



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ, ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗ
ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ
ΑΞΙΑΣ**

**Διπλωματική εργασία με θέμα: Μελέτη νηματωδοκτόνου δράσης στερεών
υπολειμμάτων απόσταξης ρίγανης (*Origanum vulgare*) σε φυτά τομάτας για την
καταπολέμηση των *Meloidogyne* spp. .**



**Επιβλέποντες καθηγητές: Ηλιόπουλος Π. και Νατσιόπουλος Δ.
Φοιτήτρια: Ντεμίρη Ελευθερία**

Λάρισα 2023

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Ηλιόπουλο Παναγιώτη που ήτα υπεύθυνος για την εργασία αυτή. Ακόμη τον καθηγητή μου Νατσιόπουλο Δημήτριο που με βοήθησε για την διεξαγωγή και την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας και έκανε της διορθώσεις αυτής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω το εργαστήριο διαχείρισης φυτοϋγείας για την αίθουσα, το θερμοκήπιο και τα υλικά που μου παρείχε για την ολοκλήρωση της εργασίας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς και φίλους μου για την κατανόηση και την συμπαράσταση τους καθ' όλη την διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Περίληψη

Οι νηματώδεις *Meloidogyne spp.* αποτελούν έναν από τους μεγαλύτερους εχθρούς στις καλλιέργειες και κυρίως αυτές των κηπευτικών. Τα τελευταία χρόνια οι καταπολέμηση τους καθίσταται δύσκολοι λόγω της απόσυρσης πολλών χημικών μέσων καταπολέμησης του εξαιτίας των μολύνσεων που προκλήθηκαν στο περιβάλλον αλλά και στην ανθρώπινη υγεία. Εξαιτίας της απόσυρσης των σκευασμάτων αυτών έχουν εντατικοποιηθεί οι μελέτες βιολογικού ελέγχου των *Meloidogyne spp.* Στο πείραμα αυτό μελετήθηκε η νηματοδοκτόνος δράση των στερεών υπολειμμάτων απόσταξης ρίγανη (*Origanum vulgare*) σε φυτά τομάτας. Με το πείραμα αποδείχθηκε ότι η νηματοδοκτόνος δράση των στερεών υπολειμμάτων απόσταξης ρίγανης υπάρχει και είναι δοσοεξαρτώμενη. Συγκριμένα στην μελέτη αυτή υπήρχαν 3 διαφορετικές δοσολογίες 2% υπολείμματα απόσταξης ρίγανης, 4% και 6%. Το πείραμα διήρκησε 3 μήνες για να ολοκληρωθούν δύο βιολογικοί κύκλοι των νηματωδών. Το αποτέλεσμα του πειράματος έδειξαν πως πιο αποτελεσματική δόση ήταν αυτή με 6% ρίγανη διότι είχε μέσο όρο όγκων στο ριζικό σύστημα 1483 σε αντίθεση με την δόση των 2% που είχε 4008 όγκους και 4% ρίγανη 2100 όγκους κατά μέσο όρο. Όσον αφορά την δράση της ρίγανης στην ανάπτυξη της τομάτας δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές αφού αναπτύχθηκαν το ίδιο, συγκεκριμένα το νωπό βάρος του θετικού μάρτυρα ήταν 187,9g , ενώ 2% ρίγανη, 4% ρίγανη και 6% ήταν 139,4g, 141,5g και 141,3g αντίστοιχα. Τα στερεά υπολείμματα απόσταξης των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών παραμένουν ανεκμετάλλευτα ενώ σε τελευταίες έρευνες αποδεικνύεται ότι περιέχουν δραστικές ουσίες, οι οποίες έχουν νηματοδοκτόνες, μυκητοκτόνες δράσεις. Συγκεκριμένα παράγονται σχεδόν 104.000 τόνοι αιθέριων ελαίων παγκοσμίως και τα στερεά υπολείμματα αυτών παραμένουν ανεκμετάλλευτα. Φυσικά χρήζει παραπάνω μελέτη η νηματοδοκτόνος δράση των στερεών υπολειμμάτων ρίγανης σε φυτά τομάτας αλλά και των δραστικών που παραμένουν σε αυτή.

Abstract

Nematodes *Meloidogyne spp.* are one of the major pests of crops, especially vegetables. In recent years, their control has become difficult due to the withdrawal of many chemical based pesticides because of the environmental impact and public safety. Because of the withdrawal of these formulations; studies on the biological control of *Meloidogyne spp.* have been intensified. In this study, the nematicidal activity of solid residues of oregano (*Origanum vulgare*) distillation was tested on tomato plants. The study demonstrated that there is a potential of an alternative nematicidal management of oregano distillation solid residues and is dose-dependent. Compared in this study there were 3 different dosages of 2%, 4% and 6% oregano distillate residues. The experiment took 3 months to complete two biological cycles of nematodes. The result of experiment showed that the most effective dose was the 6% oregano because it had an average of 1480 galls in the root system as opposed to the 2% dose which had 4008 galls and 4% oregano had 2100 galls on average. Regarding the effect of oregano on tomato growth, there were no significant differences they grew the same namely, the stem weight of the positive control was 187.9, while 2% oregano, 4% oregano and 6% oregano were 139.4, 141.5 and 141.3g respectively. The solid distillation residues of aromatic and medicinal plants remain unexploited while recent researches have shown that they contain active substances, which have nematicidal, fungicidal activities. Globally, 104.000 tons of essential oils are produced of which solid residues remain unexploited. Almost the nematicidal action of the solid residues of oregano on tomato plants and the active substances remaining in it need further study.

Περιεχόμενα

ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ.....	6
1.Εισαγωγή.....	6
1.1.Γενικά στοιχεία των Νηματωδών.....	6
1.2.Φυτοпараσιτικοί Νηματώδεις.....	6
1.3.Ιστορικά στοιχεία.....	7
1.4.Γενικά χαρακτηριστικά φυτοпараσιτικών νηματωδών.....	8
1.5.Μορφολογικά χαρακτηριστικά φυτοпараσιτικών νηματωδών.....	8
1.6.Βιολογικός κύκλος φυτοпараσιτικών νηματωδών.....	9
1.7.Οικονομική σημασία.....	10
2.Νηματώδεις <i>Meloidogyne spp.</i>	11
2.1.Γενικά στοιχεία.....	11
2.2.Ιστορικά στοιχεία.....	11
2.3.Μορφολογικά χαρακτηριστικά <i>Meloidogyne spp.</i>	12
2.4.Βιολογικός κύκλος <i>Meloidogyne spp.</i>	13
2.5.Συμπτώματα προσβολής.....	15
2.6.Ξεριστές.....	17
2.7.Οικονομική σημασία.....	17
2.8.Καταπολέμηση.....	18
3.Ρίγανη (<i>Origanum vulgare</i>).....	32
3.1.Βασικά στοιχεία.....	32
3.2.Ιστορικά στοιχεία.....	32
3.3.Χρήσεις.....	33
3.4.Αιθέριο έλαιο.....	33
3.5.Χρήσεις ρίγανης στην φυτοπροστασία.....	34
4.Πείραμα.....	35
4.1.Σκοπός του πειράματος.....	35
4.2.Υλικά και Μέθοδοι.....	36
Υλικά.....	36
Μέθοδοι.....	37
5.Αποτελέσματα.....	44
6.Συμπεράσματα-Συζήτηση.....	49
7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	52

ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ

1.Εισαγωγή

1.1.Γενικά στοιχεία των Νηματωδών

Η λέξη νηματώδης (Nematoda ή Nematelmithes) προήλθε από την ελληνική λέξη «νήμα». Οι νηματώδεις ανήκουν στο Ζωικό Βασίλειο, Υποβασίλειο Metazoa και Φύλον Nemata (Chitwood, Filipjev et al., 1959). Στο υπέρφυλο Ecdysozoa, τα περισσότερα είδη που ανήκουν σε αυτή την ομάδα υπόκειται στην διαδικασία έκδυσης και αποτελούν μία από τις μεγαλύτερες και πιο ιδιαίτερες ομάδες στο Ζωικό Βασίλειο (Quist et al. 2015). Αποτελούν ένα από τα μεγαλύτερα φύλα του Ζωικού Βασιλείου και υπολογίζεται ότι είναι πάνω από μισό εκατομμύριο (Ferris et al. 2012). Είναι λεπτοί σκωληκόμορφοι μικροοργανισμοί που βρίσκονται στο έδαφος, στα γλυκά, θαλάσσια ή υφαλμυρά ύδατα. Οι νηματώδεις έχουν ευρεία διάδοση παγκοσμίως εξαιτίας της προσαρμοστικότητας τους η οποία οφείλεται στην εσωτερική και εξωτερική τους μορφολογία (Hirschmann, 1960), πιθανότατα οι πρώτοι νηματώδεις εμφανίστηκαν σε θαλάσσιους οικότοπους (Johannes Helder, Aska Goverse 2017). Οι νηματώδεις εμφανίζονται ως παράσιτα σε φυτά, σε ζώα αλλά και σε ανθρώπους. (John P. Rafferty 2011). Οι νηματώδεις που είναι παράσιτα του ανθρώπου είναι ο *Ancylostoma duodenale* που παρασιτεί στο έντερο θηλαστικών και τρέφεται με αίμα, ο *Enterobius vermicularis* (pinworms) που είναι επίσης νηματώδεις του εντέρου, συχνότερα εμφανίζεται σε παιδικές ηλικίες με έντονη φαγούρα, ο *Trichinella spiralis*, όπου οι προνύμφες του εισχωρούν από το τοίχωμα του εντέρου και εγκαθίστανται στο μυϊκό σύστημα όπου και μετατρέπονται σε κύστες, ο νηματώδης αυτός προκαλεί έντονους μυϊκούς πόνους ακόμα και θάνατο και μεταδίδεται από τα ποντίκια, τέλος ο τελευταίος είναι ο *Wuchereria bancrofti* που ζει στους λεμφικούς αδένες σπονδυλωτών, τρέφονται και εκείνοι με αίμα και προκαλούν διογκώσεις στο σώμα κατά κύριο λόγο στα πόδια, η ασθένεια αυτή είναι γνωστή με τον όρο «ελεφαντίαση», μεταδίδεται μέσω των κουνουπιών.

1.2.Φυτοπαρασιτικοί Νηματώδεις

Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις αποτελούν το 15% των νηματωδών, υπάρχουν 6.000 διαφορετικά είδη και 197 γένη. Σαν φυτικά παράσιτα διαβιώνουν στο

έδαφος περιμετρικά των ριζών και αποτελούν έναν σημαντικό περιοριστικό παράγοντα τόσο της ανάπτυξης όσο και της παραγωγής των φυτών με ευρεία διάδοση σε όλον τον κόσμο (Dao et. al. 1970). Οι νηματώδεις μπορούν να προκαλέσουν άμεση ζημιά στον ξενιστή τους ή έμμεση μέσω μεταφοράς ιών από αυτούς (Misgana Mitiku 2018). Προσβάλλουν γενικά όλες τις καλλιέργειες, παρουσιάζονται είτε σε σπορεία, σε θερμοκήπια, σε ανθοκομικές και κηπευτικές καλλιέργειες και οπωρώνες. Παρατηρούνται ζημιές από διάφορα γένη και είδη νηματωδών. Ο παρασιτισμός των φυτών γίνεται από δύο κλάσεις του φύλου *Nematoda* την κλάση *Adenophorea* και *Secernentea*. Οι νηματώδεις των *Adenophorea* ανήκουν στις οικογένειες *Longidoridae*, και *Trichodoridae* της τάξης *Dorylaimida*. Οι νηματώδεις της κλάσης αυτής είναι μεταναστευτικοί και εκτοπαρασιτικοί. Στους συγκεκριμένους νηματώδεις οφείλονται πολλές οικονομικές απώλειες εξαιτίας των ιών που μπορούν και μεταφέρουν που μεταδίδουν από το έδαφος κατά την προσβολή τους. Οι νηματώδεις της κλάσης *Secernentae* ανήκουν στην υποτάξη *Tylenchida*. Κάποιοι νηματώδεις της κλάσης αυτής είναι μεταναστευτικοί καθ' όλη την διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου όπως αυτοί που ανήκουν στα γένη *Pratylenchus* και *Radolpholus*. Οι πιο διαδεδομένοι της κλάσης αυτής είναι ενδοπαρασιτικοί και ανήκουν στα γένη *Heterodera* και *Globodera* και είναι κησιτώδεις νηματώδεις και το κυριότερο γένος αυτής είναι οι *Meloidogyne* που είναι οι νηματώδεις των ριζοκόμβων. Τα ενδοπαρασιτικά γένη της κλάσης αυτής αρχικά είναι μεταναστευτικά και στην συνέχεια έχουν καθιστικό τρόπο ανάπτυξης όπου μετατρέπουν τα φυτικά κύτταρα του ξενιστή τους σε τροφικές δομές (Abad Pierreet. al 2010). Τα φυτά ξενιστές των φυτοπαρασιτικών νηματωδών έχουν μία συνεχής προσβολή (Melissa G. Mitchumetal. 2013.).

1.3.Ιστορικά στοιχεία

Οι πρώτες αναφορές στους νηματώδεις ως φυτικά παράσιτα γίνεται το 4.000 π.Χ. στις πρώτες Αιγυπτιακές γραφές. Στις πρώτες ζωολογικές αναφορές περιλαμβάνεται το είδος *Dracunculus medinensis* το οποίο προσβάλλει το ανθρώπινο σώμα προκαλώντας φλεγμονές και έντονους πόνους. Οι νηματώδεις των ζώων αναφέρθηκαν για πρώτη φορά στην εποχή του Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.) (Storerand Usinger, 1965).Αντιθέτως οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις αναφέρονται μετά τον 17^ο αιώνα, εξαιτίας του μικροσκοπικού μεγέθους. Η πρώτη αναφορά έγινε στον

νηματώδη *Anguinatritici* που είναι του σίτου (Needham T. 1743). Η πρώτη αναφορά στον νηματώδη των ριζοκόμπων *Meloidogyne spp.* έγινε το 1885 από τον Berkeley στην Αγγλία σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια αγγουριού. Στις Η.Π.Α. η εκτενής έρευνα των νηματωδών ξεκίνησε μετά τον 20^ο αιώνα και ιδιαίτερη ανάπτυξή της ήταν μεταξύ 1945-1955 (Νικόλαος Χ. Κύρου 2004).

1.4.Γενικά χαρακτηριστικά φυτοпараσιτικών νηματωδών.

Οι φυτοпараσιτικοί νηματώδεις διακρίνονται σε τρεις κύριες ομάδες στους, ένδοπααρασιτικούς, έκτοπααρασιτικούς και ημιενδοπααρασιτικούς. Ο φυτοпараσιτισμός των νηματωδών ποικίλλει μεταξύ των ειδών. Οι ενδοπααρασιτικοί νηματώδεις ζουν μέσα στο έδαφος και παρασιτούν στα υπόγεια μέρη του φυτού (ρίζες, βολβούς, κονδύλους, ριζώματα κτλ.), τρέφονται και πολλαπλασιάζονται δηλαδή μέσω των φυτικών ιστών. Οι ένδοπααρασιτικοί νηματώδεις αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των νηματωδών. Στην κατηγορία των ένδοπααρασιτικών νηματωδών ανήκουν οι οικογένειες *Meloidogyne*, *Ditylenchus*, *Radopholus* κ.α. Οι ημιενδοπααρασιτικοί νηματώδεις ζουν στην επιφάνεια του εδάφους, εισχωρούν στα φυτά και μεταφέρονται με την ανάπτυξη των φυτών στα υπέργεια μέρη του φυτού (φύλλα, άνθη, στελέχη). Στους ήμιενδοπααρασιτικούς ανήκουν οι οικογένειες *Belonolaimus*, *Dolichodorus*, *Helicotylenchus* κ.α. Οι έκτοπααρασιτικοί νηματώδεις παραμένουν εκτός των ιστών του φυτού και παίρνουν την τροφή τους μέσω ενός οργάνου που ονομάζεται στίλετο (Κύρου Χ. Νικόλαος 2004). Στους έκτοπααρασιτικούς ανήκουν οι οικογένειες *Sphaeronema*, *Macroposthonia*, *Paratrachodoruk* κ.α. Οι ένδοπααρασιτικοί νηματώδεις διαχωρίζονται σε δύο είδη στους μεταναστευτικούς και τους καθιστικούς. Οι ενδοπααρασιτικοί νηματώδεις διακρίνονται έτσι ανάλογα με την κινητικότητα τους μετά την έναρξη της διατροφής τους (Isgouhi Kaloshian and Marcella Teixeira 2019). Βέβαια μέσα από έρευνες ανακαλύφθηκε ότι υπάρχουν είδη που είναι και ενδοπααρασιτικοί και έκτοπααρασιτικοί ταυτοχρόνως (Misgana Mitiku 2018).

1.5.Μορφολογικά χαρακτηριστικά φυτοпараσιτικών νηματωδών.

Το σώμα των νηματωδών έχει σκωληκόμορφο σχήμα είναι λεπτό, μακρύ και μαλακό. Οι νηματώδεις είναι διάφανοι και προστατεύονται από την επιδερμίδα. Το μήκος του σώματός τους είναι μεταξύ 0,5 έως 2mm. Τα θηλυκά κατά την ανάπτυξή τους μεγεθύνονται και πολλές φορές μπορεί να αλλάξει το σχήμα τους σε αντίθεση με

τα αρσενικά τα οποία παραμένουν ίδια σε όλα τα στάδια ανάπτυξής τους. Το σώμα τους καλύπτεται εξωτερικά από το επιδέρμιο (cuticle) , ακολουθούμενο από την υποδερμίδα (sabcuticle) και το μυϊκό στρώμα τους. Το πεπτικό, το αναπαραγωγικό, το νευρικό και το απεκκριτικό σύστημα τους βρίσκεται στο εσωτερικό της επιδερμίδας τους. Η επιδερμίδα του σώματός τους αναφέρεται ως υδροστατικός σκελετός επειδή διατηρείται άκαμπτο από την πίεση των εσωτερικών οργάνων (TerryA. Tarra 1989). Το μυϊκό του σύστημα αποτελείται από μύες επιμηκυσμένους και ειδικευμένους. Αντίστοιχα το πεπτικό τους σύστημα αποτελείται από τον οισοφάγο , τους αδένες της πέψης , το έντερο που στα θηλυκά καταλήγει στην έδρα ενώ στα αρσενικά στην αμάρα. Το αναπαραγωγικό σύστημα των αρσενικών νηματωδών απαρτίζεται από τους όρχεις και τις συζευκτικές άκανθες, ενώ των θηλυκών από τις ωοθήκες , την μήτρα, τον κόλπο και το γεννητικό άνοιγμα. Το σύστημα έκκρισης τους είναι ένα αδενωτό και σωληνωτό όργανο. Το νευρικό τους σύστημα έχει δύο κύρια κέντρα ένα στην περιοχή του οισοφάγου και ένα στην περιοχή του απευθυσμένου που συνδέονται μεταξύ τους με έναν δακτύλιο. Οι νηματώδεις δεν έχουν σκελετό ούτε τρίχες. Επίσης δεν έχουν ούτε οφθαλμούς , ούτε αυτιά, ούτε αναπνευστικό σύστημα. Στο πρόσθιο και στο οπίσθιο μέρος τους βρίσκονται αισθητήριες θηλές που με νευρικές απολήξεις λειτουργούν ως αισθητήρια όργανα. (Νικόλαος Ν. Κυρου 2004.)

1.6.Βιολογικός κύκλος φυτοпараσιτικών νηματωδών.

