



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ &
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επίδραση ωφέλιμων συμβιωτικών μικροοργανισμών των ριζών σε βιολογικές
παραμέτρους του *Tuta absoluta* και του *Macrolophus pygmaeus*

Ιωάννης Ε. Μουλιανιτάκης

Επιβλέπων Καθηγητής:

Διονύσιος Περδίκης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ

2021

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επίδραση ωφέλιμων συμβιωτικών μικροοργανισμών των ριζών σε βιολογικές παραμέτρους του *Tuta absoluta* και του *Macrolophus pygmaeus*

“Effect of beneficial symbiotic microorganisms of the roots on biological parameters of *Tuta absoluta* and *Macrolophus pygmaeus*”

Ιωάννης Ε. Μουλιανιτάκης

Εξεταστική επιτροπή:

Διονύσιος Περγίκης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Ιωάννης Γιαννακού, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Σωτήριος Τζάμος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Επίδραση ωφέλιμων συμβιωτικών μικροοργανισμών των ριζών σε βιολογικές παραμέτρους του *Tuta absoluta* και του *Macrolophus pygmaeus*

ΠΜΣ Ολοκληρωμένα Συστήματα Φυτοπροστασίας & Διαχείρισης του Περιβάλλοντος

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας & Εντομολογίας

Περίληψη

Το *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) είναι ένας από τους σοβαρότερους εχθρούς της τομάτας παγκοσμίως, προκαλώντας απώλειες παραγωγής μέχρι και 80-100%. Η αντιμετώπισή του στηρίζεται στην χρήση συνθετικών εντομοκτόνων. Όμως, προβλήματα έχουν προκύψει εξαιτίας της εκτεταμένης χρήσης τους όπως η εμφάνιση ανθεκτικότητας καθώς και δυσμενείς επιδράσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στον άνθρωπο. Επομένως, είναι αναγκαίο να βρεθούν εναλλακτικοί τρόποι αντιμετώπισης του εντόμου-εχθρού. Πρόσφατες μελέτες αναφέρουν ότι διάφορα είδη μυκόρριζας και το βακτήριο *Pseudomonas putida* έχουν επίδραση τόσο στο *Tuta absoluta* όσο και στο αρπακτικό *Macrolophus pygmaeus* σε φυτά τομάτας.

Στην παρούσα μελέτη έγινε καταγραφή της απόστασης από το σημείο εκκόλαψης της προνύμφης μέχρι τη στοά της, της διάρκειας ανάπτυξης της προνύμφης και του βάρους της νύμφης και μελετήθηκε η προτίμηση ωοτοκίας του ενήλικου θηλυκού ατόμου *T. absoluta* σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επεμβάσεις από τις ενδομυκόρριζες του γένους *Glomus* και διαφόρων μικροοργανισμών ή του βακτηρίου *Pseudomonas putida*. Τέλος, έγινε καταγραφή της διάρκειας ανάπτυξης του αρπακτικού *M. pygmaeus* καθώς και η προτίμηση θήρευσης επί των ωών *T. absoluta* σε φυτά τομάτας μετά την επέμβαση με ενδομυκόρριζες του γένους *Glomus* και άλλων μικροοργανισμών ή με το *Pseudomonas putida*.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην περίπτωση της απόστασης από το σημείο εκκόλαψης της προνύμφης μέχρι την στοά της και της διάρκειας ανάπτυξης της προνύμφης σε σχέση με τον μάρτυρα. Το βάρος της νύμφης τόσο στην περίπτωση των ενδομυκόρριζων του γένους *Glomus* και άλλων μικροοργανισμών και του βακτηρίου *P. putida* ήταν σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με τον μάρτυρα. Στην περίπτωση της διάρκειας ανάπτυξης του αρπακτικού *M. pygmaeus* σε φυτά τομάτας καθώς και της προτίμησης θήρευσης του επί των ωών *T.*

absoluta τα αποτελέσματα έδειξαν να μην έχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε σύγκριση με τον μάρτυρα.

Επιστημονική περιοχή: Συμβιωτικοί μικροοργανισμοί

Λέξεις-κλειδιά: τομάτα, *Tuta absoluta*, *Macrolophus pygmaeus*, *Pseudomonas putida*, μυκόρριζα, συμβιωτικοί μικροοργανισμοί

Effect of beneficial symbiotic microorganisms of the roots on biological parameters of *Tuta absoluta* and *Macrolophus pygmaeus*

MSc Integrated Plant Protection & Environmental Management Systems
Department of Crop Science
Laboratory of Agricultural Zoology & Entomology

Abstract

Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) is one of the most serious tomato pests, causing losses up to 80-100%. Its control is based on the application of synthetic insecticides. However, their intensive use causes resistance development of the pest as well as adverse effects on the environment. Therefore, it is necessary to develop alternative ways to control this pest. Recent studies indicate that various species of mycorrhizae and the bacterium *Pseudomonas putida* cause adverse effects on *Tuta absoluta* or positive on the predator *Macrolophus pygmaeus* in tomato plants.

In the present study, the distance from the hatching point of the larva to its mine, the duration of larval development and the pupal weight as well as the oviposition preference of *T. absoluta* females was studied in treated and untreated tomato plants. The nymphal development of *M. pygmaeus* was recorded and its predation rate was compared between treated and untreated plants.

The results showed that there were no statistically significant differences in the distance from the hatching point of the larva to its mine and the duration of larval development in comparison to the control. The weight of the nymph was significantly higher than that of the control. In the case of the duration of the development of *M. pygmaeus* in a tomato plant as well as its preference for preying on *T. absoluta* eggs, the results showed no statistically significant differences compared to the control.

Scientific area: Symbiotic microorganisms

Keywords: tomato, *Tuta absoluta*, *Macrolophus pygmaeus*, *Pseudomonas putida*, mycorrhiza. symbiotic microorganisms

