



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
(πρώην Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων
ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΔΟΣΕΩΝ ΤΟΥ
ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΟΣ LILASCUDO ΕΝΑΝΤΙΟΝ ΤΟΥ ΦΥΤΟΠΑΡΑΣΙΤΙΚΟΥ
ΝΗΜΑΤΩΔΗ *MELOIDOGYNE JAVANICA***

**ΜΠΑΤΖΙΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ (Α.Μ. 11858)
ΚΟΝΤΟΓΕΩΡΓΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ (Α.Μ. 12198)**

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ: ΔΡ. ΚΑΡΑΝΑΣΤΑΣΗ ΕΙΡΗΝΗ

ΑΜΑΛΙΑΔΑ 2020

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ	6
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	7
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ	8
1.1 Νηματώδεις.....	8
1.2 Φυτοпараσιτικοί νηματώδεις	9
1.3 Βιολογικός κύκλος φυτοпараσιτικών νηματωδών.....	10
1.4 Διατροφή – Τύποι παρασιτισμού	11
1.5 Μορφολογία Φυτοпараσιτικών Νηματωδών	14
1.5.1 Επιδερμίδα	14
1.5.2 Υποδερμίδα.....	14
1.5.3 Μύες.....	14
1.5.4 Ψευδοκοίλωμα	15
1.5.4 Νευρικό Σύστημα	15
1.5.5 Πεπτικό σύστημα.....	15
1.5.6 Κυκλοφορικό σύστημα	15
1.5.7 Απεκκριτικό σύστημα.....	15
1.5.8 Αναπαραγωγικό σύστημα	16
1.6 Συμπτώματα προσβολής	16
2.1 Μυκόρριζες.....	18
2.2 Τύποι μυκορριζών.....	21
2.2.1 Εξώτροφη μυκόρριζα ή εκτομυκόρριζα (ectomycorrhiza).....	22

2.2.2 Μονοτροπικές, δενδροειδείς.....	22
2.2.3 Ενδότροφη μυκόρριζα ή ενδομυκόρριζα (endomycorrhiza)	22
2.2.4 Ορχοειδής ή Εκτο-ενδότροφη μυκόρριζα (ecto-endomycorrhiza)	22
2.2.5 Ερικοειδείς (Ericoid) μυκόρριζες	23
2.2.6 Ακτινόρριζα	23
2.2.7 <i>Thysanotus</i>	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ	24
3.1 Νηματώδεις του γένους <i>Meloidogyne</i>	24
3.2 Συστηματική κατάταξη του γένους <i>Meloidogyne</i>	24
3.3 Χαρακτηριστικά της βιολογίας του γένους <i>Meloidogyne</i>	24
3.4 Μορφολογία <i>Meloidogyne</i>	25
3.4.1 Θηλυκά.....	25
3.4.2 Αρσενικό	26
3.4.3 Προνύμφη 2 ^{ου} σταδίου.....	27
3.5 Διατροφή – Παρασιτισμός.....	28
3.6 Διάδοση – Ξενιστές.....	28
3.7 Συμπτώματα – Ιστολογία	29
3.7.1 Υπέργειο Τμήμα	29
3.7.2 Υπόγειο τμήμα	29
3.8 <i>Meloidogyne javanica</i>	31
3.9 Αντιμετώπιση φυτοпараσιτικών νηματωδών.....	31
3.9.1 Πρόληψη	31
3.9.2 Καταστολή	32
3.10 Το βιολογικό σκεύασμα LILASCUDO	35
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ - ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ.....	36

4.1 Σκοπός εργασίας	36
4.2 Υλικά.....	36
4.3 Διαδικασία	36
4.4 Διαδικασία μετρήσεων.....	39
Απομόνωση νηματωδών	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ	42
5.1 Αποτελέσματα.....	42
5.2 Συμπεράσματα & Συζήτηση	49
6.1 Ξενόγλωσση.....	50
6.2 Ελληνική	51
6.3 Διαδικτυακή	52

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο πλαίσιο του Προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας (σήμερα Τμήμα Γεωπονίας - Πανεπιστημίου Πατρών), με έδρα την Αμαλιάδα μας ανατέθηκε ως θέμα πτυχιακής εργασίας, από την Αναπληρώτρια καθηγήτρια Καραναστάση Ειρήνη, η «Μελέτη της επίδρασης διαφορετικών δόσεων σκευάσματος Lilascudo εναντίον του φυτοπαρασιτικού νηματώδη *Meloidogyne javanica*» η οποία πραγματοποιήθηκε σε φυτά τομάτας που αναπτύσσονταν σε ελεγχόμενες συνθήκες.

Με την επίβλεψη και τις συστάσεις της κυρίας Καραναστάση μελετήσαμε την αποτελεσματικότητα του βιολογικού σκευάσματος Lilascudo σε διάφορες δόσεις, ως προς την επίδρασή του στον φυτοπαρασιτικό νηματώδη *Meloidogyne javanica*.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην πτυχιακή μας εργασία μελετήσαμε τους νηματώδεις *Meloidogyne javanica* και την καταπολέμηση τους με διαφορετικές δόσεις του βιολογικού σκευάσματος Lilascudo. Παρατηρήθηκαν θετικά αποτελέσματα ως προς την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου νηματώδη, ωστόσο δεν επηρεάστηκε η φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Κομβονηματώδεις, Μυκόρριζες, Βιολογική αντιμετώπιση, *Solanum lycopersicum* var. belladonna.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μας εργασίας που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Φυτοπροστασίας και Φαρμακολογίας του ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ με έδρα την Αμαλιάδα κατά το έτος 2020, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την καθηγήτρια μας κ. Καραναστάση Ειρήνη για την πλήρη υποστήριξη που μας παρείχε και την άψογη συνεργασία κατά τη διάρκεια του πειράματος αλλά και για τις χρήσιμες συμβουλές της για την συγγραφή αυτής της εργασίας.

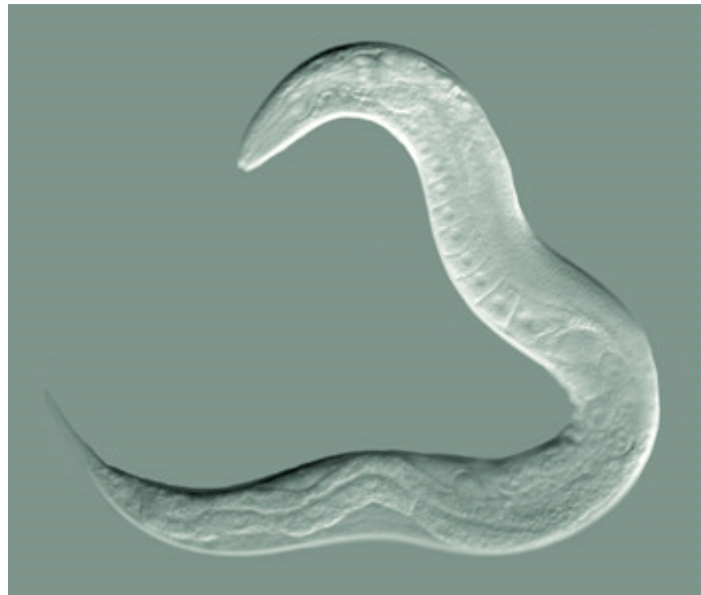
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1.1 Νηματώδεις

Η λέξη «νηματώδης» (Nematoda ή Nematelminthes) προέρχεται από την ελληνική λέξη «νήμα» (thread ή threadworms).

Οι νηματώδεις είναι τύπος σκωληκόμορφων οργανισμών που συγκαταλέγονται στο βιολογικό φύλο των Νηματωδών (Nematoda). Το 1758, ο Σουηδός βοτανολόγος Κάρολος Λινναίος ανέλυσε μερικά από τα είδη των νηματωδών, ενώ μέχρι σήμερα έχουν περιγραφεί πάνω από 25.000 είδη που τοποθετούνται στο συγκεκριμένο Φύλο, αν και η αναγνώριση τους είναι γενικά δύσκολη (Εικ. 1.1, 1.2).



Εικόνα 1.1 Νηματώδης σκώληκας (<https://el.wikipedia.org/wiki>)

Η ονομασία του Φύλου εισήχθη από τον Ελβετό φυσιδίφη Karl Rudolphi, το 1808, ως Nematoida (Νηματοειδή). Το 1837 παρουσιάστηκε ως ομάδα ταξινόμησης για πρώτη φορά από τον Γερμανό ζωολόγο Hermann Burmeister. Την ίδια περίοδο, στα Νηματοειδή συμπεριλαμβάνονταν τα Νηματώδη αλλά και τα Νηματόμορφα, βάσει της ταξινόμησης του Philipp Franz von Siebold, που έγινε το 1843. Μαζί με τα Ακανθοκέφαλα, τους Τρηματώδεις και τους Κεστώδεις, αντιπροσώπευαν την ομάδα των Εντόζων, μια ομάδα που δεν υπάρχει πλέον. Κατηγοριοποιήθηκαν επίσης με τα Ακανθοκέφαλα στο παρωχημένο φύλο Nematelmintha από τον Karl, το 1859. Το 1861, η ομάδα για

πρώτη φορά κατατάχθηκε σε ξεχωριστή ομάδα ως Νηματοειδή, και το 1877 θεωρήθηκαν ταξινομικό Φύλο. Άλλες ονομασίες για το φύλο είναι οι Nematodes ή Nemata.

Περίπου το 50% των ειδών των νηματωδών είναι παρασιτικά, και στο σύνολο ο αριθμός τους υπολογίζεται πως πλησιάζει το ένα εκατομμύριο. Ως τύπος σκωλήκων έχουν την ιδιότητα να επιβιώνουν σε όλα σχεδόν τα οικοσυστήματα για παράδειγμα στη θάλασσα, στο χώμα, στο νερό των ποταμών, στις πολικές περιοχές, τις τροπικές αλλά και σε μεγάλα υψόμετρα, σε βουνά και ερήμους. Αποτελούν το 90% όλων των ζώων του ωκεάνιου πυθμένα και αντιστοιχούν στο 80% όλων των ζώων στη γη. Αξίζει να σημειωθεί ότι παίζουν σημαντικό ρόλο στην ισορροπία πολλών οικοσυστημάτων.



Εικόνα 1.2 Νηματώδεις σκωλήκες (<https://www.healthyliving.gr/2015/07/05/magnhtiko-pedio-skoulini/>)

1.2 Φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις

Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις είναι μικροοργανισμοί οι οποίοι βρίσκονται κάτω στο έδαφος και ανεξαρτήτως μεγέθους, προκαλούν μεγάλες ζημιές στις καλλιέργειες που επηρεάζει, τόσο στην παραγωγή όσο και στην ποιότητα.

Λόγω του ότι οι νηματώδεις είναι υποχρεωτικά παράσιτα, στηρίζονται στη διατήρηση του φυτού ζωντανού, με αποτέλεσμα να είναι σημαντική πηγή τροφής για την αναπαραγωγή τους. Ωστόσο υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα αναπαραγωγής και διαφέρουν ανάλογα με το φυτό ξενιστή.

Βασικός παράγοντας στον έλεγχο των νηματωδών είναι να υπολογιστεί το μέγεθος της προσβολής και να εντοπιστεί το είδος του νηματώδη που έχει προσβάλλει μια καλλιέργεια. Πολλές φορές τα συμπτώματα είναι ευδιάκριτα, εφόσον τα φυτά είναι προσβεβλημένα εξ' αιτίας της δυσκολίας να αναπτύξουν το ριζικό τους σύστημα.

Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις είναι μια ομάδα νηματωδών οι οποίοι τρέφονται με ρίζες, βλαστούς, φύλλα και καρποφόρα όργανα των φυτών. Τα πιο πολλά είδη όμως προσβάλλουν το

ριζικό σύστημα. Στο στοματικό τους άνοιγμα φέρουν το ονομαζόμενο στιλέτο (Εικ. 1.3) με το οποίο απομυζούν χυμούς διατρυπώντας τα φυτικά κύτταρα με αποτέλεσμα να προκαλούν καταστροφή των κυττάρων και πιο σπάνια σχηματισμό νεκρωτικών κηλίδων. Υπάρχουν και φορές που παρατηρείται ότι, η τροφική δραστηριότητα των νηματωδών επιφέρει τη διαφοροποίησή τους σε γιγαντιαία τροφοκύτταρα και όχι τον θάνατο των κυττάρων που προσβάλλονται.

Ωστόσο το αποτέλεσμα της διαμόρφωσης των συγκυριακών τροφοκυττάρων (Maggenti 1981, Nickle 1999) επέρχεται από τον αριθμό αυτών των κυττάρων που μπορεί να διαφέρει (1-6) και έχουν πιο πολλούς από έναν πυρήνες που προκύπτουν από διαδοχικές διαιρέσεις του πυρήνα του αρχικού προσβεβλημένου κυττάρου χωρίς να συμβαίνει ταυτόχρονη κυτταρική διαίρεση ή της κατάρρευσης της κυτταρικής μεμβράνης των κοντινών προς το προσβεβλημένο κυττάρων.



Εικόνα 1.3 Στιλέτο Φυτοпараσιτικού νηματώδη (<https://images.app.goo.gl/8fkQwAm32iDWgEMb6>)

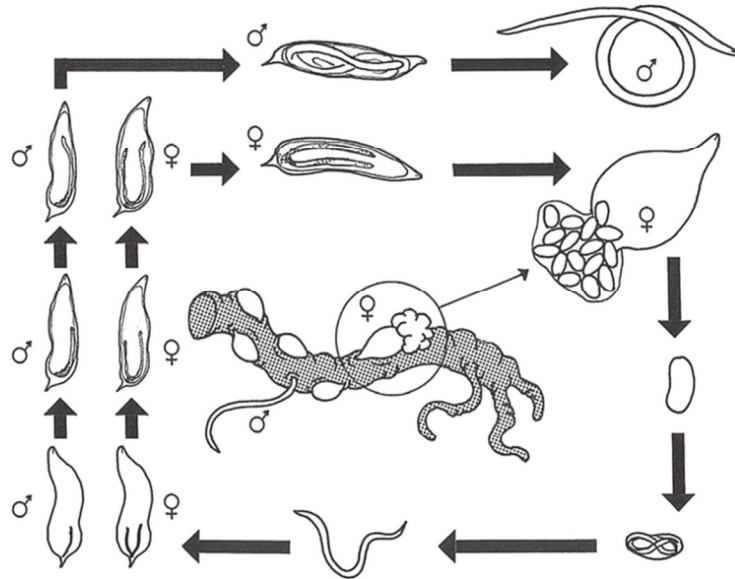
1.3 Βιολογικός κύκλος φυτοπαρασιτικών νηματωδών

Ο τρόπος αναπαραγωγής των νηματωδών διαφέρει σύμφωνα με το είδος και τις κλιματικές αλλά και καλλιεργητικές συνθήκες που επικρατούν. Οι νηματώδεις έχουν τη δυνατότητα να αναπαράγονται αμφιμικτικά, το οποίο μεταφράζεται σε διασταύρωση θηλυκών και αρσενικών ατόμων, παρθενογενετικά, όπου δεν πραγματοποιείται διασταύρωση, είτε ερμαφροδιτικά, δηλαδή τα ωάρια και τα σπερματοζωάρια δημιουργούνται από τα θηλυκά άτομα.

