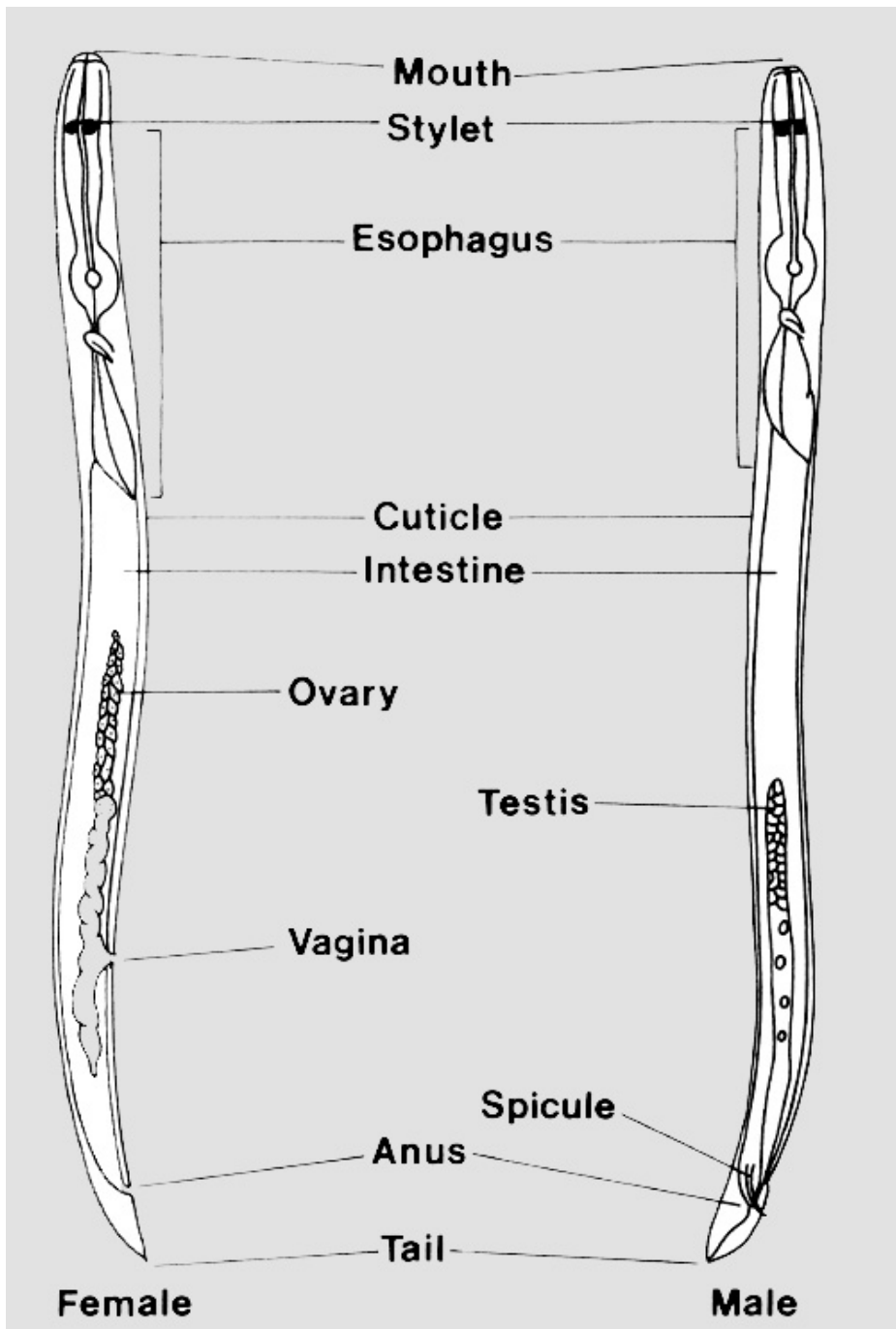
mm (*Longidorus spp.*) με πλάτος 50-250 m.m. πάντως, το μήκος των περισσότερων φυτοπαράσιτων νηματώδων δεν ξεπερνά τα 3,0 mm. Το μεγαλύτερο μήκος το έχουν οι παρασιτικοί των ζώων, που μπορεί να φθάσει αρκετά μέτρα. Γενικά σ'ένα και το αυτό είδος τα θηλυκά είναι μεγαλύτερα των αρσενικών.

Οι περισσότεροι μικροί νηματώδεις είναι διαφανείς, σε μερικά είδη η επιδερμίδα παίρνει υπόλευκες ή υποκίτρινες αποχρώσεις, ενώ άλλοι φαίνονται ελαφρά χρωματισμένοι από τις τροφές που περιέχει ο εντερικός σωλήνας. Εσωτερικά παρουσιάζουν μια ευρύχωρη σπλαχνική κοιλότητα (ψευδοκοιλίωμα). Το σώμα των νηματώδων δεν έχει εξωτερικές προσαρτήσεις και δεν υποδιαιρείται σε καθορισμένα τμήματα. Υπάρχουν υπό τμήματα στα οποία δόθηκαν κοινές ονομασίες για να διευκολύνεται η περιγραφή τους. Σαν κεφαλή χαρακτηρίζεται το εμπρόσθιο ακραίο τμήμα, που περιλαμβάνει το στοματικό άνοιγμα, την στοματική κοιλότητα ή στόμα, λαιμός το τμήμα μεταξύ κεφαλής και βάσης του οισοφάγου και ουρά το πίσω τμήμα του σώματος μεταξύ της έδρας και του τελικού του άκρου.

Κοιλιακή χώρα χαρακτηρίζεται η πλευρά που φέρει τον εκφορητικό πόρο (excretory pore), το γεννητικό άνοιγμα (vulva) και την έδρα (anus) στα θηλυκά ή την αμάρα (cloaca) στα αρσενικά. Στους περισσότερους νηματώδεις ο εκφορητικός πόρος βρίσκεται απέναντι από τη βάση του οισοφάγου, το γεννητικό άνοιγμα περίπου στο μέσον ή στο πίσω ήμισυ του σώματος και η έδρα ή το άνοιγμα της αμάρας κοντά στο πίσω άκρο. Οι περίοδοι ανάπτυξης της νύμφης χωρίζονται συνήθως με τέσσερις αποδερματώσεις (εκδύσεις) από τις οποίες μια ή δύο μπορεί να γίνουν μέσα στο αυγό. Η νύμφη μετά την εκκόλαψη έχει ανεπτυγμένα όλα τα όργανα εκτός του αναπαραγωγικού που εξελίσσεται κατά τα τέσσερα προνυμφικά στάδια. Μετά την 4η έκδυση η νύμφη έχει πάρει πλέον την τελική της ανάπτυξη και μπορεί να αναπτυχθεί περαιτέρω σαν ακμαίο (adult) χωρίς άλλες εκδύσεις.



Εικόνα 6 Μορφολογία Νηματώδη



Εικόνα 7 Μορφολογία θηλυκού και αρσενικού νηματώδη

Σωματικό περίβλημα (Body wall)

Το σώμα των νηματώδων καλύπτεται από το επιδερμίδιο (cuticula), την υποδερμίδα (hypodermis) και τους σωματικούς μύες (somatic musculatures).

Επιδερμίδιο (εφυμενίδα)

Αυτό αποτελείται από υαλώδες μη κυτταρικό ελαστικό στρώμα, που καλύπτει καθολοκληρία εξωτερικά το σώμα του νηματώδη και αποτελεί το προστατευτικό του κάλυμμα και κατά κάποιο τρόπο τον έξω σκελετό. Το επιδερμίδιο επεκτείνεται και καλύπτει εσωτερικά το στοματικό άνοιγμα, την στοματική κοιλότητα, οισοφάγο, εκφορητικό πόρο, γεννητικό άνοιγμα (vulva), κόλπο (vagina), έδρα (anus), αμάρα (cloaca), ορθό (rectum) και ορισμένα αισθητήρια όργανα. Για τον τύπο (κατασκευή-σύνθεση) του επιδερμιδίου που καλύπτει τα εσωτερικά ανοίγματα και αυτής της εξωτερικής επιφάνειας του νηματώδη υπάρχει διαφορετική άποψη (Hirschmann, 1960). Αυτό στους νηματώδεις διαφέρει αρκετά ώστε να μην είναι δυνατή η γενίκευση μιας παραδοχής (Hirschmann, 1971). Αν και ιστολογικά έχουν διαπιστωθεί διάφορες στρώσεις, π.χ. στο *Ascaris labricoides* έχουν βρεθεί 9 στρώσεις (Chitwood and Dóttwood, 1950; Bird and Deutsch, 1957; Bird, 1957), τρία συνήθως είδη υλικών μπορούν να ξεχωρίσουν: cortex, matrix και fibre.

Cortex είναι το εξώτερο στρώμα του επιδερμιδίου και αποτελείται από μία λιποειδή μεμβράνη κερατινώδους σύστασης που παρεμποδίζει σε διάφορο βαθμό, ανάλογα του είδους, την είσοδο χρωστικών, φαρμάκων, διαλυτικών ουσιών κλπ.

Matrix είναι το μεσαίο στρώμα που αποτελείται ή περιέχει ιώδη ουσία και ονομάζεται matrixin, πλούσια σε θείο (Chitwood, 1936).

Fibre layers είναι το εσωτέρο στρώμα που έχει 2 ή 3 ινώδη όμορα στρώματα, με πολύ συνεκτικό ιστό, που εκτείνονται προς 3 διαφορετικές κατευθύνσεις. Γενικά το επιδερμίδιο έχει πολύπλοκη σύνθεση. πιστεύεται ότι είναι κυρίως πρωτεϊνικής σύνθεσης δίχως χιτίνη και προέρχεται από πρωτοπλασματική συμπύκνωση της υποδερμίδας στα εξώτερα στρώματα. Ο δε μηχανισμός της ανανέωσης και των εκδύσεων δεν φαίνεται να έχει ερευνηθεί επαρκώς.

Υποδερμίδα (υπόδερμα)

Η υποδερμίδα είναι το αμέσως κάτω από το επιδερμίδιο στρώμα αποτελούμενο από λεπτό κυτταρικό ιστό, που φαίνεται να εκκρίνει το επιδερμίδιο. Αυτή εσωτερικά εμφανίζει συνήθως προς τα μέσα τέσσερις επιμήκεις παχύνσεις, οι οποίες διατρέχουν όλο το μήκος του σώματος και ονομάζονται αξονικές χορδές.

Μερικά είδη μπορεί να έχουν περισσότερες από 4 χορδές. Ο μεταξύ των χορδών υποδερμικός ιστός στερείται πυρήνων ενώ των χορδών έχει μία πολύπλοκη σύνθεση. Σε εγκάρσια τομή οι χορδές φαίνονται σαν προβολές του υποδερμιδίου μέσα στο ψευδοκίλωμα. Οι παχύνσεις αυτές βρίσκονται μεταξύ τους σε συμμετρικές αποστάσεις και διακρίνονται σε δύο πλευρικές, που είναι και οι πιο εμφανείς και ανά μία νωτιαία και κοιλιακή.