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Εισαγωγή.....	9
Κεφάλαιο 1 ^ο : Η τομάτα και η καλλιέργειά της.....	11
1.1 Ιστορικά στοιχεία-Οικονομική σημασία.....	11
1.2 Βοτανική ταξινόμηση και βοτανικοί χαρακτήρες.....	13
1.3 Ποικιλίες.....	14
1.4 Κυριότεροι εχθροί.....	15
Κεφάλαιο 2 ^ο : <i>Tuta absoluta</i>	27
2.1 Γεωγραφική κατανομή.....	27
2.2 Ταξινόμηση.....	27
2.3 Μορφολογία.....	28
2.4 Βιολογικός κύκλος.....	29
2.5 Ζημιές στις καλλιέργειες.....	31
2.6 Διαχείριση.....	32
2.6.1 Προστασία σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες.....	32
Κεφάλαιο 3 ^ο : Συμβιωτικοί μικροοργανισμοί φυτών και η σημασία τους στην αντιμετώπιση εντόμων.....	36
3.1 Μυκόρριζες.....	36
3.2 Ο ρόλος της συμβίωσης στην αντιμετώπιση των εχθρών των καλλιεργειών.....	40
3.3 Ανθεκτικότητα φυτών μέσω βιοχημικών μονοπατιών.....	42
3.4 Μυκόρριζες ως παράγοντας βιολογικού ελέγχου κατά των επιβλαβών εντόμων.....	43
3.5 Πειράματα που έχουν διεξαχθεί κατά την επέμβαση των ενδομυκόρριζων σε φυτά.....	44
Κεφάλαιο 4ο : Συμβιωτικά βακτήρια (<i>Pseudomonas putida</i>).....	46
4.1 <i>Pseudomonas putida</i> ως παράγοντας βιολογικού ελέγχου κατά των εντόμων.....	47
4.2 Πειράματα που έχουν διεξαχθεί κατά την επέμβαση του <i>P. putida</i> σε φυτά.....	47
Κεφάλαιο 5ο : Το αρπακτικό <i>Macrolophus pygmaeus</i>	49
Κεφάλαιο 6ο: Σκοπός πειράματος.....	52
Κεφάλαιο 7 ^ο : Υλικά και μέθοδοι.....	53
7.1 Υλικά.....	53
7.1.1 Φυτά τομάτας.....	53
7.1.2 Εκτροφή του εντόμου <i>Tuta absoluta</i>	53
7.1.3 Εκτροφή του αρπακτικού εντόμου <i>Macrolophus pygmaeus</i>	54

7.2 Πειραματική διαδικασία. Μελέτη της επίδρασης της μυκόρριζας και διάφορων ωφέλιμων μικροοργανισμών στο <i>T. absoluta</i>	56
7.2.1 Καταγραφή της απόστασης από το σημείο εκκόλαψης της προνύμφης μέχρι τη στοά της, διάρκεια ανάπτυξης της προνύμφης, βάρος νύμφης.....	56
7.2.2 Προτίμηση ωτοκίας ενήλικου θηλυκού <i>T. absoluta</i>	58
7.2.3 Διάρκεια ανάπτυξης του <i>Macrolophus pygmaeus</i>	59
7.2.4 Μελέτη της θήρευσης του <i>M. pygmaeus</i> επί των ωών <i>T. absoluta</i>	60
Κεφάλαιο 8ο : Αποτελέσματα.....	62
8.1 Επεμβάσεις με μυκόρριζα και ωφέλιμους μικροοργανισμούς.....	62
8.1.1 Καταγραφή της απόστασης από το σημείο εκκόλαψης της προνύμφης μέχρι τη στοά της, διάρκεια ανάπτυξης της προνύμφης, βάρος νύμφης.....	62
8.1.2 Προτίμηση ωτοκίας <i>Tuta absoluta</i>	64
8.1.3 Διάρκεια επιβίωσης του <i>Macrolophus pygmaeus</i>	65
8.1.4 Προτίμηση θήρευσης ωών του <i>T. absoluta</i>	65
8.2 Επεμβάσεις με το <i>Pseudomonas putida</i>	66
8.2.1 Καταγραφή απόστασης της προνύμφης από το ωό μέχρι την στοά, διάρκειας ανάπτυξης, βάρος νύμφης <i>T. absoluta</i>	66
8.2.2 Προτίμηση ωτοκίας <i>T. absoluta</i>	69
8.2.3 Διάρκεια επιβίωσης <i>M. pygmaeus</i>	69
8.3 Συζήτηση.....	71
Βιβλιογραφία.....	74

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γεωργικής Εντομολογίας και Ζωολογίας του Τμήματος Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, υπό την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή Διονύσιου Περδίκη.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Διονύσιο Περδίκη, για την αμέριστη συμπαράσταση και καθοδήγησή του καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μου διατριβής. Θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα υπόλοιπα μέλη της επιτροπής, τον Αναπληρωτή Καθηγητή Σωτήριο Τζάμο και τον Αναπληρωτή Καθηγητή Ιωάννη Γιαννακού τόσο για την συμμετοχή τους στην επιτροπή, όσο και για τις υποδείξεις τους.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Υποψήφια Διδάκτωρ του Εργαστηρίου Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας Σοφία Δερβίσογλου για την πολύτιμη βοήθεια της, την καθοδήγηση της και την συμπαράσταση της καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης αυτής της μελέτης και την Υποψήφια Διδάκτωρ του Εργαστηρίου Φυτοπαθολογίας Ειρήνη Πουλάκη για τις παρασκευές του εναιωρήματος του βακτηρίου που χρησιμοποίησα στη μελέτη μου και τις συμβουλές της. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον μεταπτυχιακό φοιτητή κ. Ευάγγελο Γιανουλάκη για τις συμβουλές του και για την πολύτιμη βοήθεια του. Θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρεία Vioyyl για τις οδηγίες που μου έδωσε σχετικά με τον τρόπο εφαρμογής του σκευάσματος. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αγάπη τους, την υπομονή τους και την στήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια.

Εισαγωγή

Η τομάτα *Solanum lycopersicum* L. ανήκει στην οικογένεια Solanaceae και είναι η σημαντικότερη καλλιέργεια κηπευτικών στον κόσμο μετά την πατάτα. Προέρχεται από το Περού και η παραγωγή της εξαπλώθηκε σε όλο τον κόσμο. Καλλιεργείται στον αγρό και στο θερμοκήπιο. Η καλλιέργεια της τομάτας αποτελεί μια καλλιέργεια θερμής εποχής και μπορεί καλλιεργηθεί τόσο σε υγρή όσο και σε ξηρή περίοδο με ετήσια βροχόπτωση 60-150 mm . Οι πολύ υψηλές βροχοπτώσεις κατά την ανάπτυξή της είναι επιβλαβείς. Όταν καλλιεργείται υπό ζεστό καιρό, καλλιεργείται ως αρδευόμενη καλλιέργεια. Το καλά στραγγισμένο αμμώδες αργιλώδες έδαφος με υψηλό επίπεδο οργανικής ύλης είναι πιο κατάλληλο για την καλλιέργεια της τομάτας με τα εδάφη υψηλής οξύτητας να μην χαρακτηρίζονται κατάλληλα για καλλιέργεια (Afshari et al., 2014).

Παρουσιάζει πολλαπλά οφέλη για την υγεία του ανθρώπου που οφείλονται στα φυτοχημικά συστατικά της. Ο καρπός είναι μια καλή πηγή θρεπτικών συστατικών που είναι σημαντικά για την ανθρώπινη υγεία (Wilcox et al., 2003). Μια μέτρια ώριμη τομάτα μπορεί να προσφέρει έως και 40% της συνιστώμενης ημερήσιας δόσης βιταμίνης C και 20% βιταμίνης A. Συμβάλλει επίσης στη διατροφή προσφέροντας βιταμίνες, κάλιο, σίδηρο και ασβέστιο. Περιέχει λυκοπένιο, ένα καροτενοειδές που βοηθά στην πρόληψη καρδιαγγειακών παθήσεων και ορισμένων καρκίνων (Perkins-Veazie et al., 2006).