Τα ωά των θηλυκών νηματωδών γεννιούνται με βάση το είδος του νηματώδη, εσωτερικά ή εξωτερικά από τις ρίζες. Μετά το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου αλλά και τη μάρανση των φυτών, τα ωά εξακολουθούν να βρίσκονται στο έδαφος ή μέσα στις νεκρές ρίζες. Ανάλογα με το είδος των νηματωδών ο αριθμός των ωών κυμαίνεται από 100 -2000 κατά μέσο όρο, αλλά μπορεί να είναι και περισσότερα (π.χ. κάθε θηλυκό άτομο *Meloidogyne* μπορεί να γεννήσει 300 – 7500 ωά). Αν η αναπαραγωγή πραγματοποιηθεί ερμαφροδιτικά, τα ωά μειώνονται αριθμητικά. Για την

εκκόλαψη των ωών, ένας από τους βασικότερους παράγοντες αποτελεί το νερό, το οποίο μόνο του ή ακόμα και σε συνδυασμό με τις ουσίες που μεταφέρει από τις ρίζες των φυτών, οδηγεί σε αυτό το αποτέλεσμα. Επίσης σημαντικός παράγοντας είναι το οξυγόνο.

Το χρονικό διάστημα του βιολογικού κύκλου επηρεάζεται από τις κλιματικές συνθήκες (θερμοκρασία, σχετική υγρασία του εδάφους, εδαφικός τύπος, αερισμός και ύπαρξη κατάλληλου ξενιστή) και συνήθως κυμαίνεται από 15-50 ημέρες. Τα στάδια ανάπτυξης του βιολογικού κύκλου των νηματωδών είναι το εμβρυικό, τέσσερα προνυμφικά και το ενήλικο ή τέλειο στάδιο (Εικ. 1.4).



Εικόνα 1.4 Διάγραμμα βιολογικού κύκλου Φυτοпараσιτικών νηματωδών (Από Karszen & Moens, 2006).

1.4 Διατροφή - Τύποι παρασιτισμού

Η διάδοση κάθε είδους νηματώδη εξαρτάται από το συγκεκριμένο είδος αλλά και από το είδος του φυτού ξενιστή και τη γεωγραφική του θέση. Για παράδειγμα το είδος *Tylenchulus semipenetrans* ευνοείται σε περιοχές όμοιες με αυτές που καλλιεργούνται εσπεριδοειδή, αντίθετα οι *Meloidogyne spp.* σε περιοχές που καλλιεργούνται κηπευτικά.

Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις διακρίνονται με βάση τις διατροφικές τους συνήθειες σε :

- Εκτοπαρασιτικούς ριζικού συστήματος
- Ημι-ενδοπαρασιτικούς ριζικού συστήματος
- Ενδοπαρασιτικούς ριζικού συστήματος μετακινούμενους
- Ενδοπαρασιτικούς ριζικού συστήματος εγκατεστημένους
- Παράσιτα υπέργειου τμήματος και βολβών

Οι εκτοπαρασιτικοί νηματώδεις ξεχωρίζουν εξαιτίας της αυξημένης κινητικότητάς τους. Παρατηρούνται έξω από το φυτό ξενιστή και προσβάλλουν τις εξωτερικές στιβάδες των ιστών της ρίζας δημιουργώντας έτσι επιδερμικές νεκρώσεις. Κάποια είδη φέρουν πολύ μακριά στιλέτα, ένα γνώρισμα, το οποίο τους διευκολύνει να προσβάλλουν και να τρέφονται με ιστούς που εντοπίζονται σε βαθύτερα στρώματα κάτω από την ριζοδερμίδα. Σε μερικές περιπτώσεις, οι εκτοπαρασιτικοί νηματώδεις σχηματίζουν μεγάλα τροφικά κύτταρα. Για παράδειγμα οι εκτοπαρασιτικοί νηματώδεις σηματοδοτούν τα είδη που ανήκουν στα γένη *Xiphinema* και *Longidorous* που εμπεριέχουν σημαντικούς φορείς φυτοπαθογόνων ιών.

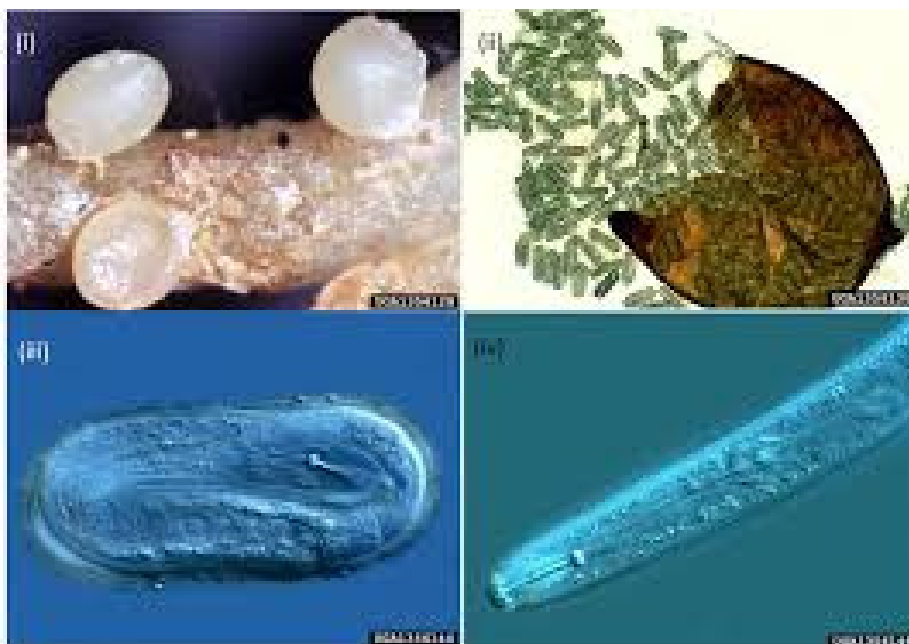
Οι ημι-ενδοπαρασιτικοί νηματώδεις έχουν την ικανότητα να εισβάλλουν ελάχιστα μέσα στους φυτικούς ιστούς του ξενιστή τους. Συχνά, παρατηρείται ανάπτυξη χαρακτηριστικών τροφικών κυττάρων και κατ' αποκλειστικότητα το εμπρόσθιο μέρος του σώματος εισχωρεί εντός των ιστών του ξενιστή στο σημείο που έχει προσβληθεί. Ύστερα από αυτή την μικρή εισχώρηση του νηματώδη στους ιστούς της ρίζας του φυτού-ξενιστή διακρίνεται διόγκωση του σώματος του παρασίτου. Η αλλαγή αυτή χαρακτηρίζει και την καθοριστική εγκατάσταση του νηματώδη ο οποίος θα παραμείνει μόνιμα σε αυτή τη θέση. Παράδειγμα ημι-ενδοπαρασιτικού νηματώδη αποτελεί ο *Tylenchulus semipenetrans* των εσπεριδοειδών.

Οι ενδοπαρασιτικοί μετακινούμενοι νηματώδεις βιώνουν ένα μεγάλο κομμάτι της ζωής τους μέσα στους φυτικούς ιστούς. Με τα στιλέτα τους διατρύπουν τα κυτταρικά τοιχώματα και απορροφούν το εσωτερικό των φυτικών κυττάρων, δημιουργώντας νεκρωτικές κηλίδες μέσα στους ιστούς. Όσο τα κύτταρα όπου οι νηματώδεις αυτοί τρέφονται, νεκρώνονται και κινούνται σε υγιείς ιστούς του ξενιστή εξαπλώνοντας τις νεκρωτικές κηλίδες. Τέλος οι νεαρές προνύμφες ύστερα από την εκκόλασή τους αναζητούν κατάλληλο φυτό-ξενιστή μέσα στο έδαφος και όταν τον βρουν, εισέρχονται στο εσωτερικό του, όπου εκεί τελειοποιούν τη μορφή τους. Παραδείγματα ενδοπαρασιτικών μετακινούμενων νηματωδών αποτελούν τα είδη του γένους *Pratylenchus*.

Στους ενδοπαρασιτικούς εγκατεστημένους νηματώδεις εμπεριέχονται οι ριζόκομβοι (*Meloidogyne* spp.) και οι κυστογόνοι νηματώδεις (*Heterodera* spp., *Globodera* spp.) (Εικόνα 1.5). Ο βιολογικός τους κύκλος έχει κοινά χαρακτηριστικά και οι νεαρές εκκολαπτόμενες προνύμφες εισχωρούν εντός της ρίζας των ξενιστών μετακινούμενες προς τις ηθμαγγειώδεις δεσμίδες. Εκεί παραμένουν, και σχηματίζουν γιγαντιαία τροφοκύτταρα λόγω της τροφικής τους δραστηριότητας. Η ανάπτυξή τους γίνεται χωρίς να χρειάζεται να μετακινηθούν στο εσωτερικό των ιστών. Το σχήμα

που παίρνουν τα θηλυκά μετά την ενηλικίωσή τους είναι σχεδόν σφαιρικό κάτι που δεν συμβαίνει στα αρσενικά.

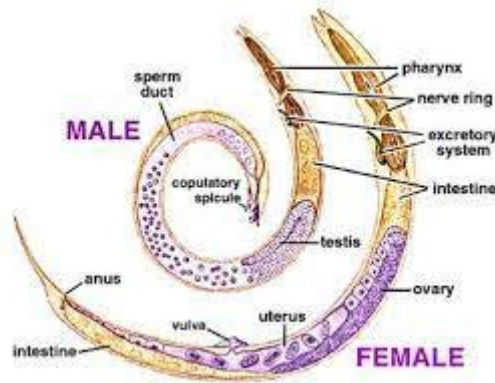
Παρασιτικοί υπέργειου τμήματος και βολβών. Σε αυτή την κατηγορία νηματώδων προσβάλλεται το υπόγειο αλλά και το υπέργειο μέρος των φυτών. Οι προνύμφες τετάρτου σταδίου εισβάλλουν μέσα στους ιστούς του φυτού-ξενιστή προκαλώντας βλάβες στο ριζικό σύστημα ή κινούνται προς το υπέργειο τμήμα. Ωστόσο η μετακίνησή τους αυτή προτιμάται σε περιόδους με υψηλή υγρασία αφού είναι αναγκαία η παρουσία λεπτού φιλμ υγρασίας που καλύπτει τους φυτικούς ιστούς, στο οποίο οι προνύμφες έχουν τη δυνατότητα να μετακινούνται. Έπειτα από την εισχώρηση στο εσωτερικό των ιστών του ξενιστή, ο νηματώδης εισχωρεί στην ενδοπαρασιτική φάση του βιολογικού του κύκλου, τελειοποιεί την διαμόρφωσή του και γονιμοποιείται εντός του ξενιστή όπου, εξαιτίας των διατροφικών του συνηθειών, παρουσιάζει παρατεταμένη νέκρωση ιστών. Διαχειμιάζουν στους προσβεβλημένους βολβούς σαν προνύμφες τετάρτου σταδίου. Παράδειγμα αυτής της ομάδας αποτελούν τα είδη *Ditylenchus dipsaci* και *D. destructor*.



Εικόνα 1.5 *Globodera rostochiensis*: i) κύστες σε ρίζα φυτού πατάτας, ii) κύστη που έχει διαρραγεί και είναι εμφανή τα ωά που περιέχει iii) προνύμφη I^{ov} σταδίου εντός του ωού, διακρίνεται το σιλέτο iv) πρόσθιο τμήμα σώματος προνύμφης (Από Μπρούφας & Παππά, 2015).

1.5 Μορφολογία Φυτοпараσιτικών Νηματώδων

Οι νηματώδεις είναι επιμήκεις και λεπτοί σκώληκες. Μερικά από τα ιδιαίτερα ανατομικά τους χαρακτηριστικά είναι η αμφίπλευρη συμμετρία, η επιδερμίδα, το ψευδοκοιλώμα, και ένα σωληνοειδές σύστημα απεκκρίσεως. (Εικόνα 1.6)



Εικόνα 1.6 Ενδεικτικό διάγραμμα της μορφολογίας του σώματος ενός φυτοπαρασιτικού νηματώδη (από Ζωάκη-Μαλισιόβα 2015).

1.5.1 Επιδερμίδα

Η επιδερμίδα συντίθεται από πρωτεΐνες και λειτουργεί ως προστατευτική ασπίδα του νηματώδη. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η διατήρηση του σχήματος του σώματος και η δυνατότητα κίνησης, δρώντας ως εξωσκελετός. Η επιδερμίδα σε διαφορετικά στάδια της ανάπτυξης επιτρέπει στους νηματώδεις να αυξηθεί το μέγεθος τους.

1.5.2 Υποδερμίδα

Η υποδερμίδα είναι ένα λεπτό στρώμα κυττάρων που βρίσκεται ακριβώς κάτω από την επιδερμίδα και είναι υπεύθυνη για την έκκριση των κυττάρων. Σε ορισμένες θέσεις μέσα στην κοιλότητα του σώματος της επιδερμίδας γίνεται διόγκωση και πύκνωση που σχηματίζει τα επονομαζόμενα υποδερμικά κορδόνια τα οποία εκτείνονται κατά μήκος του σώματος σχηματίζοντας τις ραχιαίες, κοιλιακές και πλευρικές χορδές.

1.5.3 Μύες

Ένα στρώμα μυών που βρίσκεται κάτω από το στρώμα της υποδερμίδας διατρέχει το εσωτερικό τοίχωμα του σώματος κατά μήκος.

1.5.4 Ψευδοκοίλωμα

Το ψευδοκοίλωμα είναι μια σωματική κοιλότητα γεμάτη με υγρό που χωρίζει το τοίχωμα του σώματος από το πεπτικό σύστημα και ενεργεί ως υδροστατικός σκελετός, ο οποίος βοηθά στη μετακίνηση, τη μεταφορά αερίων και θρεπτικών ουσιών στους ιστούς του σώματος και την εξισορρόπηση της εξωτερικής πίεσης.

1.5.4 Νευρικό Σύστημα

Το νευρικό σύστημα των νηματώδων αποτελείται από ένα νευρικό δακτύλιο κοντά στην περιοχή του στόματος. Επιπλέον, έχει ραχιαίες, κοιλιακές, και πλευρικές νευρικές χορδές συνδεδεμένες με αισθητηριακές δομές μέσω των περιφερικών νεύρων. Αυτές οι νευρικές χορδές ενισχύουν τον συντονισμό των κινήσεων και διαβιβάζουν τις αισθητηριακές πληροφορίες.

1.5.5 Πεπτικό σύστημα

Στο εμπρόσθιο τμήμα του σώματος δεν είναι ευδιάκριτη η κεφαλή. Παρά το γεγονός αυτό, διακρίνεται πλήθος αισθητήριων τριχών περιμετρικά από το στοματικό άνοιγμα, ενώ ανατομικά, διακρίνεται ένας κεντρικός γαγγλιακός σχηματικός (περιφαρυγγικός δακτύλιος) στο εμπρόσθιο μέρος του σώματος το επονομαζόμενο «κεφάλι». Εντός της στοματικής κοιλότητας και μετά από το στοματικό άνοιγμα παρατηρείται ο μυώδης φάρυγγας. Η εσωτερική επιφάνεια της στοματικής κοιλότητας και του φάρυγγα που καλύπτεται από μια λεπτή στιβάδα δερματίου, έχει την ικανότητα να σχηματίζει προσομοιώσεις δοντιών. Στα φυτοпараσιτικά είδη, εντός της στοματικής κοιλότητας παρατηρείται το στιλέτο το οποίο διατρύπεί τους φυτικούς ιστούς. Εν συνεχεία του φάρυγγα διακρίνεται το στομάχι όπου καταλήγει στην περιοχή της έδρας.

1.5.6 Κυκλοφορικό σύστημα

Οι νηματώδεις δεν διαθέτουν κυκλοφορικό σύστημα με την έννοια ενός ανεξάρτητου καρδιαγγειακού συστήματος όπως του ανθρώπου και άλλων ζώων. Τα αέρια και τα θρεπτικά συστατικά ανταλλάσσονται με το εξωτερικό περιβάλλον μέσω διάχυσης σε όλη την επιφάνεια του σώματος τους.