Στις πλευρικές χορδές που είναι οι ογκωδέστερες βρίσκονται οι απεκκριτικοί αγωγοί, όταν υπάρχουν, στη δε ραχιαία και κοιλιακή τα νευρικά σχοινιά). Σε πολλά *Adenophorea* υπάρχουν μονοκύτταροι υποδερμικοί αδένες, πλάγιοι ή ουραίοι, που τα ανοίγματά τους είναι πόροι επί του επιδερμιδίου. Υποδερμικοί αδένες σχετίζονται με ορισμένα αισθητήρια όργανα (αμφίδια, σμήριγγες, φασμίδια κλπ.) (Crofton, 1966; Hirschmann, 1971).

Μυϊκό Σύστημα

Σωματικοί Μύες (μυϊκό στρώμα)

Κάτω από την επιδερμίδα υπάρχει το μυϊκό στρώμα. Αυτό αποτελείται επιμήκεις ίνες. Το κυτταρόπλασμα των μυϊκών κυττάρων έχει διαφοροποιηθεί σε μυϊκές ίνες, που πρόσκεινται στερεά στην υποδερμίδα σε όλο της το μήκος, ενώ το αδιαφοροποίητο μέρος προέχει μέσα στο σωματικό ψευδοκίλωμα. Το μυϊκό στρώμα διαιρείται συνήθως σε 4 δεσμίδες, από τις 4 υποδερμικές πτυχώσεις (χορδές) που διατρέχουν όλο το μήκος του σώματος) Τα νεύρα και οι απεκκριτικοί αγωγοί στα *Secernentea* βρίσκονται στις ανωτέρω 4 αξονικές χορδές, οι οποίες σε μερικούς τύπους μπορεί να είναι περισσότερες, οπότε το μυϊκό στρώμα υποδιαιρείται σε περισσότερες δεσμίδες (πλαγιονωτιαίες, πλαγιοκοιλιακές). Εκτός από τους παραπάνω

σωματικούς μύες υπάρχει και ένας αριθμός εξειδικευμένων μυών, προφανώς της αυτής προέλευσης που χωρίζονται σε μερικά ιδιαίτερα μέρη του σώματος, όπως οι χειλικοί, στοματικοί οισοφαγικοί, στοματοεντερικοί, απευθυσμένου και σύζευξης.

Επιδερμικές διαμορφώσεις - Υποδείγματα

Η επιδερμίδα που είναι συνήθως λεία, πολλές φορές σημειώνεται από μια σειρά εγκαρσίων δακτυλίων (annulations), που σχηματίζουν αυλακώσεις (striations) οι οποίες συνήθως διακόπτονται από πλάγιες ραβδώσεις ή επιμήκεις αυλακώσεις. Οι πλάγιες ραβδώσεις που σχηματίζονται από αναδιπλώσεις επιδερμίδας υπέρκεινται των πλαγίων χορδών διαμορφώνοντας τις πλάγιες επιδερμικές περιοχές (lateral fields).

Οι πλευρικοί αυτοί σχηματισμοί αποτελούν μορφολογικά χαρακτηριστικά ορισμένων ομάδων ή ειδών νηματωδών. Οι εντομές αυτές, που μπορεί να εκτείνονται από το πίσω μέρος της κεφαλής μέχρι την περιοχή της ουράς, σε μερικά είδη είναι πολύ ευδιάκριτες ενώ σε άλλα ακαθόριστες. Οι επιδερμικές ραβδώσεις, που εκτείνονται παράλληλα με τον άξονα του σώματος ονομάζονται αξονικές ραβδώσεις (ilongitudinal striations). Η παρουσία, ο αριθμός και η διάταξη των πλευρικών αυλακοτομών (incisures) (γραμμώσεις, χαρακιές) αποτελούν χαρακτηριστικά γνωρίσματα για την ταξινόμηση π.χ. ο *Ditylenchus dipsaci* και ο *D. Jestructor* έχουν αντίστοιχα 4 και 6 πλάγιες γραμμές. Ο *Pratylenchus neglectus* έχει στην κεντρική ζώνη των πλαγίων γραμμών, λοξές αυλακώσεις που φαίνονται σαν πλάγιες χαρακιές. Ο *Tylenchorhynchus brevidens* έχει 6 πλευρικές γραμμές. Οι πλάγιες διαμορφώσεις διακρίνονται εύκολα σε ζωντανά ή καλά διατηρημένα παρασκευάσματα. Σε μερικές περιπτώσεις η επιδερμίδα σημειώνεται με στίξεις, παύλες, κύκλους ή ανάγλυφες γραμμώσεις με διάφορη διάταξη σχηματίζοντας υποδείγματα (Patterns) π.χ. στα γένη *Heterodera*, *Globodera*, *Meloidogyne*, σχηματίζονται χαρακτηριστικά περιεδρικά υποδείγματα που υποβοηθούν στην ταξινόμηση των ειδών. Η εμφάνιση των διαφόρων επιδερμικών μορφών οφείλεται σε διάφορες τροποποιήσεις των εξωτερικών στρωμάτων της επιδερμίδας.

***Bursae* (α) - (Ουραίες πτέρυγες - βύρσα)**

Σε μερικούς νηματώδεις σχηματίζονται διάφορες επιδερμικές διαστολές ή επιμηκυμένες πλάγιες παχύνσεις, που μοιάζουν με πτερύγια (**alae**). Ονομάζονται αυχενικές πτέρυγες (**cervical alae**) όταν βρίσκονται στην περιοχή του αυχένα και ουραίες (**caudal alae**) ή βύρσα, όταν βρίσκονται στην πίσω περιοχή των αρσενικών (Εικ. 2). Οι ουραίες πτέρυγες φαίνεται ότι ενεργούν σαν όργανα περίπτυξης κατά την συνουσία γι' αυτό ονομάζονται και πτέρυγες συνουσίας ή απλά **bursa** (Thorne, 1961, Filipjev et al., 1959) ή βύρσα (Bonnemaison, 1964). Η βύρσα μπορεί να φέρει διάφορο αριθμό γεννητικών θηλών, που λειτουργούν σαν όργανα αφής. Το μέγεθος, η θέση της βύρσας στο ουραίο τμήμα και ο αριθμός των γεννητικών θηλών ή ακτινωτών εκφύσεων αποτελούν ενδιαφέροντα μορφολογικά χαρακτηριστικά για την ταξινόμηση. Αυχενικές πτέρυγες είναι γνωστές μόνο στις ομάδες των παρασιτικών νηματωδών: *Strogylina*, *Ascaridina* και *Spirurina* (Hirschmann, 1960). Στην τάξη *Tylenchida* μεταξύ των γενών που έχουν βύρσα, είναι τα *Ditylenchus*, *Pratylenchoides*, *Hoplolaimus*, *Pratylenchus*. Στα γένη *Aphelenchoides*, *Paraphelenchus* και σε πολλά άλλα αυτή λείπει ενώ υπάρχει στο γένος *Aphelenchus*. Γενικά στη βύρσα των *Tylenchida*, ενισχυτικές θηλές ή ακτινωτές εκφύσεις συνήθως λείπουν ή υπάρχει περιορισμένο αριθμός, ενώ στα *Rhabditida* υπάρχουν πάντοτε ακτινωτές εκφύσεις 6 ζεύγη ή περισσότερα. Η εκτός λίγων εξαιρέσεων είναι άγνωστη στα *Adenophorea*.

Κεφαλή

Κεφαλή χαρακτηρίζεται το εμπρόσθιο τμήμα που περιλαμβάνει το στοματικό άνοιγμα και την στοματική κοιλότητα ή στόμα.

Χείλη

Το στοματικό άνοιγμα περιβάλλεται από 6 χείλη (χειλικοί λοβοί) που σε μερικές ομάδες (*Tylenchida*) υποστηρίζονται από αποσκληρωμένο κεφαλικό σκελετό. Σε μερικά είδη αυτός ο αριθμός που χαρακτηρίζει τα *Secernentea* μπορεί να τροποποιηθεί και να περιορισθεί με διάφορους τρόπους. Έτσι υπάρχουν ομάδες με τρία χείλη ή δίχως χείλη. Στα φυτοπαράσιτα *Longidoridae* (*Adenophorea*) τα 6 χείλη είναι συγχωνευμένα.

Στόμα (Stoma)

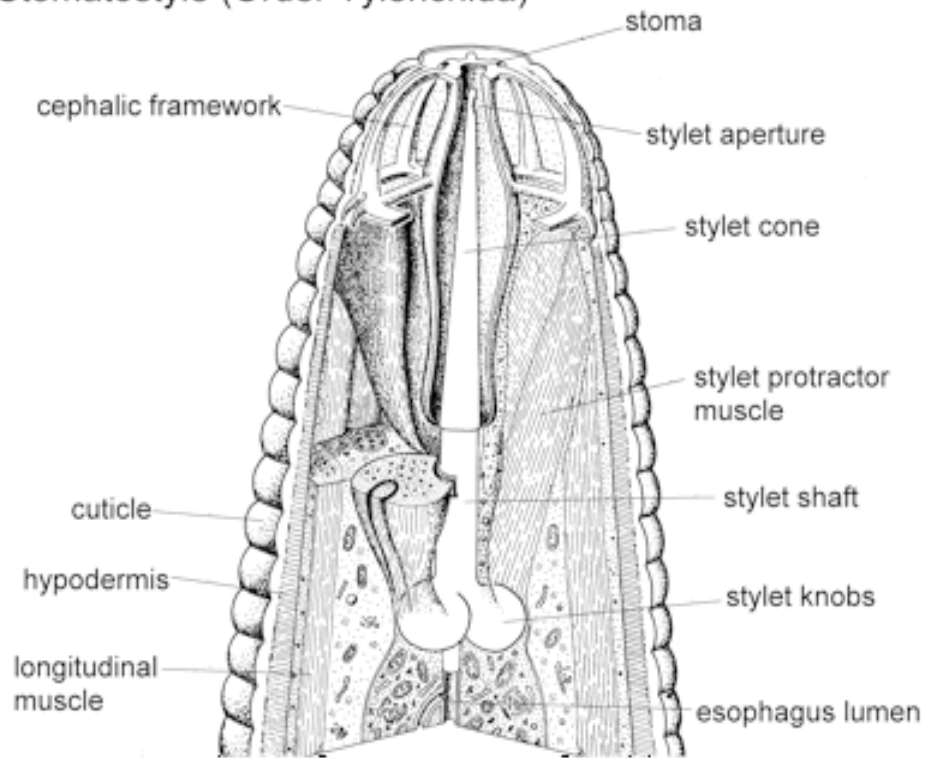
Μετά από το στοματικό άνοιγμα (**oral aperture**) ακολουθεί η στοματική κοιλότητα, το «στόμα», το οποίο παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία σε μέγεθος και σχήμα στους διάφορους νηματώδεις. Το στόμα μπορεί να είναι πολύ μικρό και ημισφαιρικό, επίμηκες, κυλινδρικό, ή τριγωνικό, λιγότερο ή περισσότερο βυθισμένο στο μυϊκό σύστημα του οισοφάγου ή ελεύθερο. Αυτό σε μερικούς νηματώδεις, ειδικά στα *Rhabditoids*, υποδιαιρείται σε 3 τμήματα:

1. Στο εμπρόσθιο που περικλείεται από τα χείλη: χειλοστόμ (= **cheilostom** ή **vestibule**), με ευρεία έννοια, το στόμα.
2. Στο μεσαίο, το πιο αποσκληρωμένο και το επιμηκύτερο όλων: πρωτόστομα (= **Protostom: prostom, mesostom, metastom**).
3. Στο τελικό μικρό άνοιγμα: τελόστομα (= **telostom**)

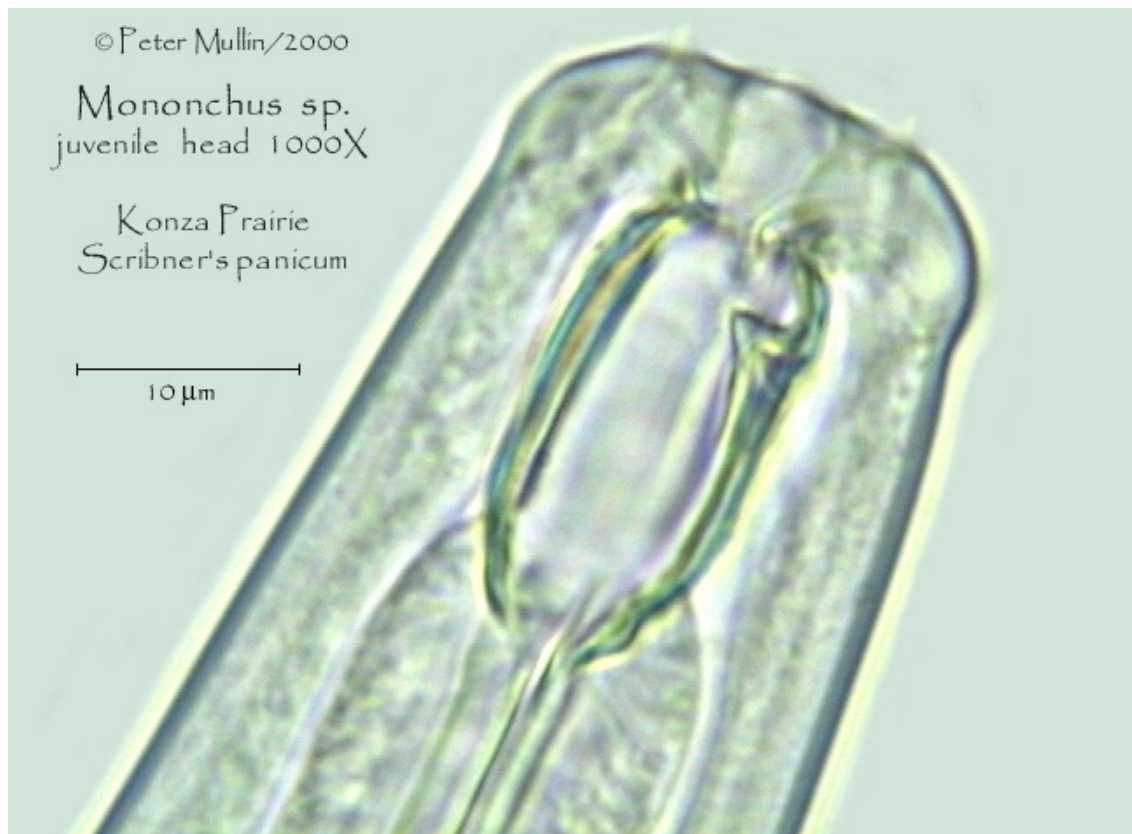
Τα τοιχώματα των διαφόρων τμημάτων του στόματος ονομάζονται *diabdions* και ορίζονται ως **Cheilorhabdions**, **rhabdion (pro-meso & metastarhabdions)** και **telorhabdions** (Goodey, 1964; Thorne, 1961). Η μορφολογία της στοματικής κοιλότητας ανταποκρίνεται στον τρόπο παρασιτισμού των διαφόρων ειδών νηματωδών. Στα **Mononchids** η ύπαρξη ισχυρά ανεπτυγμένων δοντιών συνδέεται με την αρπακτική τους δράση.

Στα *Tylenchus* και *Dorylaimus* υπάρχει κατάλληλος σπλισμός (στιλέτο δόρυ με τον οποίο διαπερνούν τα φυτικά κύτταρα και απορροφούν το παρέγχυμα. Στα *Rhabditis* η στενή μυώδης κατασκευή συνδέεται με την βακτηριακή τους διατροφή, η δε ύπαρξη πολύπλοκων αγκίστρων, μυζητήρων ή προβόλων με τον παρασιτισμό τους στα ζώα (*Cephalobidae*, *Acrobeles*), (Jones, 1965; Caveness, 1964).

Stomatostyle (Order Tylenchida)



Εικόνα 8 - Τύπος Στόματος της τάξης των Tylenchida



Εικόνα 9 - *Mononchus* sp.

Στιλέτο - Δόρυ (Stylet - spear)

Το στόμα μπορεί να είναι οπλισμένο με μικρούς φαρυγγικούς οδόντες (οδοντόστομα), στιλέτο ή δόρυ των οποίων το μέγεθος και το σχήμα διαφέρει σημαντικά μεταξύ των διαφόρων γενών και ειδών. Ο οπλισμός αυτός προέρχεται από αποσκληρύνσεις ορισμένων στοματικών περιοχών. Όλοι οι φυτοπαράσιτοι νηματώδεις έχουν ένα στιλέτο. Σε μερικά εκφυλισμένα άρρενα το στιλέτο λείπει (*Spheronema*). Τούτο μπορεί να συμβεί και σε ορισμένα στάδια άλλων ειδών π.χ. στα *Heterodera*, ενώ πάντα υπάρχει στα νεαρά άτομα (νύμφες 2ου σταδίου). Το στιλέτο είναι τριμερές, επιδερμικής κατασκευής, αποτελούμενο από το εμπρόσθιο κωνικό τμήμα, τον μεσαίο κοντό και τις 3 βασικές διογκώσεις (knobs-τύλος), μια νωτιαία και δύο υποκοιλιακές. Τα βασικά αυτά εξογκώματα συνδέονται με μύες με τους οποίους επιτυγχάνεται η παλινδρομική κίνηση του στιλέτου κατά τον παρασιτισμό, με συχνότητα 10 φορές στο δευτερόλεπτο. Στα Tylenchidae τα εξογκώματα (κόμβοι) της βάσης του στιλέτου είναι συνήθως μόνιμα, ευδιάκριτα, στα Hoplolaimidae ιδιαίτερα ανεπτυγμένα ενώ σε μερικά Aphelenchina έχουν ασθενική ανάπτυξη ή μπορεί και να λείπουν. Στα Tylenchida το στιλέτο πιστεύεται ότι προέκυψε από την τήξη των αποσκληρωμένων τοιχωμάτων (rhabdions) της κυλινδρικής στοματικής κοιλότητας, που εμφανίζεται στα Rhabditis εξ ου και η ονομασία του «**σωματικό στιλέτο**» (**stomato-stylet**). Αυτό αποτελεί μορφολογικό χαρακτηριστικό της κλάσης Secernentea (Φασμιδία. Το στιλέτο των Tylenchida διατρέχεται από λεπτότατο αγωγό (< 1 μ.μ.) απ' όπου οι τροφές διοχετεύονται στο έντερο δια του οισοφαγικού αγωγού.

Στα Adenophorea (Αφασμιδία) (Dorylaimida), το εμπρόσθιο τμήμα του στιλέτου είναι ευρύ δόντι που προέρχεται από τα μυϊκά τοιχώματα του οισοφάγου και ονομάζεται «**οδοντοστιλέτο**» (**odontostylet**) ενώ το οπίσθιο προέρχεται από την οισοφαγική επιδερμική επένδυση και ονομάζεται **προέκταση του οδοντοστιλέτου (odontostylet extension)** ή **οδοντοφόρος** (Hirschmann, 1971). Για τη φύση του δακτυλίου οδηγού που περιβάλλει το στιλέτο υπάρχουν διάφορες απόψεις (Goodey, 1961). Στο γένος *Xiphinema* των Adenophorea το δόρυ είναι αξονικό, μακρύ, βελονοειδές και κοίλο, μήκους συχνά πάνω από 150 μm, με οδοντοφόρο και

3 ευδιάκριτες διογκώσεις στη βάση (**ωτία: flanges**) που υπενθυμίζουν τα βασικά εξογκώματα (**knobs**) των Tylenchida (Allen, 1960; Hooper and Southey, 1973).

Τα νυμφικά στάδια, πλέον του λειτουργούντος οδοντοσιλέτου στο στόμα, έχουν και ένα επιπλέον (αντικαταστάτη), μέσα στα τοιχώματα του οισοφάγου. Στο *Xiphinema index* ο αγωγός του οδοντοσιλέτου (0,45 μm διαμέτρου) έχει έκκεντρη θέση και το νωτιαίο σχισμοειδές άνοιγμα εκτείνεται σε όλο το μήκος του οδοντοσιλέτου, πράγμα που φαίνεται σε εγκάρσια τομή του σιλέτου (Hirschmann, 1971). Σε νεαρά άτομα των Dorylaimida είναι δυνατό πολλές φορές να φανεί η αιχμή του νέου δόρατος καθώς αναπτύσσεται στο κοιλιακό τμήμα του οισοφάγου, πίσω από το παλιό, που βρίσκεται σε λειτουργία. Κατά την έκδυση με την απόρριψη της παλιάς κορυφής του δόρατος η νέα προωθείται προς τα εμπρός και συνδέεται με τη βάση του δόρατος ή την προέκτασή του. Ακόμη και στα ανεπτυγμένα άτομα όπως στα *Xiphinema* ένα ελάχιστο τμήμα της αιχμής του δόρατος μπορεί να φανεί στη θέση όπου γίνονται αντικαταστάσεις στα νεαρά άτομα (νυφικά στάδια) (Jones, 1965).

Στα *Trichodorus* των Dorylaimida το οδοντοσιλέτο που χαρακτηρίζεται σαν στοματικό δόντι (**odonto-stylet**) είναι λεπτής κατασκευής με νωτιαία κύρτωση αποτελούμενο από ένα εξωτερικό σιλέτο και ένα λεπτό εσωτερικό που παρεμβάλλεται μέσα στο εξωτερικό. Το 1/3 του εμπρόσθιου εξωτερικού σιλέτου είναι συμπαγές και κείται μέσα στον στοματικό αγωγό. Γενικά η όλη διάταξη των σιλέτων είναι τέτοια ώστε οι τροφές δια του στοματικού αγωγού να οδεύουν στην φαρυγγοοισοφαγική σύνδεση και μέσω αυτής στον οισοφάγο και τελικά στο έντερο δια μέσου της καρδίας. Τάσεις συγγένειας πιθανολογούνται μεταξύ του σιλέτου των Tylenchida και των τοιχωμάτων του στόματος (rhabdions) των Rhabditida (Jones, 1965; Thorne, 1961). Έτσι τα **cheilorhabdions** φαίνεται να σχηματίζουν το μέρος του κεφαλικού σκελετού γύρω από το στόμα, η κορυφή (κώνος), τα **pro και mesorhabdions**. Η βάση του σιλέτου ή η επέκτασή του μπορεί να σχηματίζεται από 2 τμήματα των στοματικών τοιχωμάτων **meta- και telorhabdions** και τα βασικά εξογκώματα να αντιστοιχούν στα **telorhabdions**.