Οι φυτοпараσιτικοί νηματώδεις έχουν μικρό σχετικά βιολογικό κύκλο. Η διάρκεια ζωής τους κυμαίνεται από δύο εβδομάδες έως δύο μήνες (Terry A.Tattar 1989). Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου εξαρτάται άμεσα από τις συνθήκες περιβάλλοντος. Ο θηλυκός νηματώδης ανάλογα με το είδος του γεννά τα ωά του μέσα ή έξω από τις ρίζες των φυτών. Τα ωά παραμένουν στις νεκρές ρίζες και στο έδαφος μετά το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου. Κάθε θηλυκός νηματώδης γεννά πολλά ωά κυρίως μετά την διασταύρωση με αρσενικούς νηματώδεις (αμφιμικτικά). Ανάλογα με το είδος του νηματώδη κυμαίνεται και ο αριθμός των ωών, από 100 ωά κάθε άτομο έως και 2000 ή και περισσότερα. Τα ωά έχουν ανθεκτικό κέλυφος που προστατεύει την νύμφη από τις δυσμενείς συνθήκες του περιβάλλοντος. Η εκκόλαψη των ωών μπορεί να προκληθεί είτε μόνο με το νερό είτε από τις ουσίες που μπορεί να μεταφέρει από τις ρίζες των φυτών που είναι ξενιστές του. Οι νύμφες όταν

εκκολαφθούν κινούνται μέσα σε λεπτή μεμβράνη νερού προς τις ρίζες του φυτού ξενιστή και τρέφονται μέσω αυτού είτε ένδοπαρασιτικά, έκτοπαρασιτικά ή ημιένδοπαρασιτικά. Οι νηματώδεις αναπτύσσουν το αναπαραγωγικό του σύστημα αφού υποστούν και τις τέσσερις εκδύσεις και μετά ξεκινάει ο νέος βιολογικός κύκλος. Κατά την διάρκεια μίας καλλιεργητικής περιόδου ορισμένα είδη νηματωδών μπορούν να εμφανίσουν περισσότερες από μία γενεές και κάποια μόνο μια.

1.7.Οικονομική σημασία

Οι νηματώδεις αποτελούν περιοριστικό παράγοντα για την παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια. Συγκεκριμένα οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις αποτελούν σημαντικό περιοριστικό παράγοντα για την παραγωγή λαχανικών παγκοσμίως (Miguel Talavera-Rubia et al. 2022). Τα κυριότερα γένη νηματωδών που προκαλούν τις μεγαλύτερες οικονομικές ζημιές είναι τα *Meloidogyne*, τα *Heterodera* και *Globodera* και το *Pratylenchus* (Gregory C. Bernardet et al. 2017). Οι προκαλούμενες ζημιές των νηματωδών δεν ευθύνονται πάντα στην απευθείας δράση αλλά και στον συνδυασμό αυτής με άλλα παθογόνα αλλά και σε τροφοπενίες σε συνθήκες ψύχους και ξηρασίας. Στα τροπικά και υποτροπικά κλίματα οι απώλειες παραγωγής των καλλιεργειών ανέρχεται στο 14,6% σε σύγκριση με 8,8% στις ανεπτυγμένες χώρες (Misgana Mitiku 2018). Οι ζημιές που προκαλούνται σε ετήσιες καλλιέργειες από τους νηματώδεις ανέρχονται σε 80 δισεκατομμύρια δολάρια (Nicolet et al. 2011). Στις Η.Π.Α οι ετήσιες απώλειες καλλιεργειών υπολογίζεται ότι φτάνουν τα 10 δισεκατομμύρια δολάρια σε σύγκριση με αυτήν λόγω των εντόμων που φτάνει 6,6 δισεκατομμύρια ετησίως (Gianessi LP, Carpenter JE. 1999). Στο Ηνωμένο Βασίλειο οι απώλειες στην καλλιέργεια πατάτας εξαιτίας του κυστογόνου νηματώδους (*Globodera rostochiensis* και *Globodera pallida*) φτάνουν τα 70 εκατομμύρια δολάρια τον χρόνο και το απώλεια παραγωγής ύψους 9% (Nicolet et al. 2011). Στην Ελλάδα η χρήση σκευασμάτων απέδειξαν ότι η παρουσία των νηματωδών μπορούν να μειώσουν την απόδοση των καλλιεργειών σε ποσοστά 5-50% (Κύρου, 1979). Παρόλο αυτά δεν μπορεί να προσδιοριστεί απόλυτα κάθε φορά ότι η μείωση απόδοσης και ποιότητας της καλλιέργειας σε προσβολή από νηματώδεις διότι είναι λιγότερο εμφανείς σε σύγκριση με άλλους εχθρούς και ασθένειες.

2.Νηματώδεις *Meloidogyne spp.*

2.1.Γενικά στοιχεία

Οι νηματώδεις των ριζοκόμβων (*Meloidogyne*) αποτελούν ένα από τα πιο πολυφάγα φυτοпараσιτικά γένη των νηματωδών (Axel A Elling 2013). Το γένος *Meloidogyne* αποτελείται από 98 διαφορετικά είδη. Τα *Meloidogyne* είναι σε θέση να αναπαράγονται σε μεγάλο βαθμό ασχέτως των ειδών του ξενιστή τους (Abad Pierre et al 2010). Αντίθετα με το μεγάλο αριθμό των ειδών του γένους οι μελέτες έχουν επικεντρωθεί σε τέσσερα είδη στο *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita* και *M. javanica*. Οι νηματώδεις *Meloidogyne spp.* προκαλούν οικονομικά μεγάλες ζημιές και είναι διαδεδομένοι παγκοσμίως. Στην Ευρώπη από τα 98 είδη του γένους έχουν βρεθεί 23 από αυτά (Wim Wesemael et al 2011). Στα ψυχρότερα τμήματα της Ευρώπης επικρατούν τα *M. hapla*, *M. naasi*, *M. chitwood* και *M. fallax*, ενώ στις θερμότερες συνθήκες όπως αυτές της Νότιας Ευρώπης αλλά και στα θερμοκήπια της Βόρειας επικρατούν τα εξής είδη *M. arenaria*, *M. javanica* και *M. incognita*. Η μορφολογική ταυτοποίηση των νηματωδών *Meloidogyne* είναι δύσκολη και χρονοβόρα, όπως και η ταυτοποίηση των διαφορετικών ειδών του γένους καθίσταται δύσκολη λόγω των κοινών μορφολογικών τους χαρακτηριστικών (Milad Rashidifard et al 2019). Η μείωση των αποδόσεων από το γένος *Meloidogyne spp.* εξαρτάται από το μέγεθος της προσβολής, τη μολυσματικότητα του εκάστοτε είδους, το είδος της καλλιέργειας, τον τύπο του εδάφους αλλά και την εποχή της προσβολής (Dropkin V. H. 1989).

2.2.Ιστορικά στοιχεία

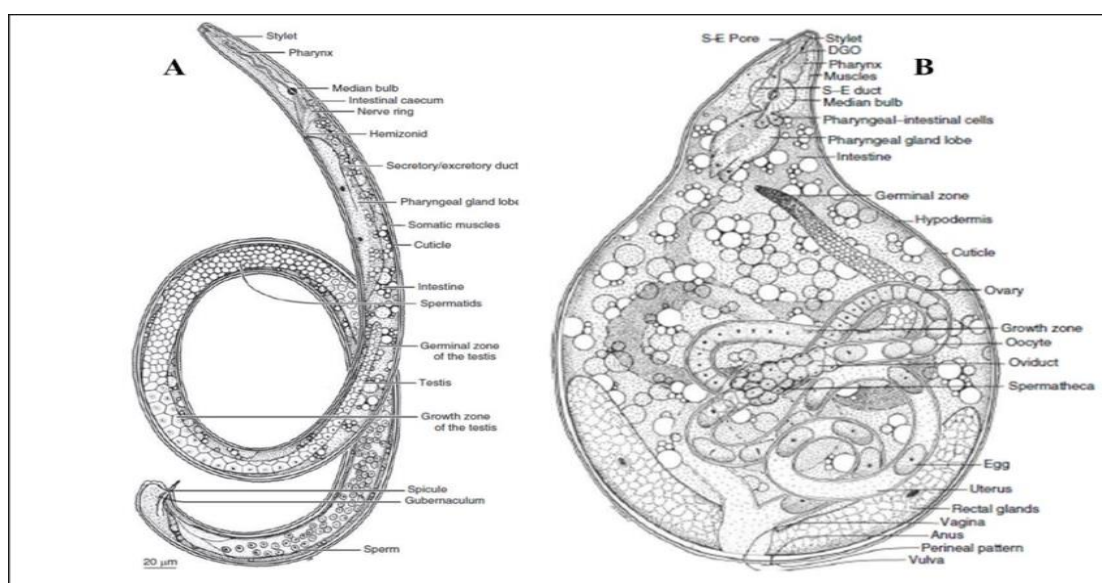
Η πρώτη αναφορά σε προσβολή από το γένος *Meloidogyne* έγινε από τον Barkeley το 1855. Η προσβολή αυτή βρέθηκε σε ρίζες φυτών αγγουριάς θερμοκηπίου στην Αγγλία. Όμως η αναφορά του ως υποχρεωτικό παράσιτο έγινε το 1887 από τον Goedi που ανέφερε έναν νηματώδη που προκαλεί εξογκώματα στις ρίζες των καφεόδεντρων στην Βραζιλία. Μέχρι και το 1949 δεν είχε δημοσιευθεί λεπτομερής περιγραφή του και αναφερόταν σε μία ομάδα ως ένα είδος με όνομα *Heterodera amarioni* (Cornu 1879 και Goodey 1932). Το 1949 ο Chitwood μελέτησε μορφολογικά την περιεδρική περιοχή του νηματώδη αυτού και το μετέταξε από το γένος *Heterodera* στο γένος *Meloidogyne* Coeldi 1887, διατηρώντας την αρχική του

ονομασία που του δόθηκε όταν ανακαλύφθηκε. Από τον Chitwood περιγράφηκαν πέντε είδη και ένα υποείδος.

2.3.Μορφολογικά χαρακτηριστικά *Meloidogyne spp.*

Οι νηματώδεις *Meloidogyne* έχουν χαρακτηριστικό γενετήσιο διμορφισμό. Τα θηλυκά άτομα είναι απιοειδή ή σακκοειδή ενώ τα αρσενικά είναι σκωληκοειδή (Jonathan D. Eisenback et al 1991). Τα θηλυκά άτομα έχουν σώμα μήκους 0,4-1,3 mm, ενώ τα αρσενικά άτομα έχουν τελικό μήκος 700-1,900 μm και κεφαλή χαμηλή που δεν προεξέχει. Η επιδερμίδα των θηλυκών ατόμων παραμένει μαλακή, μέτρια χονδρή και η απόχρωσή της είναι λευκή μαργαρώδη. Στα θηλυκά άτομα γύρω από την έδρα του γεννητικού τους ανοίγματος υπάρχουν ραβδώσεις που έχουν διάφορες διατάξεις και σχηματίζουν διαφορετικά περιεδρικά υποδείγματα ανάλογα με το είδος του γένους. Εν συνεχεία έχει εμφανή φασμίδια σε κάθε πλευρά της ουράς νοτίως της έδρας. Ο κεφαλικός τους σκελετός είναι λεπτός και μέτρια αποσκληρυμένος. Η χειλική του καλύπτρα αποτελείται από έξι χείλη από τα οποία τα μεσαία είναι μεγαλύτερα. Το στίλετο των θηλυκών ατόμων είναι κοντότερο και λεπτότερο από των *Heterodera* 10-24 mm, με μικρά εξογκώματα στη βάση και με ελαφριά νωτιαία κύρτωση. Ο νωτιαίος οισοφαγικός αδένας εκβάλλεται από το πίσω μέρος της βάσης του στίλετου. Τα ωά του τα τοποθετεί εκτός του σώματος του σε παχύρρευστο ζελατινώδη ωόσακκο που σχηματίζεται από τις εκκρίσεις έξι αδένων δια μέσου της έδρας. Το αρσενικό άτομο των *Meloidogyne* διαφέρει αρκετά από το *Heterodera* στην χειλική περιοχή αφού έχει μία ευδιάκριτη καλύπτρα που περικλείει έναν χειλικό δίσκο ο οποίος περιβάλλεται από πλάγια και μεσαία χείλη. Επίσης διαφέρουν ως προς κεφαλικό σκελετό αφού έχει λεπτότερο και κοντότερο στίλετο 14-30μm που σε πολλά είδη έχει μήκος 18-24μm. Ο νωτιαίος οισοφαγικός αδένας εκβάλλεται από το πίσω μέρος της βάσης της ουράς 2,3-9,0μm. Η ουρά των αρσενικών ατόμων είναι πολύ μικρή αποστρογγυλεμένη, οι συζευτικοί άκανθοι είναι λεπτοί με κοιλιακή κύρτωση και με απλό οδηγό. Η πλάγια επιδερμική τους περιοχή έχει συνήθως τέσσερις γραμμώσεις ενώ μπορεί να προστεθούν 1-2 έως και 10. Οι όρχεις του είναι 1-2(Νικόλαος Ν. Κύρου 2004). Η νύμφη του 2^{ου} σταδίου των *Meloidogyne* έχει σκωληκόμορφο σώμα μήκους περίπου 250-600μm, έχει λεπτό κεφαλικό σκελετό. Η ουρά της είναι κωνοειδής και ευρέως στρογγυλεμένη ή επιμήκης στην κορυφή. Το μήκος της ουράς διαφέρει έχει ακραίο τμήμα υαλώδες που το μήκος βοηθάει στην

διαφοροποίηση από τα υπόλοιπα είδη. Το στίλετο της είναι λεπτό κάτω των 20μm συνήθως με κώνο όσο το μήκος της βάσης ή και μικρότερο με λεπτά εξογκώματα στην βάση. Ο νωτιαίος οισοφαγικός αδένας είναι μήκους 2-8μm. Έχει όπως και το αρσενικό άτομο πλάγιες επιδερμικές επιδερμικές περιοχές με τέσσερις κύριες γραμμώσεις που μπορούν να προσθέσουν μία με δύο. Οι νύμφες του 3^{ου} και 4^{ου} σταδίου είναι διογκωμένες και σταθεροποιημένες μέσα στο ριζικό ιστό χωρίς στίλετο και δια μέσου της επιδερμίδας του 2^{ου} σταδίου που διατηρεί την λεπτή ουραία απόφυση που είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα των *Meloidogyne* (Εικόνα 2.).



Εικόνα 1. Ανατομία *Meloidogyne* spp.

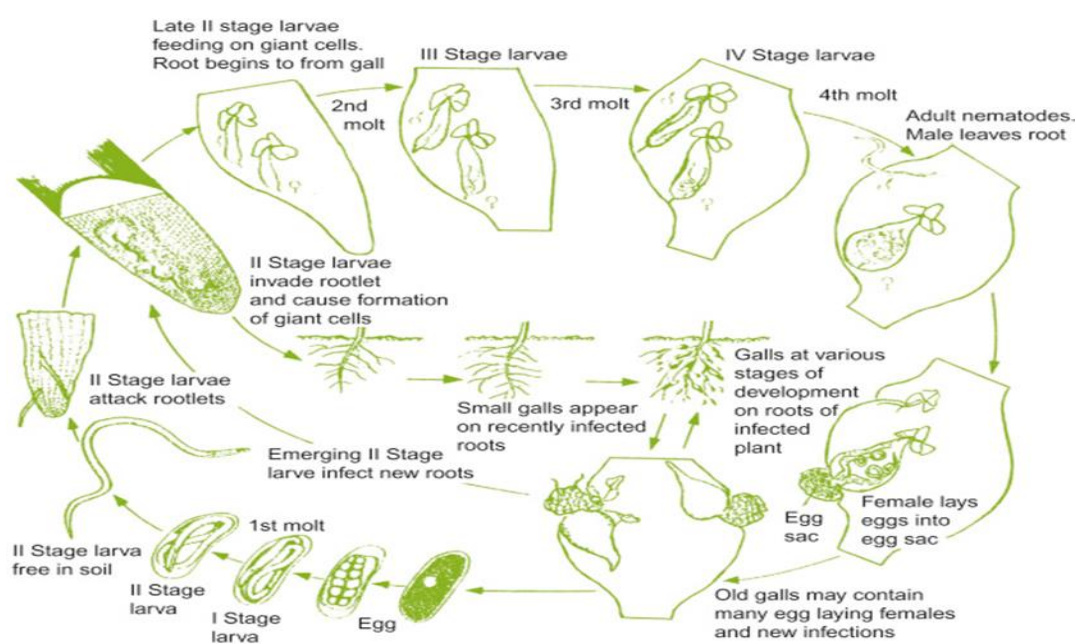
2.4.Βιολογικός κύκλος *Meloidogyne* spp.

Ο βιολογικός κύκλος των *Meloidogyne* διαρκεί από 3 έως 6 εβδομάδες. Βέβαια η διάρκειά του εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος (Jonathan D. Eisenback et al 1991). Ο βιολογικός κύκλος των *Meloidogyne* έχει αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με αυτό των *Heterodera*. Τα *Meloidogyne* έχουν τέσσερα διαφορετικά στάδια νυμφών. Όλα τα στάδια ανάπτυξης του διαχωρίζονται από τις εκδύσεις των ατόμων κατά την οποία γίνεται αντικατάσταση του εξωσκελετού εκτός από τα ενήλικα θηλυκά άτομα που γεννούν τα ωά. Αρχικά τα ανεπτυγμένα θηλυκά άτομα γεννούν τα ωά τους σε μία προστατευτική ζελατινώδη άχρωμη ουσία που σχηματίζει μία μάζα (ωοσάκκος) από ωά τα οποία

εκκρίνονται από την έδρα από 6 ευμεγέθεις εδρικούς αδένες. Ο ωσάκκος μπορεί να είναι τοποθετημένος είτε στην επιφάνεια της ρίζας, είτε να είναι ενσωματωμένος στους φυτικούς ιστούς ή τα γόνατα, επίσης είναι κατασκευασμένος με τέτοιο τρόπο ώστε να προστατεύει τα ωά από αντίξοες συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως είναι η ξηρασία. Η τοποθέτηση του ωσάκκου εξαρτάται από την θέση στην οποία βρίσκεται το θηλυκό μέσα στα εξογκώματα της ρίζας (Νικόλαος Ν. Κύρου 2004.) Ο ωσάκκος μπορεί να περιέχει έως και 1000 ωά ο καθένας (John T. Jones 2013).