1.5.7 Απεκκριτικό σύστημα

Οι νηματώδεις έχουν ένα εξειδικευμένο σύστημα αδένων των κυττάρων και αγωγών που εκκρίνουν την περίσσεια αζώτου και άλλα απορρίμματα μέσω ενός απεκκριτικού πόρου. Η δομή του απεκκριτικού συστήματος μπορεί να διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών ειδών.

1.5.8 Αναπαραγωγικό σύστημα

Οι νηματώδεις αναπαράγονται κυρίως μέσω της αμφιμικτικής αναπαραγωγής. Τα θηλυκά παράγουν μεγάλο αριθμό ωών. Οι αναπαραγωγικές δομές στα θηλυκά περιλαμβάνουν μία ή δύο ωοθήκες, δύο μήτρες, ένα ενιαίο κόλπο, και ένα γεννητικό άνοιγμα που είναι ξεχωριστό από τον πρωκτό.

Αντίστοιχα στα αρσενικά οι αναπαραγωγικές δομές περιλαμβάνουν ένα ή δύο όρχεις, μία σπερματοδόχο κύστη, τον σπερματικό πόρο και μια κοιλότητα που χρησιμεύει ως ένα κοινό κανάλι αποβολής τόσο για το σπέρμα όσο και για τα περιττώματα. Κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής διαδικασίας, τα αρσενικά χρησιμοποιούν ειδικά όργανα για να ανοιχτούν οι γυναικείοι γεννητικοί πόροι ώστε να βοηθηθεί η μεταφορά του σπέρματος. Μερικά είδη νηματωδών που είναι ερμαφρόδιτα, φέρουν τόσο αρσενικά όσο και θηλυκά αναπαραγωγικά όργανα.

1.6 Συμπτώματα προσβολής

Υπάρχουν τεσσάρων ειδών ζημιές που προκαλούνται στα φυτά από τους νηματώδεις. Αυτές είναι (Εικ.1.7):

- **Μηχανικές.** Οι οποίες προέρχονται από το στιλέτο των νηματωδών και προσβάλλουν τον ιστό του φυτού ή από την κίνησή τους ανάμεσα ή μέσα στα κύτταρα του φυτού.
- **Νεκρώσεις.** Είναι επιδερμικές ή κυτταρικές που προέρχονται παρασιτικά από δευτερογενή αίτια (ένζυμα, παθογόνα) ή από την είσοδο μερικών ειδών νηματωδών μέσα στους φυτικούς ιστούς.
- **Μολύνσεις.** Ιώσεις και ασθένειες μεταδίδονται στα φυτά παρασιτικά, από διάφορα είδη νηματωδών. Οι ασθένειες αυτές μπορεί να είναι πιο ζημιογόνες από τους νηματώδεις.
- **Παρακμή του φυτού.** Για την διατροφή των παρασίτων πραγματοποιείται απορρόφηση των χυμών του φυτού (Christie, 1959).



Εικόνα 1.7 Συμπτώματα προσβολής από νηματώδεις (από: Πετυχάκη, 2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2.1 Μυκόρριζες

Η λέξη «mycorrhiza» προέρχεται από τις Ελληνικές λέξεις ‘μύκητας’ και ‘ρίζα’ και επινοήθηκε από τον Frank, το 1885. Πρόκειται για ένα ωφέλιμο τύπο μυκήτων που αναπτύσσεται στις ρίζες των φυτών σε μια συμβιωτικού τύπου σχέση. Απορροφούν νερό και θρεπτικά συστατικά από το έδαφος και τα μεταφέρουν στις ρίζες. Έπειτα, το φυτό ανταποδίδει με σάκχαρα τις μυκόρριζες. Σε σύγκριση με τα πιο πολλά είδη μυκήτων, οι μυκόρριζες φαίνεται να είναι αρκετά ωφέλιμες για τα φυτά και ζουν στις ρίζες περίπου του 95% των φυτικών ειδών της γης. Κυρίως, χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση ποιότητας και ανάπτυξης όταν προορίζονται για καλλιέργειες κηπευτικών και γεωργικών καλλιεργειών.

Η συμβίωση φυτού και μυκόρριζας επιφέρει ευεργετικά αποτελέσματα, γιατί το βοηθάει να απορροφά έως και 10 φορές ταχύτερα τα θρεπτικά στοιχεία και το νερό από το έδαφος, ενώ επιπλέον οι ρίζες με μυκόρριζες διεισδύουν σε πολύ μεγαλύτερο βάθος σε σχέση με τις ρίζες που δεν έχουν μυκόρριζες. Επιπροσθέτως, οι ρίζες με μυκόρριζες μπορούν να καταχράζονται στοιχεία που δε μπορούν να απορροφηθούν απευθείας από τις ρίζες, ενώ με την χιτινολυτική τους ικανότητα προστατεύονται ικανοποιητικά από εχθρούς και παθογόνα εδάφους. Ο φώσφορος, ο σίδηρος και το οργανικό άζωτο είναι ένζυμα τα οποία απελευθερώνονται από τις μυκόρριζες και βοηθούν στη διάλυση θρεπτικών στοιχείων.

Άλλα πλεονεκτήματα που παρέχουν οι μυκόρριζες είναι:

- Αύξηση του όγκου του εδάφους που εκμεταλλεύεται το φυτό.
- Αύξηση κατά 100 έως 1000 φορές της απορροφητικής επιφάνειας των ριζών.
- Μεγαλύτερη διαθεσιμότητα νερού και θρεπτικών στοιχείων για τον όγκο εδάφους που καταλαμβάνει η ριζόσφαιρα.
- Μεγαλύτερη απορρόφηση P, N, K και ιχνοστοιχείων (Zn, Cu, B).
- Γρηγορότερη ανάπτυξη.
- Αύξηση και ομοιομορφία παραγωγής.
- Βελτίωση ποιότητας των προϊόντων.
- Αύξηση αντοχής στο σοκ της ανυδρίας και της ξηρότητας.
- Μειωμένη χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και νερού.
- Βελτίωση της πολυπλοκότητας και της σταθερότητας του οικοσυστήματος του εδάφους.
- Βελτίωση της δομής του εδάφους.



Εικόνα 2.1 Ρίζα χωρίς (αριστερά) και με μυκόρριζες (δεξιά)

https://doi.gr/%CE%BC%CF%85%CE%BA%CF%8C%CF%81%CF%81%CE%B9%CE%B6%CE%B5%CF%82%CE%B7%CF%87%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B9%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%AC%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD%CE%B2%CE%B9/?fbclid=IwAR0KoUleeFUmONvE_dTUCbvR2u03T0k1jrxbtUAUdrHJwfsCyXR5sUK3gl.

Στις μυκόρριζες, ο μύκητας εδραιώνεται στους ιστούς των ριζών του ξενιστή, είτε ενδοκυτταρικά (ενδότροφες) που είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος, είτε εξωκυτταρικά (εξώτροφες).

Ο μύκητας καταλαμβάνει την περιοχή γύρω από τη ρίζα και δημιουργεί λεπτά νήματα και προσθέτει μήκος αλλά και καλύτερη λειτουργία στις ρίζες ενός φυτού. Δηλαδή είναι σαν το φυτό να αποκτά ένα δεύτερο σύνολο ριζών (Εικ. 2.1)

Τα φυτά, με καλά εγκατεστημένο μυκορριζικό σύστημα είναι πιο ανθεκτικά σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες και στο στρεσάρισμα της μεταφύτευσης. Στο ριζικό σύστημα όπου έχουν τοποθετηθεί μυκόρριζες, απορροφάται και αποθηκεύεται μεγαλύτερη ποσότητα νερού, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι ανάγκες και το σοκ κατά τις ξηρές περιόδους, ενώ διευκολύνεται η κίνηση του αέρα και του νερού στο έδαφος, βοηθώντας την ανάπτυξη και την ισορροπημένη εξάπλωση των ριζών.

Οι μυκόρριζες καθιστούν πιο δυνατό το ανοσοποιητικό σύστημα των φυτών, τα οποία καθίστανται ανθεκτικότερα στα παθογόνα του εδάφους και διώχνουν τους παρασιτικούς νηματώδεις.

Έχουν καταγραφεί πάνω από 150 είδη μυκορριζικών μυκήτων. Μερικά εδάφη εμπεριέχουν ήδη φυσικούς πληθυσμούς μυκορριζών, για αυτό δεν είναι αναγκαίο να τις προσθέσουμε, αλλά

αρκετές φορές είναι απαραίτητη η προσθήκη τους. Αυτό μπορεί να γίνει εφικτό προσθέτοντας κομπόστ που αυξάνει την περιεχόμενη οργανική ύλη και ως εκ τούτου θα βοηθήσει να δημιουργηθούν και να αναπτυχθούν μυκόρριζες. Επίσης, μυκορριζικά εμβόλια μπορούν να προστεθούν στο έδαφος και να βοηθηθεί η ανάπτυξη μυκήτων, αν και είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι λόγω της ποικιλίας αυτών των μυκήτων, χρειάζεται να αναζητείται ο κατάλληλος τύπος για την κάθε περίπτωση.

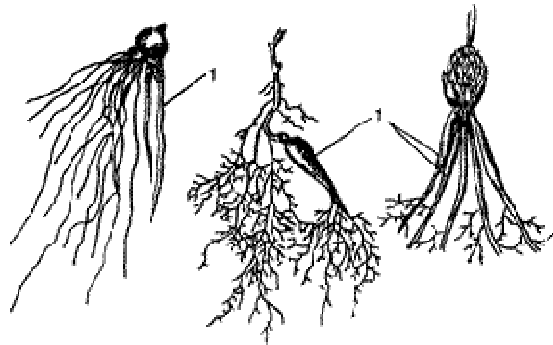
Πολλές φορές η εξάπλωση και η ύπαρξη μυκόρριζων στην φύση θεωρείται αναμενόμενη σε διάφορα γεωργικά οικοσυστήματα. Αντιθέτως η απουσία τους από το έδαφος δεν θεωρείται φυσιολογική και αυτό πολλές φορές συμβαίνει εξαιτίας της εφαρμογής συνηθισμένων αγροτικών εργασιών όπως η απολύμανση του εδάφους, η υπερβολική χρήση λιπασμάτων, η υπερβολική χορήγηση φυτοφαρμάκων και η παραγωγή φυταρίων σε τεχνητά υποστρώματα.

Αξίζει να αναφερθεί πάντως ότι η παρουσία μυκορριζών δεν είναι πάντα προς όφελος των φυτών με τα οποία συμβιώνουν. Το αποτέλεσμα της προστασίας εξαρτάται πολύ από το είδος του φυτού και του παθογόνου, για παράδειγμα παρατηρήθηκε ότι σε φυτά σόγιας που συμβίωναν με μυκόρριζες, η προσβολή από το μύκητα *Phytophthora megasperma* που προκαλεί σηψιρριζίες, ήταν πιο σοβαρή σε αντίθεση με τα φυτά στα οποία απουσίαζαν οι μυκόρριζες. Σε άλλη περίπτωση, παρατηρήθηκε ότι η παρουσία μυκόρριζας ευνόησε την προσβολή βαμβακόφυτων από τον μύκητα *Verticillium dahliae* που προκαλεί αδρομύκωση σε πολλά είδη φυτών. Αυτό συμβαίνει γιατί η κυκλοφορία του νερού είναι εντονότερη στα φυτά με μυκόρριζες και αυτό έκανε πιο εύκολη τη μετακίνηση των μικροκονιδίων του μύκητα μέσα στα αγγεία του φυτού.

Σημαντικό είναι επίσης το γεγονός ότι οι μυκόρριζες δεν ασκούν καμία προστατευτική δράση ενάντια σε ασθένειες του υπέργειου τμήματος των φυτών. Αντιθέτως μπορεί δηλαδή, να μειωθεί η ανθεκτικότητα των φυτών σε ορισμένες ασθένειες από αυτές. Τέτοια περιστατικά παρατηρήθηκαν σε κριθάρι (*Hordeum vulgare*) προσβεβλημένο από ελμινθοσπορίωση (*Helminthosporium sativum*) και ωίδιο (*Erysiphe graminis* f sp. *barley*), σε φασολιά (*Phaseolus vulgaris*) προσβεβλημένη από σκωρίαση (*Uromyces phaseoli*) και άνθρακα (*Colletotrichum lindemuthianum*), σε αγγουριά (*Cucumis sativus*) προσβεβλημένη από ωίδιο (*Erysiphe cichoracearum*), σε μαρούλι (*Lactuca sativa*) προσβεβλημένο από βοτρυτή (*Botrytis cinerea*) και σε καπνό (*Nicotiana tabacum*) προσβεβλημένο από τον ιό του μωσαϊκού του καπνού (TMV).

2.2 Τύποι μυκορριζών

Οι τύποι μυκορριζας είναι επτά ή περισσότεροι, αν και μερικοί από αυτούς είναι αρκετά παρόμοιοι. Οι πρωταρχικές μορφολογικές ταξινομήσεις τις χώρισαν σε α) ενδομυκορριζες (Εικ. 2.4) β) εκτομυκορριζες (Εικ. 2.2) γ) εκτοενδομυκορριζες δ) ακτινόρριζα (Εικ. 2.3) με βάση τη θέση των μυκήτων σε σχέση με τη ρίζα. Πλέον χρησιμοποιούνται διάφορα χαρακτηριστικά για τη διαφοροποίησή τους.

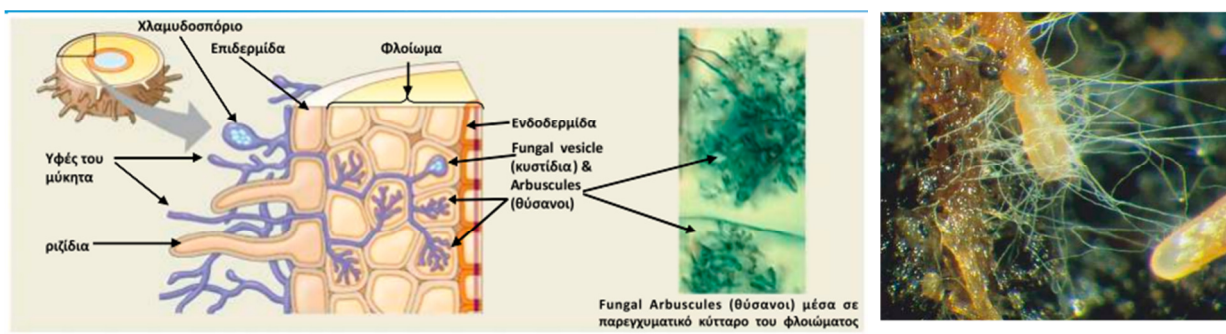


Εικόνα 2.2 Εκτομυκορριζες (https://studopedia.ru/4_132254_osnovnie-vidoizmeneniya-kornya-metamorfozi.html?fbclid=IwAR31LJKYMB60_L3_AF9Ps2PEPXvwKd9I6aGPqMB0_W9CKOkFGOY_IITpLQw).



Εικόνα 2.3 Ακτινόρριζα

(https://www.letonika.lv/groups/default.aspx?title=aktinoriza%2F36933&fbclid=IwAR31LJKYMB60_L3_AF9Ps2PEPXvwKd9I6aGPqMB0_W9CKOkFGOY_IITpLQw).



Εικόνα 2.4 Ενδομυκορριζα

(https://www.humofert.gr/images/eshop/catalog/products/0341/files/%CE%A6%CF%85%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B9%CE%BF%20Rizomyc_web.pdf).