Από τα ανωτέρω μπορούμε να συνάγουμε ότι: το στόμα με τις σημαντικές διαφορές στη μορφολογία του αποτελεί πολύτιμο στοιχείο για την

ταξινόμηση των νηματωδών όταν συνδυάζεται με τον στοματικό οπλισμό καθώς και με άλλα μορφολογικά χαρακτηριστικά. Όταν υπάρχει στοματοστιλέτο ή οδοντοστιλέτο, το μήκος, το εύρος, το σχήμα και τα επιμέρους τμήματά του αποτελούν ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά.

Πεπτικό σύστημα

Το πεπτικό σύστημα είναι πλήρες και περιλαμβάνει το στοματικό άνοιγμα, τους χειλικούς λοβούς, τη στοματική κοιλότητα (συνήθως οπλισμένη με στιλέτο ή δόντι) τον μυώδη οισοφάγο, την καρδιά, τον εντερικό σωλήνα και το βραχύ ορθό που διανοίγεται στην κοιλιακή επιφάνεια, στα θηλυκά στην έδρα και στα αρσενικά στην αμάρα. Το πεπτικό σύστημα μπορεί να χαρακτηριστεί σαν ένας εσωτερικός σωλήνας που αρχίζει από το άνοιγμα του στόματος και καταλήγει στην έδρα,

Οισοφάγος

Ο οισοφάγος που ακολουθεί την στοματική κοιλότητα είναι ένα από τα πιο χαρακτηριστικά όργανα των νηματωδών, με μεγάλη σημασία για την ταξινόμηση. Το σχήμα του και γενικότερα η διάπλάσή του παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στις διάφορες ομάδες των νηματωδών. Γενικά ο οισοφάγος είναι μία κατασκευή σωληνοειδούς μορφής, που εσωτερικά καλύπτεται από λεπτή επιδερμίδα και εξωτερικά περιβάλλεται από μία μεμβράνη. Το κεντρικό κοίλωμα του οισοφαγικού αγωγού (**lumen**) σε εγκάρσια τομή υποδιαιρείται σε 3 συμμετρικώς διατεταγμένα τμήματα (3σκελής - 3ακτινωτός) που διακρίνονται σε ένα νωτιαίο και δύο πλαγιοκοιλιακά. Ο οισοφάγος έχει ένα ή περισσότερα μυώδη εξογκώματα «βολβούς» μετά ή άνευ μυζητικής βαλβίδας (γνήσιος-ψευδοβολβός). Ο οπλισμένος με βαλβίδα βολβός αποτελεί την οισοφαγική κατασκευή με την οποία επιτυγχάνεται η απομύζηση ή απορρόφηση των τροφών.

Ο οισοφάγος είναι εφοδιασμένος με ένα συμπαθητικό νευρικό σύστημα που είναι υπεύθυνο για την συγχρονισμένη ρύθμιση των μυϊκών οισοφαγικών ινών και της δραστηριότητας των οισοφαγικών αδένων (Clitwood and Clitwood, 1950; Hirschmann, 1971). Εφόσον ο βολβός βρίσκεται στο μέσο του οισοφάγου ονομάζεται «μεσαίος» (median), ενώ όταν βρίσκεται στο τέλος

αυτού, οπίσθιος, καρδίας, βασικός (basal) ή τελικός. Ο πιο αρχέγονος οισοφάγος κυλινδρικού τύπου, μυώδης απαντάται στους θαλάσσιους νηματώδεις της οικογένειας Enoplidae (*Enoplus*). Οι οισοφάγοι των άλλων ομάδων αποτελούν μία μεγάλη παραλλαγή του βασικού αυτού τύπου ως προς την γενική διάπλαση, την παρουσία βολβών, το μυώδες, την θέση και τον τύπο των βαλβίδων, τον αριθμό των οισοφαγικών αδένων και την θέση των ανοιγμάτων των αγωγών τους. Ο διαχωρισμός των τμημάτων του οισοφάγου μπορεί να γίνει ως ακολούθως.

A. Το σώμα **«corpus»**: Αυτό περιλαμβάνει το κυλινδρικό εμπρόσθιο τμήμα πρόσωμα «procorpus» και το διογκωμένο τμήμα που ακολουθεί, το μετασώμα «metacorpus» (μεσαίος βολβός = median bulb).

B. Ο ισθμός **«isthmus»**: Το πολύ βραχύ και στενό κυλινδρικό τμήμα που συνδέει το μετασώμα «metacorpus» με τον οπίσθιο ή τελικό βολβό.

Συνήθως υπάρχουν 3 οισοφαγικοί αδένες, που βρίσκονται δια μέσου των τοιχωμάτων του οισοφάγου, ένας νωτιαίος και δύο πλαγιοκοιλιακοί, μπορεί όμως να είναι 5 ή και περισσότεροι. Τα εκκρίματα των αδένων χρησιμεύουν στην πέψη των τροφών. Στους φυτοпараσίτους νηματώδεις οι οισοφαγικοί αδένες συνήθως είναι ξεχωριστά αδενώδη κύτταρα που κείνται κοιλιακά μέσα στο ψευδοκοίλωμα και φέρουν πολλάκις ευδιάκριτο πυρήνα. Ο κύριος αγωγός από κάθε αδένα ανοίγει συχνά με μία διαστολή στο κανάλι του οισοφάγου. Το άνοιγμα από τον νωτιαίο αδένα συνήθως βρίσκεται κοντά στην αρχή του οισοφάγου ή μέσα στο στόμα, ενώ οι πλαγιοκοιλιακοί εκβάλλουν στο πίσω τμήμα του οισοφάγου και σπάνια στην αρχή του. Το ακραίο τμήμα από κάθε αδένα, και μόνο αυτό, επικαλύπτεται εσωτερικά από την επιδερμίδα και μπορεί να παρουσιάσει μία μεμβρανώδη διαστολή σχηματίζοντας μία κύστη (**amplulla**) (*Longidorus* Spp.). Στα *Enoplus* οι αγωγοί και των τριών αδένων ανοίγουν εμπρόσθια, οι πλαγιοκοιλιακοί δια μέσου των οδόντων. Στα Rhabditida και Tylenchoidea ο νωτιαίος αδένας συνήθως εκβάλλει εμπρόσθια, ακριβώς πίσω από την στοματική κοιλότητα, ενώ οι πλαγιοκοιλιακοί στο οπίσθιο τμήμα του μεσαίου βολβού. Στα Arhelenchoidea και οι τρεις αδένες εκβάλλουν στον μεσαίο βολβό. Οι δύο πλαγιοκοιλιακοί στο οπίσθιο τμήμα ενώ ο νωτιαίος στο εμπρόσθιο. Το σημείο όπου εκβάλλουν οι οισοφαγικοί αδένες αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό για την ταξινόμηση των

Tylenchida και Aphelenchida. Στους φυτοπαράσιτους *Xiphinema* spp., *Longidorus* spp. *Trichodorus* της υπεροικογένειας Dorylaimoidea, ο οισοφάγος αποτελείται από δύο μέρη: Το εμπρόσθιο λεπτό ουχί μυώδες τμήμα και το επιμηκυμένο διογκωμένο μυώδες και αδενώδες οπίσθιο. Στην ομάδα αυτή υπάρχει ένας νωτιαίος αδένας και δύο ζεύγη πλαγιοκοιλιακών που ανοίγουν στο οπίσθιο μέρος του οισοφάγου, πίσω από τον νευρικό δακτύλιο. Εξαιρέση αποτελεί το *Xiphinema index* (φορέας του μολυσματικού εκφυλισμού της αμπέλου), το οποίο έχει μόνο 3 οισοφαγικούς αδένες. ένα νωτιαίο και δύο πλαγιοκοιλιακούς (Rogge et al., 1967). Στα Tylenchoidea το αδενώδες πίσω μέρος του οισοφάγου μπορεί να πάρει το σχήμα των αδένων που περικλείει και να σχηματίσει έναν ευδιάκριτο βασικό βολβό. Σε μερικά είδη Tylenchidae, οι αδένες εκτείνονται πέρα από τα τοιχώματα του οισοφάγου, στο ψευδοκοίλωμα σχηματίζοντας έναν λοβό που επικαλύπτει (overlap) το εμπρόσθιο τμήμα του εντέρου, σε διάφορο βαθμό (π.χ. στα *Pratylenchus*, *Rotylenchus* κλπ.). Παρόμοιες επικαλύψεις παρατηρούνται και στα Aphelenchidae και Aphelenchoididae. Στη βάση ο οισοφάγος καταλήγει σε ένα στόμιο, που σχηματίζει την οισοφαγο-εντερική βαλβίδα, η οποία συχνά παρουσιάζει μία μικρή προέκταση στον εντερικό σωλήνα και παρεμποδίζει την επαναφορά των τροφών μέσα στον οισοφάγο. Στα φυτοπαράσιτα γένη των Aedeophorea, *Xiphinema*, *Longidorus* υπάρχει μία καλά ανεπτυγμένη οισοφαγο-εντερική κωνική βαλβίδα (Hooper and Southey, 1973). Στα Tylenchidae όπου ο οισοφάγος επικαλύπτει το έντερο η βαλβίδα είναι αρκετά δυσδιάκριτη.

Οι οισοφάγοι κατατάσσονται σε 3 γενικούς κύριους τύπους που χαρακτηρίζουν ορισμένες ομάδες νηματωδών: Τον καθ' ολοκληρία κυλινδρικό (*Mononchus*), τον διμερή κυλινδρικό (Dorylaimoid) και τον τριμερή κυλινδρικό (*Tylenchoid*, *Aphelenchoid*, *Rhabditoid* και *Diplogasteroid* (Hirschmann, 1971).

Μια αναλυτικότερη περιγραφή των οισοφάγων δίδεται παρακάτω (Filipjev and Stekhoven, 1959):

1. **Κυλινδρικός** (*Cylindrical*): Μονομερής σε όλο του το μήκος έχει την ίδια φαρδιά διάμετρο (*Mononchus*).
2. **Δορυλωμοειδής** (*Dorylaimoid*): Διμερής κυλινδρικός λεπτός μπροστά και σταδιακά ευρύτερος πίσω σαν φιάλη (*Dorylaimus*).