Μετά την εμβρυογέννηση η νύμφη του πρώτου σταδίου μεταλλάσσεται εντός του ωού στη παθογόνο νύμφη του δεύτερου σταδίου. Το μήκος της νύμφης του δεύτερου σταδίου κυμαίνεται από 250-600 μm . Πολλά είδη *Meloidogyne* έχουν ευρύ φάσμα ξενιστών και γενικά η εκκόλαψη εξαρτάται από πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, δηλαδή από τις κατάλληλες θερμοκρασίες και τα ποσοστά υγρασίας αλλά όχι από το κάθε φυτό ξενιστή. Βέβαια σε ορισμένες περιπτώσεις η ριζική εξάπλωση αλλά και ο αριθμός των γενεών εντός μίας περιόδου μπορούν να επηρεάσουν την εκκόλαψη (John T. Jones 2013). Οι νύμφες του 2^{ου} σταδίου έχουν λεπτό στιλέτο συνήθως κάτω των 20 μm με κώνο όσο το μισό μήκος του ή και λιγότερο με λεπτά εξογκώματα στη βάση (Νικόλαος Ν. Κύρου 2004). Τα άτομα αυτά διεισδύουν στις ρίζες τις περισσότερες φορές πίσω από το κάλυμμα της ρίζας αλλά μπορούν να εισέλθουν σε οποιοδήποτε σημείο του ριζικού συστήματος. Η διείσδυση στο ριζικό σύστημα πραγματοποιείται με τον συνδυασμό της φυσικής βλάβης που προκαλείται από το στιλέτο και μπορεί να διαρκέσει από 12 έως 24 ώρες και της διάσπασης του κυτταρικού τοιχώματος με τα κυτταρολυτικά και πηκτοληπτικά ένζυμα. Οι νύμφες αυτές μεταναστεύουν διακυτταρικά μέσα στη ρίζα προς το άκρο της ρίζας και κάνουν στροφή όταν φτάσουν στην ακραία μεριστωματική περιοχή. Ακολουθώντας μετακινούνται προς τον αγγειακό κύλινδρο και την ζώνη διαφοροποίησης. Τα άτομα του 2^{ου} σταδίου είναι αυτά που εγκαθίστανται στην διατροφική θέση και η οποία αποτελείται από πολλά κοινοκύτταρα. Τα κύτταρα αυτά είναι εκείνα που παρέχουν θρεπτικά συστατικά στην ακίνητη πλέον φάση της νύμφης 2^{ου} σταδίου. Η κεφαλή των τόνων αυτών εισχωρεί στην περιφέρεια του αγγειακού ιστού, τρέφεται με αποτέλεσμα την διόγκωσή του και την έκδυση ακόμα τρεις φορές μέχρι να φτάσει στο ενήλικο στάδιο. Οι νύμφες του 3^{ου} και του 4^{ου} σταδίου είναι διογκωμένες και σταθεροποιημένες μέσα στο ριζικό ιστό χωρίς στιλέτο και δεν τρέφονται αλλά διαμέσου της επιδερμίδας του 2^{ου} σταδίου που διατηρεί την ουραία απόφυση. Τα *Meloidogyne* έχουν ανάγκη υγρασίας σε όλα τα στάδια ανάπτυξής τους. Τα ενήλικα

αρσενικά άτομα έχουν σκωληδοειδή μορφή και εγκαταλείπουν την ρίζα. Αντιθέτως τα ενήλικα θηλυκά άτομα παραμένουν στο ριζικό σύστημα τρέφονται και μεγαθύνονται ώσπου να αποκτήσουν αχλαδόμορφο σχήμα. Η διαμόρφωση του φύλου των ατόμων εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον κυρίως κατά το 2^ο στάδιο της ανάπτυξης των νυμφών. Όμως σε περιπτώσεις που επικρατούν αντίξοες συνθήκες όπως περιπτώσεις σοβαρών μολύνσεων με αυξημένη παρουσία παράσιτων, έλλειψη τροφής, ακατάλληλες θερμοκρασίες αλλά και ακατάλληλο φυτό ξενιστής τότε παρατηρείται ότι συμβαίνει αναστροφή του φύλου και παράγονται περισσότερα αρσενικά άτομα (Τριανταφύλλου Α.Χ. και Hirschmann H. 1960).



Εικόνα 2. Βιολογικός κύκλος *Meloidogyne* spp. (Agrios, 1997)

2.5.Συμπτώματα προσβολής

Οι ζημιές που προκαλούνται από τους νηματώδεις *Meloidogyne* μπορεί μηχανικές, νεκρωτικές, μολύνσεις και γενική παρακμή του φυτού. Μηχανικές είναι οι προσβολές που προκαλούνται από το στίλετο είτε από τον τρόπο εισχώρησης στον ιστό των φυτών ή από την κίνηση ανάμεσα ή και μέσα στα κύτταρα του φυτού. Από την άλλη πλευρά οι νεκρώσεις μπορούν να είναι είτε επιδερμικές είτε κυτταρικές που είναι αποτέλεσμα παρασιτισμού που προκαλούνται από δευτερογενή αίτια ή προκαλούνται κατά την είσοδο του νηματώδους. Οι μολύνσεις οφείλονται στην μεταφορά ιώσεων ή ασθενειών από τους ίδιους τους νηματώδεις ή λόγω της

προσβολής των φυτών από τους νηματώδεις το φυτό καθίσταται πιο αδύναμο και μπορεί να προσβληθεί οποιαδήποτε ασθένεια ή ίωση πιο εύκολα. Πολλές φορές οι ασθένειες που μπορεί να μεταδοθούν κατά αυτόν τον τρόπο είναι πιο καταστρεπτικές από τα ίδια τα *Meloidogyne*. Επιπλέον τα αίτια κατάρρευσης του φυτού από τους νηματώδεις είναι αποτέλεσμα της απορρόφησης των χυμών του φυτού. Τα συμπτώματα των *Meloidogyne* δεν παρουσιάζονται μόνο στο υπόγειο τμήμα του φυτού που πραγματοποιείται η προσβολή τους αλλά και στο υπέργειο. Βέβαια το μέγεθος της προσβολής στα φυτά εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, κάποιοι από αυτοί είναι το είδος και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, οι συνθήκες στις οποίες αναπτύσσεται το φυτό, οι συνθήκες υγρασίας που επικρατούν στο έδαφος και από την γενική κατάσταση του φυτού. Τα φυτά μεγάλης προσβολής παρουσιάζουν στο υπέργειο τμήμα μέτριες έως και βαριάς μορφής χλωρώσεις στα φύλλα αλλά και καχεξία για αυτό πολλές φορές μοιάζουν σαν τροφοπενίες. Στα πρώτα στάδια προσβολής το υπέργειο τμήμα φαίνεται να χάνει την ευρωστία του και την ενεργητικότητα του, στην συνέχεια της προσβολής φαίνεται πως κάποιοι καρποί των λαχανικών και των φρούτων έχουν μικρότερο μέγεθος και είναι χαμηλής ποιότητας. Άλλο ένα σημαντικό σύμπτωμα της προσβολής σε υπέργειο τμήμα είναι ο μαρασμός αλλά και γενικά η καθυστέρηση της βλάστησης του φυτού. Ορισμένα είδη των *Meloidogyne* μπορούν να προκαλέσουν σε ορισμένα φυτά την εμφάνιση φυματίων σε φύλλα και στελέχη. Τα συμπτώματα στο υπέργειο τμήμα παρουσιάζονται σε μεγάλο βαθμό όταν επικρατούν αντίξοες συνθήκες ανάπτυξης, όπως είναι η ξηρασία, η μικρή γονιμότητα εδάφους κτλ. Σε μεγάλες και προχωρημένες προσβολές το φυτό μπορεί ακόμα και να νεκρωθεί. Από την άλλη πλευρά στο υπόγειο τμήμα που είναι και το σημείο προσβολής παρουσιάζεται το κυριότερο και χαρακτηριστικότερο σύμπτωμα των *Meloidogyne* που είναι η δημιουργία εξογκωμάτων (φυματίων) στο ριζικό σύμπτωμα. Οι σοβαρές προσβολές χαρακτηρίζονται από τον μεγάλο αριθμό εξογκωμάτων στο ριζικό σύστημα που έχουν σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ενός τερατόμορφου ριζικού συστήματος. Το μέγεθος της προσβολής άρα και των συμπτωμάτων εξαρτάται από τον πληθυσμό του νηματώδη, το είδος του νηματώδους αλλά και από την ευαισθησία που παρουσιάζει το κάθε φυτό- ξενιστής.

2.6. Ξενιστές

Οι νηματώδεις *Meloidogyne* βρίσκονται σε κλίματα τροπικά, υποτροπικά, εύκρατα, μέτριας θερμοκρασίας ενώ έχουν μεγάλη διάδοση και είναι ευρέως γνωστοί. Τα είδη *Meloidogyne* είναι πολυφάγα και με μεγάλη ποικιλία ξενιστών. Οι οικογένειες ξενιστών που μπορεί να προσβληθούν ανήκουν σε καλλιεργούμενα και μη φυτικά είδη. Τα είδη *Meloidogyne* προσβάλλουν πάνω από 2.000 καλλιεργούμενα και μη φυτά (Moen M, Perry RN, Starr JL 2009). Συγκεκριμένα το είδος *Meloidogyne incognita* έχει ως κύριο ξενιστή την τομάτα, όμως ο αριθμός των φυτών-ξενιστών του είδους αυτού ξεπερνάει τα 700 διαφορετικά είδη. Κυρίως προσβάλλει τα κηπευτικά, άλλα είδη όμως είναι η πατάτα, η γλυκοπατάτα, τα τεύτλα, ορισμένα ψυχανθή, το βαμβάκι αλλά θαμνώδεις και δενδρώδεις καλλιέργειες. Το είδος *Meloidogyne javanica* προσβάλλει πάνω από 770 διαφορετικά είδη φυτών, μεταξύ αυτών είναι ο καπνός, τα ζαχαρότευτλα, η τομάτα και άλλα κηπευτικά. Ο νηματώδης *Meloidogyne hapla* έχει μικρότερο αριθμό ξενιστών από τα προηγούμενα δύο είδη. Τα φυτικά είδη που προσβάλλει ξεπερνούν τα 550 διαφορετικά, κάποια από αυτά είναι η τομάτα, η πιπεριά και άλλα κηπευτικά, οι καλλιέργειες μηδική αλλά και τριφυλλιών και μερικών ακόμα ψυχανθών. Οι νηματώδεις *Meloidogyne arenaria* προσβάλλουν περίπου 330 είδη φυτών. Πολλά από αυτά είναι λαχανικά, κάποια είναι σιτηρά ενώ άλλα είναι φυτά λειμώνων. Επίσης προσβάλλει και αρκετά οπωροφόρα δένδρα αλλά και ανθοκομικά φυτά. Το είδος *Meloidogyne thamesi* προσβάλλει πολύ λιγότερα φυτικά είδη από τα παραπάνω. Τα φυτά-ξενιστές του είδους αυτού αποτελούν 18 διαφορετικές οικογένειες και 15 διαφορετικά είδη. Τέλος οι νηματώδεις του είδους *Meloidogyne artellia* προσβάλλουν κυρίως φυτά που ανήκουν στις οικογένειες των *Brassicaceae*, *Fabaceae*, *Poaceae*, ορισμένα είδη λαχανικών αλλά και την μηδική, τα τριφύλλια.

2.7. Οικονομική σημασία

Τα *Meloidogyne* έχουν μεγάλη οικονομική σημασία παγκοσμίως αφού προκαλούν σοβαρές απώλειες σε μεγάλο αριθμό καλλιεργειών. Θεωρούνται ως ο πιο επιδραστικός και συχνός περιοριστικός παράγοντας για την επίτευξη υψηλής ποιότητας και οικονομικά βιώσιμων αποδόσεων στην εντατική καλλιέργεια κηπευτικών (Το κατώτατο όριο ζημιάς μπορεί να προκληθεί από 1 ωό ανά 100cm³

εδάφους και καθίσταται η φυτική παραγωγή ασύμφορη (Greco and Di Vito 2009). Οι απώλειες που προκαλούνται από τους φυτοπαρασιτικούς νηματώδεις εξαρτώνται άμεσα από τις πυκνότητες του εδάφους κατά την έναρξη της καλλιέργειας (Miguel Talavera-Rubia et al. 2022). Στην καλλιέργεια της τομάτας το δυναμικό απώλειας απόδοσης που προκαλείται από τους νηματώδεις *Meloidogyne* κυμαίνεται από 25 έως 100% (Awol Seid et al. 2015). Στην Νότια Ευρώπη στις εντατικά κηπευτικές καλλιέργειες οι οικονομικές απώλειες από τα *Meloidogyne* κυμαίνονται από το 20 έως και το 70%. Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη στην νοτιοανατολική Ισπανία και συγκεκριμένα στην ακτή της Αλμερίας, που είναι η μεγαλύτερη σε παραγωγή περιοχή προστατευόμενης καλλιέργειας στην Ευρώπη βρέθηκε ότι η μέση απώλεια απόδοσης των λαχανικών από τα *Meloidogyne* είναι 30,8% της συνολικής απώλειας (Miguel Talavera 2012). Άλλο ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της οικονομικής καταστροφής από τα *Meloidogyne* παρατηρείται στην Αυστραλία που οι απώλειες γλυκοπατάτας κυμαίνονται από 28 έως και 57% απώλειες (Akers and McCrystal, 2014).

2.8. Καταπολέμηση

Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις αποτελούν απειλή για την επισιτιστική ασφάλεια αλλά και για την υγεία των φυτών παγκοσμίως καθιστώντας έτσι ένα μεγάλο πρόβλημα στις αποδόσεις των καλλιεργειών και στην συνέχεια στις απολαβές από αυτές (David Pires et al. 2022). Συγκεκριμένα οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις καταστρέφουν πάνω από το 12% των παγκόσμιων καλλιεργειών τροφίμων ετησίως, πράγμα που ισοδυναμεί με απώλεια περίπου 157 δισεκατομμυρίων κάθε χρόνο. Με την αύξηση του πληθυσμού αλλά και την μείωση της καλλιεργήσιμης γης η καταπολέμηση των νηματωδών είναι μεγίστης σημασίας για την παραγωγή τροφίμων. Δυστυχώς τα συμπτώματα των *Meloidogyne* όπως προαναφέρθηκε είναι αρκετά κοινά με ασθενειών, ιών και τροφοπενιών στα φυτά με αποτέλεσμα την μη εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων αντιμετώπισης στον κατάλληλο χρόνο αντιμετώπισης (Seulbi Kim et al. 2022). Βέβαια άλλος ένας σημαντικός παράγοντας της μη αντιμετώπισης των *Meloidogyne* είναι η χρήση αναχρονιστικών μεθόδων που έχουν ως αποτέλεσμα την μεγάλη καταστροφή του ριζικού συστήματος και των οικονομικών απωλειών που ξεπερνούν τα 100 δισεκατομμύρια δολάρια παγκοσμίως

(Sikora RA, Fernández E. 2005). Η αντιμετώπιση των νηματωδών *Meloidogyne* έχει δύο βασικές κατευθύνσεις, την πρόληψη και την καταπολέμηση (χημική-βιολογική). Η καταπολέμηση πραγματοποιείται με τρεις διαφορετικούς τρόπους είτε με φυσικές μεθόδους-καλλιεργητικά μέτρα, είτε πραγματοποιείτε χημική είτε βιολογική καταπολέμηση.

2.8.1. Πρόληψη

Για να την πρόσληψη των αγρών από την μόλυνση του εδάφους από νηματώδεις *Meloidogyne* αλλά και οποιονδήποτε άλλο γένος νηματώδη θα πρέπει να τηρηθούν τα εξής:

1. Καθαρό και απαλλαγμένο από νηματώδεις πολλαπλασιαστικό υλικό (σπόροι, μοσχεύματα, βολβοί, κόνδυλοι, φυτάρια για μεταφύτευση, δενδρύλλια).
2. Η χρήση γεωργικών εργαλείων και οποιονδήποτε άλλων υλικών θα πρέπει να είναι καθαρά και σε περιπτώσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί προηγουμένως σε μολυσμένο αγρό θα πρέπει να απολυμανθούν με θερμό νερό, ατμό ή με την χρήση χημικό σκευασμάτων.
3. Τα διακινούμενα φυτικά υλικά αλλά και τα μέσα συσκευασίας των γεωργικών προϊόντων για την πρόληψη και τον αποκλεισμό των νηματωδών έχουν θεσπιστεί νομοθετικά μέτρα τήρησης αυτών μέσω φυτοϋγεινομικού ελέγχου.

Φυσικές μέθοδοι- Καλλιεργητικά μέτρα

1. Καλλιέργεια του αγρού: εφαρμόζεται μετά την ολοκλήρωση της συγκομιδής του αγρού ώστε να αναστραφούν οι ρίζες με αποτέλεσμα την έκθεση των νηματωδών στον αέρα και τον ήλιο. Η μέθοδος αυτή συνιστάται ακόμα και σε εδάφη φυτάρων αλλά και σπορείων.
2. Καλή προετοιμασία του αγρού και διατήρηση της γονιμότητας του: όταν πραγματοποιείται σωστή εγκατάσταση των φυτών και σωστές γεωργικές πρακτικές το φυτό είναι σωστά προετοιμασμένο να αντισταθεί σε νηματώδεις αλλά και σε άλλους εχθρούς όπως έντομα, ασθένειες ιούς κτλ. που μπορούν να εμφανιστούν στη συνέχεια.
3. Πρώιμη καλλιέργεια: Η μέθοδος αυτή αφορά τον χρόνο σποράς ή φύτευσης του κάθε φυτού. Όταν τα φυτά εγκατασταθούν νωρίτερα

έχουν τον χρόνο να αναπτύξουν περισσότερο το ριζικό τους σύστημα ώστε να αποφευχθούν τα ευαίσθητα στάδια πριν την έναρξη των νηματωδών με την άνοδο της υγρασίας και εδαφικής θερμοκρασίας.

4. Αμειψισπορά: Η συνεχής καλλιέργεια των ίδιων φυτών για πολλά έτη καθιστά την αντιμετώπιση των *Meloidogyne* αρκετά δύσκολη. Όταν δεν υπάρχουν ξενιστές για του νηματώδεις με το πέρασμα του χρόνου ο αριθμός αυτών στο έδαφος μειώνεται γιατί δεν τρέφεται, εν συνεχεία δεν αναπαράγεται και τέλος πεθαίνει. Για αυτόν τον λόγο η καλλιέργεια φυτών που δεν προσβάλλονται από *Meloidogyne* σε μολυσμένο αγρό βοηθάει στην μείωση ενός ποσοστού του πληθυσμού. Η διάρκεια της αμειψισποράς μπορεί να είναι από ένα έως και έξι έτη. Βέβαια δεν είναι πάντα επιτυχής οι μέθοδοι αυτή διότι τα τελευταία χρόνια είναι δύσκολο να βρεθεί ξενιστής ο οποίος δεν προσβάλλεται από *Meloidogyne*. Για να είναι πιο αποτελεσματική η μέθοδος της αμειψισποράς θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν και χημικά σκευάσματα αλλά και ανθεκτικές ποικιλίες όπου είναι δυνατό.
5. Αγρανάπαυση: Όταν μείνει ο αγρός ακαλλιέργητος κατά την διάρκεια του καλοκαιριού και την εφαρμογή οργωμάτων μία δυο φορές έχει ως αποτέλεσμα την έκθεση των ριζών στον ήλιο και τον αέρα όπως προαναφέρθηκε με αποτέλεσμα την μείωση του πληθυσμού των νηματωδών. Ειδικά οι νηματώδεις *Meloidogyne* είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στην ξηρασία διότι χρειάζονται σε όλα τα στάδια ανάπτυξής τους υγρασία.
6. Ανθεκτικές ποικιλίες: Η χρήση ανθεκτικών ποικιλιών είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές διότι οι νηματώδεις όταν δεν βρίσκουν ζωντανό ξενιστή ώστε να συμπληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο πεθαίνουν οπότε σταδιακά μειώνεται ο πληθυσμός αυτών στον αγρό. Οι φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις είναι υποχρεωτικά παράσιτα, δηλαδή δεν μπορούν να συμπληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο εάν δεν υπάρχουν ζωντανοί ξενιστές στο γύρω περιβάλλον. Για να δημιουργηθεί παρασιτική σχέση μεταξύ νηματώδη και ξενιστή θα πρέπει ο νηματώδης να εισβάλλει στον ξενιστή είτε με το στίλετο είτε ολόκληρος. Σε περίπτωση που ο νηματώδης δεν μπορεί να ολοκληρώσει τον βιολογικό του κύκλο σε οποιοδήποτε στάδιο τότε το

φυτό χαρακτηρίζεται ανθεκτικό. Σε αρκετές καλλιέργειες πυρηνόκαρπων όπως ροδακινιά, βερικοκιά, κερασιά, δαμασκηνιά έχουν παραχθεί ανθεκτικά ή απρόσβλητα υποκείμενα. Επίσης έχουν αναπτυχθεί και ανθεκτικές ποικιλίες τομάτας όπως για παράδειγμα η Hawaii 5229 η οποία είναι ανθεκτική σε τρία είδη , στο *M. incognita*, *M. javanica* και *M. arenaria*.