Σύμφωνα με το είδος του φυτού και του μύκητα υπάρχουν διάφοροι τύποι μυκόρριζας, που διαφέρουν μεταξύ τους μορφολογικά και φυσιολογικά. Κάποια είδη μυκόρριζας αναπτύσσονται ως προστατευτικό κάλυμμα στην εξωτερική επιφάνεια των ριζών και εισδύουν ανάμεσα στα κύτταρα του φλοιού (εκτομυκόρριζες), ενώ άλλα είδη εισδύουν και εγκαθίστανται στα κύτταρα του φλοιώδους παρεγγύματος των ριζών (ενδομυκόρριζες). Αναλυτικότερα οι μυκόρριζες διακρίνονται:

2.2.1 Εξώτροφη μυκόρριζα ή εκτομυκόρριζα (ectomycorrhiza)

Η μυκόρριζα αυτού του είδους ζει αποκλειστικά και μόνο στην επιφάνεια των ριζικών τριχιδίων και ποτέ μέσα σ' αυτές, στη συνέχεια σχηματίζει ένα πλέγμα από υφές (μια υφική θήκη) γύρω από τα ριζικά τριχίδια. Πάνω από 5.000 είδη μυκήτων (κυρίως βασιδιομυκήτων) δημιουργούν εξώτροφες μυκόρριζες, συνήθως με κωνοφόρα δέντρα, όπως πεύκα και έλατα.

2.2.2 Μονοτροπικές, δενδροειδείς

Οι μονοτροπικές και οι δενδροειδείς μυκόρριζες θεωρούνται διαφορετικές από τις εκτομυκόρριζες, παρά το γεγονός ότι έχουν πολλές ομοιότητες. Η ένωση που διαμορφώνεται από τον μύκητα έχει τα χαρακτηριστικά τις εκτομυκορριζικής ένωσης,

2.2.3 Ενδότροφη μυκόρριζα ή ενδομυκόρριζα (endomycorrhiza)

Ο μύκητας εισχωρεί μέσα στα κύτταρα των ριζικών τριχιδίων του φυτού. Το είδος αυτό των μυκήτων είναι υποχρεωτικά συμβιωτικοί και δεν αναπτύσσονται σε θρεπτικά υλικά στο εργαστήριο. Έχουν τη δυνατότητα να συμβιώσουν με δημητριακά, λαχανικά και οπωροφόρα δέντρα και διακρίνονται σε τρία είδη ενδομυκόρριζων:

- i. Κυστοειδείς (*vesicular*): το μυκήλιο σχηματίζει μια σφαιρική δομή που μοιάζει με κύστη μέσα στα κύτταρα των ριζιδίων
- ii. Δεντροειδείς (*arduscular*): το μυκήλιο δημιουργεί μια δομή σε σχήμα θάμνου στα κύτταρα των ριζιδίων
- iii. Κυστο-δεντροειδείς (*vesiculararduscular*): συνδυασμός των δύο προηγούμενων ειδών.

2.2.4 Ορχεοειδής ή Εκτο-ενδότροφη μυκόρριζα (ecto-endomycorrhiza)

Ζει στην επιφάνεια αλλά και μέσα στα κύτταρα των ριζιδίων και αποτελείται από ελικόμορφες υφές μέσα στις ρίζες ή τους μίσχους των φυτών. Αυτού είδους μυκόρριζες σχηματίζουν μύκητες με είδη της οικογένειας της ορχεοειδών. Τα νεαρά σπορόφυτα της ορχιδέας και μερικά ενήλικα φυτά που στερούνται χλωροφύλλης εξαρτώνται εξ ολοκλήρου από τις μυκόρριζες για την επιβίωση τους.

2.2.5 Ερικοειδείς (Ericoid) μυκόρριζες

Έχουν ελικόμορφες υφές μέσα στα εξωτερικά κύτταρα των στενών ριζικών τριχιδίων των φυτών της τάξης *Ericales*. Σαν αυτές τις αποικίες συναντώνται επίσης στις παχύτερες ρίζες των αυστραλιανών μελών του *Ericaceae*.

2.2.6 Ακτινόρριζα

Πριν από μερικά χρόνια ανακαλύφτηκε μια συμβιωτική σχέση φυτών με ακτινομύκητες του γένους *Frankia*. Οι ακτινομύκητες αυτοί σχηματίζουν συμβιωτικές σχέσεις με δέντρα και θάμνους. Επίσης σε είδη του γένους *Frankia* παρατηρήθηκε η δημιουργία εξαιρετικά μεγάλων κονδυλωμάτων στις ρίζες των φυτών μέσα στα οποία ζουν και δεσμεύουν ατμοσφαιρικό άζωτο.

2.2.7 *Thysanotus*

Ο αυστραλιανός κρίνος *Thysanotus* έχει μια μοναδική μυκορριζική ένωση όπου οι υφές των μυκήτων αυξάνονται αποκλειστικά κάτω από τα επιδερμικά κύτταρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

3.1 Νηματώδεις του γένους *Meloidogyne*

Οι φυτοпараσιτικοί νηματώδεις του γένους *Meloidogyne* πρωτοαναφέρθηκαν από τον επιστήμονα Berkeley, το 1855, στην Αγγλία, που τους εντόπισε σε ρίζες φυτών αγγουριάς μέσα σε θερμοκήπιο. Το γένος περιλαμβάνει υποχρεωτικά παράσιτα μεγάλης οικονομικής σημασίας. Το εύρος των ξενιστών του, αποτελείται από περίπου 2000 καλλιεργούμενα και μη φυτικά είδη, όπως κηπευτικά, ψυχανθή, σιτηρά, δενδρώδη, θαμνώδη και ανθοκομικά είδη. Προκαλούν εξογκώματα στις ρίζες που είναι γνωστά ως «πατάτιασμα» ή «κομβολόγιασμα (εξοιδηματικός των ριζών) όταν βρεθούν σε ευνοϊκές συνθήκες (π.χ. θερμοκήπια). Έως και σήμερα έχουν σημειωθεί διάφορα είδη πάνω από 80 διαφορετικά στο σύνολο, όπου τα 20 από αυτά έχουν βρεθεί και στην Ευρώπη. Δέκα από αυτά ωστόσο έχουν αναγνωριστεί ως σοβαρά επικίνδυνα για τη γεωργία από τα οποία τα 4 αποτελούν βασικούς ζωικούς εχθρούς σε γεωργικές περιοχές (*M. arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita* και *M. javanica*), ενώ δύο συμπεριλαμβάνονται στα παθογόνα καραντίνας (*M. fallax* και *M. chitwoodii*).

3.2 Συστηματική κατάταξη του γένους *Meloidogyne*

Το γένος *Meloidogyne* ταξινομείται ως εξής:

Τάξη: Tylenchida

Υπόταξη: Tylenchina

Υπεροικογένεια: Tylenchoidea

Οικογένεια: Heteroderidae

Υποοικογένεια: Meloidogyninae

3.3 Χαρακτηριστικά της βιολογίας του γένους *Meloidogyne*

Ο βιολογικός κύκλος των *Meloidogyne* είναι παρόμοιος με των *Heterodera*. Τα αναπτυγμένα θηλυκά εγκαθίστανται στους ιστούς της ρίζας, όπου παράγουν τα ωά τους μέσα σε ζελατινώδη άχρωμη ουσία, η οποία εκκρίνεται μέσω της έδρας από 6 ευμεγέθεις αδένες. Τα ωά καλύπτονται και προστατεύονται πλήρως μέσα στον ωόσακκο από αντίξοες εδαφικές συνθήκες, όπως η ξηρασία και μπορεί να βρίσκεται εσωτερικά ή εξωτερικά του ριζικού ιστού. Αυτό καθορίζεται από το σημείο που

βρίσκεται το θηλυκό στα εξογκώματα. Κατά κύριο λόγο το θηλυκό γεννά 200-500 ωά. Σε ακατάλληλους ξενιστές ο αριθμός μπορεί να μειωθεί δραματικά και να μην υπερβαίνει τα 10. Από την εξέλιξη του ωού, προκύπτει η προνύμφη 1^{ου} σταδίου, της οποίας η έκδυση πραγματοποιείται εντός του ωού, οπότε από τα ωά εκκολάπτονται προνύμφες 2^{ου} σταδίου. Η επώαση των ωών διαρκεί από 9-31 ημέρες σε θερμοκρασίες 27°C και 16,5°C.

Τα στάδια ανάπτυξης των νηματωδών *Meloidogyne* spp. είναι: εμβρυικό, τέσσερα προνυμφικά (J1-J4) και ενήλικο. Πριν την εκκόλαση, η προνύμφη 2ου σταδίου, λαμβάνει δράση εσωτερικά του ωού και με επαναλαμβανόμενο κίνηση της κεφαλής από το στιλέτο χτυπά το κέλυφος του ωού, μέχρι να το διαπεράσει. Οι προνύμφες 2^{ου} σταδίου (J2) κινούνται στο έδαφος και βρίσκουν νέες θέσεις για να τραφούν υπό την επίδραση ουσιών που εκκρίνονται από τις ρίζες των φυτών ξειστών τους. Η μετακίνηση αυτή μπορεί να καλύψει αποστάσεις περίπου 2-10εκ. Όταν οι J2 εγκατασταθούν στις νέες θέσεις αρχίζουν να τρέφονται. Από αυτή τους τη δραστηριότητα προκαλείται ο σχηματισμός γιγαντιαίων κυττάρων, τα οποία είναι πλούσια σε θρεπτικές ουσίες και επιτρέπουν στις J2 να εξελίσσονται υφιστάμενες μορφολογικές αλλαγές και τελικά μετατρέπονται σε ακίνητα J2 με σχήμα λουκάνικου. Χωρίς περαιτέρω διατροφή, πραγματοποιούν την 2^η, 3^η, και 4^η έκδυσή τους. Στις προνύμφες J3 και J4, το στιλέτο δεν είναι ορατό και μέσα σε αυτή την χρονική περίοδο, κατά την οποία δεν τρέφονται, ξεκινάει η διαμόρφωση των γεννητικών αδένων. Το στιλέτο εμφανίζεται και πάλι μετά την τελευταία εμφάνιση οπότε αρχίζουν ξανά να τρέφονται (Karssen, 1999) και σηματοδοτείται η διόγκωση του σώματος των ενήλικων πια θηλυκών. Στο στάδιο αυτό και πριν αρχίσει η εναπόθεση των ωών, το μέγεθος του σώματος πλησιάζει στο μέγιστο του (σχεδόν τετραπλάσιο των J3) (Triantaphyllou & Hirschmann, 1960). Το θηλυκό εξακολουθεί την τροφική του δραστηριότητα για το υπόλοιπο της ζωής του, σε αντίθεση με το αρσενικό.

Το χρονικό διάστημα του βιολογικού κύκλου εξαρτάται από την θερμοκρασία, τον ξενιστή, την υγρασία του εδάφους και από την διαθεσιμότητα O₂ στο έδαφος. Στις κατάλληλες συνθήκες, ο βιολογικός κύκλος τελειοποιείται σε τέσσερις περίπου εβδομάδες.

3.4 Μορφολογία *Meloidogyne*

Παρατηρείται γενετήσιος διμορφισμός.

3.4.1 Θηλυκά

Το σώμα του μοιάζει αποοειδές έως σφαιρικό με μήκος 0,4-1,3mm, έχει λαιμό που προεξέχει είτε κοντό είτε μακρύ. Η επιδερμίδα είναι μέτρια προς χονδρή, με λευκή απόχρωση και μαλακή. Το

στιλέτο τους είναι πιο κοντό και πιο λεπτότερο συγκριτικά με των *Heterodera* 10-24mm (συνήθως 14-15μm) και φέρει μικρά εξογκώματα στη βάση του με μικρή νωτιαία κύρτωση. Στις δύο πλευρές της ουράς, κάτω από την έδρα διακρίνονται τα φασμίδια που μοιάζουν με μικρά στίγματα. Τα ωά βρίσκονται έξω από το σώμα σε παχύρευστο ζελατινώδη ωόσακο, που δημιουργείται από τις εκκρίσεις 6 αδένων δια μέσου της έδρας. (Εικόνα 3.1 , 3.2).

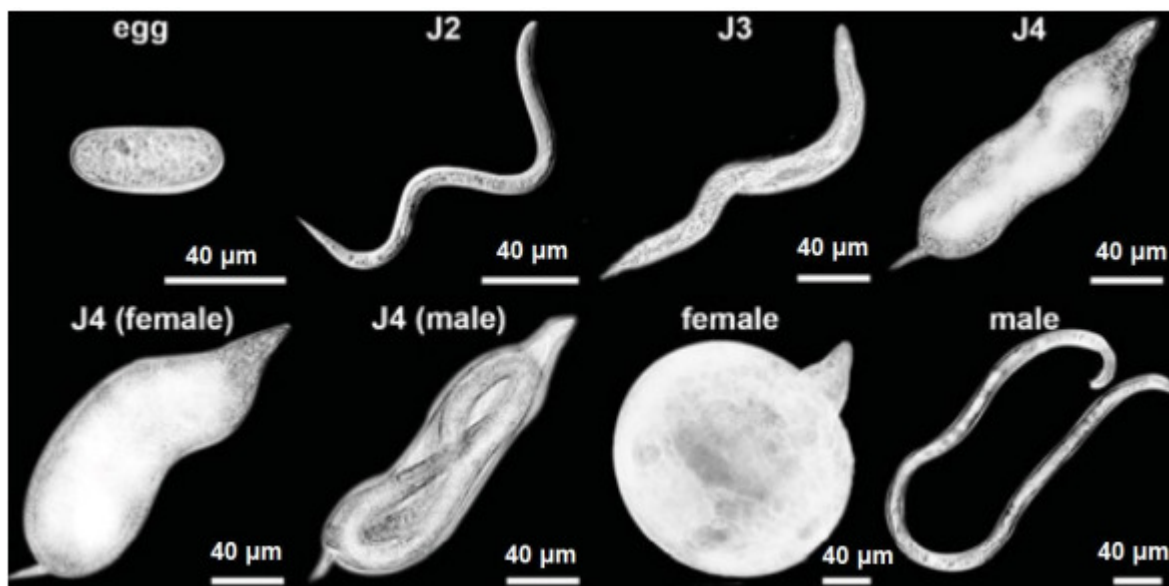


Εικόνα 3.1 Θηλυκό *Meloidogyne* (από Παταπατίου, 2016 <https://images.app.goo.gl/dn6rBjbPPHSr8PoB6>).

Το περίνεο είναι ένα τμήμα το οποίο εμπεριέχει το γεννητικό άνοιγμα και την έδρα ενός θηλυκού κομβονηματώδη. Στο μικροσκόπιο παρατηρείται ένα αποτύπωμα γραμμών και καμπύλων που είναι αξιοσημείωτο για όλα τα είδη ξεχωριστά, το επονομαζόμενο περιεδρικό αποτύπωμα. Αυτά τα αποτυπώματα είναι σταθεροποιημένα μέσα σε ένα είδος παρά το γεγονός ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των ατόμων. Η μορφολογία του περιεδρικού αποτυπώματος προσδιορίζεται από το είδος αυτού του γένους.

3.4.2 Αρσενικό

Η χειλική περιοχή του αρσενικού διαφέρει από τα *Heterodera*, η οποία έχει μια ευδιάκριτη καλύπτρα που περιβάλλει έναν χειλικό δίσκο και περικλείεται από πλάγια και μεσαία χείλη. Η χαμηλή και μη προεξέχουσα κεφαλή παραμένει σκωληκόμορφη με μήκος 700-1,900μm και μετακινείται ελεύθερα. Ωστόσο, ξεχωρίζει επειδή φέρει πιο λεπτό κεφαλικό σκελετό και πιο λεπτό αλλά και πιο κοντό στιλέτο (14-30μm, στα περισσότερα είδη 18-24μm). Οισοφαγικοί αδένες παρουσιάζουν κοιλιακή επικάλυψη του εντέρου. Φέρει μικρή ουρά, αποστρογγυλεμένη και μήκους 1/2-3/4 της σωματικής περιοχής και έχει 1-2 όρχεις. (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2 Στάδια ανάπτυξης *Meloidogyne* (από Μπιρμπίλης, 2017) http://dspace.aua.gr/xmlui/bitstream/handle/10329/6643/Birmpilis_1.pdf?sequence=3).