3. **Βολβώδης** (*Bulboid*): Κυλινδρικός με την ίδια διάμετρο σε όλο το μήκος αλλά με βασικό βολβό (*Ethmolaimus, Plectus*).
4. **Ραβδιτοειδής** (*Rhabditoid*): Τριμερής με ευρύ εμπρόσθιο τμήμα (procorpus) που καταλήγει σε μεσαίο δίχως βαλβίδα βολβό (ψευδοβολβό). Ακολουθεί το μικρότερης διαμέτρου κοντύτερο ή μακρύτερο τμήμα του ισθμού που συνδέει το metacorpus με τον τελικό βολβό που έχει βαλβίδα (*Rhabditis*).
5. **Διπλογαστεροειδής** (*Diplogasteroid*): Τριμερής με εμπρόσθιο τμήμα μυώδες που καταλήγει σε ένα βολβό με βαλβίδα, τον οποίο διαδέχεται ένα οπίσθιο τμήμα που σχηματίζει ένα βολβό δίχως βαλβίδα (*Diplogaster*).
6. **Τυλεγχοειδής** (*Tylenchoid*): Τριμερής με πολύ στενό οισοφαγικό σωλήνα, ο οποίος προσφύεται στη βάση του σιλήτου και περιβάλλεται από ένα ευρύτερο σωλήνα με λεπτά τοιχώματα. Στα περισσότερα γένη υπάρχει ο μυώδης μεσαίος βολβός με ωειδή βαλβίδα (*Tylenchoid*). Ο βολβός αυτός σε ορισμένα γένη μπορεί να είναι πολύ περιορισμένος ή να λείπει (*Neotylenchidae-Neotylenchus*). Το βασικό αδενώδες τμήμα του οισοφάγου με μορφή βολβού ή λοβού μπορεί να επικαλύπτει ή όχι το έντερο.
7. **Αφελεγχοειδής** (*Aphelenchoid*): Τριμερής, μοιάζει με τον Τυλεγχοειδή με την διαφορά ότι ο νωτιαίος οισοφαγικός αδένας εκβάλλει σε ευρύ μεσαίο βολβό, ενώ στον Τυλεγχοειδή τύπο κοντά στη βάση του σιλήτου.

Ψευδοκοίλωμα (*Pseudocoel*)

Κάτω από την επιδερμίδα και το μυϊκό στρώμα υπάρχει το ψευδοκοίλωμα, το οποίο παρεμβάλλεται μεταξύ του μυϊκού στρώματος και των εσωτερικών οργάνων. Είναι πλήρες υγρού χωρίς ελεύθερα κύτταρα και προφανώς λειτουργεί σαν αναπνευστικό και κυκλοφοριακό σύστημα.

Εντερικός σωλήνας

Το έντερο το οποίο ακολουθεί τον οισοφάγο είναι ένας απλός, μακρύς σωλήνας, ευθύς, δίχως μύες που αποτελείται από ένα στρώμα επιθυλιακών

κυττάρων. Δεν περιβάλλεται από την επιδερμίδα όπως ο οισοφάγος και μπορεί να διαιρεθεί σε τρία διαφορετικά μέρη: Το πρόσθιο αδενώδες, το μεσαίο και το οπίσθιο προ του ορθού τμήμα. Το ακραίο τμήμα του εντέρου καλύπτεται από μύδες μη κυτταρώδες δίκτυο δικειν σφυγκτήρος που ρυθμίζει την απόρριψη των τροφών μέσω του ορθού. Το ορθόν (απευθυσμένο: **rectum**): είναι ένας πεπλατυσμένος σωλήνας κατά το μάλλον και ήττον νοτιοκοιλιακός, που καλύπτεται εσωτερικά από επιδερμίδιο. Το ορθόν συνδέεται με το κυρίως έντερο με σφιγκτήρα και ανοίγει εκτός του σώματος δια της έδρας. Οι αδένες του ορθού γενικά 3 ανοίγουν μέσα στο ορθό ένας νωτιαίος και δύο υποκοιλιακοί. Στο αρσενικό ο αγωγός του σπέρματος εκβάλλει κατευθείαν στο ορθόν το οποίο μετατρέπεται σ' ένα κοινό υποδοχέα, την αμάρα (**cloaca**) που είναι η κατάληξη του πεπτικού και αναπαραγωγικού συστήματος. Και στα δύο φύλα το ορθόν διανοίγεται οπίσθια στην κοιλιακή επιφάνεια του σώματος του νηματώδη. Το αναπαραγωγικό σύστημα του θηλυκού δεν συνδέεται με το ορθόν, πλην ελάχιστων περιπτώσεων.

Νευρικό σύστημα

Υπάρχουν δύο κύρια κέντρα συγκέντρωσης του νευρικού συστήματος. Το ένα βρίσκεται στην περιοχή του οισοφάγου και το άλλο στην περιοχή του απευθυσμένου, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με νευρικά σχοινιά. Ένα μέρος του νευρικού συστήματος που αναγνωρίζεται με μεγαλύτερη ευκολία, είναι ο νευρικός δακτύλιος, ο οποίος περιβάλλει τον οισοφάγο στην περιοχή του ισθμού (*Tylenchida*) ή ολίγο προ του βασικού βολβού (*Dorylaimida*). Αντίθετα τα νεύρα και οι διακλαδώσεις τους δεν είναι δυνατό να φανούν χωρίς ειδικές μεθόδους. Το κύριο τμήμα του νευρικού συστήματος αποτελείται από το νευρικό δακτύλιο (**nerve ring**) (περιοισοφαγικός γαγγλιακός κλοιός) με τον οποίο συνδέεται ένας αριθμός από γάγγλια και νεύρα. Υπάρχουν 6 νευρικά σχοινιά τα οποία εκτείνονται εμπρός του νευρικού δακτυλίου και απολήγουν στα αισθητήρια όργανα του πρόσθιου άκρου (θηλές, σμήριγγες, αμφίδια). Τα 6 νεύρα διακρίνονται σε 2 πλάγια, 2 νοτιοπλάγια και 2 πλαγιοκοιλιακά. Καθένα από τα 2 πλάγια νεύρα διακλαδίζεται σε δύο που απολήγουν στις πλάγιες εσωτερικές και εξωτερικές θηλές. Καθένα από τα 2

νιοτιοπλάγια 2 πλαγιοκοιλιακά διακλαδίζονται σε 3 νεύρα που απολήγουν στην εσωτερική και εξωτερική θηλή καθώς και στην κεφαλική θηλή ή σμήρριγγα. Τα αμφίδια συνδέονται με τα αμφιδιακά νεύρα τα οποία εκκινούν από τα πλάγια γάγγλια του νευρικού δακτυλίου. Πίσω από τον νευρικό δακτύλιο δια μέσου των χορδών του υποδερμίου εκτείνονται ένα μεσαίο, ένα κοιλιακό, τέσσερα υπομεσαία και 1, 2 ή 3 ζεύγη πλαγίων νεύρων. Τα νεύρα αυτά διακλαδωμένα καταλήγουν στα φασμίδια, στα όργανα αναπαραγωγής των αρρένων και στις γεννητικές θηλές. (Chiwood and Wehr 1933, Chiwood and Chiwood 1950, Filipjev and Stekhoven, 1959, Crofton, 1966).

Αισθητήρια Όργανα

Φασμίδια (Phasmids)

Στην πίσω περιοχή των περισσότερων νηματωδών της κλάσης **Secernentea** πλευρικά υπάρχει ένα ζεύγος επιδερμικών θυλάκων που μοιάζουν με τα αμφίδια και ονομάζονται φασμίδια. Τα φασμίδια είναι αισθητήρια όργανα αφής. Καθένα τους αποτελείται από ένα βραχύ αγωγό, που ανοίγει στην επιφάνεια της επιδερμίδας, σαν απλή επιφανειακή θηλή, πόρος ή θύλακας και εσωτερικά συνδέεται με το πλάγιο ουραίο νεύρο. Ένας μη κυτταρικός αδένας μπορεί να συνδέεται με τον αγωγό ή θύλακα (Hirschmann, 1971). Σε μερικές περιπτώσεις ο αδένας και ο αγωγός εκφυλίζονται αφήνοντας μόνο την επιφανειακή θηλή σαν μάρτυρα της προηγούμενης ύπαρξής του. Τα φασμίδια συνήθως βρίσκονται στην ουρά. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να βρεθούν προ της ουράς (*Rotylenchus*, *Helicotylenchus*, *Hoplolaimus*). Στην τάξη **Tylenchida** τα φασμίδια και deirids υπάρχουν αλλά δεν είναι πάντα ευδιάκριτα, όπως ορισμένων **Tylenchidea** (*Ditylenchus*, *Anguina*, *Tylenchus* και μερικών άλλων) που είτε ελλείπουν ή βρίσκονται στα όρια δυνατότητας εντοπισμού τους. Εμφανή είναι στα *Hoplolaiminae*, *Pratylenchinae*, σε ορισμένα *Telotylenchinae*, *Belonalaiminae*, *Dolichodoridae*. Επίσης βρίσκονται στα *Aphelenchidae*, *Rhabditidae*, *Diplogaster*, στα περισσότερα *Cephalobidae* και σε *Hoplolaimidae* (στα τελευταία ευρέα και ευδιάκριτα - **sculella**). Φασμίδια δεν υπάρχουν στα **Chiconematoidea**, σε ένα γένος των **Hoplolaimidae**

(*Aphasmatilenchus*) και σε θηλυκά και αρσενικά μερικών **Heterodera** (Luc. et al., 1987; Thorne, 1961). Στα **Dorylaimoida** ελλείπουν αν και σε μερικά είδη περιγράφεται ένας εκφορητικός πόρος. Τα φασμίδια αποτελούν ένα ειδικό γενετικού διαγνωστικό χαρακτηριστικό ορισμένων ομάδων νηματωδών, στην παρουσία ή απουσία των οποίων βασίστηκε ο διαχωρισμός τους (σε **Phasmidia** και **Aphasmidia**) (Chitwood, 1933). Η υποδιαίρεση του φύλου στις δυο κλάσεις **Secernentea** και **Adenodhorea** πρωταρχικά στηρίχτηκε στον τύπο του απεκκριτικού συστήματος (Chitwood, 1958). Σε μερικές ομάδες **Dorylaimoidea** (κυρίως σε είδη γλυκων υδάτων, εδάφους - φυτοπαράσιτων τινών), και **Trichuroidea** ή **Dioctophymoidea** (παράσιτα ασπόνδυλων) το απεκκριτικό σύστημα ελλείπει ολοσχερώς (Crofton, 1966; Hirschmann, 1971).

Χειλικές θηλές (papilla-ae) - αισθητήριες σμήριγγες (seta-ae)

Οι χειλικές θηλές είναι επιδερμικές ανορθώσεις (κατασκευές) που βρίσκονται γύρω από το στοματικό άνοιγμα και συνδέονται όπως οι κεφαλικές σμήριγγες με τα νεύρα, που εκκινούν από τον νευρικό δακτύλιο και αναμφίβολα λειτουργούν σαν αισθητήρια όργανα, πιθανότατα αφής. Οι σμήριγγες είναι επιμηκυσμένες κατασκευές, διαρθρωμένες με την επιδερμίδα που μπορούν να κινούνται και είναι δυνατόν να βρεθούν σε οποιαδήποτε περιοχή του σώματος.

Οι σωματικές (**somatic**) και ουραίες (**caudal**) σμήριγγες συνδέονται με σωματικά μη εξειδικευμένα νεύρα. Τυπικά υπάρχει ένας εσωτερικός κύκλος από 6 ορθώσεις (εσωτερικές αισθητήριες θηλές μία σε κάθε ένα από τα 6 χείλη) παρακείμενες του στοματικού ανοίγματος και ένας εξωτερικός με 6 εξωτερικές αισθητήριες θηλές μία σε κάθε χείλος, λίγο πιο πίσω από τις προηγούμενες. Στη συνέχεια ακολουθεί ένας εξωτερικός κύκλος με 4 σμήριγγες που δεν βρίσκονται πάνω στα χείλη και ονομάζονται κεφαλικές. Οι σμήριγγες μπορεί να είναι μικροσκοπικές και σχετικά ασήμαντες ή μακριές, ανεπτυγμένες και ευδιάκριτες. Πιο εύκολα διακρίνονται στην περιοχή της κεφαλής. Στα **Secernentea** (Φασμίδια) οι σωματικοί σμήριγγες συνήθως λείπουν ενώ στα **Adenophorea** (Αφασμίδια) είναι μακριές.