Ο καρπός της τομάτας αποτελείται κυρίως από νερό, διαλυτά και αδιάλυτα στερεά και οργανικά οξέα, καθιστώντας το διαλυτό στερεό περιεχόμενο και το pH σημαντικά κριτήρια ποιότητας στις βιομηχανίες παραγωγής και μεταποίησης τομάτας. Το ποσοστό των στερεών στον καρπό της τομάτας επηρεάζεται έντονα από μια ποικιλία παραγόντων, όπως π.χ. κλίμα, τύπος εδάφους, λίπανση, άρδευση, ωριμότητα κατά τη συγκομιδή και χειρισμός μετά τη συγκομιδή. Η συνολική περιεκτικότητα σε στερεά μέρη στους καρπούς της τομάτας κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 5,5 - 9,5%, εκ των οποίων περίπου το 1% αποτελούν ο φλοιός και οι σπόροι. Τα διαλυτά στερεά στον καρπό της τομάτας αποτελούνται κυρίως από πολυσακχαρίτες, όπως π.χ. πηκτίνη.

Τα χαρακτηριστικά της απόδοσης της καλλιέργειας της τομάτας περιλαμβάνουν τον αριθμό των οφθαλμών, τον αριθμό των ανθέων και τον αριθμό των καρπών ενός

φυτού. Αυτά τα χαρακτηριστικά ποικίλλουν σε διαφορετικές ποικιλίες τομάτας. Η διακύμανση μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το pH του εδάφους, η ποιότητα των σπορόφυτων και οι ασθένειες των φυτών. Οι Markovic et al. (1997) δήλωσαν ότι οι καλύτερες αποδόσεις καλλιεργειών τομάτας επιτεύχθηκαν με ποιοτικά σπορόφυτα. Οι τομάτες είναι πιο ευαίσθητες σε υψηλότερες θερμοκρασίες στα τελευταία στάδια ωρίμανσής τους (Adams et al., 2001).

Η καλλιέργεια της τομάτας είναι ευαίσθητη σε πολλά παράσιτα, ασθένειες και ζωικούς εχθρούς όπως το *Tuta absoluta* Meyrick που αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους εχθρούς τα τελευταία χρόνια στην καλλιέργεια της τομάτας μειώνοντάς τη μέχρι και κατά 80-100%, οι αλευρώδεις *Bemisia tabaci* Gennadius και *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, οι αφίδες *Myzus persicae* Sulzer, τα ακάρεα *Tetranychus urticae* Koch, *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, *Aulacorthum solani* Kaltenbach όπως επίσης και το *Helicoverpa armigera* Hubner και η πράσινη βρωμούσα, το *Nezara viridula* Linnaeus, προκαλούν σημαντική μείωση της παραγωγικότητάς της και χρήζουν ολοκληρωμένης αντιμετώπισης (Περδίκης κ.ά., 2021).

Κεφάλαιο 1^ο : Η τομάτα και η καλλιέργειά της

1.1 Ιστορικά στοιχεία-Οικονομική σημασία

Η τομάτα κατάγεται από τις Άνδεις της Νότιας Αμερικής όπου σε αυτήν την περιοχή εκτός από το γένος *Lycopersicum* υπάρχουν και άλλα είδη του γένους *Solanum* που χαρακτηρίζονταν ως αγριοτομάτες. Πιθανότατα ο Ισπανός κατακτητής Cortes εισήγαγε για πρώτη φορά τη μικρή κίτρινη τομάτα στην Ισπανία (McCue, 1952). Από την Ισπανία, η τομάτα έφτασε στην Ιταλία όπου καταγράφηκε για πρώτη φορά το 1544 από τον βοτανολόγο Matthiolum. Η τομάτα καλλιεργήθηκε πρώτα ως καλλωπιστικό φυτό καθώς θεωρήθηκε από πολλούς ότι είναι δηλητηριώδες. Ενσωματώθηκε στην τοπική κουζίνα μόνο στα τέλη του 17ου ή στις αρχές του 18ου αιώνα (McCue, 1952). Κατόπιν, η κατανάλωση της τομάτας επεκτάθηκε στα βόρεια. Από την Αγγλία, η καλλιέργεια της τομάτας διαδόθηκε στη Μέση Ανατολή, την Ασία και τη Βόρεια Αμερική (McCue, 1952). Η ευρεία χρήση της τομάτας ως βρώσιμου λαχανικού ξεκίνησε τον 19ο αιώνα. Οι πρώτες ευρωπαϊκές ποικιλίες είχαν κίτρινους έως κόκκινους πεπλατυσμένους καρπούς με βαθιές αυλακώσεις. Η ανάπτυξη νέων ποικιλιών πραγματοποιήθηκε μέσω μετάλλαξης, φυσικής διασταύρωσης ή ανασυνδυασμού γενετικού υλικού (Bauchet & Causse, 2012).

Η τομάτα είναι ως επί το πλείστον αυτόγαμο φυτό και για αυτό τον λόγο οι διασταυρώσεις μεταξύ δύο διαφορετικών ποικιλιών ήταν αρκετά σπάνιες και αυτό επέτρεψε την απόκτηση και διατήρηση σταθερών πληθυσμών, που ήταν διαφορετικοί στο μέγεθος, στο χρώμα και στο σχήμα των καρπών. Ο 20ός αιώνας σηματοδεύτηκε από την ανάπτυξη εταιρειών σποροπαραγωγής που ανέπτυξαν και τα υβρίδια της τομάτας.

Η τομάτα καταναλώνεται νωπή αλλά και επεξεργάζεται ως πάστα, χυμός, σάλτσα, σκόνη, συμπυκνωμένη ή ολόκληρη. Αποτελεί ένα από τα τρόφιμα με τη μεγαλύτερη κατανάλωση παγκοσμίως, ακολουθώντας την κατανάλωση της πατάτας. Αποτελεί επίσης ένα από τα προτιμώμενα είδη για καλλιέργεια σε λαχανόκηπους (Ολύμπιος, 2001; Bai & Lindhout, 2007).