3.4.3 Προνύμφη 2^{ου} σταδίου

Η ουρά είναι τριγωνική και στρογγυλή ή επιμήκης, με στενότερη στρογγυλεμένη κορυφή. Το σώμα είναι σκωληκόμορφο, πιο λεπτό και λιγότερο εύρωστο των *Heterodera* (παθογόνο στάδιο), και έχει μήκος περίπου 250-600μm (συνήθως 0,3- 0,5μm). Ο σκελετός της κεφαλής είναι λεπτός. Το μήκος της ουράς ποικίλλει, με το ακραίο τμήμα να είναι πάντα υαλώδες, και το μήκος που εξαρτάται από το είδος. Το στίλετο είναι λεπτό, μικρότερο από 20μm με κώνο ίσο με το μήκος του ή λιγότερο και λεπτά εξογκώματα στη βάση. Η εκβολή του νωτιαίου οισοφαγικού αδένου βρίσκεται 2-8μm πίσω από τη βάση του στίλετου. Οι προνύμφες 3^{ου} και 4^{ου} σταδίου παραμένουν διογκωμένες και σταθεροποιημένες μέσα στο ριζικό ιστό χωρίς στίλετο. (Εικόνα 3.3).



Εικόνα 3.3 *Meloidogyne* sp. Προνύμφη 2^{ου} σταδίου (<https://images.app.goo.gl/ynCrSG8dgAKa2cGw6>).

3.5 Διατροφή – Παρασιτισμός

Η προνύμφη 2^{ου} σταδίου διαπερνάει με παλινδρομική κίνηση του στιλέτου, τη ρίζα για να ξεκινήσει η προσβολή, στοχεύοντας στη ζώνη επιμήκυνσης και δίπλα στο άκρο της ρίζας όπου οι ιστοί είναι ευαίσθητοι.

Αφού εισχωρήσει στη ρίζα συνεχίζει την πορεία της διακυτταρικά μέσα στον φλοιό, και διαφοροποιείται στην κυτταρική περιοχή. Κατά τη διάρκεια της διαδρομής της τα κύτταρα συμπιέζονται και δεν χρησιμοποιούνται για τροφή. Σε ελάχιστες περιπτώσεις θα τραφούν με φλοιώδη κύτταρα. Από την στιγμή που θα επιλέξει την κατάλληλη θέση για να τραφεί, στο κύριο φλοιώμα ή στο παρακείμενο παρέγχυμα, η προνύμφη αρχίζει να σιτίζεται από μια ομάδα 5 ή 6 κυττάρων. Κατά την εκκίνηση της μόλυνσης παρατηρούνται μορφολογικές και φυσιολογικές αλλαγές στα κύτταρα, που προκαλούνται από τις εκκρίσεις του οισοφαγικού αδένου. Τα κύτταρα αυτά διογκώνονται, υπερτρέφονται και το κυτταρόπλασμα εμφανίζει μια πυκνή και κοκκώδη όψη. Δέχονται διαδοχικές μιτωτικές διαιρέσεις, καθώς δε συμβαίνει κυτοκίνηση και έτσι εξελίσσονται σε πολυπύρηννα. Με αυτόν τον τρόπο διαμορφώνονται από τον νηματώδη σε περίπλοκα θρεπτικά κύτταρα, λαμβάνοντας έτσι τη τροφή του και συνεχίζοντας την ανάπτυξη του, τα οποία ονομάζονται γιγαντιαία κύτταρα (giant cells). Η κινητικότητα της προνύμφης μειώνεται, διογκώνεται (σχήμα λουκάνικου) και αρχίζει να σιτίζεται μόνο από τα γιγαντιαία κύτταρα.

Σε κάποιες περιπτώσεις τα κύτταρα δεν προσελκύουν την προνύμφη, παρόλο που εκείνη δυσκολεύεται να αναπτυχθεί, να ενηλικιωθεί, να αναπαραχθεί και αποθνήσκει.

3.6 Διάδοση – Ξενιστές

Οι προνύμφες σπάνια καλύπτουν μεγάλες αποστάσεις, διότι κινούνται μόνο σε αποστάσεις περίπου 1-2 μέτρων ετησίως, ενώ η διάδοσή τους επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Η διασπορά των *Meloidogyne* γίνεται γρήγορα από αγρό σε αγρό ή και σε μεγαλύτερες αποστάσεις κυρίως λόγω δραστηριοτήτων των ανθρώπων (Wallace, 1963).

Τα *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* συναντώνται σε συνθήκες τροπικών υποτροπικών, εύκρατων μετρίως θερμοκρασίας κλιμάτων, διασπείρονται εύκολα και αναφέρονται ως κοσμοπολιτικά. Τέλος τρέφονται με ξενιστές που ανήκουν στις περισσότερες οικογένειες καλλιεργούμενων και μη φυτικών ειδών.

3.7 Συμπτώματα – Ιστολογία

3.7.1 Υπέργειο Τμήμα

Από τα είδη *Meloidogyne* αναγνωρίζονται συμπτώματα στο υπέργειο τμήμα των φυτών και δεν παρουσιάζουν κάποιο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό ώστε να είναι ευδιάκριτη η παρουσία τους.

Παρατηρούνται γενικότερα:

- Αναστολή ανάπτυξης των φυτών
- Μαράνσεις φύλλων, συνήθως τις θερμές ώρες της ημέρας που επανέρχονται τη νύχτα ή μετά την περιφερειακή ξήρανση των φύλλων
- Συμπτώματα τροφопενιών, φυτά όχι εύρωστα, που νεκρώνονται πολύ πρόωρα.

Κάποια είδη *Meloidogyne* έχουν τη δυνατότητα να προσβάλλουν ορισμένα φυτά και εμφανίσουν φυμάτια στα φύλλα και στα στελέχη (Linford, 1941). Τα συμπτώματα στο υπέργειο τμήμα ποικίλλουν ανάλογα με το πλήθος των νηματώδων και το είδος του ξενιστή και γίνονται εντονότερα σε δισμενείς συνθήκες ανάπτυξης των φυτών, όπως ξηρασία, χαμηλή γονιμότητα του εδάφους (Εικόνα 3.4).



Εικόνα 3.4 Προσβολή από νηματώδεις *Meloidogyne*
(από Σκαβέντζου, 2015 <https://images.app.goo.gl/n3cJzaRMkkEnPkUM7>).

3.7.2 Υπόγειο τμήμα

Η δημιουργία φυματίων στις ρίζες του φυτού από κομβονηματώδεις είναι ένα από τα συνηθέστερα συμπτώματα προσβολής στο υπόγειο μέρος. Τα φυμάτια δημιουργούνται από υπερτροφία και υπερπλασία των κυττάρων του φλοιού της ρίζας.

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυματίων, όπως σχήμα, μέγεθος αλλά και συνολικός αριθμός είναι εξαρτημένα από:

- το είδος του νηματώδη,
- τον πληθυσμό
- την ηλικία του φυτού και
- την ανθεκτικότητα/ευαισθησία της ποικιλίας.

Σε σοβαρή προσβολή, παρατηρείται μεγάλος αριθμός εξογκωμάτων, διαφόρων μεγεθών σε όλη τη ρίζα του φυτού δημιουργώντας ένα τερατόμορφο ριζικό σύστημα (Εικόνα 3.5). Στα πιο σοβαρά παθογόνα των φυτών, όπως *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* και *M. hapla*, προκαλούνται κόμβοι και εξογκώματα. Στην περίπτωση που ενωθούν μεγαλώνουν αρκετά και εμπεριέχουν τους θηλυκούς νηματώδεις. Η κατάσταση αυτή εμποδίζει το φυτό να απορροφά τα θρεπτικά στοιχεία και την κατάλληλη ποσότητα νερού που χρειάζεται για τις μεταβολικές δραστηριότητες του, με αποτέλεσμα να μην αναπτύσσεται σωστά, να έχει περιορισμένη ανθοφορία και δυσκολότερη καρπόδεση αλλά και χαμηλή ποιότητα καρπών. Υπάρχει πιθανότητα λόγω της μόλυνσης να φυτρώνουν ριζιδία περιμετρικά της προσβεβλημένης περιοχής. Οι ωόσακοι σε πολλές περιπτώσεις εντοπίζονται ανάμεσα στα εξογκώματα αλλά συχνά ο ιστός της ρίζας διαλύεται και βγαίνουν στην επιφάνεια (Jepson, 1987).



Εικόνα 3.5 Δημιουργία φυματίων από νηματώδεις *Meloidogyne*
(από Σκαβέντζου, 2015 <https://images.app.goo.gl/1UfPjpe4DXumgkuA8>).

3.8 *Meloidogyne javanica*

Το είδος *Meloidogyne javanica* είναι το πιο συχνά απαντώμενο είδος κομβοηματώδη στην Ελλάδα που προσβάλλει πλήθος διαφορετικών φυτικών ειδών, από διάφορες βοτανικές ομάδες, προκαλώντας σοβαρά προβλήματα. Ο τυπικός ξενιστής του είδους είναι το *Saccharum officinarum* L. (σακχαροκάλαμο), και εντοπίστηκε στην τοποθεσία Java της Ινδονησίας. Είναι ένα είδος κοσμοπολίτικο, συναντάται στην Ινδία, τη Ν. Αφρική, το Ισραήλ, την Αυστραλία, τη Βραζιλία, τις Η.Π.Α. (Γεωργία, Β. Καρολίνα, Καλιφόρνια, Τέξας, Φλόριδα), την Κεϋλάνη, τις Μικρές Αντίλλες, την Κολομβία, την Κύπρο, την Μαλαισία, την Τύνιδα, το Πακιστάν, και στην Ευρώπη, κυρίως σε καλλιέργειες θερμοκηπίου. Το είδος αυτό προσβάλλει πάνω από 770 είδη και ποικιλίες φυτών από τα οποία σημαντικό οικονομικό ενδιαφέρον, παρουσιάζουν ο καπνός και άλλα *Nicotiana* spp., τα σακχαρότευτλα, η πατάτα και άλλα *Solanum* spp., και πολλά άλλα κηπευτικά (τομάτα κ.α), σιτηρά, όσπρια, οπωροφόρα δένδρα και θάμνοι, όπως *Prunus* spp., συκιά, ελιά, ακακία, αμπέλι, λεύκα, ιτιά κ.α. Ωστόσο έχει βρεθεί σε εσπεριδοειδή, τσάι, καφέ, κακάο, παπάγια, λίτσι (*Litchi chinensis*) και ανθοκομικά.

3.9 Αντιμετώπιση φυτοπαρασιτικών νηματωδών

Ο τρόπος διαβίωσης, το χρονικό διάστημα και η ανάπτυξη στο βιολογικό κύκλο των νηματωδών, τα γνωρίσματα και οι συνήθειες ποικίλλουν ανάλογα με το είδος. Η ορθή αντιμετώπισή τους επιλέγεται και εξαρτάται κυρίως ανάλογα με το είδος του νηματώδη που εντοπίζεται σε μια καλλιέργεια (Κύρου, 2004).

Οι περεταίρω παράγοντες οι οποίοι αξίζει να αναφερθούν, και στους οποίους στηρίζεται η καταπολέμηση είναι:

1. Οι ξενιστές των νηματωδών ποικίλλουν και έχουν μεγάλη γεωγραφική εξάπλωση (Κύρου, 2004).
2. Αξιοσημείωτη είναι και η ταχύρυθμη αύξησης του πληθυσμού των νηματωδών. Ουσιαστικά οι κύριες μέθοδοι αντιμετώπισης των νηματωδών είναι η πρόληψη και η καταπολέμηση (Taylor, 1953, Wallace, 1963, Brown, 1965).

3.9.1 Πρόληψη

Τα κύρια σημεία πρόληψης όταν μολύνεται ένας αγρός από φυτοπαρασιτικούς νηματώδεις είναι:

1. Η χρήση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού, απαλλαγμένου από νηματώδεις.
2. Η απολύμανση γεωργικών εργαλείων ή άλλων υλικών, που έχουν προηγουμένως χρησιμοποιηθεί σε μολυσμένες περιοχές.
3. Ο περιορισμός εισβολής επιβλαβών φυτοпараσιτικών νηματωδών σε μια περιοχή, στηρίζεται σε συγκεκριμένα νομοθετικά μέτρα για την πραγματοποίηση ελέγχου των φυτών σε υγειονομικό επίπεδο σε όλα τα φυτικά υλικά και στους τρόπους συσκευασίας γεωργικών προϊόντων.

3.9.2 Καταστολή

Μερικές φορές, παρότι γίνονται μεγάλες προσπάθειες να διατηρηθεί ο αγρός υγιής, μέσω της πρόληψης, τελικά μολύνεται και χρειάζεται να παρθούν γρήγορα και αποτελεσματικά μέτρα καταπολέμησης και έτσι να αποφευχθούν σοβαρές ζημιές. Η καταπολέμηση των νηματωδών μπορεί να αναδειχθεί με καλλιεργητικές, βιολογικές ή χημικές μεθόδους.

3.9.3 Καταπολέμηση με καλλιεργητικές μεθόδους

- Κατεργασία εδάφους με αναστροφή ριζών ώστε να εκτεθούν οι νηματώδεις στον αέρα και στον ήλιο
- Ηλιοαπολύμανση
- Επιλογή υγιών φυτών στα πρώτα στάδια εγκατάστασης
- Εναλλαγή καλλιεργειών με φυτά που δεν αποτελούν ξενιστές νηματωδών (αμειψισπορά)
- Επιλογή πρώιμων και ανθεκτικών υβριδίων ή ποικιλιών
- Η διατήρηση της γονιμότητας του αγρού
- Η αγρανάπαυση
- Η κατάκλιση
- Η απολύμανση φυτικών μερών με θερμό νερό
- Η απολύμανση του εδάφους με υδρατμούς

3.9.4 Καταπολέμηση με βιολογικές μεθόδους

Η βιολογική αντιμετώπιση των νηματωδών επικεντρώνεται στην αύξηση του πληθυσμού των παρασίτων και αρπακτικών στο έδαφος με αποτέλεσμα τη μείωση της γεννητικότητας των φυτοпараσιτικών νηματωδών (Paracer et al, 1966). Κάποιοι νηματώδεις σε μερικές περιπτώσεις, σιτίζονται με φυτοпараσιτικούς νηματώδεις, ακάρεα και έντομα. Ωστόσο αρκετοί μύκητες, βακτήρια, πρωτόζωα και ιοί μολύνουν τους φυτοпараσιτικούς νηματώδεις, π.χ. ο μύκητας *Nematophthora gynophila* που εξοντώνει τα θηλυκά άτομα του κυστογόνου νηματώδη των σιτηρών *Heterodera avenue*, μειώνει τη γονιμότητα του και παρασιτεί τα ωά. Σε διάστημα περίπου μίας εβδομάδας ο συγκεκριμένος μύκητας καταστρέφει όλα τα θηλυκά άτομα και τα ωά, τα οποία