Γεννητικές θηλές (Genital papillae)

Οι γεννητικές θηλές έχουν διάφορα σχήματα και βρίσκονται στην κοιλιακή επιφάνεια των αρσενικών νηματωδών και στο πίσω άκρο προ ή μετά

την έδρα. Οι θηλές αυτές μπορεί να καλύπτονται από τα ουραία πτερύγια (bursa-βύρσα) ή να αποτελούν ανορθώσεις από λεπτή επιδερμίδα και συνδέονται οι προ της έδρας με το νεύρο της βύρσας, Οι δε άλλες με τα πλάγια ουραία νεύρα.

Συμπληρωματικά όργανα (Supplementary organs)

Είναι όργανα έκκρισης και προσκόλλησης, που συνδέονται με αδένες και βρίσκονται στη μεσοκοιλιακή χώρα των αρσενικών προ της έδρας. Έχουν ποικίλη διάπλαση από απλές θηλές ως επιδερμικά οιδήματα σαν κρεατοελιές και συνδέονται με τα νεύρα της βύρσας. Οι αρσενικοί φυτοπαράσιτοι των **Secernentea** έχουν απλές γεννητικές θηλές ενώ στα **Adenophorea** είναι εφοδιασμένα με καλά ανεπτυγμένα προ της έδρας όργανα έκκρισης και προσκόλλησης (*Longidorus*, *Xiphinema*, *Trichodorus*). Τα ανωτέρω είναι όργανα αφής και ενεργούν σαν βεντούζες κατά την οχεία (Hirschmann, 1971; Filipjev and Stekhoven, 1959; Hooper and Southey, 1973),

Τα χείλη με τις αισθητήριες θηλές και σμήριγγες αποτελούν χαρακτηριστικά για την ταξινόμηση.

Στην κλάση **Secernentea** τα αισθητήρια όργανα της κεφαλής είναι οι ανωτέρω θηλές και σπάνια οι σμήριγγες, και βρίσκονται στα χείλη. Στην κλάση **Adenophorea** οι αισθητήριες θηλές είναι συχνά τροποποιημένες και εμφανίζονται σαν ευδιάκριτες σμήριγγες. Σε μερικές ομάδες αυτής της κλάσης πλέων της παρουσίας καταφανών σμηρίγγων, η διάταξη των αισθητήριων θηλών ή σμηρίγγων στα πλάγια χείλη, χαρακτηρίζουν την κλάση. Σε όλα τα **Secernentea** οι θηλές στα πλάγια χείλη έχουν θέση πλαγιοκοιλιακή. Σε όλα τα **Adenophorea** οι σμήριγγες ή οι θηλές στα πλάγια έχουν θέση πλαγιοεξωτερική. Γενικά τα υδρόβια είδη ελεύθερας διαβίωσης φέρουν σμήριγγες, ενώ τα είδη που ζουν στο έδαφος ή σαν παράσιτα κατά κανόνα φέρουν θηλές (Filipjev and Stekhoven, 1959; Allen, 1959).

Sensilla-ae. Απλό αισθητήριο όργανο ή ένα από τα στοιχεία κατασκευής ενός σύνθετου αισθητήριου οργάνου (η νευρική απόληξη με το αμφιδιακό νεύρο), βρίσκεται μέσα σε μια διεύρυνση του αμφιδιακού αγωγού (**sensilla pouch**) που συνδέεται με το αμφιδιακό άνοιγμα (Caveness, F.E.,

1964). Το όργανο αυτό στα *Secernentea* σπάνια είναι μακρύ σε αντίθεση με τα *Adenophorea* που συχνά είναι μακρύ.

Αμφίδια (Amphids)

Κάτω από τις θηλές και τις σμήριγγες σε θέση πλαγιοκεφαλική, σε όλους τους νηματώδεις υπάρχουν δύο αβαθή, συνήθως δυσδιάκριτα βοθρία, ένα σε κάθε πλευρά που ονομάζονται αμφίδια.

Τα αμφίδια αποτελούνται από έναν αδένα και νευρικές απολήξεις και λειτουργούν σαν αισθητήρια όργανα αφής. Στα περισσότερα φυτοπαράσιτα είδη νηματωδών, το εξωτερικό σχήμα του ανοίγματος των αμφιδίων, δεν διακρίνεται παρά μόνο μετά από σχετική προετοιμασία για μελέτη «en face». Στην κλάση **Secernentea**, στα **Tylenchida** που περιλαμβάνουν τους περισσότερους φυτοπαράσιτους νηματώδεις, και στα **Rhabditida**, τα ανοίγματα των αμφιδίων κείνται στη θέση των χειλιών (χειλικά-labial) που οδηγούν σε βοθρία, και όταν υπάρχουν χείλη στα πλάγια χείλη. Σπάνια στα **Rhabditida** βρίσκονται όπισθεν της κεφαλής. Στους περισσότερους φυτοπαράσιτους νηματώδεις αυτά τα ανοίγματα έχουν διάφορο σχήμα, από στρογγυλεμένους ωειδείς, πολύ μικρούς πόρους μέχρι εγκάρσιες επιμηκυσμένες σχισμές ή ρωγμές (Thorne, 1961; Crofton, 1966).

Στην κλάση **Adenophorea** τα αμφίδια ως προς την θέση είναι μεταχειλικά (πίσω ή κάτω από την κεφαλή), περισσότερο ευκρινή και άριστα ανεπτυγμένα. Τα ανοίγματά τους είναι κυκλικές συμπίεσεις συνήθως 3 γενικών μορφών: α) κοίλα βαθουλά (**cyathiform**), β) ελικοειδή (**spiral**) και γ) κυκλικά (**circular**) ή παραλλαγές αυτών των βασικών σχημάτων (Filipjev and Stekhoven, 1959). Στα **Adenophorea** τα ανοίγματα των αμφιδίων σπάνια, έχουν μορφή πόρου. Πρακτικά αυτό και μόνο το χαρακτηριστικό είναι αρκετό για τον διαχωρισμό των νηματωδών εδάφους στις σχετικές κλάσεις τους, των δε *Aphasmidia* και μερικών *Phasmidia* σε τάξεις, οικογένειες και γένη (Allen, 1959).

Στα φυτοπαράσιτα γένη *Longidorus*, *Paralongidorus* και *Xipinema* (Dorylaimida: αφασμίδια), τα αμφίδια είναι ευρείς θύλακες και επεκτείνονται πίσω από τη βάση της χειλικής περιοχής και καταλαμβάνουν το μισό πλάτος του λαιμού. Στα *Longidorus*, τα ανοίγματα των αμφιδίων όπως στα *Plectus*

(Araeolaimída-Aφασμίδια) και *Alaimus* (Dorylaimida-Alaimina) μοιάζουν με λεπτούς πόρους. Στα *Alaimus* κείνται αρκετά πίσω από την χειλική περιοχή, είναι υπερβολικά μικρά και δυσδιάκριτα. Στα *Plectus* υπάρχει ένας μικρός βολβός αμέσως πίσω από το άνοιγμα του αμφιδίου δίδοντας επιφανειακά μία δακτυλοειδή ή ελλειψοειδή εμφάνιση. Στα *Alaímus* ο πόρος συνεχίζεται σαν ένας σωλήνας που συνδέεται με τα sensillae χωρίς ενδιάμεση διεύρυνση, ενώ στα *Longidorus* ο θύλακας των αμφιδίων διευρύνεται σε δίλοβο καταλαμβάνοντας σχεδόν το μισό πλάτος του λαιμού.

Στα **Secernentea** και **Adenophorea**, τα ανοίγματα των αμφιδίων συνδέονται με αγωγό που διευρυμένος σχηματίζει σακκοειδή διόγκωση που περιέχει τα sensilla (Goodey, 1951).

Στα περισσότερα **Dorylaimida** τα αμφίδια προέχουν με ανοίγματα που μοιάζουν με σχισμές, και συχνά περιγράφονται σαν κύπελλα (κούπες) (*Longidorus*, *Paralongidorus*) ή σαν ανεστραμμένοι αναβολείς (Hooper and Southey, 1973).

Στα *Amphidelus* (Dorylaimida-Alaimina) τα αμφιδιακά ανοίγματα είναι ευ-ρέα με σχήμα ημισελήνου σε θέση όχι τόσο πίσω από την κεφαλή (όπως το *Alaimus*), με ευρύ θύλακα που μοιάζει με μακρουλή κούπα (με βάθος μεγαλύτερο του πλάτους), σαν σάλπιγγα και με αγωγό μεταξύ θύλακος και sensilla (Goodey, 1951).

Στο *Trichodorus* (Dorylaimida) το άνοιγμα των αμφιδίων είναι ελλειψοει-δές και ο θύλακας που μοιάζει με επιμηκυμένη κούπα συνδέεται με τα sensilla δίχως αγωγό.

Στα **Monhysterida** (Adenophorea) τα ανοίγματα των αμφιδίων είναι μεταχειλικοί στρογγυλοί πόροι, των δε **Chromatorida** (Adenophorea) ποικίλλουν από κυκλικούς δακτυλίους έως πολύπλοκες σπείρες με θέση μεταχειλική (πίσω από την κεφαλή).

Τα **Chromadoridae** και **Monhysteridae** περιλαμβάνουν είδη θαλάσσια και δευτερευόντως γλυκέων υδάτων και εδάφους (Goodey, 1951, Filrjev and Stekhoven, 1959).

Πρόβολοι (Probolae)

Σε λίγες ομάδες νηματωδών των **Rhabditida** τα χείλη έχουν αντικατασταθεί μερικώς ή ολικώς από άλλες κατασκευές. Σε πολλά είδη της οικογένειας **Cephalobidae** την θέση των χειλών την έχουν πάρει χειλικοί ή κεφαλικοί πρόβολοι, οι οποίοι μερικές φορές φέρουν αισθητήριες θηλές.

Τα *Acrobeles* έχουν 3-6 προβόλους. Αυτοί διαφέρουν από απλές, κυκλικές, κωνικές ή δισχιδείς εξοχές έως διακλαδωμένες προεξοχές που ομοιάζουν με κεραίες.

Άλλες μορφές χρήσιμες για την ταξινόμηση των πληθυσμών στους οποίους παρατηρούνται είναι οι: **fossores**, **lamellae** και **odontia** (σκαπτικά, λεπτά ελάσματα, φαρυγγικά δόντια).

Είδη της οικογένειας **Cephalobidae** είναι μεταξύ των πιο πολυάριθμων νηματωδών που συναντιούνται στο έδαφος, στις περισσότερες περιοχές του κόσμου.