7. Κατάκλιση: Όταν στο έδαφος επικρατούν εξαιρετικά αυξημένες συνθήκες υγρασίας οι νηματώδεις δεν ευνοούνται σε όλα τους τα στάδια. Μπορεί τα ωά των *Meloidogyne* να επιβιώνουν για μεγαλύτερο διάστημα αλλά οι νύμφες μετά από τέσσερις μήνες κατάκλιση εξαφανίζονται. Ύστερα από δώδεκα μήνες ο πληθυσμός των νηματωδών μειώνεται πάρα πολύ και μετά από είκοσι δύο μήνες εξαφανίζονται ολοκληρωτικά. Φυσικά η μέθοδος αυτή είναι αρκετά δαπανηρή και συνιστάται σε περιοχές όπου γίνονται φυσικές πλημμύρες ώστε να μειωθεί το κόστος. Άλλο ένα μειονέκτημα της μεθόδου αυτής πέρα του κόστους είναι ότι πάντα υπάρχει ο κίνδυνος διάδοσης μερικών παρασίτων.
8. Θερμό νερό: Με την εφαρμογή της μεθόδου αυτής πραγματοποιείται αύξηση της θερμοκρασίας του φυτού με εμβάπτιση σε σημείο που καταπολεμούνται οι νηματώδεις και δεν υπάρχει κίνδυνος για τους φυτικούς ιστούς. Βέβαια η μέθοδος αυτή χρήζει ιδιαίτερης προσοχής στην θερμοκρασία αλλά και στον χρόνο εμβάπτισης αφού τα όρια τραυματισμού των φυτικών ιστών. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται αρκετά σε ανθοκομικά φυτά όπως για παράδειγμα στην βιγκόνια (*Begonia spp.*)
9. Υδρατμός: Η απολύμανση και απονημάτωση του εδάφους μπορεί να γίνει με την χρήση υδρατμού. Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται σε γλάστρες, σπορεία, θερμοκήπια και γενικά σε μικρές εκτάσεις λόγω του μεγάλου κόστους εφαρμογής αλλά και την δυσκολία εφαρμογής του. Με την μέθοδο αυτή αυξάνεται η θερμοκρασία σε όλη την μάζα του εδάφους κατά 82,2°C για τουλάχιστον 30 λεπτά.
10. Ηλιοαπολύμανση: Η ηλιοαπολύμανση είναι μία μέθοδος που σε αντίθεση με τον υδρατμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλες

εκτάσεις αγρών. Η είναι μία μέθοδος θερμότητας. Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής πραγματοποιείται με την κάλυψη του αγρού με ένα λεπτό διαφανές πολυαιθυλένιο για ένα μήνα περίπου κατά την διάρκεια του θερμότερου μήνα. Με την τεχνική αυτή αυξάνεται η θερμοκρασία του εδάφους σε θανατηφόρα επίπεδα για τους νηματώδεις αλλά και για άλλα παθογόνα. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική η μέθοδος αυτή σε βιομηχανικής μορφής καλλιέργεια κηπευτικών σε θερμοκήπια. Με την επικρατεί θερμοκρασιών αέρα μέχρι και 70°C και εδάφους από 41 και άνω στο 55% των 480 μετρήσεων με διάρκεια ελάχιστη των τεσσάρων ωρών και μέγιστη οκτώ με εννιά ξεπέρασαν σε μεγάλο βαθμό τις θερμοκρασίες της επιβίωσης των *Meloidogyne* (Arutynov A.V. 1990).

2.8.2.Χημική καταπολέμηση

Τα χημικά σκευάσματα που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση των νηματωδών ανήκουν σε δύο κατηγορίες, σε πτητικά και μη πτητικά νηματοδοκτόνα.

Πτητικά

Τα πτητικά σκευάσματα ανήκουν σε δύο ομάδες, την ομάδα των αλογομένων αλειφατικών υδρογονανθράκων και την ομάδα των μεθυλ-ισοθειοκυανίνων αεριογόνων. Στην πρώτη ομάδα ανήκουν νηματοδοκτόνα και εντομοτόκα εδάφους. Οι κυριότερες δραστικές είναι: το 1,3 D (Telone κ.α.), το D-Dmixture (D-D, Vidden-D) και το 1,3 διχλωροπροπένιο (αποτελεί βασικό αντικαταστάτη του βρωμιούχου μεθυλίου, το οποίο έχει αποσυρθεί από το 2007). Η χρήση των σκευασμάτων αυτών έχει απαγορευθεί τα τελευταία χρόνια εξαιτίας των υπολειμμάτων τους και των τοξικοτήτων που προκαλούνται από αυτά και επηρεάζουν τόσο την ανθρώπινη υγεία όσο και των ζώων. Στην δεύτερη ομάδα περιλαμβάνονται απολυμαντικά εδάφους που δρουν ενάντια όχι μόνο σε νηματώδεις αλλά και έντομα εδάφους, σπόρους ζιζανίων, βακτηρίων και μυκήτων. Οι δραστικές που ανήκουν στην ομάδα αυτή είναι τα Dazomet (Basamid), Methamsodium και Methylisothiocyanate. Τα νηματοδοκτόνα και απολυμαντικά εδάφους ασχέτως της μορφής της κυκλοφορίας τους (υγρά, διαλυτά στο νερό υγρά υπό πίεση) το τελικό τους προϊόν είναι σε αέρια μορφή (ατμός) που διαχέεται στο έδαφος και έχει ως αποτέλεσμα την θανάτωση των νηματωδών σε μεγάλο εδαφικό όγκο. Συγκεκριμένα

το εμπορικό σκεύασμα Basamid (Dazomet) εφαρμόζεται σε αρκετές ποικιλίες όπως τομάτα, φράουλα, αγγούρι, τζίντζερ, μηλιές κ.α. (NikolaL. et. al., 2017). Είναι ένα υποκαπνιστικό προϊόν της ομάδας των διθειοκαρβαμιδικών και καταπολεμάει ένα μεγάλο φάσμα των *Meloidogyne spp.* Είναι κοκκώδες σκεύασμα και η συνιστώμενη δόση του είναι 500kg/ha (50kg/στέμμα, <https://1click.minagric.gr/oneClickUI/oneClickFiles/BASAMID-MG-3069.pdf>).

Εφαρμόζεται προφυτρωτικά, στη συνέχεια γίνεται ενσωμάτωση στο έδαφος σε βάθος 20cm και τέλος καλύπτεται με ένα φύλλο πλαστικού το οποίο παραμένει για 5 εβδομάδες σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες και σε υπαίθριες όταν η εφαρμογή πραγματοποιείται κατά τους ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες, εάν η εφαρμογή σε υπαίθριους αγρούς πραγματοποιηθεί το φθινόπωρο το πλαστικό θα πρέπει να παραμείνει για 3 μήνες. Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας για τα φυτοπροστατευτικά σκευάσματα το έχει κατατάξει στα τοπικά για τα ψάρια, καρκινοειδή (FAO 2001). Επίσης η δραστική dazomet ταξινομήθηκε με άλλες 12 ομάδες δραστικών ενώσεων ως υπεύθυνο για το 90% του κόστους των ζημιών με βάση στοιχεία του 2003 (European Commissioncollab EC 2020). Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή το dazomet έχει έγκριση μέχρι και το 2023. Ύστερα την εφαρμογή πτητικών σκευασμάτων θα πρέπει να περάσει μία περίοδος αερισμού για την εγκατάσταση της καλλιέργειας. Το χρονικό διάστημα αυτό εξαρτάται από την ποσότητα του φαρμάκου που εφαρμόστηκε, την εδαφική σύσταση, την υγρασία και την θερμοκρασία. Τα ψυχρά, υγρά και τα πλούσια σε οργανική ουσία εδάφη χρειάζονται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα διότι καθυστερείτε η εξάτμιση και η διάχυση. Το χρονικό διάστημα αυτό είναι αναγκαίο ώστε να αποφευχθούν φυτοτοξικές επιδράσεις στην ακολουθημένη καλλιέργεια. Η χρήση των πτητικών σκευασμάτων τα τελευταία χρόνια έχει μειωθεί σημαντικά λόγω των τοξικοτήτων που προκαλούν τόσο στα φυτά όσο και στον άνθρωπο και τα ζώα.

Μη πτητικά

Τα μη πτητικά σκευάσματα διακρίνονται σε δύο ομάδες. Στην ομάδα των καρβαμιδικών που περιλαμβάνει νηματωδοκτόνα και εντομοκτόνα με διασυστηματική δράση και η άλλη ομάδα αποτελείται από τα οργανοφωσφορικά σκευάσματα που και εκείνη περιλαμβάνει νηματωδοκτόνα, εντομοκτόνα αλλά και με μη διασυστηματική δράση. Τα σκευάσματα αυτά εφαρμόζονται τόσο σε καλλιέργειες

αγρού όσο και σε θερμοκηπιακές. Στις καλλιέργειες αγρού εφαρμόζονται συνήθως πριν την σπορά, ή την φύτευση και ακολουθεί κατεργασία εδάφους και ενσωμάτωση. Αντίθετα στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες εφαρμόζονται τουλάχιστον δύο φορές. Η κυριότερη δραστική της ομάδας των καρβαμιδικών που χρησιμοποιείτε κατά των *Meloidogyne* είναι το Oxamyl ενώ από την ομάδα των οργανοφωσφορικών εφαρμόζονται η δραστική fosthiazate. Το πιο πολύ χρησιμοποιημένο σκεύασμα είναι το Oxamyl είναι διασυστηματικό νηματωδοκτόνο, επαφής και στομάχου. Το Oxamyl εφαρμόζεται είτε πριν την σπορά, φύτευση αλλά και με ψεκασμούς φυλλώματος. Μέγιστος αριθμός ψεκασμός είναι 4 αλλά εξαρτάται από την καλλιέργεια που εφαρμόζεται. Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε ρίζες αγγουριού που είχανε προσβληθεί από *Meloidogyne incognita* σε διάφορα στάδια ανάπτυξης φάνηκε πως η χρήση του Oxamyl μειώνει το ποσοστό των νεαρών ατόμων που εξελίχθηκαν σε θηλυκά άτομα όταν εφαρμόστηκε σύντομα ενώ νεαρά άτομα του δεύτερου σταδίου και μεγαλύτερα είχε μικρότερη αποτελεσματικότητα. Επίσης άλλο ένα αποτέλεσμα της έρευνας αυτής ήταν η αισθητή μείωση των θηλυκών με ωά με πρόωμη εφαρμογή ενώ αν πραγματοποιηθεί αργότερα δεν υπάρχει τέτοιο αποτέλεσμα. Τέλος από την έρευνα αυτή αποδεικνύεται πως τα νεαρά άτομα του δεύτερου σταδίου είναι πιο ευαίσθητα στο Oxamyl από ότι τα άτομα τρίτου και τέταρτου σταδίου (DenisJ. Wright 1982). Μία ακόμη δραστική που είναι διαδεδομένη για της νηματωδοκτόνες δράσεις του είναι το Cadusafos. Το Cadusafos είναι μία θειωσφορική ένωση και οργανοφωσφορικός αναστολέας της ακετυλοχολινεστεράσης και ανήκει στην κατηγορία των οργανοφωσφορικών νηματωδοκτόνων. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια τομάτας εναντίον του νηματώδη *Meloidogyne incognita* είχε αποτελεσματική δράση στην παύση της εκκόλαψης των ωών αλλά και θνησιμότητα των νεαρών ατόμων. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το σκεύασμα Rugby σε τρεις διαφορετικές δόσεις (1%, 0,5%, 0,25%). Την μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα την παρουσίασε η μεγαλύτερη δόση με θνησιμότητα στο 100% των νεαρών ατόμων και οι επόμενες δύο σε 72% και 57,3% αντίστοιχα. Η θνησιμότητα εξαρτάται από τον χρόνο έκθεσης και την συγκέντρωση του σκευάσματος (Hina Safdaretal 2012). Παρά την αποτελεσματική δράση του σκευάσματος αυτού η χρήση του Rugby και οποιουδήποτε άλλου σκευάσματος με την δραστική Cadusafos στην Ελλάδα έχει απαγορευθεί από το 2007. Ακόμη ένα γνωστό καρβαμιδικό νηματωδοκτόνο Carbofuran (Furadan, Carbodan κτλ.) είχε θετικά αποτελέσματα σε καλλιέργεια

γλυκοπατάτας σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην νοτιοδυτική Νιγηρία, συγκεκριμένα είχε κατασταλτικά αποτελέσματα ενάντια στον νηματώδη *Meloidogyne incognita* (A.A. Adegbite et al 2007). Παρόλο που είχε θετικά αποτελέσματα και η δραστική αυτή έχει αποσυρθεί από την κυκλοφορία στην Ελλάδα από το 2007 (<http://www.minagric.gr/greek/data/carbofuran.pdf>). Σε πειραματικό επίπεδο υπάρχουν κάποια φάρμακα κυρίως μυκητοκτόνα που έχει μελετηθεί η δράση τους εναντίον των νηματωδών. Ένα από αυτά είναι η χρήση της δραστικής ουσίας Fluopyram εναντίον του νηματώδη *Meloidogyne incognita*, το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε καλλιέργεια τομάτας σε θερμοκήπιο και είχε ως αποτέλεσμα της μείωσης προσβολής κατά 60%, ενώ στην εφαρμογή σε ωά του νηματώδη υπήρξε παράλυση αυτών μετά από έκθεση 24 ωρών σε fluopyram (T. R. Faske 2015). Άλλη μία δραστική που έχει μελετηθεί πειραματικά είναι η dodine (Syllit 544 SC). Το Syllit 544SC είναι διασυστηματικό μυκητοκτόνο με θεραπευτική δράση για την αντιμετώπιση του φουζικλάδιου στα μηλοειδή, την κυλινδοσπορίωση και την ανθράκωση της κερασιάς, εφαρμόζεται και σε άλλες καλλιέργειες για την αντιμετώπιση μυκητολογικών ασθενειών. Στο συγκεκριμένο πείραμα εφαρμόστηκε σε φυτάρια τομάτας και παρουσίασε θετικά αποτελέσματα ενάντια στους νηματώδεις *Meloidogyne spp.* όπου παρατηρήθηκε μείωση των ωών και του πληθυσμού σε δόση 500ml/100 ml (Σταμάτη Διονυσία- Ευαγγελία 2020). Φυσικά οι πειραματικές εφαρμογές που προαναφέρθηκαν θα πρέπει να επαναληφθούν και να ερευνηθεί περαιτέρω η νηματοδοκτόνο δράσεις τους ώστε να είμαστε σίγουροι για την αποτελεσματικότητά τους. Η χρήση χημικών σκευασμάτων κατά των νηματωδών έχει αρνητικές επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στον άνθρωπο, για αυτό τον λόγο τα τελευταία χρόνια έχουν αποσυρθεί αρκετά χημικά σκευάσματα. Συνεπώς με την απόσυρση αυτών η καταπολέμηση των νηματωδών *Meloidogyne spp.* Και όχι μόνο του γένους αυτού καθίσταται αδύνατη και θα πρέπει να βρεθούν άλλες λύσεις φιλικότερες προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

2.8.3.Βιολογική καταπολέμηση *Meloidogyne spp.*

Τα τελευταία χρόνια όπως προαναφέρθηκε τα περισσότερα χημικά σκευάσματα που αντιμετωπίζουν τους νηματώδεις *Meloidogyne spp.* έχουν αποσυρθεί λόγω των τοξικοτήτων και των βλαβερών επιπτώσεων που προκαλούν στο περιβάλλον αλλά και στον ίδιο τον άνθρωπο. Για αυτό τον λόγο τις τελευταίες

δεκαετίες έχουν εντατικοποιηθεί οι μελέτες βιολογικών τρόπων καταπολέμησης των *Meloidogyne spp.*. Επίσης έχουν αυξηθεί οι πωλήσεις βιολογικών προϊόντων καταπολέμησης των νηματωδών. Ένας από τους πιο διαδεδομένους τρόπους είναι η χρήση μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται είναι τα βακτήρια, οι μύκητες και οι ακτινομύκητες. Οι μικροοργανισμοί ασκούν ανταγωνιστική δράση μέσω διαφόρων μικροοργανισμών. Οι μη παθογόνοι οργανισμοί ανταγωνίζονται τους νηματώδεις με τους εξής τρόπους, 1) ανάπτυξη ανθεκτικότητας των φυτών, 2) αποικοδόμηση ενώσεων σηματοδότησης οι οποίες προσελκύουν τους νηματώδεις και 3) αποικίζουν στο φυτό και εμποδίζουν με αυτόν τον τρόπο την διείσδυση των νηματωδών στο φυτό. Ορισμένα μικρόβια παράγουν τοξικές ενώσεις που θανατώνουν τους νηματώδεις, ενώ άλλα παρασιτούν σε αυτούς. Οι μηχανισμοί αυτοί επηρεάζονται από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες και μπορούν να περιορίσουν την χρήση τους για βιολογική καταπολέμηση των νηματωδών (Sikora R.A. 1992). Οι νηματοφάγοι μικροοργανισμοί αποτελούν έναν πολλά υποσχόμενο έλεγχο των νηματωδών.

Η χρήση μυκορριζών μυκήτων αποτελεί έναν από τους τρόπους βιολογικού ελέγχου των νηματωδών *Meloidogyne spp.* Αρχικά οι μυκορριζικοί μύκητες σχηματίζουν συμβιωτικές σχέσεις με τις ρίζες των φυτών. Στην συμβιωτική αυτή σχέση οι μυκορριζες παρέχουν θρεπτικά στοιχεία στο φυτό ενώ το φυτό παρέχει υδατάνθρακες στο μύκητα. Οι μυκορριζικοί μύκητες αποτελούν το 10% των ταυτοποιημένων ειδών μυκήτων και συμπεριλαμβάνει πολλές κλάσεις όπως τις κλάσεις των *Glomeromycota*, *Ascomycota* και *Basidiomycota* (J.D. Lewis 2016). Οι *Arbuscula mycorrhizal fungi* (AMF) (αψιδωτοί, θυσσανωτοί μύκητες) βρίσκονται στα 4/5 όλων των και χερσαίων φυτών σε διάφορα οικοσυστήματα. Οι AMF έχουν την ικανότητα να μειώνουν τις επιπτώσεις από *Meloidogyne spp.*, αλλά οι επιδράσεις αυτών εξαρτώνται από το είδος του AMF, το είδος του *Meloidogyne*, τις εδαφικές συνθήκες που επικρατούν και φυσικά από το φυτό ξενιστή. Τα μολυσμένα φυτά από *Meloidogyne spp.* παρουσιάζουν έλλειψη ανόργανων συστατικών αφού ο νηματώδεις εμποδίζει την απορρόφηση και την μεταφορά του νερού και των θρεπτικών συστατικών στο φυτό με αποτέλεσμα την μείωση της ανάπτυξης τους (R.G. Garneiro et al 2002). Για τον λόγο αυτό ο εμβολιασμός των φυτών με AMF θα βοηθούσε την αύξηση της απορρόφησης διάφορων θρεπτικών στοιχείων, ειδικά του P (φωσφόρου) και με αυτόν τον τρόπο θα προωθούνταν η ανάπτυξη των φυτών. Σε

πείραμα αγρού σε φυτά τομάτας ποικιλίας «Τουηνί» που εμβολιάστηκαν με AMF σε μολυσμένο αγρό από *Meloidogyne spp.* σε περιοχή της δυτικής Αφρικής παρουσιάστηκε μείωση των όγκων στο ριζικό σύστημα αλλά και μείωση της αναπαραγωγής των νηματωδών σε πολλαπλούς βιολογικούς κύκλους (A.Affokponet.al 2010). Ως γενικό συμπέρασμα ο εμβολιασμός με AMF των μολυσμένων φυτών από *Meloidogyne spp.* έχει θετικές επιδράσεις, αφού αυξάνει την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων με αποτέλεσμα την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών, την παραγωγή των κονδύλων, καρπών και βιοδραστικών ενώσεων (M.A.SCampos 2020).