απελευθερώνονται στο έδαφος δεν αναλαμβάνουν (Κύρου, 2004). Τα ίδια συμπτώματα αυτού του νηματώδη παρατηρήθηκαν σε θηλυκά άτομα και από τον μύκητα *Verticillium chlamidosporium* με συνέπεια τα θηλυκά που μολύνθηκαν να γεννούν λιγότερα ωά συγκριτικά με τα υγιή, με αποτέλεσμα τα πιο πολλά να είναι ήδη μολυσμένα (Kerry et al., 1980, 1982, 1985). Παρόμοια γίνεται και με τον κυστογόνο νηματώδη των ζαχαρότευτλων και τον *M. javanica* (Nigh et al., 1980, Roberts et al., 1981, Qadri & Saleh, 1990). Ο ίδιος νηματοβόρος μύκητας *V. chlamidosporium* μειώνει τον ρυθμό πολλαπλασιασμό του πληθυσμού των *Globodera* spp., *Heterodera* spp. και *Meloidogyne* spp. στο έδαφος (Kerry et al., 1992). Παθογόνοι μύκητες, συγκεκριμένα από το είδος *Nectria radicolica* και έπειτα του *Fusarium oxysporum*, οι οποίοι εντοπίστηκαν σε καλλιέργειες πίκου, αραβόσιτου, κριθαριού και σε αγρούς οι οποίοι είναι ακαλλιέργητοι για μεγάλο χρονικό διάστημα, σε ένα σύστημα εναλλαγής καλλιέργειας ανά δύο έτη ζαχαρότευτλων, καθορίζουν το αποτέλεσμα της μείωσης του πληθυσμού του *Heterodera schachtii* (Banaszek et al., 1990). Η ανάμειξη του *Verticillium chlamidosporium* με το καρβαμιδικό νηματοκτόνο aldicarb (εμπορική ονομασία Temik) επιφέρονται αποτελεσματικότερα στην αντιμετώπιση των *M. incognita* και *M. halpa* σε φυτά τομάτας απ' ότι το καθένα ξεχωριστά, χωρίς να επιβαρύνει τη δράση του μύκητα (Leu et al., 1993). Η αντιμετώπιση του *M. incognita* σε τομάτα με τον μύκητα *V. chlamidosporium* είναι πιο αποτελεσματικά σε εδάφη που βρίσκονται στην επιφάνεια και υπάρχει πιο καλός αερισμός, παρά σε πιο βαθιά στρώματα με λιγότερο αερισμό. Το βακτήριο *Pasteuria penetrans* φαίνεται να έχει καλύτερη επίδραση στην βιολογική αντιμετώπιση νηματωδών του γένους *Meloidogyne* και υπό συγκεκριμένες συνθήκες θα μπορούσε να συμβάλλει θετικά στον τομέα της ολοκληρωμένης αντιμετώπισης (Zaki, 1990, Gowen & Tzortzakakis 1994, Tzortzakakis & Gowen, 1994).

Η δυσκολία στη βιολογική αντιμετώπιση είναι το πώς θα εντοπιστούν αυτά τα παράσιτα, αλλά και ο τρόπος που θα αυξηθεί η γεννητικότητα και η δραστηριότητά τους, κάτι που επηρεάζεται από ζωτικούς και εδαφικούς παραμέτρους στο περιβάλλον (Κύρου, 2004).

Επίσης ένας τρόπος βιολογικής καταπολέμησης είναι η χρήση φυτών παγίδων. Τα φυτά αυτά έχουν μεγάλη ευαισθησία στην προσβολή από νηματώδεις, όπου φυτεύονται και αφού προσβληθούν από νηματώδεις πρέπει να ενσωματωθούν στο έδαφος ή να καταστραφούν έτσι ώστε να διακοπεί η φυσιολογική πορεία του βιολογικού τους κύκλου. Για την τέλεση αυτής της αποτελεσματικής μεθόδου, είναι απαραίτητη η επίγνωση της βιολογίας του φυτού αλλά και των νηματωδών αυτού του είδους που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Ακριβώς για αυτόν το λόγο χρησιμοποιείται κυρίως σε

κυστογόνα είδη των οποίων οι κύστες είναι ευδιάκριτες πάνω στη ρίζα και πρωτού έλθουν στο τελευταίο στάδιο της ανάπτυξής τους να ωοτοκήσουν.

Τέλος υπάρχει ακόμη μία μέθοδος, η οποία μελετάται μέχρι και σήμερα. Πραγματοποιείται με τις ουσίες που δημιουργούνται από τα ίδια τα φυτά για την προστασία τους, σε ένα σύστημα ολοκληρωμένης καταπολέμησης (Birch et al, 1993). Παραδείγματος χάριν ο κατηφές (*Tagetes patula*) ή το φυτό *Larwsanta inermis*, το οποίο μειώνει σε μεγάλο βαθμό τις προσβολές από *Meloidogyne incognita* σε φυτά τομάτας, σε περιπτώσεις που τα δύο φυτά αναπτύσσονται μαζί.

3.9.5 Καταπολέμηση με χημικές μεθόδους

Η χημική καταπολέμηση αποσκοπεί στη θνησιμότητα των νηματωδών με χημικές μεθόδους. Ωστόσο για την θανάτωση των νηματωδών είναι σημαντική η δόση της δραστικής ουσίας να εισχωρήσει στο νηματώδη, κατά την οποία διαδικασία αυτές οι ουσίες εισέρχονται στους νηματώδεις από το σώμα, το στόμα, την έδρα, το γεννητικό πόρο, αλλά και μέσω της επιδερμίδας ή ακόμα και του πεπτικού συστήματος. Οι νύμφες εμφανίζουν πιο μικρή αντοχή απ' ότι τα ωά στα νηματοκτόνα (Thome, 1961).

Ένα σκεύασμα σαν αυτό που εφευρέθηκε και εφαρμόστηκε ως πρωτοπόρο μετά τον Α΄ Παγκόσμιο πόλεμο ήταν η χλωροπικρίνη, το οποίο ήταν αποτελεσματικό για όλους τους μικροοργανισμούς του εδάφους με μικρό βιολογικό κύκλο. Η μεγάλη πτητικότητα, η τοξικότητα, η δακρυγόνα δράση και το υψηλό της κόστος επικέντρωσαν την εφαρμογή της μόνο σε φυτά μεγάλης οικονομικής σημασίας για τους ιδιοκτήτες και για σοβαρές ασθένειες, για τις οποίες δεν υπήρχε άλλη μέθοδος αντιμετώπισης. Οι νηματοκτόνες ιδιότητες του D-D και Telone (καπνογόνα εδάφους με δραστική ουσία το 1,3 διχλωροπροπένιο), ανακαλύφθηκαν το 1940. Ύστερα διαπιστώθηκαν το E.D.B. (Διβρωμιούχο αιθυλένιο), και τα D.B.C.P. (Διβρωμοχλωροπροπάνιο), Nemagon και Fumazon, που αποσύρθηκαν από την κυκλοφορία λόγω ακαταλληλότητας για την δημόσια υγεία. Την ίδια περίοδο εμφανίστηκε και το Βρωμιούχο μεθύλιο, ένα πολύ δραστικό απολυμαντικό εδάφους, που σε συνδυασμό με τη χλωροπικρίνη αντιμετώπιζε τους πιο ανθεκτικούς μικροοργανισμούς που υπήρχαν στο έδαφος. Τα νηματοκτόνα τα οποία εφαρμόζονται μέχρι και σήμερα είναι τα εξής: fenamiphos (Nemacur), oxamyl (Vydate), aldicarb (Temik), carbofuran (Furadan, Curater), ethoprophos (Mocap). Η μέθοδος εφαρμογής ενός νηματοκτόνου διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του, το μέρος για το οποίο θα χρησιμοποιηθεί, τον τύπο του εδάφους, το είδος της καλλιέργειας και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η χρήση τους συνίσταται να γίνεται από

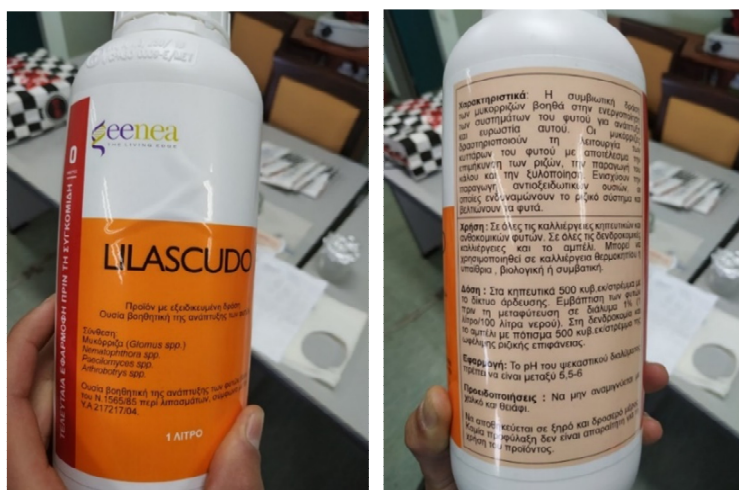
εξειδικευμένους γεωπόνους και σε συνδυασμό με λιπάσματα ή άλλα παρασιτοκτόνο φάρμακα, με αποτέλεσμα μια ολοκληρωμένη καταπολέμηση.

3.10 Το βιολογικό σκεύασμα LILASCUDO

Το βιολογικό αυτό προϊόν (Εικ. 3.6, 3.7) συνιστάται για χρήση σε όλες τις καλλιέργειες κηπευτικών και ανθοκομικών φυτών, στις δένδροκομικές καλλιέργειες και το αμπέλι. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καλλιέργεια θερμοκηπίου ή υπαίθρια, βιολογική ή συμβατική. Περιέχει ένα μίγμα από μικροοργανισμούς που δρουν συμβιωτικά με τις ρίζες των φυτών και φαίνεται ότι προκαλούν την ενεργοποίηση μηχανισμών αυτοάμυνας του φυτού έναντι σημαντικών παθογόνων μεταξύ των οποίων και οι νηματώδεις (Πίν. 3.1). Οι περιεχόμενες μυκόρριζες φαίνεται ότι διεγείρουν την πάχυνση των κυτταρικών τοιχωμάτων, την επιμήκυνση της ρίζας, την παραγωγή κάλου και λιγνίνης, καθώς και την παραγωγή αντιοξειδωτικών όπως φυτοαλεξίνες και πολυφαινόλες που βοηθούν την ενδογενή άμυνα του φυτού. Η συνιστώμενη δοσολογία για το σκεύασμα στα κηπευτικά είναι 500cm³/στρέμμα ή εμβάπτιση των φυτών πριν τη μεταφύτευση σε διάλυμα 1%. Επιτρεπόμενος χρόνος συγκομιδής από την τελευταία εφαρμογή είναι 0 ημέρες.

Πίνακας 3.1 Συστατικά του βιολογικού σκευάσματος LILASCUDO

Organic matter
Mycorrhizae content 2% (<i>Glomus</i> spp.)
Rhizosphere bacteria content 1x10 ⁹ UFC/g
<i>Nematophthora</i> spp.
<i>Paecilomyces</i> spp.
<i>Arthrobotrys</i> spp.



ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ - ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

4.1 Σκοπός εργασίας

Το σκεύασμα Lilascudo είναι ένα προϊόν με εξειδικευμένη δράση το οποίο περιέχει μυκόρριζες και χορηγείται για την προώθηση της ανάπτυξης των φυτών. Η επιλογή του σκευάσματος έγινε για να παρατηρήσουμε την επίδραση και την αποτελεσματικότητα κατά των νηματωδών.

4.2 Υλικά

- Φυτάρια τομάτας, ποικιλίας Belladonna
- Νηματώδεις *Meloidogyne javanica*
- Αποστειρωμένο φυτόχωμα
- Διαφανή πλαστικά δοχεία 300ml
- Θάλαμος ελεγχόμενων συνθηκών
- Λαβίδες, ψαλίδι κλπ
- Ψεκαστήρας 500 ml
- Ζυγαριά ακριβείας
- Τριβλία
- Στερεοσκόπιο Μπουκάλια 1,5 lt
- Ηλεκτρονική Πιπέτα.

4.3 Διαδικασία

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε από τις αρχές Φεβρουαρίου, αφού πρώτα εξοικειωθήκαμε με τον εξοπλισμό του εργαστηρίου της κ. Καραναστάση στο πρώην Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας και διήρκησε μέχρι τις αρχές Απριλίου του 2020.

Για την διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν φυτά τομάτας, ποικιλίας Belladonna που είναι ευαίσθητα στην προσβολή από νηματώδεις.

1. 50 φυτά μεταφυτεύτηκαν από σπορείο σε διαφανή πλαστικά δοχεία όγκου 300ml, γεμισμένα με αποστειρωμένο φυτόχωμα. Τα φυτά διατηρήθηκαν σε θάλαμο υπό ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας (~27°C) και υγρασίας (80%), ώστε να πετύχουμε την καλύτερη δυνατή ανάπτυξη τους χωρίς πιθανές αυξομειώσεις αυτών.

Επειδή το πείραμα πραγματοποιήθηκε χειμώνα και το νερό της βρύσης ήταν πολύ κρύο, στον θάλαμο με τα πειραματικά φυτά διατηρούνταν μπουκάλια γεμάτα νερό που χρησιμοποιούνταν για το πότισμα των φυταρίων, ώστε να έχει την ίδια θερμοκρασία με αυτά και να μην υπάρχει κίνδυνος στρεσαρίσματος. Το πότισμα πραγματοποιούνταν περίπου κάθε 48 ώρες.



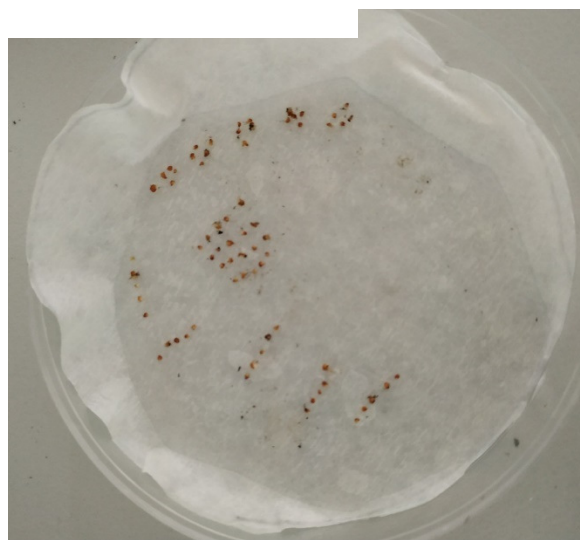
Εικόνα 4.1 & 4.2 Θάλαμος ελεγχόμενων συνθηκών με τα φυτάρια.

2. Για την μόλυνση των φυτών με νηματώδεις χρησιμοποιήθηκε μόλυσμα από καλλιέργειες *Meloidogyne javanica* του εργαστηρίου Φυτοπροστασίας του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας.

Η μόλυνση των φυταρίων έγινε τοποθετώντας 4 ωόσακους *M. javanica* περιμέτρικα της ρίζας κάθε φυταρίου. Για τους ωόσακους που χρησιμοποιήθηκαν είχε προηγουμένως εκτιμηθεί ότι περιείχαν κατά μέσο όρο 250 ωά ο καθένας. Η μόλυνση πραγματοποιήθηκε στις 14-02-2020.



Εικόνα 4.3 Μόλυνση φυταρίων με ωόσακους *M. javanica*.



Εικόνα 4.4 Ωόσακοι *M. javanica*.

3. Τέσσερις μέρες μετά έγινε η πρώτη εφαρμογή με το σκεύασμα. Οι εφαρμογές επαναλήφθηκαν τρεις φορές ανά 8 ημέρες.
4. Το πείραμα αποτελούνταν από τους εξής χειρισμούς:
- 10 θετικοί μάρτυρες (φυτά μολυσμένα με νηματώδεις)
 - 10 φυτά μολυσμένα με Lilascudo 0,5% (1492,5 ml νερό και 7,5 ml σκεύασμα)
 - 10 φυτά μολυσμένα με Lilascudo 1% (1485 ml νερό και 15 ml σκεύασμα)
 - 10 φυτά μολυσμένα με Lilascudo 2% (1470 ml νερό και 30 ml σκεύασμα)
 - 10 αρνητικοί μάρτυρες (φυτά υγιή).