Η παγκόσμια ετήσια παραγωγή τομάτας αυξήθηκε σταθερά τις τελευταίες δεκαετίες και υπολογίζεται σε περίπου 123 εκατομμύρια τόνους με συνολική έκταση περίπου 4,5 εκατομμύρια εκτάρια. Οι κύριες χώρες παραγωγής τομάτας παγκοσμίως

είναι: Κίνα, Ευρωπαϊκή Ένωση, ΗΠΑ και Τουρκία (FAOSTAT, 2019). Σε παγκόσμιο επίπεδο, μεταξύ των κηπευτικών προϊόντων, η τομάτα κατατάσσεται στην τρίτη θέση για τον όγκο παραγωγής της - μετά την πατάτα και τη γλυκοπατάτα - και πρώτη στην κατάταξη στον τομέα της μεταποίησης (Brasceso et al., 2019). Η παγκόσμια παραγωγή τομάτας αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται τόσο για τους νωπούς όσο και για τους μεταποιημένους τύπους. Η καλλιέργεια της τομάτας στο θερμοκήπιο αυξάνεται συνεχώς και αυτό οφείλεται στις σχεδόν ιδανικές συνθήκες, τη συντομότερη ωρίμανση, την υψηλή παραγωγικότητα ανά μονάδα επιφάνειας και την παρατεταμένη φάση παραγωγής (Engindeniz & Tuzel, 2002; Tao et al., 2016).

Το κόστος παραγωγής εξακολουθεί να αποτελεί βασική πρόκληση στην παραγωγή τομάτας. Οι αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετωπίζουν προβλήματα με εχθρούς και ασθένειες, ακανόνιστα συστήματα παραγωγής και κατάχρηση χημικών (Garrido & Luque-Romero, 2014). Ως εκ τούτου, παγκοσμίως η βιωσιμότητα της αλυσίδας αξίας της αγοράς εξαρτάται από τη μείωση του κόστους των εισροών, όπως π.χ. λιπάσματα, φυτοφάρμακα, ενέργεια και νερό. Θέματα ασφάλειας και προστασίας του περιβάλλοντος κατά την παραγωγή θα διαδραματίσουν επίσης κρίσιμο ρόλο (Kenya Horticulture Competitiveness Project, 2012; FAOSTAT, 2019).

Η τομάτα λόγω των υψηλών αποδόσεων ανά εκτάριο και το δυναμικό μεταποίησης, είναι μία από τις σημαντικότερες καλλιέργειες του τομέα των γεωργικών τροφίμων στην Ελλάδα και καταναλώνεται από τον ελληνικό πληθυσμό σε μεγάλες ποσότητες, και χρησιμοποιείται σε πολλές παραδοσιακές συνταγές (Anastasiadis et al., 2020).

1.2 Βοτανική ταξινόμηση και βοτανικοί χαρακτήρες

Βοτανική ταξινόμηση

Η τομάτα, *Solanum lycopersicum* L., ανήκει στο γένος *Solanum* της οικογένειας Solanaceae (Σολανωδών). Συνώνυμά της είναι τα *Lycopersicon lycopersicum* (L.) H. Karst. και *Lycopersicon esculentum* Mill. Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά το φυτό, ο βλαστός, το ριζικό σύστημα, τα φύλλα, τα άνθη, ο καρπός και το σπέρμα (Ολύμπιος, 2001; Σάββας, 2017).

Περιγραφή φυτού

➤ Ριζικό σύστημα

Το ριζικό σύστημα του φυτού της τομάτας, αποτελείται από κεντρική, πασσαλώδη ρίζα που αναπτύσσεται σε βάθος μέχρι και 2 μέτρα, όμως το μεγαλύτερο μέρος του σχεδόν το 70%, βρίσκεται στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους. Ωστόσο στα καλλιεργούμενα φυτά τομάτας, στα οποία συνήθως έχει γίνει μεταφύτευση, η πρωτογενής πασσαλώδης ρίζα τραυματίζεται και καταστρέφεται από το κιβώτιο σποράς στο ατομικό μέσο ανάπτυξής του. Κατά αυτό τον τρόπο το ριζικό σύστημα των φυτών τομάτας που προέρχονται από μεταφύτευση αποκτά θυσσανώδη μορφή.

➤ Βλαστός

Ο κεντρικός βλαστός φέρει τα πραγματικά φύλλα, στις μασχάλες των οποίων υπάρχουν οφθαλμοί που δίνουν πλευρικούς βλαστούς. Το σχήμα του βλαστού είναι κυλινδρικό. Στο πρώτο στάδιο της ανάπτυξής του ο βλαστός είναι τρυφερός, χυμώδης, εύθραυστος, μαλακός και μετά γίνεται πιο σκληρός, δεν ξυλοποιείται και είναι σχετικά εύθραυστος. Η ανάπτυξη του βλαστού και το μήκος του εξαρτάται από γενετικούς παράγοντες καθώς υπάρχουν ποικιλίες με απεριόριστη ανάπτυξη βλαστών και άλλες ποικιλίες με βλαστούς συγκεκριμένου μήκους. Σε μονοστέλεχο σύστημα κατά το κλάδεμα φυτών τομάτας το μήκος του κεντρικού βλαστού μπορεί να ξεπεράσει τα 10m.

➤ Φύλλα

Τα πραγματικά φύλλα της τομάτας είναι σύνθετα και κάθε φύλλο αποτελείται από ζεύγη φυλλαρίων και παράφυλλων, με ένα μόνο φυλλάριο στην άκρη. Ανάλογα με την ποικιλία διαφέρει και ο αριθμός των ζευγών φυλλαρίων σε κάθε φύλλο. Η

επάνω επιφάνεια των φύλλων έχει χρώμα λαμπερό βαθύ πράσινο και η κάτω ελαιώδες ανοιχτό πράσινο.

➤ **Άνθη-Ταξιανθία**

Τα άνθη της τομάτας εμφανίζονται από 2-3 μέχρι και 20 ανά ταξιανθία ή περισσότερα, συνήθως 6-8 άνθη/ταξιανθία. Το άνθος φέρει πράσινο δερματώδη κάλυκα έχοντας 5 ή περισσότερα σέπαλα, στεφάνη κίτρινη με 5 ή περισσότερα ενωμένα πέταλα και 5 ή περισσότερους στήμονες οι οποίοι είναι ενωμένοι με την στεφάνη στην βάση τους και ενωμένοι μεταξύ τους κατά μήκος ώστε να σχηματίζουν κώνο γύρω από τον στύλο. Η ωθήκη είναι πολύχρωμη όπου κάθε χώρος έχει πολλά ωάρια.

➤ **Καρπός**

Ο καρπός της τομάτας είναι πολύχωρος ράγα, με ποικίλα σχήματα. Ο δίχωρος καρπός είναι συνήθως στρογγυλός ενώ ο πολύχωρος καρπός είναι πεπλατυσμένος.

➤ **Σπέρμα**

Ο σπόρος της τομάτας είναι πεπλατυσμένος με σχήμα ωοειδές έως νεφροειδές με διάμετρο 3-5 mm. Έχει χρώμα κίτρινο- καφέ, χρυσαφένιο και καλύπτεται από τριχοειδείς αποφύσεις. Φέρει ένα κυρτό έμβρυο.