Άλλος ένας τρόπος βιολογικού ελέγχου των νηματωδών *Meloidogyne spp.* είναι η χρήση των *Trichoderma spp.*. Το *Trichoderma spp.* είναι νηματοειδείς μύκητες οι οποίοι βρίσκονται στο έδαφος και έχουν πολλαπλά οφέλη για την υγεία των φυτών αλλά και για τον έλεγχο των νηματωδών (E. Sharon, et al. 2011). Επίσης είναι ευρέως διαδεδομένοι στο ριζικό σύστημα των φυτών, καλλιεργούνται εύκολα, μπορούν να αποικίσουν στις ρίζες, μπορούν να βελτιώσουν την ανάπτυξη των φυτών αλλά και την ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε πολλές ασθένειες. Τα τελευταία χρόνια έχουν εντατικοποιηθεί οι έρευνες για τον βιολογικό έλεγχο των νηματωδών. Έχει δοκιμαστεί κατά των *Meloidogyne incognita* και *Meloidogyne javanica* σε πειραματικό επίπεδο με σημαντικά αποτελέσματα. Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε *in vitro* στην βιοδραστικότητα των δευτερογενών μεταβολιτών του *Trichoderma viridae* και στο *Trichoderma pseudoharzianum* (T113) αποδείχθηκε ότι προκαλούν αναστολή της εκκόλαψης των ωών αλλά και θνησιμότητα των προνυμφών του δεύτερου σταδίου (J2) του νηματώδους *Meloidogyne incognita*. Οι δευτερογενείς μεταβολίτες είναι μικρά έχουν όμως αντιμικροβιακό ρόλο έναντι πολλών φυτοπαθογόνων. Οι μύκητες μπορούν να παράγουν δευτερογενείς μεταβολίτες σε μεγάλο βαθμό και είναι ιδιαίτερα σημαντικοί. Το *Trichoderma spp.* παράγει πολλούς δευτερογενείς μεταβολίτες, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ιατρικούς, γεωργικούς και βιοχημικούς τομείς. Οι μεταβολίτες όπως η γλιοτοξίνη, οι πεπταϊβόλες, η γλιοβρίνη, τα τερπένια, και τα πυρόνια παρουσιάζουν βιοδραστικότητα έναντι των νηματωδών. Για την επιλογή ανταγωνιστών βιοελέγχου γίνονται πρώτα *in vitro* δοκιμασίες για να μελετηθεί ο μηχανισμός δράσης του καθενός. Για την μελέτη αυτή οι νηματώδεις ελήφθησαν από φυτά πιπεριάς. Η νηματωδοκτόνος δράση έναντι του *Meloidogyne incognita* πραγματοποιήθηκε με δύο

πειράματα ένα στα ωά του νηματώδη και ένα στις νύμφες 2^{ου} σταδίου του νηματώδη. Οι δευτερογενείς μεταβολίτες διαλύθηκαν σε μεθανόλη και ύστερα είχαν ε συγκέντρωση 200mg/ml. Οι νηματώδεις περιέχονταν σε 100ml νερού εκτέθηκαν σε δευτερογενείς μεταβολίτες σε πειράματα βιοδοκιμής σε μικροπηγές. Κάθε 100μl νερού περιείχαν από 100 νύμφες 2^{ου} σταδίου και 150 ωά του νηματώδη. Το ποσοστό θνησιμότητας των νυμφών 2^{ου} σταδίου καταγράφηκαν μετά από επώαση 24,48 και 72 ωρών. Ως αρνητικός μάρτυρας υπήρχε μόνο το νερό και ως θετικός χρησιμοποιήθηκε Abamectin δοσολογίας 10μg/ml. Κάθε μεταχείριση επαναλήφθηκε τρεις φορές και το πείραμα πραγματοποιήθηκε μία φορά σε πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο. Στην μελέτη αυτή αποδείχθηκε ότι οι δευτερογενείς μεταβολίτες των *T. viridae* και *T. hamatum* (T21) αναστέλλουν αποτελεσματικά την εκκόλαψη των ωών του *M. incognita* με ποσοστό 71,6% και 59,2% αντίστοιχα. Όσον αφορά την θνησιμότητα των νεαρών ατόμων πάλι θετικό έλεγχο παρουσίασαν τα δύο ίδια είδη *Trichoderma* αλλά όχι σε μεγάλο βαθμό. Τα υπόλοιπα είδη του *Trichoderma* παρουσίασαν μικρή ή και καθόλου επίδραση στο *Meloidogyne incognita* (R.A.A. Khan et al. 2020). Μία ακόμα μελέτη απέδειξε ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε φυτά τομάτας έναντι του νηματώδη *Meloidogyne incognita* με την χρήση *Trichoderma harzianum* T22 και *Trichoderma asperellum*. Στην ίδια έρευνα αποδείχθηκε ότι το γονίδιο Mi-1.2 προσδίδει ανθεκτικότητα στα φυτά τομάτας έναντι των ριζοκόμβων νηματωδών. (Pocurull Miriam et. al 2020). Για το πείραμα αυτό χρησιμοποιήθηκαν φυτά τομάτας ανθεκτικού γονιδίου Mi και ευαίσθητα ποικιλίας Monica ενώ του αγγουριού ήταν ποικιλίας Dasher II, εμπορικά σκευάσματα των *Trichoderma asperellum* T34 και *Trichoderma harzianum* T22 και νύμφες δεύτερου σταδίου του νηματώδη *Meloidogyne incognita* που συλλέχθηκαν από το ριζικό σύστημα φυτών τομάτας. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε γλάστρες. Οι μεταχειρίσεις ήταν ευαίσθητα φυτά τομάτας με μόνο 2^{ου} σταδίου νύμφες, ευαίσθητα φυτά τομάτας με T34 και νηματώδεις και ευαίσθητα φυτά με T22 και νηματώδεις, οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις ήταν με ανθεκτικά φυτά με 2^{ου} σταδίου νύμφες, ανθεκτική ποικιλία τομάτας με T34 και νηματώδεις και ανθεκτική ποικιλία με T22. Κάθε μεταχείριση είχε 15 επαναλήψεις και τα φυτά διατηρήθηκαν σε ελεγχόμενο περιβάλλον για 40 μέρες. Το αποτέλεσμα αυτής της μελέτης ήταν ότι το T34 μείωσε την μολυσματικότητα και την αναπαραγωγή των νηματωδών κατά 71 και 54% αντίστοιχα. Το T22 κατέστειλε την αναπαραγωγή των νηματωδών κατά 48% αλλά δεν επηρέασε την μολυσματικότητα τους.

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο βακτηριακό στέλεχος *Bacillus subtilis* Bs-1 παρατηρήθηκε νηματοδοκτόνος δράση. Συγκεκριμένα το πείραμα πραγματοποιήθηκε για την καταπολέμηση του νηματώδη *Meloidogyne incognita*. Οι νηματώδεις καλλιεργήθηκαν σε φυτά πιπεριάς και συλλέχθηκαν από εκεί ωά και νύμφες 2^{ου} σταδίου. Τα δείγματα εδάφους για την απομόνωση του βακτηριακού στελέχους *Bacillus subtilis* Bs-1 λήφθηκαν από την ριζόσφαιρα φυτών τομάτας. Ένα μέρος του πειράματος πραγματοποιήθηκε σε γλάστρες σε φυτά τομάτας όπου σε κάθε σπορόφυτο ενσωματώθηκαν 1000 νύμφες J2 (δεύτερου σταδίου) του *Meloidogyne incognita* και 10ml Bs-1 σε όλα τα σπορόφυτα εκτός από τους μάρτυρες που περιείχαν μόνο νηματώδεις. Κάθε επανάληψη αποτελούταν από 10 σπορόφυτα. Το πείραμα στα σπορόφυτα διήρκησε 42 ημέρες. Το άλλο μέρος της μελέτης πραγματοποιήθηκε σε αγρούς που καλλιεργούνταν φυτά τομάτας και αγγουριού με μολύνσεις χρόνων από νηματώδεις *Meloidogyne incognita*. Στους αγρούς αυτούς πραγματοποιήθηκε μεταφύτευση φυτών αγγουριού (ποικιλίας Zhongnong 16), πριν από την μεταφύτευση ενσωματώθηκε το στέλεχος Bs-1 100ml ανά σπορόφυτο στη μία μεταχείριση, στην άλλη προστέθηκε 11% Fosthiazate και στο άλλο προστέθηκε μόνο νερό υπήρξαν 3 επαναλήψεις από το καθένα. Τα αποτελέσματα στο πείραμα των γλαστρών έδειξαν ότι οι όγκοι στις ρίζες των φυτών που περιείχαν Bs-1 ήτα λιγότεροι και μικρότεροι σε μέγεθος σε σύγκριση με τα υπόλοιπα φυτά. Στο πείραμα του αγρού παρατηρήθηκε ότι το Bs-1 καταστέλλει τον νηματώδη *Meloidogyne incognita* αλλά και προωθεί την ανάπτυξη του φυτού. Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές η νηματοδοκτόνος δράση του *Bacillus subtilis* BS-1 οφείλεται στα πτητικά συστατικά του. Συγκεκριμένα η αέρια χρωματογραφία έδειξε πως οι δραστικές του ουσίες είναι το οξικό οξύ, η 2 επτανόνη, η πυραζίνη, 2,5 διμεθυλ, και το δισουλφίδιο. (HongyiCaoet. al 2019). Σύμφωνα με τους Semkai Kim (2014) το οξικό οξύ (0,1%) προκαλεί 100% θνησιμότητα στους *M. incognita*.

2.8.4.Φυτά με Νηματοδοκτόνο Δράση

Αρκετά φυτά είναι γνωστά για τον έλεγχο των φυτοπαρασιτικών νηματωδών. Από τα φυτά αυτά παράγονται νηματοδοκτόνες πτητικές ενώσεις. Τα περισσότερα από τα φυτά αυτά ανήκουν στην κατηγορία αρωματικών –φαρμακευτικών φυτών. Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως των φυτών αυτών δεν έχει μελετηθεί η

δραστικότητα των πτητικών οργανικών ενώσεων, για τον λόγο αυτό έχουν εντατικοποιηθεί η μελέτη αυτών ώστε να βρεθούν νέοι τρόποι βιολογικού ελέγχου των νηματωδών. Σε μελέτες έχει αποδειχθεί ότι το νερό που εκτίθεται σε οργανικές πτητικές ενώσεις των φυτών γίνεται τοξικό για τους νηματώδεις (Terraet.al 2017,2018) αφού είναι γνωστό ότι οι νηματώδεις χρειάζονται το νερό τόσο για την μετακίνηση τους όσο και για την εκκόλαψη των ωών του. Έχει πραγματοποιηθεί μελέτη των πτητικών οργανικών ενώσεων στα φύλλα του *Cymbopogo nardus* L. (Σιτρονέλας), του *Pipernigrum* L. (Μαύρο πιπέρι), στους βλαστούς του *Brassica oleracea* L. (Μπρόκολου) και σε σπόρους του *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Καρύδια Βραζιλίας) για τον έλεγχο των νυμφών 2^{ου} σταδίου και των ωών του νηματώδη *Meloidogyne incognita* αλλά και για την συγκράτηση των πτητικών οργανικών ενώσεων για τον έλεγχο των φυτοпараσιτικών νηματωδών. Για το πείραμα οι νύμφες 2^{ου} σταδίου *Meloidogyne incognita* συλλέχθηκαν από θερμοκήπιο φυτών τομάτας και τα ωά από το ριζικό σύστημα αυτών. Συλλέχθηκαν φύλλα, βλαστοί από τα φυτά για την εκχύλιση αυτών ενώ οι σπόροι των βραζιλιάνικων καρυδιών προμηθεύτηκαν από τοπικές αγορές. Η μελέτη έγινε in vitro, και τα ξηρά φυτικά μέρη των φυτών εκχυλίστηκαν ώστε να προστεθούν στην συνέχεια στις νύμφες και στα ωά του *Meloidogyne incognita*. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις είχαν ως αποτέλεσμα την μείωση της κινητικότητας στο 0% στις νύμφες ενώ η εκκόλαψη των ωών μειώθηκε στο 47% σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Όσον αφορά την μελέτη της συγκράτησης του νερού έγινε και αυτή σε vitro πείραμα με ξηρά εκχυλίσματα όλων των προαναφερόμενων φυτών. Στο πείραμα αυτό τα εκχυλίσματα της σιτρονέλας, του μαύρου πιπεριού και των καρυδιών Βραζιλίας μείωσαν την κινητικότητα των νυμφών 2^{ου} σταδίου κατά 42% ενώ το μπρόκολο στο 0%. Ως γενικό συμπέρασμα της έρευνας προκύπτει ότι όλα τα ξηρά εκχυλίσματα των εξεταζόμενων φυτών παράγουν πτητικές οργανικές ενώσεις ικανές να εμποδίζουν την κινητικότητα των νυμφών 2^{ου} σταδίου, μειώνουν την εκκόλαψη των ωών και μετατρέπουν το νερό τοξικό για τους νηματώδεις *Meloidogyne incognita*. Η έρευνα αυτή απέδειξε ότι αυτές οι πτητικές οργανικές ενώσεις μπορούν να ενσωματωθούν στο έδαφος ή να προστεθούν σε σκευάσματα με σκοπό την μείωση της κινητικότητας των *M. incognita* και την εκκόλαψη αυτών. (Julio C. P. daSilvaet.al 2019)

Αναφέρθηκαν προηγουμένως οι πτητικές οργανικές ενώσεις των φυτών οι οποίες τα τελευταία χρόνια μελετώνται εκτενώς για την χρήση τους όσον αφορά τον

έλεγχο των νηματωδών. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις στα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά βρίσκονται σε μεγάλη συγκέντρωση στα αιθέρια έλαια τους. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πολλά πειράματα και έρευνες αυτών. Πραγματοποιήθηκε πείραμα αξιολόγησης της νηματοδοκτόνου δράσης του αιθέριου ελαίου της *Artemisia nilagirica* κατά του νηματώδη *Meloidogyne incognita*. Για το πείραμα αυτό συλλέχθηκαν μέρη του υπέργειου τμήματος κατά την ανθοφορία της *Artemisia nilagirica* από δύο διαφορετικά υψόμετρα, έγινε ξήρανση αυτών και τέλος έγινε υδροατμοαπόσταξη ώστε να συλλεχθεί το αιθέριο έλαιο αυτών. Οι νηματώδεις πολλαπλασιάστηκαν σε θερμοκηπιακή μονάδα φυτών τομάτας για το πείραμα συλλέχθηκαν νύμφες 2^{ου} σταδίου και ωά του *Meloidogyne incognita*. Το πείραμα διεξήχθη σε φυτά τομάτας βρισκόμενα σε θερμοκήπιο, σε κάθε σπορόφυτο προστέθηκαν 2000 νύμφες 2^{ου} σταδίου. Σε κάθε σπορόφυτο προστέθηκαν 400ml από το αιθέριο έλαιο της *Artemisia nilagirica* με συγκέντρωση 2,5 ,5,10 και 20μg/ml. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής έδειξαν πως και τα δύο αιθέρια έλαια έχουν νηματοδοκτόνο δράση κατά της προσβολής από *Meloidogyne incognita* στις ρίζες φυτών τομάτας σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια. Μείωσαν σημαντικά τον πληθυσμό τόσο των νυμφών 2^{ου} σταδίου όσο και των ωών του νηματώδη. Επίσης στα φυτά που είχαν προστεθεί τα αιθέρια έλαια οι όγκοι που προκαλούνται από την προσβολή του *M. incognita* ήταν λιγότεροι και μικρότεροι σε μέγεθος σε σύγκριση με των φυτών που δεν είχε προστεθεί κανένα αιθέριο έλαιο. Η πιο αποτελεσματική δόση των αιθέριων ελαίων σε κάθε σπορόφυτο ήτα τα 20μg/ml. Άλλη μία παρατήρηση στα φυτά που είχαν προστεθεί αιθέρια έλαια ήταν η σημαντική βελτίωση της ανάπτυξης των φυτών τομάτας (D. Kalaiselviet. al. 2019). Για τους προαναφερόμενους λόγους θα πρέπει να γίνουν εκτενείς μελέτες στην νηματοδοκτόνο δράση των αιθέριων ελαίων.

Αρκετοί τρόποι βιολογικού ελέγχου των νηματωδών *Meloidogyne spp.* αναφέρθηκαν και φυσικά υπάρχουν και άλλοι που χρήζουν εντατικής μελέτης ώστε να δημιουργηθούν και νέα βιολογικά σκευάσματα. Η ανάπτυξη του τομέα των βιολογικών ελέγχων είναι αρκετά σημαντική γιατί όπως προαναφέρθηκε η χρήση των χημικών σκευασμάτων έναντι των νηματωδών έχει μειωθεί σημαντικά εξαιτίας των μολυσματικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και στον άνθρωπο. Η εργασία αυτή έχει σκοπό την μελέτη ενός ακόμα τρόπου βιολογικού ελέγχου των νηματωδών

Meloidogyne spp. Με την χρήση στερεών υπολειμμάτων ρίγανης (*Origanum vulgare*).

3.Ρίγανη (*Origanum vulgare*)

3.1.Βασικά στοιχεία

Η ρίγανη είναι πολυετής πόα και ανήκει στην οικογένεια *Lamiaceae*. Το είδος *Origanum vulgare* αποτελεί το πιο διαδεδομένα στην Ελλάδα, όμως υπάρχουν ακόμα τέσσερις ποικιλίες που είναι εξίσου γνωστές, *Origanum heracleoticum* L., *Origanum maru* L., *Origanum onites* L. και *Origanum dubium*. Αυτοφύεται σε διάφορες περιοχές της Εύκρατης Ασίας, Βόρειας Αφρικής, Αμερικής και στην Ευρώπη κυρίως όμως στις χώρες τις Μεσογείου (Σκουμπής Β. 1985). Στην Ελλάδα υπάρχει στις περισσότερες περιοχές με πλειονότητα όμως στις ημιορεινές και ορεινές περιοχές.



Εικόνα 3. Φυτό Ρίγανης (*Origanum vulgare*).