5. Χρήση εντομοκτόνων

Κατά τη διάρκεια του πειράματος παρουσιάστηκαν προσβολές από το λεπιδόπτερο *Tuta absoluta* (Εικ. 4.7) και από αλευρώδεις (Εικ.4.8), οπότε έγινε εφαρμογή εντομοκτόνων σε τρεις δόσεις ανά 10 ημέρες. Τα εντομοκτόνα εφαρμόστηκαν συνδυαστικά με ένα ψεκαστικό των 500 ml ως εξής:

AFFIRM 095 SG → 0,9 gr (Συνιστώμενη 180 gr στα 100 lt)

PYRIFEN 10 EG → 0,10 ml (Συνιστώμενη 75 ml στα 100 lt)

PROFIL EXTRA 5 SL → 0,37 ml (Συνιστώμενη 20 ml στα 100 lt)



Εικόνα 4.7 Προσβολή από τούτα.



Εικόνα 4.8 Προσβολή από αλευρώδεις.

4.4 Διαδικασία μετρήσεων

Απομόνωση νηματωδών

Μετά την πάροδο 40 ημερών, τα φυτά εξήχθησαν από τον θάλαμο, αφαιρέθηκαν από τα δοχεία στα οποία αναπτύσσονταν και μεταφέρθηκαν μεμονωμένα σε κουβάδες με νερό.

- Οι ρίζες ξεπλύθηκαν με προσοχή για να μην τεμαχιστούν και αφού καθαρίστηκαν καλά, διαχωρίστηκε το υπέργειο τμήμα από το υπόγειο των φυτών.

- Το υπέργειο τμήμα των φυτών ζυγίστηκε ως προς το νωπό του βάρος και τοποθετήθηκε σε φούρνο για αποξήρανση και μέτρηση του ξηρού βάρους.
- Το υπόγειο τμήμα των φυτών ζυγίστηκε ως προς το νωπό του βάρος και ακολούθησε η διαδικασία απομόνωσης για καταμέτρηση ωόσακκων και ωών.

Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος

Για τις μετρήσεις του νωπού βάρους χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας.

Ξήρανση υπέργειου τμήματος

Το υπέργειο τμήμα των φυτών τοποθετήθηκε σε φούρνο σε θερμοκρασία 50°C. Κάθε μέρα λαμβάνονταν μερικές ενδεικτικές μετρήσεις, έως ότου παρατηρήθηκε ότι το βάρος παρέμενε σταθερό, άρα τα φυτά είχαν αποξηρανθεί.

Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος

Για τις μετρήσεις του ξηρού βάρους χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας.

Νωπό βάρος ρίζας

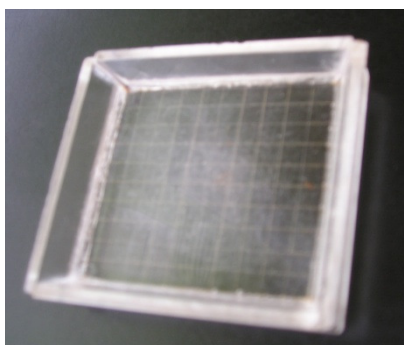
Για τις μετρήσεις του νωπού βάρους ρίζας χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας. Οι ρίζες στραγγίζονταν σε χαρτί κουζίνας, ζυγίζονταν, καταγράφονταν το νωπό τους βάρους και στη συνέχεια φυλάσσονταν στους 4°C τυλιγμένες με νωπό χαρτί κουζίνας, μέχρι να γίνει η καταμέτρηση των ωόσακκων.

Καταμέτρηση ωόσακκων

Πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια στερεοσκοπίου.

Καταμέτρηση ωών

Το σύνολο των ωόσακκων των φυτών κάθε μεταχείρισης μεταφέρθηκε σε διάλυμα NaOCl 1% (20ml χλωρίνη εμπορίου + 80mlH₂O), το οποίο χρησιμοποιείται για τη διαλυτοποίηση της ζελατινώδους ουσίας του ωόσακου και την απελευθέρωση των ωών. Ακολούθησε εκτίμηση του μέσου όρου ωών/ωόσακο με το ειδικό τρυβλίο καταμέτρησης (counting dish) (Εικ. 4.9).



Εικόνα 4.9. Τριβλίο καταμέτρησης νηματωδών.

Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με τη βοήθεια του Excel και του στατιστικού πακέτου STATGRAPHICS Plus, με το οποίο ελέγχθηκε εάν παρατηρούνταν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

5.1 Αποτελέσματα

Στις επόμενες σελίδες παρατίθενται πίνακες με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, όπου control: θετικός μάρτυρας (φυτά με νηματώδεις), mock: υγιή φυτά και D05, D1, D2 οι εφαρμογές με 0,5%, 1%, και 2% Lilascudo.

Πίνακας 5.1α Μετρήσεις νωπού βάρους (g) υπέργειου τμήματος στις διαφορετικές μεταχειρίσεις.

ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ	MOCK	CONTROL	0,50%	1%	2%
	21,26	20,14	19,81	19,89	17,42
	23,24	21,2	25,81	22,1	20,21
	14,98	26,7	19,56	22,2	20,69
	20,62	23,15	17,44	26,82	18,58
	25,23	25,37	23,38	20,6	26,97
	18,12	23,26	20,71	20,27	18,37
	18,22	24,72	24,44	20,24	23,69
	19,69	19,08	24,91	21,08	19,71
	13,45	21,99	26,41	25,64	19,38
	21,34	17,2	20,8	18,12	27,15
average	19,615	22,281	22,327	21,696	21,217
stdev	3,575187	2,955821	3,052657	2,666901	3,509147
se	1,130573	0,934713	0,965335	0,843348	1,10969

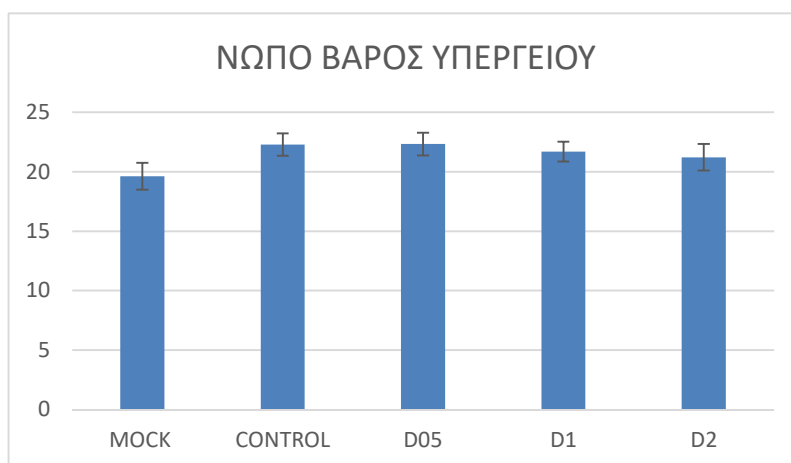
Πίνακας 5.1β Απεικόνιση διαφορών μέσων όρων μετρήσεων νωπού βάρους (g) υπέργειου τμήματος. Η θέση των X σε διαφορετικές στήλες υποδηλώνει την ύπαρξη ή μη στατιστικά σημαντικών διαφορών.

```

Multiple Range Tests

-----
Method: 95,0 percent LSD
Count      Mean      Homogeneous Groups
-----
MOCK       10       19,615      X
D2         10       21,217      X
D1         10       21,696      X
CONTROL    10       22,281      X
D05        10       22,327      X
    
```

Διάγραμμα 5.1 Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος στις διαφορετικές μεταχειρίσεις.



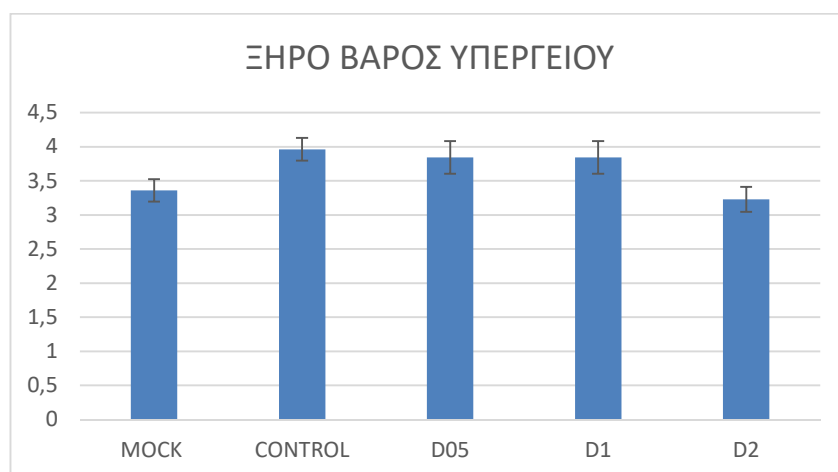
Πίνακας 5.2α Μετρήσεις ξηρού βάρους υπέργειου τμήματος στις διαφορετικές μεταχειρίσεις.

ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ	MOCK	CONTROL	0,50%	1%	2%
	2,66	3,31	2,85	2,85	2,42
	2,73	3,34	3,02	3,02	2,52
	2,96	3,54	3,34	3,34	2,58
	3,01	3,7	3,58	3,58	2,93
	3,3	3,96	3,6	3,6	3,31
	3,36	4,05	3,98	3,98	3,41
	3,69	4,21	4,02	4,02	3,68
	3,85	4,21	4,08	4,08	3,69
	3,93	4,26	4,56	4,56	3,86
	4,11	5,05	5,41	5,41	3,89
average	3,36	3,963	3,844	3,844	3,229
stdev	0,517408	0,523026	0,75428	0,75428	0,573303
se	0,163619	0,165395	0,238524	0,238524	0,181294

Πίνακας 5.2β Απεικόνιση διαφορών μέσω των μέσων όρων μετρήσεων ξηρού βάρους (g) υπέργειου τμήματος. Η θέση των X σε διαφορετικές στήλες υποδηλώνει την ύπαρξη ή μη στατιστικά σημαντικών διαφορών.

Multiple Range Tests			
Method: 95,0 percent LSD			
	Count	Mean	Homogeneous Groups
D2	10	3,229	X
MOCK	10	3,36	XX
D1	10	3,844	XX
D05	10	3,844	XX
CONTROL	10	3,963	X

Διάγραμμα 5.2 Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος στις διαφορετικές μεταχειρίσεις



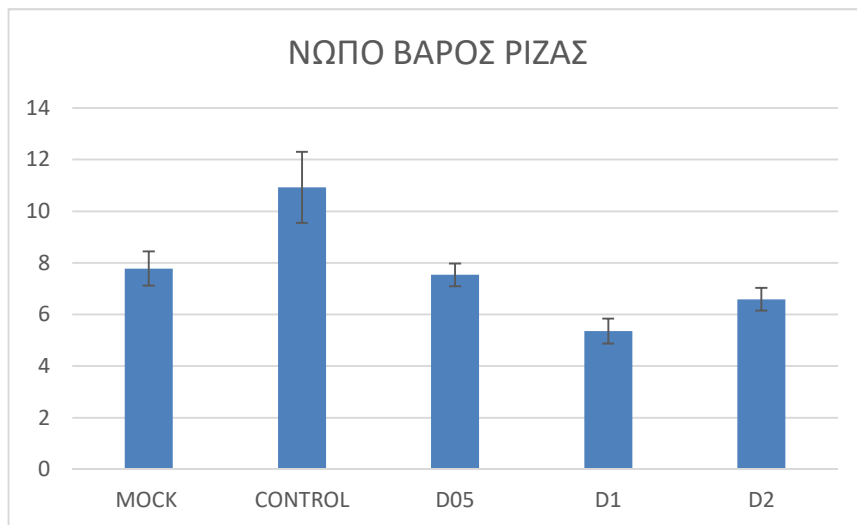
Πίνακας 5.3α Μετρήσεις νωπού βάρους ρίζας στις διαφορετικές μεταχειρίσεις.

ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΡΙΖΑΣ	MOCK	CONTROL	0,50%	1%	2%
	6,80	16,93	8,77	3,8	7,95
	5,99	10,1	6,22	6,29	6,65
	12,35	18,99	8,92	6,04	5,14
	7,90	13,84	6,97	6,61	5,51
	6,25	7,6	9,71	3,01	7,53
	8,99	6,81	8,56	5,52	9,26
	5,88	6,37	7,3	4,68	6,08
	9,59	9,36	7	4,98	5,72
	5,95	8,04	5,34	8,29	4,89
	8,11	11,23	6,56	4,36	7,16
average	7,781	10,927	7,535	5,358	6,589
stdev	2,087335	4,344657	1,389774	1,529821	1,389104
se	0,660073	1,373901	0,439485	0,483772	0,439273

Πίνακας 5.3β Απεικόνιση διαφορών μέσω των μέσων όρων μετρήσεων νωπού βάρους (g) ρίζας. Η θέση των X σε διαφορετικές στήλες υποδηλώνει την ύπαρξη ή μη στατιστικά σημαντικών διαφορών.

Multiple Range Tests			
Method: 95,0 percent LSD			
	Count	Mean	Homogeneous Groups
D1	10	5,358	X
D2	10	6,589	XX
D05	10	7,535	XX
MOCK	10	7,781	X
CONTROL	10	10,927	X

Διάγραμμα 5.3 Νωπό βάρος ρίζας στις διαφορετικές μεταχειρίσεις.



Πίνακας 5.4α Καταμέτρηση ωόσινων / ρίζα στις διαφορετικές μεταχειρίσεις.

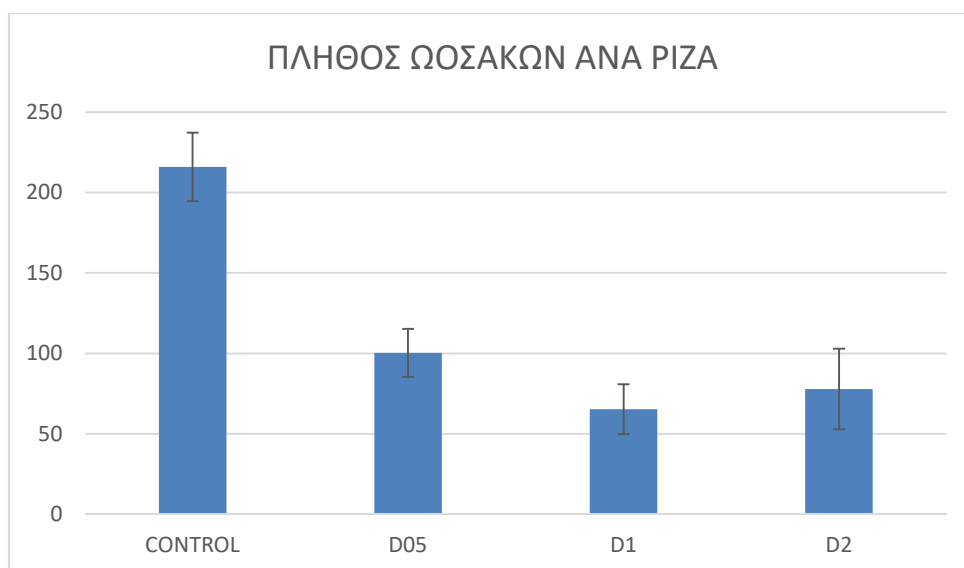
ΠΛΗΘΟΣ ΩΟΣΑΚΩΝ ANA ΡΙΖΑ	CONTROL	0,50%	1%	2%
	126	219	56	158
	193	162	60	31
	233	94	84	45
	292	140	225	229
	233	84	66	38
	449	129	9	9
	28	17	30	117
	239	101	49	25
	137	51	16	200
	275	41	161	6
average	220,5	103,8	75,6	85,8
stdev	112,8738	60,88751	67,64154	83,43301
se	35,69384	19,25432	21,39013	26,38383

Πίνακας 5.4β Απεικόνιση διαφορών μέσου όρου πλήθους ωόσινων / ρίζα. Η θέση των X σε διαφορετικές στήλες υποδηλώνει την ύπαρξη ή μη στατιστικά σημαντικών διαφορών.

```

Multiple Range Tests
-----
Method: 95,0 percent LSD
      Count  Mean  Homogeneous Groups
-----
D1          10    75,6                X
D2          10    85,8                X
D05         10   103,8                X
CONTROL     10   220,5                X
    
```

Διάγραμμα 5.4 Πλήθος ωόσινων / ρίζα στις διαφορετικές μεταχειρίσεις.