1.3 Ποικιλίες

Οι ποικιλίες ή υβρίδια που καλλιεργούνται στο θερμοκήπιο διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες (Σάββας, 2017):

- Στις ποικιλίες determinate όπου η ανάπτυξή τους θα σταματήσει όταν φτάσουν ένα ορισμένο στάδιο
- Στις ποικιλίες indeterminate που αναπτύσσονται συνεχώς όσο διαρκεί η καλλιέργεια

Στην Ελλάδα, καλλιεργούνται κυρίως τα υβρίδια και οι ποικιλίες indeterminate. Είναι εκατοντάδες οι ποικιλίες και τα υβρίδια που κυκλοφορούν σήμερα στο εμπόριο για αυτό η τομάτα θεωρείται το λαχανικό με την μεγαλύτερο αριθμό ποικιλιών και υβριδίων. Ακόμα, στις ποικιλίες indeterminate διακρίνονται τέσσερις υποκατηγορίες ανάλογα με το βάρος του καρπού και είναι οι εξής :

- Καρπός Cherry: Οι καρποί τους έχουν βάρος 10-20 gr
- Μικρόκαρπες ποικιλίες : Οι καρποί τους έχουν βάρος 60-100 g
- Μεσόκαρπες ποικιλίες : Οι καρποί τους έχουν βάρος 100-150 g
- Μεγαλόκαρπες ποικιλίες : Οι καρποί τους έχουν βάρος 150 g και άνω.

1.4 Κυριότεροι εχθροί

Οι ζωϊκοί εχθροί μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την απόδοση όσο και την ποιότητα της παραγωγής των καλλιεργειών τομάτας. Παρακάτω παρουσιάζονται οι κυριότεροι ζωϊκοί-εντομολογικοί εχθροί της τομάτας (Πίνακας 1).

Κοινή ονομασία	Επιστημονική ονομασία	Τάξη	Οικογένεια
Αλευρώδεις	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood)	Hemiptera	Aleyrodidae
Αφίδες	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer) <i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas) <i>Aulacorthum solani</i> (Kaltenbach)	Hemiptera	Aphididae
Λεπιδόπτερα	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hubner) <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)	Lepidoptera Lepidoptera	Noctuidae Gelechiidae
Πράσινη βρωμούσα	<i>Nezara viridula</i> (Linnaeus)	Hemiptera	Pentatomidae
Φυλλορύκτες	<i>Liriomyza bryoniae</i> (Burgess) <i>Liriomyza trifolii</i> (Kaltenbach) <i>Liriomyza huldobrensis</i> (Blanchard)	Diptera	Agromyzidae
Ακάρεια	<i>Aculops lycopersici</i> (Masse) <i>Tetranychus urticae</i> (Koch)	Acarina Acarina	Eriophyidae Tetranychidae

Πίνακας 1: Οι κυριότεροι εντομολογικοί εχθροί της τομάτας.

- **Αφίδες-** *Myzus persicae* (Sulzer), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Aulacorthum solani* (Kaltenbach).

Μορφολογία: Το μέγεθος των αφίδων είναι 1,5-4mm. Χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη κυλινδρικών εξαρτημάτων (σιφωνίων) που προεξέχουν της κοιλίας. Απομυζούν και τρέφονται από τους χυμούς των φυτών. Τα στοματικά τους μόρια είναι νύσσοντος-μυζητικού τύπου με γνάθους διαμορφωμένες σε γναθικές σμήριγγες ή «στυλέτα» που τρυπούν τους φυτικούς ιστούς τα οποία όταν ενωθούν σχηματίζουν δύο σωληνίσκους και από αυτόν με τη μικρότερη διάμετρο εγχύεται σίελος και από

τον άλλον αναρροφάται ο φυτικός χυμός και έμμεσα προκαλούν βλάβη μέσω της εναπόθεσης μελιτώματος. Ορισμένα είδη μπορεί να προκαλέσουν σοβαρή παραμόρφωση των φύλλων, καχεξία, μαρασμό ή εξάπλωση ιών. Το *M. euphorbiae* απαντάται στην καλλιέργεια τομάτας συνήθως στο κάτω μέρος των φύλλων (Γιαμβριάς 1994; Perdakis & Lykouresis, 2004).

Φυτά-ξενιστές: Η ροδακινιά είναι ο πρωτεύων ξενιστής και η τομάτα αποτελεί ένα δευτερεύοντα ξενιστή για το *M. persicae*, όπως και ο καπνός, η πιπεριά, το σπανάκι και η μελιτζάνα. Διαχειμάζει ως άπτερο ενήλικο ή ακόμα και νύμφη εντός των θερμοκηπίων (Perdakis et al., 2008). Το *M. euphorbiae* είναι σπουδαίος εχθρός της πατάτας και της μελιτζάνας καθώς είναι εξαιρετικά πολυφάγος είδος με περισσότερα από 200 φυτά ξενιστές (Emden, 2014). Το *A. solani* είναι ένα εξαιρετικά πολυφάγο είδος προσβάλλει την καλλιέργεια της πατάτας, τομάτας, τουλίπας, χρυσάνθεμου κ.ά.

Συμπτώματα: Από τις άμεσες ζημιές που προκαλούνται από την απομύζηση των φυτικών χυμών είναι τα χαρακτηριστικά συμπτώματα της σκλήρυνσης των ιστών, το κατσάρωμα των φύλλων, ανάπτυξη παραμορφωμένων καρπών και ανθέων, κίτρινες κηλίδες στα φύλλα, γενική καχεξία και μειωμένη ανάπτυξη του φυτού. Οι έμμεσες ζημιές που προκαλούνται οφείλονται στις ιολογικές ασθένειες που μεταδίδουν οι αφίδες καθώς και την ανάπτυξη μυκήτων όπως του γένους *Carponidium* στα μελιτώδη εκκρίματα των αφίδων με χαρακτηριστικό σύμπτωμα την καπνιά.

Αντιμετώπιση: Εκτός των μέτρων υγιεινής που πρέπει να λαμβάνονται, θεωρείται απαραίτητη η ύπαρξη εντομοπροστατευτικού δικτύου, η τοποθέτηση κίτρινων παγίδων για τον έλεγχο των ειδών που εισέρχονται και οι τοπικές επεμβάσεις στα σημεία που υπάρχουν αποικίες με ήπια και εκλεκτικά εντομοκτόνα. Τα παρασιτοειδή *Aphidius colemani* Vier. και *Aphidius marticariae* Hal. αντιμετωπίζουν το *M. persicae*. Οι εξαπολύσεις αρχίζουν με 500 άτομα/ στρ. και πραγματοποιούνται τρεις ανά 10 ημέρες ενώ παρακολουθείται προοδευτικά ο παρασιτισμός. Τα παρασιτοειδή *Aphelinus abdominalis* και *Aphidius ervi* δρούν έναντι του *M. euphorbiae* όπου εφαρμόζονται εξαπολύσεις 250-500 παρασιτισμένων αφίδων ανά στρέμμα για 2-3 φορές ανά 7 ημέρες με την εμφάνιση των πρώτων αφίδων. Το παρασιτοειδές *A. ervi* μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση του *A. solani*. Με το αρπακτικό *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae) μπορεί να γίνει η αντιμετώπιση των αφίδων αλλά παρουσιάζει το μειονέκτημα της διάπαυσης σε

συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και φωτοπεριόδου. Νυμφώνεται σε βομβύκιο στο έδαφος, απαιτείται προσοχή στη χρήση πλαστικού κάλυψης του εδάφους, εμφανίζει ισχυρή αποτελεσματικότητα στην αναζήτηση αποικιών των αφίδων και εισάγεται με την μορφή νύμφης σε βομβύκιο γύρω στα 500-1000 άτομα/ στρέμμα και με 2-3 εφαρμογές ανά εβδομάδα (Perdikis et al., 2008). Τα αρπακτικά *Macrolophus calignosus* και *Macrolophus pyraeus* εφαρμόζονται στην αντιμετώπιση των αφιδών στην τομάτα με πολύ καλά αποτελέσματα όπου γίνονται εξαπολύσεις 0,5 με 2 άτομα ανά m² ανά εβδομάδα για 2-3 εβδομάδες από την έναρξη της προσβολής. Η χρήση ορισμένων μυκήτων για την καταπολέμηση των αφιδών απαιτεί ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας 20-25°C και σχετικής υγρασίας 90%. Χρησιμοποιούνται τα είδη *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* και το *Verticillium lecanii* τα οποία έδειξαν καλή αποτελεσματικότητα κατά των αφιδών (Perdikis et al., 2008). Επίσης, μπορούν να γίνουν τοπικές επεμβάσεις με εκλεκτικά εντομοκτόνα στα σημεία που εντοπίζονται οι αποικίες (Γιαμβριάς, 1994).



Εικόνα 1: Αφίδες σε φυτό τομάτας.

Πηγή: (Pucerons Tomates : comment protéger vos plants ? (partie 2) - Green Reflex, 2020)

- **Αλευρώδεις-** *Bemisia tabaci* (Gennadius), *Trialeurodes vaporariorum* Westwood

Μορφολογία: Το *T. vaporariorum* και το *B.tabaci* είναι από τους κυριότερους επιζήμιους εχθρούς στις καλλιέργειες. Το *T. vaporariorum* έχει μήκος 1.5-2 mm ενώ

το *B. tabaci* έχει μήκος 1-2mm, η διάκριση μεταξύ τους βασίζεται κυρίως στις μορφολογικές διαφορές της νύμφης 4^{ου} σταδίου. Η νύμφη του *T. vaporariorum* φέρει γενικά μακριά νημάτια και μικρές κέρινες προεξοχές περιμετρικά του σώματος, έχει σχήμα κανονικό ωοειδές και δεν φέρει ουραία αύλακα. Η νύμφη του *B. tabaci*, δεν φέρει μακριά νημάτια και μικρές κίτρινες προεξοχές περιμετρικά του σώματος, δεν έχει σχήμα κανονικό ωοειδές αλλά φέρει ουραία αύλακα. Οι αλευρώδεις μπορούν να συμπληρώσουν αρκετές γενεές (Περδίκης et. al., 2001).

Φυτά-ξενιστές: Το *T. vaporariorum* είναι πολυφάγο είδος όπου προσβάλλει τις καλλιέργειες της τομάτας, αγγουριού, μελιτζάνας, πιπεριάς καθώς και διάφορες ανθοκομικές καλλιέργειες (Γιαμβριάς, 1994). Το *B. tabaci* είναι πολυφάγο είδος, προσβάλλει την τομάτα, πατάτα, τον καπνό, το βαμβάκι και πολλές άλλες καλλιέργειες (Amden, 2014).

Συμπτώματα: Προκαλούν άμεση ζημιά με την μύζηση του φυτικού χυμού και έμμεση με την εναπόθεση των μελιτωμάτων στα φύλλα και καρπούς καθώς πάνω σε αυτά αναπτύσσονται μύκητες της καπνιάς (*Capnodium* spp.), μαυρίζει η φυλλική επιφάνεια με αποτέλεσμα την μείωση της φωτοσύνθεσης και των άλλων λειτουργιών του φυτού. Ορισμένα είδη αλευρώδη όπως το *B. tabaci* είναι πολύ ικανοί φορείς του ιού του κίτρινου καρουλιάσματος των φύλλων της τομάτας (Perdikis et al., 2001).

Αντιμετώπιση: Γίνεται τοποθέτηση κίτρινων παγίδων για την έγκαιρη επισήμανση ακμαίων. Για την καταπολέμηση του αλευρώδη γίνεται χρήση ωφέλιμων παρασιτοειδών όπως π.χ. το υμενόπτερο *Encarsia formosa* Gahan. Έχει μήκος 0,6 mm, με καστανόμαυρη κεφαλή, μαύρο θώρακα και κίτρινη κοιλία. Παρασιτεί νύμφες 3^{ης} και 4^{ης} ηλικίας και προτιμά το *T. vaporariorum*. Τρέφεται με μελιτώματα και με νύμφες (host feeding) προκαλώντας πρόσθετη μείωση του πληθυσμού του αλευρώδη (20-30%). Εναποθέτει περίπου 100-150 ωά. Μετά από περίπου 10-13 ημέρες η παρασιτισμένη νύμφη αποκτά μαύρο χρώμα. Το ενήλικο εξέρχεται μετά από περίπου 10 ημέρες (23°C) μέσω στρογγυλής οπής στο νότο της παρασιτισμένης νύμφης (Παρασκευόπουλος, 2016). Η χρήση του *E. formosa* γίνεται όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 17°C. Σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες θα πρέπει να χρησιμοποιούνται περισσότερα σημεία εξαπόλυσης. Προληπτικά γίνεται εξαπόλυση 1500 ατόμων/ 1-2 εβδ/ στρ. Με την εμφάνιση των πρώτων ατόμων αλευρώδη (π.χ. 1 ενήλικο ανά φυτό) εξαπολύονται 2.000 - 3.000 άτομα/ στρ. και γίνεται επανάληψη

για 2-3 φορές σε διαστήματα 7-14 ημερών. Η εξαπόλυση συνεχίζεται έως ποσοστό παρασιτισμού >60%. Η εμφάνιση των πρώτων «μαύρων» νυμφών εμφανίζονται μετά από περίπου 2 εβδομάδες με τα ενήλικα να χρειάζονται ακόμη 2 εβδομάδες. Το *E. formosa* αντιμετωπίζει προβλήματα από χαμηλές θερμοκρασίες, παρουσία μελιτώματος και πυκνό τρίχωμα φυτών (Παρασκευόπουλος, 2016). Το παρασιτοειδές *Eretmocerus eremicus* είναι πιο αποτελεσματικό για το *B. tabaci* σε σύγκριση με το *E. formosa* όπου παρασιτεί νύμφες 2^{ης} κι 3^{ης} ηλικίας και προσαρμόζεται σε υψηλές θερμοκρασίες 30°C. Από τα αρπακτικά για την αντιμετώπιση των αλευρωδών αποτελεσματικά είναι το *M. pygmaeus* όπως και το αρπακτικό *Nesidiocoris tenuis* (Perdikis et al., 2001). Για την καταπολέμηση των αλευρωδών χρησιμοποιούνται οι εντομοπαθογόνοι μύκητες *Beauveria bassiana*, *Raecilomyces fumosoroseus*, *Verticillium lecanii* όπου για την επιτυχή εγκατάστασή τους χρειάζεται 90% υγρασία (Perdikis et al., 2008).