Αυχενικές Αισθητήριες Θηλές (Deirids)

Σε μερικούς νηματώδεις στην περιοχή του νευρικού δακτυλίου, υπάρχει

ένα ζεύγος αισθητήριων θηλών που όπως φαίνεται λειτουργούν σαν όργανα αφής και ονομάζονται **deirids** ή **cervical papillae**. Οι deirids εμφανίζονται σαν ελαφρές προεξοχές της επιδερμίδας και φαίνεται ότι εννευρούνται από το μέσο εξωτερικό πλάγιο γάγγλιο. Η παρουσία αυτών των θηλών ανάμεσα στους νηματώδεις εδάφους και σε συγγενικές ακόμη ομάδες δεν είναι σταθερή και δεν διακρίνονται εύκολα, ώστε να χρησιμοποιούνται σαν βásiμα χαρακτηριστικά για την ταξινόμηση.

Πόροι (Pores)

Την επιδερμίδα συχνά την διαπερνούν πόροι διάφορης μορφής που συνήθως είναι συνδεδεμένοι με αδένες. Οι πόροι έχουν διάφορη διάταξη και είναι χρήσιμοι για ταξινομικούς διαχωρισμούς. Οι πλάγιοι επιδερμικοί πόροι είναι ανοίγματα από σειρές αδένων που εκτείνονται μερικές φορές από την κεφαλή έως την ουρά. Η παρουσία τους, ο αριθμός και η διάταξη τους χρησιμοποιούνται στην ταξινόμηση (π.χ. στα φασμίδια).

Ημιζόνιο (Hemizonid and Cephalids)

Σχηματίζονται από μεταβολές του επιδερμικού στρώματος σε μικρές περιοχές. Το **hemizonid** που κείται πλησίον του εκφορητικού πόρου, σχηματίζει ένα ημικύκλιο στην κοιλιακή πλευρά του σώματος του νηματώδη και μπορεί να αναγνωριστεί με τις μέγιστες πλαγιοκοιλιακές νευρικές δέσμες που συνδέουν τα γάγγλια. Σε επιμήκη τομή εμφανίζεται σαν αμφίκυρτη κατασκευή με μεγάλη ανακλαστική ιδιότητα. Οι **cephalids** κείνται στην περιοχή της κεφαλής και εκτείνονται σε έναν πλήρη κύκλο γύρω από το σώμα και πιθανόν είναι της αυτής ανακλαστικής φύσης.

Και στις δύο περιπτώσεις μέρος από το μεσαίο επιδερμικό στρώμα και το ουδέτερο πλάγιο ινώδες στρώμα λείπουν. Είναι φανερό ότι και οι δύο κατασκευές συνδέονται κατά κάποιον τρόπο με το νευρικό σύστημα (Hirschmann, 1971). Κατ' άλλη εκδοχή, το hemizonid φαίνεται να είναι σαν ένα οπτικό τμήμα μιας δέσμης νευρικών ινών μεταξύ γαγγλίων και νευρικού δακτυλίου, το οποίο περνά από την κοιλιακή χώρα μεταξύ της επιδερμίδας και του υποδέρματος. Το hemizonion είναι πιθανόν αυτής της κατασκευής προερχόμενο από άλλες μικρότερες νευρικές δεσμίδες (Jones, 1965).

Απεκκριτικό Σύστημα

Το απεκκριτικό σύστημα είναι το σύστημα που παρουσιάζει την μεγαλύτερη παραλλαγή στην ανατομία των νηματωδών. Αποτελείται από δύο όργανα: ένα αδενώδες κύτταρο (**renette**) και ένα σωληνωτό που εκβάλλει σε ένα κοινό πόρο έκκρισης που συνήθως βρίσκεται στην περιοχή του νευρικού δακτυλίου του οισοφάγου.

Γενικά υπάρχουν δύο τύποι απεκκριτικού συστήματος: α) Ο μονοκύτταρος και β) ο σωληνοειδής ή πολυκύτταρος. Στους δύο αυτούς τύπους βασίστηκε η διαίρεση του φύλου στις δύο κλάσεις **Adenophorea** και **Secernentea** (Chitwood, 1958). Έτσι στην κλάση των **Adenophorea** το απεκκριτικό σύστημα αποτελείται από ένα μόνο αδενώδες απεκκριτικό κύτταρο που βρίσκεται στην σωματική κοιλότητα στην περιοχή του οισοφάγου. Το κύτταρο αυτό μπορεί να επιμηκυνθεί πολύ και συνδέεται με ένα κοντό ή μακρύ αγωγό απευθείας με τον εκφορητικό πόρο που ανοίγει

στην κοιλιακή χώρα, συνήθως στην περιοχή του νευρικού δακτυλίου. Στην κλάση των **Secernentea** τυπικά υπάρχει ένα ζεύγος πλάγιων απεκκριτικών αγωγών ενίοτε με αδενοκύτταρα, που ο καθένας διατρέχει τις αντίστοιχες πλευρικές χορδές (παχύνσεις) της υποδερμίδας στο μεγαλύτερο μήκος του σώματος. Οι δύο πλευρικοί αγωγοί ενώνονται κοντά στο πρόσθιο άκρο με έναν εγκάρσιο αγωγό και εκβάλουν δια κοινού εκφορητικού πόρου, κοιλιακώς, προς τα έξω (σύστημα **Rhabditida**). Με τον τρόπο αυτό το όλο σύστημα του απεκκριτικού αγωγού παίρνει ένα συμμετρικό σχήμα Η ή U εφόσον λείπουν οι εμπρόσθιοι εγκάρσιοι αγωγοί ή περιορίζεται το μήκος τους.

Στους φυτοπαράσιτους νηματώδεις (**Tylenchida**) το απεκκριτικό σύστημα είναι ασύμμετρο. Αποτελείται από έναν μόνο αγωγό που εκτείνεται μπροστά και πίσω δια μέσου μιας μόνον πλάγιας χορδής, που με ένα καλά ανεπτυγμένο τελικό αγωγό καταλήγει στον εκφορητικό πόρο. Στα **Secernentea** το άκρο του εκφορητικού πόρου περιβάλλεται από την επιδερμίδα και είναι πιο εμφανές σημείο σε μία μικροσκοπική εξέταση. Αντίθετα στα **Adenophorea** ο εκφορητικός πόρος δεν περιβάλλεται από την επιδερμίδα και η μικροσκοπική του διαπίστωση είναι δύσκολη (Crofton, 1966- Hirschmann, 1971). Σε μερικές ομάδες νηματωδών ελεύθερης διαβίωσης, ο εκφορητικός πόρος και ο αδής λείπουν ή υπάρχουν υποτυπωδώς π.χ. στα **Spirituda** υπάρχουν μόνο τα οπίσθια τμήματα των πλαγίων αγωγών, ενώ στα **Teratocephalida** και **Areolaimida** οι πλάγιοι αγωγοί λείπουν. Στα **Chromadorida** και **Enoplida** λείπει το σύστημα αγωγού, ενώ στα **Dorylaimida** και **Trichosyringida** εκφορητικός πόρος και αδένες απουσιάζουν ή υπάρχουν στοιχειωδώς (Jones, 1965). Έκκριση σε σημαντικό βαθμό μπορεί να γίνεται δια μέσου του πεπτικού αγωγού.

Όργανο Z (Z organ)

Είναι ένα μύωδες όργανο άγνωστης λειτουργίας που δίδει γένεση σε 3 ή 4 αποφύσεις, κείμενο μεταξύ της σπερματοθήκης και της μήτρας. Απαντάται στα *Xiphinema* με παραλλαγές (Luc, 1961; Flegg, 1966; Luc and Dalmasso, 1975).

Αναπαραγωγικό Σύστημα

Το αναπαραγωγικό σύστημα σε όλους τους νηματώδεις και σε αμφότερα τα φύλα είναι όμοιο. Γενικά απαρτίζεται από 1-2 σωληνωτούς γεννητικούς βραχίονες ή αδένες οι οποίοι διαφέρουν ως προς τον αριθμό, μέγεθος και διάταξη μεταξύ των διαφόρων ειδών.

Αναπαραγωγικό σύστημα αρσενικών

Στα άρρενα κάθε γεννητικός βραχίονας περιλαμβάνει συνήθως ένα σωληνωτό όρχι, σπερματικό αγωγό, συνεχόμενο με τη σωληνωτή σπερματική κύστη, η οποία διογκούμενη σχηματίζει τον μυώδη εκσπερματικό αγωγό. Αυτός εκβάλλει σε κοινό υποδοχέα με το ορθό έντερο, την αμάρα.

Οι όρχεις υποδιαιρούνται στην ακραία ζώνη των σπερματογονίων (**Germinal zone-Germarium**) και στη ζώνη ανάπτυξης (**growth zone**) στο τέλος της οποίας λαμβάνουν χώρα οι ταχείες υποδιαιρέσεις και η παραγωγή των σπερματοζωαρίων που συγκεντρώνονται στο διευρυμένο τμήμα του σπερματικού αγωγού (σπερματική κύστη: **seminal vesicle**) που ακολουθεί τον όρχι. Τα αρσενικά μπορεί να έχουν έναν όρχι (**monorchic**) με εμπρόσθια κατεύθυνση ή δύο όρχεις (**diorchic**) με εμπρόσθια κατεύθυνση αμφότεροι ή ο ένας με εμπρόσθια και ο άλλος με οπίσθια κατεύθυνση. Το ελεύθερο τμήμα του όρχι συχνά αναδιπλούται, και όρχεις μεγάλου μήκους μπορεί να παρουσιάζουν πολλές καμπύλες. Τα όργανα συνουσίας είναι 1 ή 2 κεκαμμένοι σκληροπρωτεϊνικοί άκανθοι σύζευξης (**spicula**-κέντρον, πλ. *spiculus*) που βρίσκονται στο τελικό άκρο του εντέρου. Ένα πρόσθετο τεμαχίδιο που ονομάζεται πηδάλιο (*gubernaculum*) υπηρετεί το κέντρο κατά την οχεία. Επίσης για τον ίδιο σκοπό υπάρχουν και οι πλάγιες επιδερμικές διαστολές, ουραίες πτέρυγες (*bursae*) με γεννητικές θηλές.

Αναπαραγωγικό σύστημα θηλυκών

Τα θήλεα γεννητικά όργανα αποτελούνται συνήθως από ένα ή συνηθέστερα από 2 γεννητικούς βραχίονες (γεννητικός αδένας). Ένας πλήρης γεννητικός βραχίονας αποτελείται από την ωθήκη (**ovary**), τον βραχύ σωληνωτό αγωγό (*oviduct*), ο οποίος στο άκρο του σχηματίζει την σπερματοθήκη (**spermatheca**) και από την διευρυμένη σωληνωτή μήτρα

(**uterus**). Οι δύο μήτρες ενώνονται περίπου στο μέσο του σώματος με τον κόλπο (**vagina**), ο οποίος εκβάλλει προς τα έξω στην κοιλιακή επιφάνεια, δια του γενετικού ανοίγματος (**vulva**). Το αναπαραγωγικό σύστημα των θηλυκών μπορεί να αποτελείται από έναν μόνο γεννητικό βραχίονα εκτεινόμενου εμπρόσθια (μονόδελφο-πρόδελφο) ή οπίσθια (οπισθόδελφο) του αιδοίου με αναδιπλούμενες ή μη ωοθήκες. Ή από δύο γεννητικούς βραχίονες συνήθως εκατέρωθεν του αιδοίου (δίδελφοι-αμφίδελφοι) με αναδιπλωμένες ή μη ωοθήκες. Επίσης αμφοτεροι με πρόσθια κατεύθυνση (δίδελφοι-πρόδελφοι με αναδιπλωμένες ωοθήκες (*Meloidogyne*)).