Πίνακας 5.5 Μέσος όρος ωών/ωόσακο στις διαφορετικές μεταχειρίσεις.

Μ.Ο. ΩΩΝ ΑΝΑ ΩΟΣΑΚΟ			
CONTROL	0,50%	1%	2%
343	313	347	469

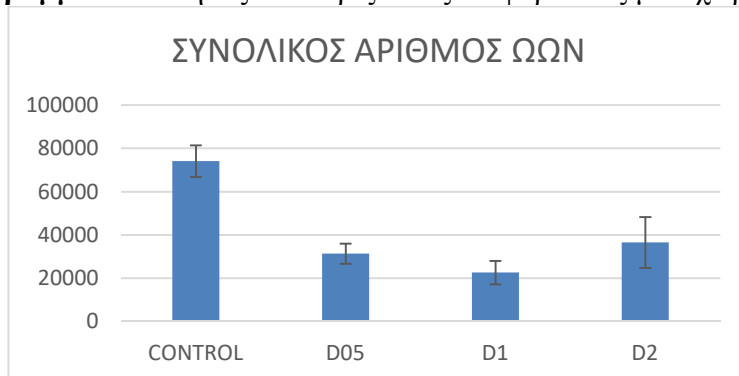
Πίνακας 5.6α Σύνολο ωών/ρίζα στις διαφορετικές μεταχειρίσεις.

ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΩΩΝ	CONTROL	D05	D1	D2
	43218	68547	19432	74102
	66199	50706	20820	14539
	79919	29422	29148	21105
	100156	43820	78075	107401
	79919	26292	22902	17822
	154007	40377	3123	4221
	9604	5321	10410	54873
	81977	31613	17003	11725
	46991	15963	5552	93800
	94325	12833	55867	2814
average	75631,5	32489,4	26233,2	40240,2
stdev	38715,72	19057,79	23471,61	39130,08
se	12242,99	6026,603	7422,376	12374,018

Πίνακας 5.6β Απεικόνιση διαφορών μέσου όρου πλήθους ωών / ρίζα. Η θέση των X σε διαφορετικές στήλες υποδηλώνει την ύπαρξη ή μη στατιστικά σημαντικών διαφορών.

Multiple Range Tests			
Method: 95,0 percent LSD			
	Count	Mean	Homogeneous Groups
D1	10	26233,2	X
D05	10	32489,4	X
D2	10	40240,2	X
CONTROL	10	75631,5	X

Διάγραμμα 5.6 Πλήθος ωών / ρίζα στις διαφορετικές μεταχειρίσεις.



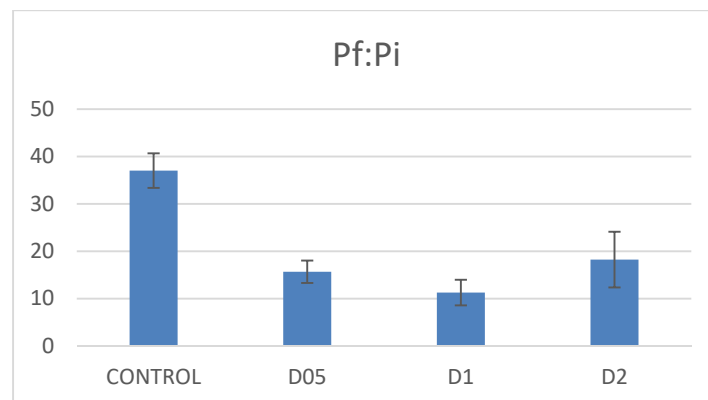
Πίνακας 5.7α Αναπαραγωγικό δυναμικό Pf:Pi πληθυσμού στις διαφορετικές μεταχειρίσεις (Pf: ο τελικός πληθυσμός και Pi: ο αρχικός).

	CONTROL	D05	D1	D2
Pf:Pi	21,609	34,2735	9,716	37,051
	33,0995	25,353	10,41	7,2695
	39,9595	14,711	14,574	10,5525
	50,078	21,91	39,0375	53,7005
	39,9595	13,146	11,451	8,911
	77,0035	20,1885	1,5615	2,1105
	4,802	2,6605	5,205	27,4365
	40,9885	15,8065	8,5015	5,8625
	23,4955	7,9815	2,776	46,9
	47,1625	6,4165	27,9335	1,407
	average	37,81575	16,2447	13,1166
stdev	19,35786	9,528895	11,73581	19,56504
se	6,121493	3,013301	3,711188	6,187009

Πίνακας 5.7β Απεικόνιση διαφορών αναπαραγωγικού δυναμικού Pf:Pi πληθυσμών. Η θέση των X σε διαφορετικές στήλες υποδηλώνει την ύπαρξη ή μη στατιστικά σημαντικών διαφορών.

Multiple Range Tests			
Method: 95,0 percent LSD			
	Count	Mean	Homogeneous Groups
D1	10	13,1166	X
D05	10	16,2447	X
D2	10	20,1201	X
CONTROL	10	37,8158	X

Διάγραμμα 5.7 Αναπαραγωγικό δυναμικό Pf:Pi πληθυσμού στις διαφορετικές μεταχειρίσεις (Pf: ο τελικός πληθυσμός και Pi: ο αρχικός).



5.2 Συμπεράσματα & Συζήτηση

Έπειτα από ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του πειράματος που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκε ότι:

1. Ως προς την ανάπτυξη των φυτών:

- ✓ Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το νωπό βάρος των φυτών μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων.
- ✓ Το ξηρό βάρος των φυτών στα οποία εφαρμόστηκε η υψηλότερη δόση του σκευάσματος, ήταν χαμηλότερο από το ξηρό βάρος των φυτών των υπόλοιπων μεταχειρίσεων, για τα οποία δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.
- ✓ Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στο νωπό βάρος της ρίζας των φυτών τα οποία ήταν προσβεβλημένα με νηματώδεις και στα οποία έγινε εφαρμογή του σκευάσματος, σε όλες τις δόσεις. Το νωπό βάρος της ρίζας αυτών των φυτών ήταν επίσης στατιστικά ίσο με το νωπό βάρος της ρίζας των υγιών φυτών. Το νωπό βάρος της ρίζας των θετικών μαρτύρων ήταν υψηλότερο από των υπολοίπων φυτών.

2. Ως προς τον πληθυσμό των νηματωδών:

- ✓ Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον συνολικό αριθμό των ωόσακων ανά ρίζα στα φυτά τα οποία είχε εφαρμοστεί το σκεύασμα σε σχέση με τους μάρτυρες. Ο αριθμός των ωόσακων ήταν σημαντικά χαμηλότερος στις μεταχειρίσεις ενώ μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.
- ✓ Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον συνολικό αριθμό των ωών ανά ρίζα στα φυτά τα οποία είχε εφαρμοστεί το σκεύασμα σε σχέση με τους μάρτυρες. Ο αριθμός των ωών ήταν σημαντικά χαμηλότερος στις μεταχειρίσεις ενώ μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.
- ✓ Ως προς το αναπαραγωγικό δυναμικό των νηματωδών, παρατηρήθηκε ότι στην περίπτωση των φυτών στα οποία είχε εφαρμοστεί το σκεύασμα, ήταν στατιστικά σημαντικώς χαμηλότερο. Μεταξύ των δόσεων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Συνολική εκτίμηση σκευάσματος

Το σκεύασμα Lilascudo φαίνεται να είναι δραστικό ως προς την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου νηματώδη.

Δεν φαίνεται να επηρεάζει την φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών.

Μεγάλο πλεονέκτημα του σκευάσματος είναι οι βιολογικές του ιδιότητες που το καθιστούν προσιτό και ακίνδυνο για τη δημόσια υγεία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 Ξενόγλωσση

- Maggenti, A. 1981. General Nematology, Springer series in Microbiology.
- Banaszek, H., Wronkowska, H., Cyranowicz, H. and Koba, M. 1990. Fungi occurring in sugarbeet nematode cysts from sugarbeet cultivation with a two yearly rotation. 391: 15-23.
- Birch, A.N.E., Robertson, W.E. and Fellows, L.E. 1993. Plant products to control plant parasitic nematodes. Pesticide sci.39: 141-145.
- Brown, E.B. 1965. Cultural and biological control. In: Plant Nematology. (Ed) Southey, J. Techn. Bull. Min. Agr. Fish. Food. London. 2nd ed. 7, pp.219-237.
- Christie, J.R. 1959. Plant nematodes their bionomics and control. Florida Agric. Exp. Sth.: 256.
- Gowen, S.R. and Tzortzakakis, E.A. 1994. Biological control of *Meloidogyne* spp. with *Pasteuriapenetrans*. Bull 24: 495-500.
- Jepson, S.B. 1987. Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne species*). Wallinford, UK, C.A.B. International.
- Karssen, G. 1999. The plant-parasitic nematode genus *Meloidogyne goldi*, 1982 (Tylenchida) in Europe. University of Gent, Biology Department, Belgium.
- Kerry, B.R., Leu, F.A.A. M.DE. 1992. Key factors in the development of gungal agents for the control of cyst and root-knot nematodes. London, UK; Plenum Publ. Co. Ltd. ppl39-144.

- Leu, F.A.A. M.DE., Kerry, B.R., and Dannehy, J.A. 1993. *Verticillium chlamidosporium* as a biological control agent for *Meloidogyne incognita* and *M. halpa* in pot and microplot tests. *Nematologica* 39: 115-126.
- Linford, M.B. 1941. Parasitism of the root-knot nematode in leaves and stems. *Phytopathology* 31, 634-648.
- Nigh, E.A., Thomason, I.J. and Van Gundy, S.D. 1980. Identification and distribution of fungal parasites of *Heterodera schachtii* eggs in California. *Phytopathology* 70: 884-889.
- Paracer, S.M., Brzeski, M.W. and Zuckerman, B.M. 1966. Nematophagous and predeceous nematodes associated with cranberry soil in Massachusetts. *Plant Disease Reporter*.50: 584-586.
- Qadri, A.N. and Saleh, H.M. 1990. Fungi associated with *Heterodera schachtii* (Nematoda) in Jordan II. Effect on *H schachtii* and *Meloidogyne javanica*. *Nematologica* 36: 104-113.
- Roberts, P.A., Thomason, I.J. and Mckinney, H.E. 1981. Influence of non hostscrucifers and fungal parasites of field populations of *Heterodera schachtii*. *Journal of Nematology*. 13: 164-171.
- Taylor, A.L. 1953. More about the control of nematodes. *Year Book Separate No 2416*: 129-134.
- Thorne, G. 1961. *Principles of Nematology*. Me Graw-Hill, New York, 553 pp
- Triantaphyllou, A.C. & Hirschmann, H. 1960. Post-infection development of *Meloidogyne incognita* Chitwood, 1949. (Nematoda: Heteroderae). *Ann. Inst. Phytopathol. Benaki* 3, 1-11.
- Wallace, H.R. 1963. *The biology of plant parasitic nematodes*. Edward Arnold (Publ.) Ltd. 280 pp
- Zaki, M.J., Magbool, M.A. 1990. Effect of *Pasteuria penetrans* and *Paecilomyces lilacinus* on the control of root- knot nematodes of brinjal and mung. *Pakistan Journal of Nematology* 2: 37-42

6.2 Ελληνική

- Ζωάκη-Μαλισιόβα, Δ. 2015α. Ενότητα 11 Ολοκληρωμένη καταπολέμηση νηματωδών & ζιζανίων. Σε *Ολοκληρωμένη Φυτοπροστασία Θεωρία*, ΤΕΙ Ηπείρου. Διαθέσιμο στο: <https://eclass.teiep.gr/>
- Ζωάκη-Μαλισιόβα, Δ. 2015β. Ενότητα 12 Νηματώδεις. Σε *Ζωικοί Εχθροί Θεωρία*, ΤΕΙ Ηπείρου. Διαθέσιμο στο: <https://eclass.teiep.gr/>
- Ιακωβίδης Τ. Εισαγωγή στους Φυτοπαθογόνους Νηματώδεις. Διαθέσιμο στο: <http://www.moa.gov.cy/>

- Κολιοπάνος, Κ.Ν. 1999. Φυτοпараσιτικοί νηματώδεις σκόληκες. ΒιολογίαΦυσιολογία - Γενετική ταξινόμηση και παθογένεση επί φυτών. Τρόποι αντιμετώπισης, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Γεωργικής Εντομολογίας και Ζωολογίας.
- Κύρου, Χ.Ν. 2004. Φυτοпараσιτικοί νηματώδεις. Εκδόσεις Αγροτύπος. Αθήνα.
- Μαρινάκης, Ν. 2009. Πτυχιακή εργασία. ΤΕΙ Κρήτης. Διαθέσιμο στο:
<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/steg/fp/2009/MarinakisNikos/attached-document/marinakis.pdf>
- Μπρούφας, Γ., Παππά, Μ. 2015. Εργαστηριακές ασκήσεις γεωργικής ζωολογίας. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο:
<http://hdl.handle.net/11419/903>.
- Παπαδέα, Α. 2005. Πτυχιακή εργασία. ΤΕΙ Καλαμάτας. Διαθέσιμο στο:
http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/17271/STEG_FP_00321_Medium.pdf?sequence=1
- Παταπατίου, Α. Α. 2016. Πτυχιακή εργασία. ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας. Διαθέσιμο στο:
<https://docplayer.gr/49082244-Tehnologiko-ekpaideytiko-idryma-dytikis-elladas.html>
- Πετυχάκη, Ι. 2008. Πτυχιακή εργασία. ΤΕΙ Κρήτης. Διαθέσιμο στο:
<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/steg/fp/2008/PetychakiIoanna/attached-document-1294995675-510067-15445/petyxaki2008.pdf>.

6.3 Διαδικτυακή

- <http://www.infowine.gr/el/winepedia/viticulture/226/?nid=381>
- <http://agroselida.blogspot.com/2015/09/saccharomyces-cerevisiae.html>
- <http://www.encyclopedia.com/science/news-wires-white-papers-and-books/nematoda>
- <https://blog.farmacon.gr/katigories/texniki-arthrografia/fytoprostitasia/item/2111-tuta-absoluta-toytao-yponomeftis-ton-fyllon-tis-tomatas>
- <https://core.ac.uk/download/pdf/132825669.pdf>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CF%8E%CE%B4%CE%B7> (υπάρχουν πολύ καλύτερες και έγκυρες πηγές από την Wikipedia)
- <https://ok.ru/da4nica/topic/67274877878446>
- <https://www.bio-insecta.gr/proionta/mycorrhiza>
- <https://www.ftiaxno.gr/2016/03/nimatodi.html>
- <https://www.ftiaxno.gr/2017/10/mycorrhizes-chrhshmothta-sthn-viologikh-kalliergeia.html>

<https://www.kalliergo.gr/exthrois-asthenies-fyton/nimatodeis/>

<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/soils/health/biology/>

<https://www.syngenta.gr/news/sto-horafi/nimatodeis-enas-kryfos-ehthros>