Εικόνα 2: Προσβολή φυτών τομάτας από αλευρώδεις.

Πηγή: (Leke, n.d.)

➤ Πράσινη βρωμούσα (*Nezara viridula*) (Linnaeus)

Μορφολογία : Το ενήλικο *Nezara viridula* (Linnaeus) έχει μήκος 15-18 mm με ομοιόμορφο πράσινο χρωματισμό στο επάνω μέρος και απαλότερο πράσινο χρώμα στο κάτω μέρος του σώματος (van Emden, 2014). Διέρχεται από 5 νυμφικές ηλικίες

(Brezot et al., 1996). Τα ωά είναι αρχικά λευκά, γίνονται ρόδινα και εύκολα εντοπίζονται γιατί βρίσκονται σε ομάδες των 50 – 60 ωών στην κάτω επιφάνεια των φύλλων.

Φυτά- ξενιστές: Έχει έναν τεράστιο αριθμό ξενιστών όπως φασόλι, τομάτα, βαμβάκι, μηδική, πατάτα, και σιτηρά.

Συμπτώματα: Λίγα μόνο άτομα μπορούν να προκαλέσουν μεγάλη ζημιά στην παραγωγή. Προτιμά να προσβάλλει καρποφόρους σχηματισμούς όπου προκαλούνται κηλιδώσεις, τοπικές νεκρώσεις και παραμορφώσεις καθώς μπορούν να προκαλέσουν ζημιά όπως νεκρώσεις και σε άλλα μέρη του φυτού εφόσον οι καρποφόροι σχηματισμοί δεν είναι διαθέσιμοι (van Emden, 2014).

Αντιμετώπιση: Χρήση κίτρινων παγίδων για την καταπολέμηση του φέρει καλά αποτελέσματα (Tillman, 2019). Εξαπόλυση του παρασιτοειδούς *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae) (Abram et al., 2019) και των αρπακτικών της οικογένειας Coccinellidae (*Coleomegilla maculata*, *Harmonia axyridis*, *Hippodamia convergens*) (Cottrell et al., 2017). Χρησιμοποιούνται οι εντομοπαθογόνοι μύκητες *Beauveria bassiana* και *Metarhizium anisopliae* για την αντιμετώπιση της πράσινης βρωμούσας (Nada, 2015). Επεμβάσεις με εκλεκτικά εντομοκτόνα σε σημεία που εντοπίζονται οι αποικίες (Riga et al., 2019).



Εικόνα 3:Ενήλικο άτομα επί καρπού τομάτας

Πηγή: (EPPO, 2002)

- **Ακάρεα- *Aculops lycopersici* (Masse)**- μπουτζινη ακαρίαση της τομάτας, *Tetranychus urticae* Koch.

Μορφολογικά χαρακτηριστικά: Το ακμαίο του *Aculops lycopersici* έχει μέγεθος 0,15□0,2 mm, είναι σκωληκόμορφο, φέρει δύο ζεύγη ποδιών, και έχει χρώμα ωχροκίτρινο έως γκριζοκίτρινο. Το ωό είναι σφαιρικό, λευκό□γαλακτώδες. Τα θηλυκά γεννούν τα ωά τους (50□60 ωά/θήλυ) και κατά μήκος των νευρώσεων ή στη βάση των τριχών των φύλλων. Τα ακάρεα μυζούν τους φυτικούς χυμούς. Έχει μια γενεά ανά 7 ημέρες σε συνθήκες θερμοκρασίας 37°C και με σχετική υγρασία 30%. Η διασπορά του γίνεται κυρίως με τα έντομα και μέσω του ανέμου (Κωβαίος, 2010).

Το *Tetranychus urticae* Koch φέρει 2 μαύρες κηλίδες στο κιτρινοπράσινο σώμα. Απομυζά τους φυτικούς χυμούς και δημιουργεί ιστούς (Κωβαίος, 2010). Το μήκος σώματος του ακμαίου θηλυκού είναι 0,53 mm ενώ του αρσενικού είναι 0,35 mm. Η πρωτονύμφη έχει 3 ζεύγη ποδιών, η δευτερονύμφη και τριτονύμφη έχουν 4 ζεύγη ποδιών καθώς τα ενήλικα έχουν 4 ζεύγη ποδιών. Έχει πολλές γενεές το έτος (Γιαμβριάς, 1994).

Φυτά- ξενιστές: Το *A. lycopersici* προσβάλλει την τομάτα ενώ μπορεί να προκαλέσει σοβαρή ζημιά και στα άλλα σολανώδη όπως στην πιπεριά αλλά και σε άλλα είδη όπως τα βατόμουρα. Το *T. urticae* προσβάλλει την αγγουριά, πεπονιά, φασολιά, πιπεριά, τομάτα κ.ά (Γιαμβριάς, 1994).

Συμπτώματα-Οικονομική σημασία: Το άκαρι *A. lycopersici* προσβάλλει όλα τα υπέργεια μέρη της τομάτας και τρέφεται με φυτικούς χυμούς προκαλώντας σκωριόχρωμο μεταχρωματισμό και γενικά τα φυτά αποκτούν μια στιλπνή όψη μαρασμό, τα φύλλα αποκτούν πράσινο□μπρούτζινη απόχρωση και παρατηρούνται παραμορφώσεις, συστροφές περιφέρειας προς τα κάτω, φυλλόπτωση και σε μεγάλη προσβολή ξεραίνονται, οι καρποί φέρουν εκτεταμένες φελλώδους σύστασης κηλίδες, που συχνά συνοδεύονται από σχίσσιμο επιδερμίδας που μειώνει και την εμπορική αξία του προϊόντος (Ασημιάδης, 2003).