3.2.Ιστορικά στοιχεία

Η ονομασία της προέρχεται από τις λέξεις «όρος» και «γάνος» (λαμπρότητα) και σημαίνει το φυτό που λαμπρύνει το βουνό. Οι αναφορές της ρίγανης υπάρχουν από την αρχαιότητα όπως ότι ο Ιπποκράτης την χρησιμοποιούσε για την θεραπεία της γαστραλγίας και των παθήσεων του αναπνευστικού, επίσης αναφέρεται σε έργα του Θεόφραστου και του Διοσκουρίδη (Βογιατζή Ε. 2004).

3.3.Χρήσεις

Χρησιμοποιούνται κυρίως τα φύλλα και τα άνθη της αποξηραμένα. Η χρήση της δρόγης της είναι κυρίως σε ξηρή μορφή αλλά σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να είναι και χλωρή. Η ρίγανη χρησιμοποιείται κυρίως σαν αρωματικό αλλά έχει και πολλές φαρμακευτικές ιδιότητες οι οποίες έχουν μελετηθεί σε εντατικό βαθμό όλα αυτά τα χρόνια. Πολλές φαρμακευτικές ιδιότητες περιέχει το αιθέριο έλαιο αυτής είναι γνωστό για τις αντιμικροβιακές του ιδιότητες (MarquardR. Kroth 2001). Η ρίγανη όπως αναφέρθηκε έχει πολλές φαρμακευτικές ιδιότητες όπως αντιφλεγμονώδεις, αναλγητικές, αντικαρκινικές, αντιδιαβητικές, αντιαρθρικές, αντιαλλεργικές, καρδιοπροστατευτικές, ηπατοπροστατευτικές, γαστροπροστατευτικές, και νευροπροστατευτικές ιδιότητες και αναστέλλει επίσης την παραγωγή μικροβιακών και μυκητιακών τοξινών. Τα ξηρά φύλλα της και οι ταξιανθίες της σε μείγματα χρησιμοποιείται ως τροφή για τον άνθρωπο και τα ζώα και είναι πλούσια σε αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Skoufogianni E. et. al. 2019)

3.4. Αιθέριο έλαιο

Το αιθέριο έλαιο της ρίγανης λαμβάνεται με την απόσταξη του υπέργειου τμήματος και έχει χαρακτηριστικό χρώμα κιτρινο-πορτοκαλί. Η περιεκτικότητά του σε αιθέριο έλαιο κυμαίνεται από 0,3-1,5%. Οι κύριες δραστικές ουσίες του είναι η καρβακρόλη, η θυμόλη, η καρνοφυλλίνη και τα τερπένια. Επίσης περιέχει δεψίνες, φλαβονοειδή και πικραντικές ουσίες.



Εικόνα 4. Αιθέριο έλαιο ρίγανης (*Origanum vulgare*).

3.5.Χρήσεις ρίγανης στην φυτοπροστασία.

Οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για την χρήση της ρίγανης στην φυτοπροστασία έχουν επικεντρωθεί στις χρήσεις του αιθέριου ελαίου της αλλά όχι μόνο. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε φυτά μελιτζάνας σε θερμοκήπιο για την αντιμετώπιση του νηματώδη *Meloidogyne incognita* αποδείχθηκε ότι το αιθέριο έλαιο της ρίγανης είναι τοξικό για τις νύμφες του 2^{ου} σταδίου. Επίσης μείωσε την εκκόλαψη των ωών, τους όγκους που προκαλούνται στην ρίζα από τον νηματώδη αλλά και τον πληθυσμό των νυμφών 2^{ου} σταδίου σε 500 και 1000mg/L.. Άλλη μία παρατήρηση της μελέτης αυτής είναι ότι το αιθέριο έλαιο βοήθησε στην γενική αύξηση και ανάπτυξη των φυτών μελιτζάνας. (Deiaa E. El-Habashyet. al. 2021). Σε παλαιότερες έρευνες είχε αποδειχθεί ότι το αιθέριο έλαιο της ρίγανης είχε νηματοδοκτόνο δράση στον νηματώδη *Meloidogyne javanica*. Συγκεκριμένα σε πείραμα σε γλάστρες χωρητικότητας 180ml αποδείχθηκε ότι η προσθήκη 100mg/kg αιθέριου ελαίου ρίγανης ήταν αποτελεσματική ως προς την μείωση των όγκων στο ριζικό σύστημα των φυτών αγγουριού. Στην ίδια έρευνα αναφέρεται ότι σε πείραμα σε γλάστρες μεγαλύτερης χωρητικότητας αυτή την φορά 3 lt η προσθήκη αιθέριου ελαίου ρίγανης είχε ως αποτέλεσμα το ριζικό σύστημα της τομάτας να είχε πολύ λίγες προσβολές από τον νηματώδη ή ακόμα και να μην έχει εμφανίσει καθόλου όγκους στην ρίζα του (YujiaOkaet. al. 2000). Τα τελευταία χρόνια όμως έχουν εντατικοποιηθεί οι έρευνες γύρω από την ρίγανη, όχι μόνο όμως για το αιθέριο έλαιο της αλλά και ως προς την χρήση του φυτού αποξηραμένου ή και των στερεών υπολειμμάτων αυτής. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε έρευνα για την επίδραση του αποξηραμένου φυτικού υλικού ρίγανης σε φυτά τομάτας σε θερμοκηπιακό περιβάλλον όσον αφορά την βελτίωση του φυτού και την δράση αυτού ως προς τους εδαφογενείς μύκητες *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* και *Verticillium dahlia*. Αναλυτικά συλλέχθηκε το υπέργειο τμήμα της ρίγανης ξηράνθηκε μέχρι η υγρασία της να φτάσει 5-7% και μετά αποθηκεύτηκε για δύο εβδομάδες σε ξηρές συνθήκες μέχρι να ενσωματωθεί στο έδαφος. Το ξηρό υλικό ρίγανης ανακατεύτηκε με το έδαφος και προστέθηκε στη συνέχεια στις γλάστρες. Το ξηρό υλικό ρίγανης βρισκόταν σε ποσοστό 4% στο μείγμα εδάφους. Τα σπορόφυτα τομάτας που μεταφυτεύθηκαν βρισκόταν σε στάδιο 3^{ου}-4^{ου} φύλλου και πριν την μεταφύτευση εμβαπτίστηκαν σε εναιωρήματα σποριών *Fusarium oxysporium* και *Verticillium dahlia* για 10 λεπτά εκτός των σπορόφυτων που θα χρησιμοποιούταν ως μάρτυρες. Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 36 γλάστρες

για την κάθε επέμβαση. Για την αξιολόγηση του φυτικού υλικού πραγματοποιήθηκε υδροαπόσταξη και στη συνέχεια τα δείγματα αυτά αναλύθηκαν με αέριο χρωματογραφία και φασματογραφία. Η ανάλυση του αιθέριου ελαίου παρουσίασε τα εξής αποτελέσματα καρβακρόλη 78,3%, p-κυμένιο 6,3% και γ-τερπένιο 4,3%. Στις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στο έδαφος η καρβακρόλη στις 15 μέρες ήταν στο ίδιο ποσοστό ενώ στις 30 και 60 μέρες μειώθηκε σε 58,9 και 48,2% αντίστοιχα και στις 90 δεν ανιχνεύθηκε καθόλου. Το p-κυμένιο αυξήθηκε στις 15 μέρες 5,6% στις 30 15,1 και στις 60 μέρες μειώθηκε σε 13,1% και το γ-τερπένιο μειώθηκε στο έδαφος. Τα γενικά συμπεράσματα του πειράματος είναι ότι αυξήθηκε η απόδοση της τομάτας αλλά και βελτιώθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της. Όσον αφορά του μύκητες τα φυτά τομάτας που είχαν εμβαιπτιστεί σε σπόρια του *Fusarium oxysprum* παρουσίασαν σημάδια χλώρωσης και απώλειας φύλλων αλλά τα φυτά που είχαν εμβαιπτιστεί σε *Verticillium* δεν έδειξαν συμπτώματα προσβολής έως και τις 50 μέρες φύτευσης. Τα πτητικά συστατικά παρέμειναν για αρκετά μεγάλο διάστημα στο έδαφος σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις βέβαια σύμφωνα με τα αποτελέσματα της αέριας χρωματογραφίας. Όλα τα παραπάνω αποδεικνύουν ότι η ρίγανη στα φυτά της τομάτας βελτιώνει την ανοχή στους μύκητες, βελτιώνει την γονιμότητα του εδάφους και κατά συνέπεια την απόδοση και ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. (Kadoglidou K. et. al 2020)

4.Πείραμα

4.1.Σκοπός του πειράματος

Ο σκοπός του παρόντος πειράματος είναι η μελέτη της νηματωδοκτόνου δράσεις των στερεών υπολειμμάτων απόσταξης ρίγανης (*Origanum vulgare*) έναντι των νηματωδών του γένους *Meloidogyne* σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια τομάτας (*Solanum lycopersicum*). Ακόμη μετρήθηκε η φωτοσυνθετική ικανότητα των φυτών τομάτας με την χρήση Mini pad και Spad. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Γαιόπολις Λάρισα. Η εγκατάσταση της καλλιέργειας έγινε τον Ιούλιο του 2022 και ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2022. Η επιλογή της τομάτας ως φυτό ξενιστή έγινε με σκοπό την επίλυση των προβλημάτων που προκαλούνται από τους νηματώδεις *Meloidogyne spp.* εδώ και

πάρα πολλά χρόνια. Γενικά η βιολογική καταπολέμηση των *Meloidogyne spp.* είναι ένα θέμα το οποίο θα απασχολήσει ιδιαίτερα τα επόμενα χρόνια λόγω της ανθεκτικότητας που παρατηρείται στα χημικά νηματοδοκτόνα αλλά και την απόσυρση πολλών δραστικών από αυτά εξαιτίας των επιπτώσεων τους στο περιβάλλον, στα ζώα και στην ανθρώπινη υγεία.

4.2.Υλικά και Μέθοδοι

4.2.1.Υλικά

- Νηματώδεις *Meloidogyne spp.*
- Φυτά τομάτας (*Solanum lycopersicum*).
- Στερεά υπολείμματα απόσταξης ρίγανης (*Origanum vulgare*).
- Μεταλλικά κόσκινα διαμέτρων (4mm – 1,40mm)
- Μικροσκόπιο
- Αντικειμενοφόρες πλάκες
- Καλυπτρίδες
- Απιονισμένο νερό
- Πιπέτες
- Χαρτί κουζίνας
- Πλαστικό πλέγμα
- Πλαστικά γλαστράκια(χωρητικότητας 2lt)
- Σπάγκος για το δέσιμο των γλαστρών
- Μείγμα εδάφους
- Άμμος
- Χλωροφυλλόμετρο SPAD
- Χλωροφυλλόμετρο MINI-PAM
- Λάμπα με ενσωματωμένο μεγεθυντικό φακό
- Ψεκαστήρας χειρός
- Εντομοκτόνο Movento 150OD.
- Δεύτερο σκεύασμα ψεκασμού
- Ποτιστήρι
- Ζυγαριά ακριβείας

4.2.2.Μέθοδοι

Για την αρχή του πειράματος συλλέχθηκε δείγμα εδάφους από την θερμοκηπιακή καλλιέργεια τομάτας από το θερμοκήπιο του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Γαιόπολις Λάρισας ώστε να απομονωθούν νηματώδεις *Meloidogyne spp.*. Για την απομόνωση των νηματωδών εφαρμόστηκε η τροποποιημένη μέθοδος Baermann (Εικόνα 1.). Τοποθετήθηκαν σε πλαστικά πιατάκια 100gr εδάφους σε κάθε πιατάκι, πάνω σε χαρτί κουζίνας κάτω από το οποίο υπάρχει πλαστικό πλέγμα. Στη συνέχεια ρίξαμε νερό στα πιατάκια μέχρις ότου γεμίσει ώστε να κατέβουν οι νηματώδεις. Τα πιατάκια σκεπάστηκαν με άλλο πιάτο και τοποθετήθηκαν σε σκιερό μέρος ώστε να μην εξατμιστεί το νερό. Μετά από τρεις ημέρες έγινε έλεγχος για την συμπλήρωση νερού. Το έδαφος παρέμεινε για 7 ημέρες στα πιατάκια. Την έβδομη ημέρα συλλέχθηκε το νερό σε μία γυάλινη φιάλη 500ml και τοποθετήθηκε στο ψυγείο για 2 ημέρες. Εν συνεχεία σε μικροσκόπιο έγινε η καταγραφή των νηματωδών. Για την κάθε μέτρηση τοποθετούσαμε 1ml νερού στην αντικειμενοφόρο πλάκα στη συνέχεια τοποθετούσαμε την καλυπτρίδα και γινόταν η καταγραφή του πληθυσμού των *Meloidogyne spp.* Κατά μέσο όρο υπήρχαν 64 νηματώδεις σε κάθε σταγόνα 1ml.

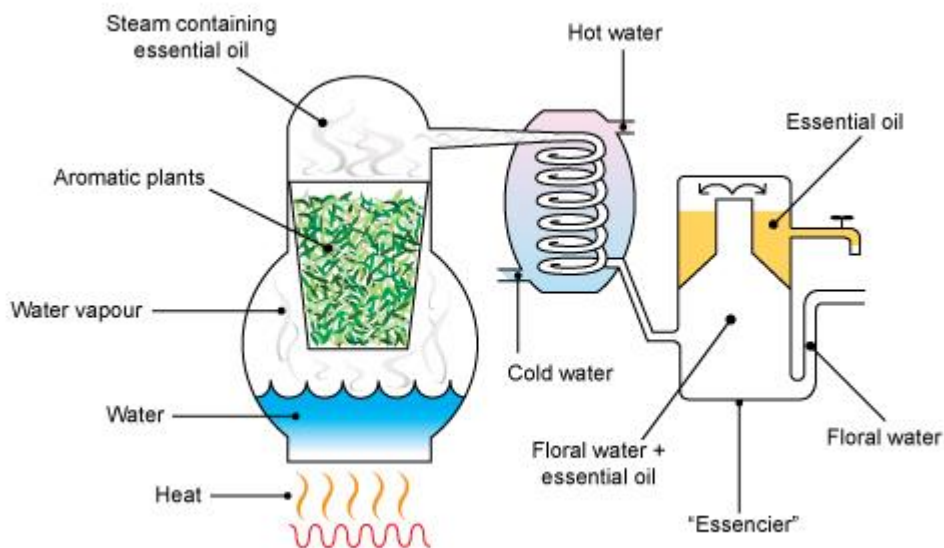


Εικόνα 5. Μέθοδος Baermann.



Εικόνα 6. Νηματώδεις *Meloidogyne* (Φωτογραφία Μικροσκοπίου)

Τα στερεά υπολείμματα ρίγανης (*Origanum vulgare*) ελήφθησαν ύστερα από την μέθοδο της ατμοαπόσταξης. Η ατμοαπόσταξη είναι η πιο συχνή μέθοδος απόσταξης των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών σε περιπτώσεις βιομηχανιών και μεγάλου όγκου αποστάξεων. Στην μέθοδο την ατμοαπόσταξης δεν υπάρχει νερό στον πυθμένα και ο ατμός παράγεται από τον ατμολέβητα ή ατμογεννήτρια. Ο ατμός εισέρχεται στο κάτω μέρος του άμβυκα απόσταξης θερμαίνει το φυτικό υλικό, ενώ ο ίδιος υγροποιείται και ρέει στον πυθμένα του άμβυκα. Τα αιθέρια έλαια εξατμίζονται και αφού εισέρχονται στον ψυκτήρα υγροποιούνται και συλλέγονται σε κατάλληλο δοχείο συλλογής (Machado et al., 2022) (Βλ. Εικόνα 4). Τα πλεονεκτήματα της ατμοαπόσταξης είναι ότι ως διαλύτης χρησιμοποιείται το νερό που δεν είναι επιβλαβές για το περιβάλλον και επίσης το παραγόμενο αιθέριο έλαιο είναι άριστης ποιότητας αφού δεν έχει υποβληθεί σε έντονη θερμική διαδικασία. Παρόλα αυτά η ατμοαπόσταξη είναι μία μέθοδος που απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα για την ολοκλήρωση της και έχει χαμηλή απόδοση (Machado et al., 2022). Οι τύποι απόσταξης με υδρατμούς είναι οι εξής: 1) με ατμοσφαιρική πίεση, 2) με ελαττωμένη πίεση και 3) με υψηλή πίεση (Δόρδας 2012).



Εικόνα 7. Μέθοδος ατμοαπόσταξης

Στο πείραμα αυτό τα στερεά υπολείμματα πριν ενσωματωθούν με το έδαφος περάσανε από κόσκινα ηλεκτρικής βάσης. Τα κόσκινα ήταν μεγέθους από 4mm το μεγαλύτερο και το μικρότερο 1,40mm (Εικόνα 3).



Εικόνα 8. Κόσκινα

Οι γλάστρες τοποθέτησης είχαν 700gr όγκου εδάφους. Τοποθετήθηκαν σε τυχαιοποιημένο σχέδιο και παρέμειναν σε θερμοκήπιο με θερμοκρασίες 25-28C°. Για αρχή τοποθετήθηκε μείγμα εδάφους εμπλουτισμένης τύρφης και άμμου (3:1). Συγκεκριμένα το μείγμα εδάφους ήταν εμπλουτισμένο υπόστρωμα με ξανθή τύρφη. Το υπόστρωμα εδάφους περιείχε 90-95% του βάρους οργανική ουσία, με υγρασία 50-65% του βάρους, αγωγιμότητα 55 mS και με pH 5.5-6.5. Ύστερα στις γλάστρες με το μείγμα εδάφους τοποθετήθηκαν τα στερεά υπολείμματα ρίγανης σε δόσεις 2%, 4% και 6%. Η μεταφύτευση των φυταρίων τομάτας (*Solanum lycopersicum*), έγινε μία

μέρα μετά την τοποθέτηση εδάφους στα γλαστράκια ώστε να ομογενοποιηθεί το έδαφος με τα υπολείμματα ρίγανης. Μετά από 5 ημέρες πραγματοποιήθηκε η πρώτη προσθήκη νηματωδών με την χρήση πιπέτας μεγέθους 50ml, σε κάθε γλάστρα τοποθετήθηκαν 20ml νερό που περιέχουν 1280 νηματώδεις.

Στη συνέχεια επαναλήφθηκε η τροποποιημένη μέθοδος *Baermann* για την απομόνωση νηματωδών *Meloidogyne spp.* για την δεύτερη επέμβαση με νηματώδεις. Στην δεύτερη απομόνωση νηματωδών σε 1ml νερού βρέθηκαν κατά μέσο όρο 20 νηματώδεις. Η δεύτερη επέμβαση με νηματώδεις πραγματοποιήθηκε μετά από 15 μέρες από την πρώτη επέμβαση. Προστέθηκαν ακόμα 20ml νερού με νηματώδεις που περιείχε 400 νηματώδεις περίπου. Κάθε επέμβαση αποτελείται από 6 επαναλήψεις. Συνολικά στο πείραμα υπήρχαν 42 γλάστρες, από τις οποίες 6 ήταν για κάθε δόση υπολειμμάτων ρίγανης και 40ml νερού με νηματώδεις και τέλος άλλες 6 αποτελούσε ο θετικός μάρτυρας που ήταν μόνο έδαφος και τομάτα.



Εικόνα 9. 1η μέρα μεταφύτευσης τομάτας.