Ο κάθε γεννητικός βραχίονας υποδιαιρείται στην ακραία μικρή ζώνη, όπου βρίσκονται οι καταβολές των γεννητικών κυττάρων (**Germinal zone of ovary-germarium**) και στη ζώνη ανάπτυξης (**growth zone of ovary**). Η ακραία ζώνη περιέχει μικρά ωογόνια κύτταρα τα οποία υφίστανται ταχείες υποδιαιρέσεις με μίτωση (mitotic). Η ζώνη ανάπτυξης είναι η περιοχή όπου τα ωογόνια μεγεθύνονται σε ωκύτες. Και τέλος η ζώνη μείωσης και ωρίμανσης όπου επιτυγχάνεται με μειωτική κυτταρική διαίρεση η ελάττωση στο ήμισυ, του αριθμού των χρωμοσωμάτων και η ωρίμανση του ωαρίου. Κατά την συνουσία τα σπερματοζωάρια δια του κολεού κινούνται προς την σπερματοθήκη και γονιμοποιούν τα ωάρια τα οποία δια του ωαγωγού κατέρχονται προς την μήτρα. Τα ωάρια μπορεί να είναι ανώριμα ή με μερικώς σχηματισμένο έμβρυο ή πλήρως ανεπτυγμένη νύμφη. Η πλευρά που φέρει το γεννητικό άνοιγμα, την έδρα και την αμάρα χαρακτηρίζεται σαν «κοιλιακή χώρα». Οι παρασιτικοί νηματώδεις χαρακτηρίζονται από τους μεγάλους γεννητικούς βραχίονες. Η μήτρα και η ζώνη ανάπτυξης της ωοθήκης είναι ειδικά επιμηκυσμένοι με ισχυροποιημένους μύες, πράγμα που σχετίζεται με τη μεγαλύτερη παραγωγή ωών (Crofton,1966; Allen, 1960; Hirschmann, 1971).

Αναπαραγωγικό σύστημα ερμαφρόδιτων

Ο γεννητικός βραχίονας σε ερμαφρόδιτα είδη (*Helicotylenchus sp.*) όπου δεν βρέθηκαν αρσενικά, αποτελείται από σπερματοθήκη προσαρμοσμένη στον ωαγωγό με συνήθως καλά ανεπτυγμένα σπερματοζωάρια, που δίδει γένεση μια σφαιροειδή κατασκευή, το σπερματογόνιο νότια του αγωγού και πλησίον της σύνδεσής της με τη

σπερματοθήκη. Το όργανο αυτό που παράγει το σπέρμα, περιέχει ένα αρχέγονο κύτταρο που παράγει αρχικούς σπερματοκύτες με μίτωση και στη συνέχεια 4 σπερματοζωάρια με μειωτική κυτταρική διαίρεση. Αυτά κινούνται δια του ωαγωγού στην σπερματοθήκη όπου γονιμοποιούν τους ωοκύτες.

Ερμαφρόδιτα άτομα με δύο ευκρινή αναπαραγωγικά όργανα σε δύο αναπαραγωγικά συστήματα έχουν παρατηρηθεί στο *Helicotylenchus nannus* (Perry, 1959) και στο *Pratylenchus crenatus* (Dickerson, 1962). Επίσης ερμαφροδιτισμός έχει παρατηρηθεί και σε πολλά rhabditis, diplogasterids, rhabdiasids και arhelenchs και πιθανόν σε μερικά creconematids (Triantaphyllou, 1971). Στα είδη αυτά ενώ αρχικά το γεννητικό σύστημα λειτουργεί όπως οι όρχεις παράγοντας αριθμό σπερματοζωαρίων, στη συνέχεια λειτουργεί όπως οι ωοθήκες με παραγωγή ωοκυτών, που γονιμοποιούνται από το ήδη παραχθέν σπέρμα, (automixis) (Σύμμιξης της χρωματίνης της ίδιας πηγής στην αυτογονιμοποίηση). Σε νηματώδεις, που ο ερμαφροδιτισμός εμφανίσθηκε τελευταία, δυνατόν η παραγωγή σπέρματος να είναι μειωμένη, οπότε τα ωά που παράγονται μετά την εξάντληση του σπέρματος μένουν αγονιμοποιήτα.

Σε πιο προηγμένες περιπτώσεις ερμαφροδιτισμού η παραγωγή σπέρματος επαναλαμβάνεται σε εναλλασσόμενες ζώνες όρχεων και ωοθηκών (**ovotestis**) δύο και τρεις φορές, μετά την εξάντληση του αρχικώς παραχθέντος σπέρματος. Συνήθως η ωρίμανση των σπερματοκυτών και ωοκυτών γίνεται με κανονική μείωση όπως στα γονοχωριστικά αμφιμικτικά είδη (Triantaphyllou, 1971).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Addison, J.A. 1993. Persistence and nontarget effects of *Bacillus thuringensis* in soil: A review Canadian Journal of forest. 23, 2329-2342.
- Barker, K.R. and Nusbaum, C.J. 1971. Diagnostic and advisory programs In: Plant parasitic nematodes. (Eds): Zuckerman, B.M., Mai, W.F. and Rohde, R.A. Academic Press. New York and London. vol. I, 281-301.
- Borges, M.L.V. and 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.
- Boshier, J.E. and McKeen, W.E. 1954. Lyophilisation and low temperature studies with the bulb and stem nematodes *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn, 1858) Filipjev. Proc. Helminth. Soc. Wash. 21,113-117.
- Bunt, J.A. 1975. Effect and mode of action of some systemic nematicides. Communications Agrc. Univ. Wageningen. The Netherlands. 127 pp.
- Chitwood, B.G. 1957. The English Word «Nema». Revised. Systemic Zoology, 6, 184-186.
- Cobb, N.A. 1919. The orders and classes of Nemas. Ibid. No VIII, pp. 213-216.
- Dao F., Oostenbrink, M. and Viets, H.A. 1970. A list of nematode surveys made for agricultural purposes. Verslagen en Mededelingen van de Plantenziektenkundige Dienst Wageningen. S. Ser. No 415, 84 pp.
- 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.
- Fielding, M.J. 1951. Proc. Helminth. Soc. Wash. 18, 110-112.
- Franklin, M.T. 1951. The cyst-forming species of *Heterodera*. Commw. Agric. Bur. Farnham Royal Bucks England. pp. 26-31.

- Gaur, H.S. and Perry, R.N. 1991. The use of soil solarization for control of plant parasitic nematodes. *Nematologica* 60, 153-167 (Abstr.)
- Gowen, S.R. and Tzortzakis, E.A. 1994. Biological control of *Meloidogyne* spp. With *Pasturia penetrans* Bull. OEPP/EPPO Bull. 24, 495-500.
- Grinstein, A. and Ausher, R. 1991. Soil solarization in Israel. In: Soil solarization (Eds) Katan, J., Oevey, J.E. Boca Raton, Florida, USA; CRC Press, Inc. pp. 193-204.
- Hirschmann, H. 1960. Gross morphology of nematodes. In: Nematology. (Eds) Sasser, J.N. and Jenkins, W.R. California Univ. Press Chapel Hill. pp. 125-129.
- Katan, J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soil borne pests. *Ann. Rev. Phytopath.* 19,211-236.
- Κύρου, Ν.Χ. 1976. Βιολογικές παρατηρήσεις επί του *Heterodera avenae* Woll. 1924. Επί καλλιέργειας σίτου εις την Κεντρική Μακεδονία. Χρον. Μπεννακείου Φυτοπαθ. Ινστ. Ν.Σ. 11, 187-192.
- Κύρου, Ν.Χ. 1979. Ζημίες επί της φυτικής παραγωγής από προσβολές φυτοπαράσιτων νηματώδων. Γεωργ. Έρευνα Υπ. Γεωργίας. Τ. 3, 416-422.
- Leukel, R.W. 1957. Nematode diseases of wheat and rye. *Farm's Bull.* USDA Agric. No 607, 16 pp.
- Mai. 1971. Introduction In: Plant parasitic nematodes (Eds): Zuckerman, B.M., Mai, W.F. and Rohde, R.A. Academic Press. New York and London Vol. 1, 1-8.
- Paracer, S.M., Brzeski, M.W. and Zuckerman, B.M. 1966. Nematophagous and predaceous nematodes associated with cranberry soil in Massachusetts. *Plant Dis. Repr.* 50, 584-586.
- Pitcher, R.S. 1965. Interrelationships of nematodes and other pathogens of plant. *Helminth. Abst.* 34, 1-17.
- Πολυχρονόπουλος Α.Γ. 1970. Οι φυτοπαράσιτικοί νηματώδεις σκώληκες. Το πρόβλημα και η οικονομική σημασία αυτού. *Γεωπονικά* Τ. 188-189,93-96.

- Powel, N.T. 1971. Interaction of plant parasitic nematodes with other disease-causing agents. In: Plant parasitic nematodes (eds): Zuckerman, B.M., Mai, W.F and Rohde, R.A Academic Press. New York and London. Vol. II, 119-135.
- Storer, T.I. und Usinger, R.L 1965. General Zoology. Mc Craw-Hill Book Co 741pp.
- Stone, L.E.W. 1961. Oats as a trap-crop for cereal root eelworm. Plant Pathology. 10,164.
- Suit, R.F. and Du Charme, E.P. 1957. Spreading decline of citrus. State plant board of Florida (Ed. Ayers) Plant Comm. Gainesville, Florida. VII Bull. II, 24 pp.
- Thorne, G. 1961. Principles of Nematology, New York, McGraw-Hill Book Co. 553 pp.
- Triantaphylloy, A.C. 1960. Sex Determination in *Meloidogyne incognita* Chitwood, 1949 and intersexuality in *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. Ann. Inst. Phytopath. Benaki, N. S.3, 12-31.
- Tzortzakakis, E.A. and Gowen, S.R, 1994. The evaluation of *Pasteuria penetrans* alone and in combination with oxamyl, plant resistance and solarization for control of *Meloidogyne* spp. On vegetables grown in greenhouse of Crete, Crop. Protection, 13, 455-462.
- Wagn, Z. and Zhang, Y. 1992. Study towards the eco-geographic community of mountain soil nematodes in the middle of Human. Department Of Geography, Hunan Normal Univ. Hunan, Chins, Nematologica Abst. 62, 1-4.
- Weischer, B.A. 1994. Where to go in phytonematode control. Phytoparasitica 22, 95-99. Federal Biol. Res. Inst., Labor of Nematology and Vertebrate Research, Munster, Germany.
- Wallace, H.R. 1963. The biology of plant parasitic nematodes. Edward Arnold (Publ.) Ltd. 280 pp.
- Williams, T.D. 1968. Plant parasitic nematodes. In: Plant Pathologist's Pocket Book. Comm. Mycol. Inst. Kew Surrey England. pp. 119-136.

- Zaki, M.L., Magbool, N.A. 1990. Effect of *Pasteuria penetrans* and *Paecilomyces lilacinus* on the control of root-knot nematodes of brinjal and mung. Pakistan Journal Nematology 2, 37-42.