Στο θερμοκήπιο υπήρχαν τοποθετημένες χρωμοτροπικές παγίδες εντόμων για την παρακολούθηση πληθυσμών εχθρών εντόμων. Στη φυτάρια τομάτας παρατηρήθηκε προσβολή από το έντομα *Tuta absoluta* και από αφίδες και για αυτό τον λόγο εφαρμόστηκε ψεκασμός με τα σκευάσματα Movento και Amplingo. Ψεκασμός έγινε με ψεκαστήρα χειρός. Το Movento είναι εντομοκτόνο που παράγεται από την εταιρεία Bayer. Η δραστική του είναι Spirotetramat παρουσιάζει δράση στομάχου στα έντομα. Απορροφάτε από τα φύλλα και έχει διασυστηματική δράση και μετακινείται σε ολόκληρο το φυτό. Ο πρώτος ψεκασμός εφαρμόστηκε ένα μήνα μετά την μεταφύτευση των φυτάρια τομάτας και επαναλαμβάνονταν κάθε 10 μέρες μέχρι το τέλος του πειράματος. Τα φυτά τομάτας ποτιζόταν στην αρχή ανά 2 μέρες και στην συνέχεια με την αύξηση των θερμοκρασιών το πότισμα ήταν καθημερινό. Ύστερα από δύο μήνες περίπου από την μεταφύτευση ξεκίνησαν οι μετρήσεις χλωροφύλλης με την χρήση του χλωροφυλλόμετρου Spad και του φθορόμετρου Mini-Pam. Οι μετρήσεις επαναλαμβάνονταν ανά 7 ημέρες μέχρι το τέλος του πειράματος. Το χλωροφυλλόμετρο Spad είναι ένα όργανο που βοηθάει στην κατανόηση της διατροφικής κατάστασης του φυτού αφού υποδεικνύει την περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη στα φύλλα της εκάστοτε καλλιέργειας. Η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη εξαρτάται από την διατροφική κατάσταση του φυτού. Η τιμές στο Spad επηρεάζονται από την περιεκτικότητα του αζώτου στα φύλλα που αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα θρεπτικά συστατικά. Όταν οι τιμές του Spad είναι υψηλές αυτό σημαίνει ότι το φυτό είναι υγιές και δεν χρειάζεται κάποια προσθήκη λιπάσματος. Το φθορόμετρο Mini-Pam καταγράφει τον φθορισμό που προκαλείται από το φως. Τα φυτά δεν απορροφούν όλο το φως που εκπέμπεται από τον ήλιο αλλά αντανακλά ένα μέρος αυτού στο περιβάλλον μέσω της πράσινης χρωστικής χλωροφύλλης που περιέχεται στις κυτταρικές δομές. Για αυτό τον λόγο οι μετρήσεις φθορισμού είναι χρήσιμες για την αναγνώριση της υγείας των φυτών. Το Mini-Pam εκπέμπει κόκκινη ακτινοβολία μέσω της λυχνίας Led. Η λυχνία αυτή διεγείρει το φωτοσύστημα I αλλά απορροφάτε από το φωτοσύστημα II. Περιέχει σύστημα ανάλυσης των φύλλων που συνδυάζει την ανάλυση του φθορισμού με μετρήσεις της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας (PAR), της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας των φύλλων. Στη συνέχεια του πειράματος χρειάστηκε το δέσιμο των φυτών της τομάτας ώστε το φυτό να αναπτυχθεί σωστά.

Η ολοκλήρωση του πειράματος πραγματοποιήθηκε ύστερα από τρεις μήνες από την εγκατάσταση των φυταρίων τομάτας. Επιλέξαμε να γίνει ύστερα από αυτό το διάστημα ώστε να έχουν ολοκληρωθεί 2 βιολογικοί κύκλοι των νηματωδών *Meloidogyne spp.*. Με την αφαίρεση των φυτών τομάτας από τις γλάστρες, ζυγίστηκε το νωπό βάρος τόσο του υπέργειου όσο και του υπόγειου τμήματος του φυτού. Στη συνέχεια το ριζικό σύστημα του φυτού ξεπλύθηκε προσεκτικά με το νερό ώστε να καθαριστεί από το έδαφος και να πραγματοποιηθεί η μέτρηση της προσβολής από τους νηματώδεις. Για τον υπολογισμό της προσβολής μετρήθηκαν οι όγκοι στο εκάστοτε ριζικό σύστημα και ζυγίστηκε το ξηρό βάρος τους.



Εικόνα 10. Καθαρισμός ριζών.



Εικόνα 11. Καθαρισμός ριζών.



Εικόνα 12. Καθαρισμός ριζών από το έδαφος.

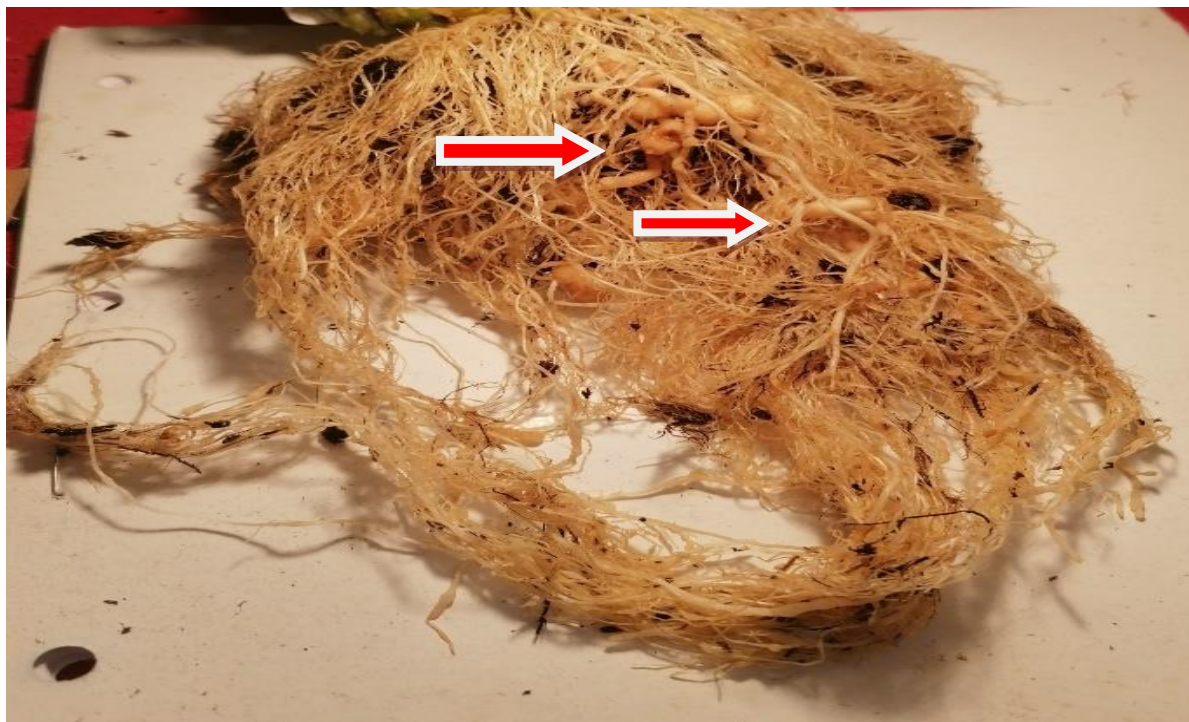
5.Αποτελέσματα

5.1.Όγκοι ρίζας

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των μετρήσεων των όγκων του ριζικού συστήματος απέδειξαν πως η αύξηση των δόσεων υπολειμμάτων ρίγανης μείωνε την προσβολή από τους νηματώδεις. Συγκεκριμένα δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($F_{pr.} 0,002$). Οι μεταχειρίσεις με 2% ρίγανη και νηματώδεις είχαν κατά μέσο όρο 4008 όγκους σε κάθε φυτό, οι μεταχειρίσεις με 4% ρίγανη με νηματώδεις είχαν μέσο όρο 2100 όγκους ενώ οι μεταχειρίσεις με 6% ρίγανη και νηματώδεις είχαν ακόμα λιγότερους όγκους συγκεκριμένα 1483. (Βλ. Γράφημα 1)



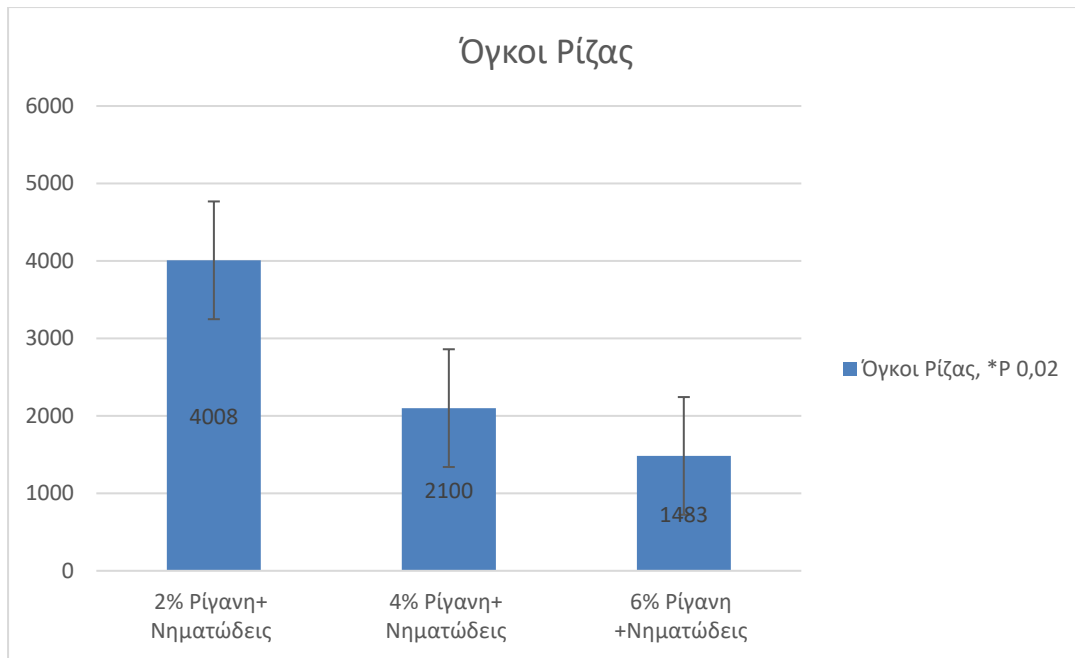
Εικόνα 13.2% Ρίγανη + Νηματώδεις.



Εικόνα 14.4% Ρίγανη + Νηματώδεις.



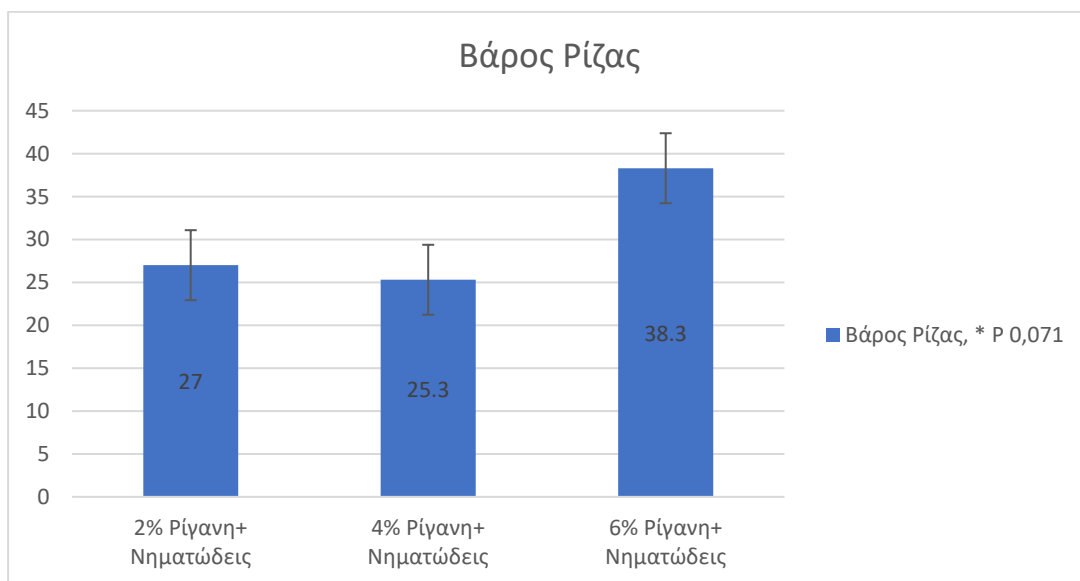
Εικόνα 15.6 % Ρίγανη+ Νηματώδεις-Όγκοι (galls)



Γράφημα 1

5.2.Βάρος Ρίζας

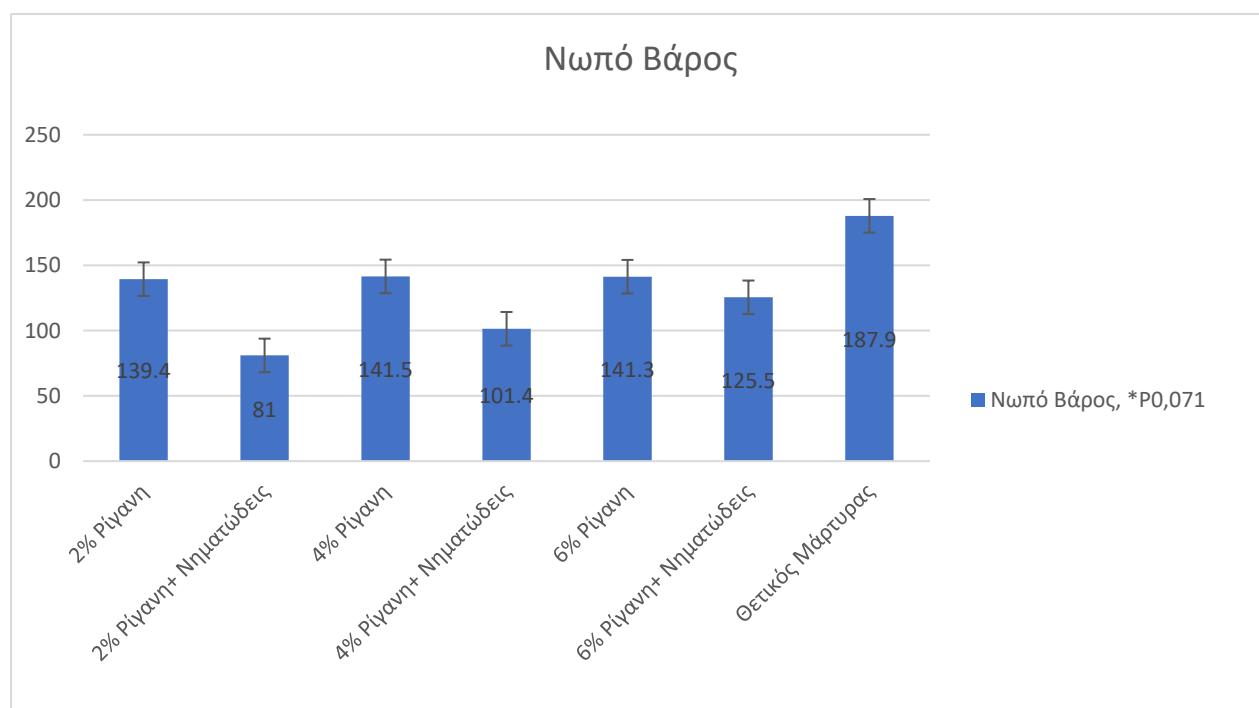
Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων του βάρους των ριζών δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές (F pr. 0,071). Το βάρος ρίζας των φυτών με 2% ρίγανη και νηματοδείς κατά μέσο όρο ήταν 27 , των φυτών με 4% ρίγανη και νηματοδείς 25,3 και των φυτών με 6% 38,3. Όπως φαίνεται η προσθήκη μεγαλύτερης δόσης ρίγανης δεν μείωσε μόνο τον αριθμό των όγκων στο ριζικό σύστημα της τομάτας αλλά βοήθησε και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. (Βλ. Γράφημα 2)



Γράφημα 2.

5.3.Νωπό Βάρος

Ως αφορά την στατιστική ανάλυση του νωπού βάρους των φυτών δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($F_{pr} < 0,01$). Ο θετικός μάρτυρας παρουσίασε το μεγαλύτερο βάρος. Συγκριτικά οι μεταχειρίσεις που είχαν νηματώδεις είχαν μικρότερο νωπό βάρος από ότι οι μεταχειρίσεις που είχαν μόνο ρίγανη. Σχετικά με τις διαφορετικές δοσολογίες των υπολειμμάτων φάνηκε πως οι μεταχειρίσεις με 2% ρίγανη είχαν μικρότερο βάρος. Συγκεκριμένα οι μεταχειρίσεις με 2% ρίγανη και νηματώδεις είχαν μέσο όρο βάρους 81g, οι μεταχειρίσεις μόνο με 2% είχαν μέσο όρο βάρους 139,4g, οι μεταχειρίσεις με 4% ρίγανη και νηματώδεις είχαν μέσο όρο βάρους 101,4g, ενώ οι αυτές που είχαν μόνο με 4% ρίγανη είχαν μέσο όρο βάρους 141,5g, οι μεταχειρίσεις με 6% και νηματώδεις 125,5g ενώ αυτές με 6% είχαν μέσο όρο βάρους 141,3%. Όπως προαναφέρθηκε μεγαλύτερο βάρος είχε ο θετικός μάρτυρας που δεν περιείχε ούτε υπολείμματα ρίγανης ούτε νηματώδεις και είχαν 187,9 g.(Βλ. Γράφημα 3)



Γράφημα 3.



Εικόνα 16. Φυτά τομάτας.

6.Συμπεράσματα-Συζήτηση

Η βιομηχανία παραγωγής αιθέριων ελαίων παράγει σημαντική ποσότητα στερεών υπολειμμάτων κατά την διαδικασία απόσταξης η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ρύπανση αλλά και σε οικονομικά προβλήματα παγκοσμίως. Τα υπολείμματα αυτά όμως είναι πλούσια σε ενώσεις υψηλής προστιθέμενης αξίας και μπορούν αξιοποιηθούν ως φυσικές πηγές βιοδραστικών ενώσεων. Τα στερεά υπολείμματα απόσταξης των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών δεν αποτελούν απόβλητα καθώς μπορούν να ανακυκλωθούν και να μετατραπούν σε προϊόντα προστιθέμενης αξίας (A.Saha,B.B. Basak 2020).Σύμφωνα με παγκόσμιες εκτιμήσεις τα παραγόμενα αιθέρια έλαια αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών παγκοσμίως φτάνουν 104.000 τόνους δεδομένο που μας παρουσιάζει ότι υπάρχουν τεράστιες ποσότητες υπολειμμάτων βιομάζας η οποία μένει ανεκμετάλλευτη (A. Lubbe, R. Verpoorter 2011). Επίσης έχει αποδειχθεί πως τα στερεά υπολείμματα εξακολουθούν να περιέχουν αξιοποιήσιμες φυσικές πηγές βιολογικά ενεργών ενώσεων με κυριότερες τις φαινολικές ενώσεις (L. Vlaseet. al. 2014). Η μελέτη νέων βιολογικών τρόπων

καταπολέμηση των νηματωδών και κυρίως των *Meloidogyne spp.* καθιστάτε απαραίτητη εξαιτίας τις μείωσης των χημικών σκευασμάτων μετά την απόσυρση πολλών δραστικών λόγω των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων. Για τους λόγους αυτούς το πείραμα της έρευνας αυτής, πραγματοποιήθηκε με σκοπό την μελέτη της νηματοδοκτόνου δράσης των στερεών υπολειμμάτων ρίγανης (*Origanum vulgare*) ώστε να αξιοποιηθούν τα στερεά υπολείμματα αυτής αλλά και να βρεθεί και ένας ακόμη τρόπος βιολογικού ελέγχου των νηματωδών. Συγκεκριμένα αποδείχθηκε η μεγαλύτερη δόση 6% ρίγανη, μείωσε αισθητά την προσβολή των *Meloidogyne spp.* στο ριζικό σύστημα της τομάτας, δηλαδή οι όγκοι στο ριζικό σύστημα ήταν λιγότεροι σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις 2 και 4% (Βλ. γράφημα 1). Η νηματοδοκτόνος δράσης των στερεών υπολειμμάτων ρίγανης είναι δοσοεξαρτώμενη. Όσον αφορά την προσθήκη ρίγανης σε φυτά τομάτας φάνηκε όπως δεν επηρεάζεται η ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος (Βλ. Γράφημα 3). Οι μετρήσεις με το Mini Pam και το Spad δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τα στερεά υπολείμματα των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών από τις βιομηχανίες είναι μεγάλα σε όγκο και μένουν ανεκμετάλλευτα ενώ όπως αποδεικνύεται έχουν αρκετές δράσεις οι οποίες μένουν αναξιοποίητες. Συγκεκριμένα σε μελέτη των υπολειμμάτων απόσταξης της *Artemisia annua* κατά του φουζαρίου (*Fusarium spp.*) αποδείχθηκε ότι τα κύρια συστατικά των υπολειμμάτων (αρτεμισίνη, καμφορά, βορνεόλη) ανέστειλαν σημαντικά την ανάπτυξη του φουζαρίου και αποδείχθηκε πως έχει μυκητοκτόνο δράση τα υπολείμματα της *Artemisia annua* (Weibao Konget.al 2022). Επίσης έχει πραγματοποιηθεί ακόμη μία μελέτη των στερεών υπολειμμάτων απόσταξης των *Hyssopus officinalis*, *Thymus mastichina*, *Lavandula intermedia* και *Salvia lavandulifolia* κατά του μύκητα *Penicillium verrucosum* ώστε να αποφευχθεί η μόλυνση των τυριών και να αποδειχθεί εμπορική και οικονομική σημασία των γεωργικών υποπροϊόντων. Η μελέτη έγινε *in vitro*, όλα τα στερεά υπολείμματα παρουσίασαν αντιμυκητιασική δράση έναντι του *Penicillium verrucosum*, συγκεκριμένα τα υπολείμματα του *H. Officinalis* παρουσίασαν αναστολή 100% σε δόσεις μεγαλύτερες των 30μg, ενώ τα υπολείμματα της *L. intermedia* παρουσίασαν αναστολή στο 50% για δόσεις μεγαλύτερες από 60μg. Τα υπολείμματα των *T. mastichina* και *S. Lavandulifolia* παρουσίασαν ανασταλτικές ικανότητες εναντίον του μύκητα αλλά όχι αρκετές ώστε να φτάσουν στο επίπεδο της ελάχιστης ανασταλτικής ικανότητας (Gonzalo Ortiz de Elguea-Culebras et.al 2016). Συμπερασματικά τα υπολείμματα ρίγανης έχουν νηματοδοκτόνο δράση κατά του *Meloidogyne spp.* σε

μεγαλύτερες δόσεις και δεν επηρεάζουν την ανάπτυξη της τομάτας. Θα πρέπει όμως να πραγματοποιηθούν περισσότερες μελέτες πάνω στην δράση αυτής στους νηματώδεις αλλά και ποιες δραστικές ουσίες αυτής επηρεάζουν την ανάπτυξη των νηματωδών. Τέλος φαίνεται πως τα στερεά υπολείμματα απόσταξης αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών έχουν δράσεις και θα πρέπει να μελετηθούν περισσότερο ως προς τις μυκητοκτόνες, εντομοκτόνες, νηματοδοκτόνες δράσεις ώστε να χρησιμοποιούν ως ένας νέος τρόπος βιολογικού ελέγχου αφού ποια η χημική καταπολέμηση ως μέσο της φυτοπροστασίας εξαλείφεται λόγω των αρνητικών επιπτώσεων που έχουν τόσο στο περιβάλλον όσο και στον άνθρωπο.

7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. A.A. Adegbite,G.O. Agbaje 2007:*Efficacy of Furadan (Carbofuran) in Control of Root-knot Nematode (Meloidogyne incognita Race 2) in Hybrid Yam Varieties in South-western Nigeria.*
2. A.Affokpon, D.L. Coyne, L. Lawouin, C. Tossou, R.D. Agbede, J. Coosemans 2010: *Effectiveness of native West African arbuscular mycorrhizal fungi in protecting vegetable crops against root-knot nematodes.*
3. Adab Pierre, Williamson M. Valerie 2010: *Plant Nematode Interaction: A Sophisticated Dialogue.*
4. Akers and McCrystal, 2014:*Integration of crop and soil insect management in sweet potato.*
5. Arutynov A.V. 1990: *Scientific and field tests on heat from solar energy for the disinfection of gall nematodes, Meloidogyne in soil.*
6. AwolSeid, ChemedFininsa, TesfamariamMekete, WilfridaDecraemer, and Wim M.L. Wesemael 2015: *Tomato (Solanum lycopersicum) and root-knot nematodes (Meloidogyne spp.) – a century-old battle.*
7. Axel A Elling 2013: *Major emerging problems with minor meloidogyne species.*
8. Basamid G, Soil Fumigant 2012.
9. D. Kalaiselvi, A. Mohankumar, G. Shanmugam, G. Thiruppathi, S. Nivitha, P. Sundararaj 2019: *Altitude-related changes in the phytochemical profile of essential oils extracted from Artemisia nilagirica and their nematicidal activity against Meloidogyne incognita.*
10. Dao Federico 1970: *Climatic influence on the distribution pattern of plant parasitic and soil inhabiting nematodes.*
11. David Pires, Cláudia S L Vicente, Esther Menéndez, Jorge M S Faria, Leidy Rusinque, Maria J Camacho, Maria L Inácio 2022: *The Fight against Plant-Parasitic Nematodes: Current Status of Bacterial and Fungal Biocontrol Agents.*
12. Deiaa E. El-Habashy,Ibrahim A. Adss,Mona A. Abdelrasoul&Samir A. M. Abdelgaleil 2021: *Efficacy of six essential oils for the management of*

Meloidogyne incognita in eggplant and their effect on the expression of plant defense genes.

13. Denis J. Wright, Amanda J. Rowland 1982: *Susceptibility of different developmental stages of the root-knot nematode, Meloidogyne incognita, to the nematicide oxamyl.*
14. Dropkin V. H. 1989: *Introduction Plant Pathology.*
15. E. Sharon, et al. 2011: *Trichoderma as a Biological Control Agent.*
16. E.-S. Desoky, A.-R. Merwad, W.M. Semida, S.A. Ibrahim, M.T. El-Saadony, M.M. Rady: *Heavy metals-resistant bacteria (HM-RB): Potential bioremediators of heavy metals-stressed Spinacia oleracea plant.*
17. *Evaluation of Regulation (EC) No 1107/2009 on the Placing of Plant Protection Products on the Market and of Regulation (EC) No 396/2005 on Maximum Residue Levels of Pesticides. 2020.*
18. FAO 2001: *Specifications and Evaluations for Plant Protection Products: DAZOMET Tetrahydro-3,5-dimethyl-1,3,5-thiadiazine-2-thione.*
19. Gianessi LP, Carpenter JE. 1999: *Introduction. In Agricultural Biotechnology: Insect Control Benefits, Report of the National Center for Food and Agricultural*
20. Gonzalo Ortiz de Elguea-Culebras, Raúl Sánchez-Vioque, Omar Santana-Méridas, David Herraiz-Peñalver, Manuel Carmona, María Isabel Berruga 2016: *In vitro antifungal activity of residues from essential oil industry against Penicillium verrucosum, a common contaminant of ripening cheeses.*
21. Greco and Di Vito 2009: *Population dynamics and damage level.*
22. H. Ferris, B.S. Griffiths, D.L. Porazinska, T.O. Powers, K.-H. Wang, M. Tenuta (2012): *Reflections on plant and soil nematode ecology: past, present and future.*
23. Hina Safdar, Nazir Javed, Sajid Aleem Khan*, Imran ul Haq, Asma Safdar and N.A. Khan 2012: *Control of Meloidogyne incognita (Kofoid and White) Chitwood by Cadusafos (Rugby ®) on Tomato.*
24. HongyiCao, Yang Jiao, Nan Yin, Yan Li, Jian Ling, Zhenchuan Mao, Yuhong Yang, BingyanXie 2019: *Analysis of the activity and biological control efficacy of the Bacillus subtilis strain Bs-1 against Meloidogyne incognita.*
25. Hsueh YP, Leighton DHW, Sternberg PW. (2014). *Nematode Communication. In: Witzany G (ed). Biocommunication of Animals. Springer, Gregory C.*

- Bernard, Marceline Egnin and Conrad Bonsi 2017: *The Impact of Plant-Parasitic Nematodes on Agriculture and Methods of Control*.
26. IsgouhiKaloshian and Marcella Teixeira 2019: *Advances in Plant–Nematode Interactions with Emphasis on the Notorious Nematode Genus Meloidogyne*.
 27. J.D. Lewis 2016: *Mycorrhizal Fungi, Evolution and Diversification of*.
 28. Johannes Helder, AskaGoverse. (2017): *Parallel adaptations and common host cell responses enabling feeding of obligate and facultative plant parasitic nematodes*.
 29. John T. Jones, Annelies Haegeman, Etienne G. J. Danchin, Hari S. Gaur, Johannes Helder, Michael G. K. Jones, Taisei Kikuchi, Rosa Manzanilla-López, Juan E. Palomares-Rius, Wim M. L. Wesemael, Roland N. Perry 2013: *Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology*.
 30. Jonathan D. Eisenback, Hedwig HirschmannTriantaphyllou 1991: *Manual of Agricultural Nematology*.
 31. Julio C. P. da Silva, Vicente P. Campos, Aline F. Barros, Luma A. Pedroso, Marcela de Freitas Silva, Jorge T. de Souza, Marcio P. Pedroso, Flavio H. V. de Medeiros 2019: *Performance of volatiles emitted from different plant species against juveniles and eggs of Meloidogyne incognita*.
 32. K. Kadoglidou ,P. Chatzopoulou, E. Maloupa, A. Kalaitzidis ,S. Ghoghoberidze and DimitriosKatsantonis 2020: *Mentha and Oregano Soil Amendment Induces Enhancement of Tomato Tolerance against Soilborne Diseases, Yield and Quality*.
 33. L. Vlase, D. Benedec, D. Hanganu, G. Damian, I. Csillag, B. Sevastre, A. C. Mot, R. Silaghi-Dumitrescu and I. Tilea 2014: *Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Activities and Phenolic Profile for Hyssopus officinalis, Ocimum basilicum and Teucrium chamaedrys*.
 34. Lidia Nicolaa, Elena Turco, Davide Albanese, Claudio Donati, Martin Thalheimer, Massimo Pindo, Heribert Insam, Duccio Cavalieri, Ilaria Pertot 2017: *Fumigation with dazomet modifies soil microbiota in apple orchards affected by replant disease*.
 35. M.A.S. Campos 2020: *Bioprotection by arbuscular mycorrhizal fungi in plants infected with Meloidogyne nematodes: A sustainable alternative*.
 36. Machado, C.A., Oliveira, F.O., De Andrade, M.A., Hodel, K.V.S., Lepikson, H, Machado, B.A.S. (2022). *Steam Distillation for Essential Oil Extraction:*

An Evaluation of Technological Advances Based on an Analysis of Patent Documents.

37. Marquard R. Kroth 2001: *Anbau und Qualitätsanforderungen ausgewählter.*
38. Melissa G. Mitchum, Richard S. Hussey, Thomas J. Baum, Xiaohong Wang, Axel A. Elling, Martin Wubben, Eric L. Davis (2013): *Nematode effector proteins: an emerging paradigm of parasitism*
39. Miguel Talavera, Samir Sayadi, Manuel Chiroso-Ríos, Tomas Salmerón, Elena Flor-Peregrín, and Soledad Verdejo-Lucas 2012: *Perception of the impact of root-knot nematode-induced diseases in horticultural protected crops of south-eastern Spain.*
40. Miguel Talavera-Rubia, María Dolores Vela-Delgado and Soledad Verdejo-Lucas 2022: *A Cost-Benefit Analysis of Soil Disinfestation Methods against Root-Knot Nematodes in Mediterranean Intensive Horticulture.*
41. Milad Rashidifard, Hendrica Fourie, Mieke Stefanie Daneel, Mariette Marais 2019: *Morphological and morphometrical identification of Meloidogyne populations from various crop production areas in South Africa with emphasis on M. enterolobii.*
42. Miriam Pocurull, Aida M. Fullana, Miquel Ferro, Pau Valero, Nuria Escudero, Ester Saus, Toni Gabaldón, and F. Javier Sorribas 2020: *Commercial Formulates of Trichoderma Induce Systemic Plant Resistance to Meloidogyne incognita in Tomato and the Effect Is Additive to That of the Mi-1.2 Resistance Gene.*
43. Misgana Mitiku 2018: *Plant-Parasitic Nematodes and Their Management: A Review.*
44. Moen M, Perry RN, Starr JL 2009: *Meloidogyne species - a diverse novel group and important plant parasites.*
45. 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.*
46. Nicol JM, Turner SJ, Coyne DL, den Nijs L, Hockland S, Maafi ZT (2011) *Current nematode threats to world agriculture.* In JT Jones , G Gheysen , C Fenoll, eds, *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions.* Springer, Heidelberg, pp 21–43

47. Quist, C.W., Smant, G. and Helder, J. (2015): *Evolution of plant parasitism in the phylum nematoda*. Annu. Rev. Phytopathol. 53, 289–310
48. R.G. Garneiro, P. Mazzafera, L.C.C.B. Ferraz, T. Muraoka, P.C.O. Trivelin 2002: *Uptake and translocation of nitrogen, phosphorus and calcium in soybean infected with Meloidogyne incognita and M. javanica*.
49. Raja Asad Ali Khan, Saba Najeeb, Zhenchuan Mao, Jian Ling, Yuhong Yang, Yan Li and Bingyan Xie 2020: *Bioactive Secondary Metabolites from Trichoderma spp. against Phytopathogenic Bacteria and Root-Knot Nematode*.
50. Seo Y. and Kim H.Y. 2014: *Control of Meloidogyne incognita Using Mixtures of Organic Acids*.
51. Seulbi Kim, Ho Myeong Kim, Hye Jeong Seo, Jehyeong Yeon, Ae Ran Park, Nan Hee Yu, Seul-Gi Jeong, Ji Yoon Chang, Jin-Cheol Kim, and Hae Woong Park 2022: *Root-Knot Nematode (Meloidogyne incognita) Control Using a Combination of Lactiplantibacillus plantarum WiKim0090 and Copper Sulfate*.
52. Sikora R.A. 1992: *Management of the antagonistic potential in agricultural ecosystems for the biological control of plant-parasitic nematodes*.
53. Sikora RA, Fernández E. 2005: *Nematode parasites of vegetables*.
54. Skoufogianni E., Solomou A. D., Danalatos N. G. 2019: *Ecology, Cultivation and Utilization of the Aromatic Greek Oregano (Origanum vulgare L.): A Review*.
55. Storer, Tracy I.; Usinger, Robert L. 1965: *General Zoology*.
56. T. R. Faske and K. Hurd 2015: *Sensitivity of Meloidogyne incognita and Rotylenchulus reniformis to Fluopyram*.
57. Terry A. Tarra 1989: *Diseases of Shade Trees*.
58. Weibao Kong, Zijian Xie, Huanran Huo, Pengfei Jia, Aimei Zhang, Junyu Liang, Junlong Wang 2022: *Anti-Fusarium activity of essential oil distilled from artemisinin (Artemisia annua L.) extraction residues*.
59. Willian César Terra, Vicente Paulo Campos, Márcio Pozzobon Pedroso, Alisson Lucrécio da Costa, Eduardo Souza Freire, Iohana Pinto de Pinto, Júlio Carlos Pereira da Silva, Liliana Estupiñan Lopez, Thaisa Conrado Nunes Santos 2017: *Volatile molecules of Fusarium oxysporum strain 21 are retained in water and control Meloidogyne incognita*.

60. Willian César Terra, Vicente Paulo Campos, Samuel Julio Martins, Lilian Simara Abreu S. Costa, Júlio Carlos Pereira da Silva, Aline Ferreira Barros, Liliana Estupiñan Lopez, ThaisaConrado Nunes Santos, Geert Smant, Denilson Ferreira Oliveira 2018: *Volatile organic molecules from Fusarium oxysporum strain 21 with nematicidal activity against Meloidogyne incognita.*
61. Wim Wesemael, Nicole Viaene, and Maurice Moens 2011: *Root-knot nematodes (Meloidogyne spp.) in Europe.*
62. Yuji Oka, SengulNacar, Eli Putievsky, Uzi Ravid, Zohara Yaniv, and Yitzhak Spiegel 2000: *Nematicidal Activity of Essential Oils and Their ComponentsAgainst the Root-Knot Nematode.*
63. A. Saha, B.B. Basak 2020: *Scope of value addition and utilization of residual biomass from medicinal and aromatic plants.*
64. A. Lubbe, R. Verpooter 2011:*Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials.*

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Βογιατζή Ε. 2004: *Επιλογή Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών.* Σύγχρονη Παιδεία.
2. Δόρδας Χ. 2012. *Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά.* Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
3. Κύρου, Ν. Χ.(1979): *Επίδρασης βρωμιούχου μεθυλίου και D-D επί της παραγωγής σίτου και του πληθυσμού διαφόρων νηματωδών.* Έρευνα Υπ. Γεωργίας 3, 416-422.
4. Νικόλαος Ν. Κυρου 2004: *Φυτοπαρασιτικοί νηματώδεις.* Αγρότυπος αε.
5. Σκουμπρής Β. 1985: *Αρωματικά φυτά και αιθέρια έλαια.* Γιαχούδη Γιαπουλή Ο.Ε. Θεσσαλονίκη.
6. Σταμάτη Διονυσία-Ευαγγελία 2020: *Μελέτη της επίδρασης του φυτοπροστατευτικού σκευάσματος SYLLIT 544SC εναντίον κομβονηματοδών (Meloidogynespp.).*
7. Τριανταφύλλου Α.Χ. και Hirschmann H. 1960: *Μεταεμβρυακήανάπτυξη του νηματώδους Meloidogyne incognita.*

Ιστοσελίδες

1. <http://gr.chinatestingequipment.com/agro-ecological-testing-equipment/plant-physiological-instrument/spad-502-chlorophyll-meter.html> (27/4/23)
2. <http://www.minagric.gr/greek/data/carbofuran.pdf>.(6/5/23)
3. <https://1click.minagric.gr/oneClickUI/oneClickFiles/BASAMID-MG-3069.pdf> (6/5/23)
4. <https://www.britannica.com/animal/nematode> (4/3/23)
5. <https://www.ictinternational.com/products/mini-pam-ii/mini-pam-iir-photosynthesis-yield-analyzer/> (27/4/23)

Εικόνες

1. <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/root-knot-nematode>.
2. <https://docplayer.gr/226139755-Fylo-nematoda-nimatodeis-skolikes.html>.
3. https://www.medicalnewstoday.com/articles/324203#_noHeaderPrefixedContent.
4. <https://thessfyta.gr/en/herbs-and-spices-plants/312-oregano-20cm-diameter-origanum-vulgare.html>.