Το άκαρι *T. urticae* προκαλεί μεταχρωματισμό των φύλλων και τα κάνει κιτρινωπά, επέρχεται ξήρανση φύλλων και φυλλόπτωση και γενικά προκαλεί

εξασθένηση των φυτών. Εμφανίζονται κηλίδες αποχρωματισμού, οι οποίες είναι κίτρινες, καστανές (νεκρωτικές) στην άνω επιφάνεια του φύλλου και ανάλογα με την έκταση της προσβολής καλύπτουν αντίστοιχο τμήμα της φυλλικής επιφάνειας. Στους καρπούς δημιουργούνται σκωριόχρωες, άτονες και θαμπές κηλιδώσεις μειώνοντας έτσι την εμπορική αξία των καρπών (Γιαμβριάς, 1994).

Αντιμετώπιση: Για το *A. lycopersici* ως προληπτικά μέτρα συνιστώνται η χρησιμοποίηση υγιών φυταρίων, η εναλλαγή καλλιεργειών και η καταστροφή των προβεβλημένων φυτών. Σε περίπτωση προσβολής συνίσταται η επέμβαση με ήπια και εκλεκτικά ακαρεοκτόνα. Αντίστοιχα, στην περίπτωση του *T. urticae*, η αντιμετώπιση γίνεται με το αρπακτικό ακάρι *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae) (Γιαμβριάς, 1994). Συνίσταται κάποιο ήπιο και εκλεκτικό ακαρεοκτόνο σε περίπτωση που οι πληθυσμοί δεν ελέγχονται. Στα προληπτικά μέτρα περιλαμβάνεται η απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καλλιέργειας καθώς και η άρδευση (Περδίκη, 2001).

➤ **Φυλλορύκτες** (*Liriomyza bryoniae* (Burgess), *Liriomyza trifolii* (Kaltenbach))

Μορφολογικά χαρακτηριστικά: Τα ενήλικα έχουν μέγεθος 2-3mm και γκρίζο χρώμα με κίτρινες περιοχές. Οι πτέρυγες διαφανείς-ιριδίζουσες. Στα είδη του γένους *Liriomyza* διακρίνονται τρία προνυμφικά στάδια. Οι προνύμφες είναι άχρες, αργότερα παίρνουν υποκίτρινο χρωματισμό και είναι ακέφαλες άποδες. Η νύμφη συναντάται στα φύλλα αλλά κυρίως στο έδαφος. Το ωό στην αρχή είναι διαφανές και έπειτα παίρνει γαλακτώδες χρώμα.

Φυτά- ξενιστές: Το *Liriomyza trifolii* έχει πολλά φυτά ξενιστές ιδιαίτερα ανθοκομικά φυτά θερμοκηπίων όπως το χρυσάνθεμο, η ζέρμπερα καθώς και κηπευτικά φυτά, το *Liriomyza bryoniae* προσβάλλει κυρίως την τομάτα, το μαρούλι, την αγγουριά και την πεπονιά.

Συμπτώματα: Τα θηλυκά και τα αρσενικά τρέφονται από τις πληγές που δημιουργούν τα θηλυκά στα φύλλα και μπρούν να εισέλθουν βακτήρια, μύκητες και άλλοι μικροοργανισμοί προκαλώντας ασθένειες στο φυτό. Οι προνύμφες ορρύσουν στοές στο μεσόφυλλο και στους βλαστούς έχοντας ως αποτέλεσμα την μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας του φυτού (Γιαμβριάς, 1994).

Αντιμετώπιση: Η χρήση κίτρινων παγίδων με κόλλα δεν γίνεται μόνο για την παρακολούθηση του εντόμου αλλά για την καταπολέμησή του όπου μπορεί να αποφέρει καλά αποτελέσματα. Το παρασιτοειδές φυλλορυκτών *Diglyphus isaea* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae) είναι εκτοπαρασιτοειδές μεγέθους 2mm. Το ωό του εισάγεται δίπλα στην προνύμφη (2^{ης} ή 3^{ης} ηλικίας) του φυλλορύκτη εντός της στοάς της (200-300 ωά/θηλυκό). Το θηλυκό παραλύει την προνύμφη η οποία αργότερα νεκρώνεται, για να αποτελέσει τροφή της προνύμφης του παρασιτοειδούς με αποτέλεσμα να νυμφωθεί εντός της στοάς του φυλλορύκτη. Το θηλυκό τρέφεται με την αιμολέμφο που εξέρχεται από τις πληγές που προξενεί σε προνύμφες 1^{ης} ή 2^{ης} ηλικίας του φυλλορύκτη όπου προκαλεί πρόσθετη μείωση του πληθυσμού κατά 15-30% . Το *Diglyphus isaea* είναι συνήθως είναι πιο αποτελεσματικό κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο και όταν υπάρχει ήδη προσβολή (100 άτομα/ στρέμμα/ 2 εβδομάδες). Το παρασιτοειδές φυλλορυκτών *Dacnusa sibirica* Telenga (Hymenoptera: Braconidae) είναι ένα ενδοπαρασιτοειδές μεγέθους 3mm. Το θηλυκό εναποθέτει 1 ωό εντός της προνύμφης του φυλλορύκτη 1-2^{ης} ηλικίας. Το ενήλικο εξέρχεται από τη νύμφη του φυλλορύκτη. Έχει υψηλή ικανότητα αναζήτησης, είναι καλύτερα προσαρμοσμένο σε χαμηλές θερμοκρασίες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από Νοέμβριο ως Μάρτιο και σε αρχική προσβολή (π.χ. 1 προνύμφη φυλλορύκτη ανά 10 φυτά) (250-300 άτομα/ στρέμμα/ 2 εβδομάδες). Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μίγμα από αυτά τα δύο παρασιτοειδή. Είναι απαραίτητο να γίνεται παρακολούθηση του ποσοστού του παρασιτισμού για τη διακοπή των εξαπολύσεων μέσα από τον έλεγχο του μήκους των στοών και της παρουσίας προνυμφών των παρασιτοειδών. Τα πολυφάγα αρπακτικά *Macrolophus* spp. μπορούν να συνεισφέρουν στην αντιμετώπιση της λιριόμυζας. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθούν εκλεκτικά εντομοκτόνα (Perdikis et al., 2008).



Εικόνα 4: Προσβολή φύλλων τομάτας από φυλλορύκτη

Πηγή : (Pests Archives - YardSmartMarin, 2021)

➤ **Λεπιδόπτερα- *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae)**
Μορφολογικά χαρακτηριστικά: Το ενήλικο του *Helicoverpa armigera* είναι μεγέθους 14-18mm και γενικά η μορφή του έχει πολλές ομοιότητες με τα είδη της οικογένειας Noctuidae. Το χρώμα του είναι κίτρινο ή κιτρινοπράσινο και ορισμένες φορές με ελαφριά κόκκινη απόχρωση. Οι πρόσθιες πτέρυγες μέρους είναι καστανοκίτρινες με μια ενδιάμεση λωρίδα πιο σκούρου χρώματος και υπάρχουν δυο χαρακτηριστικές σκούρες κηλίδες. Οι οπίσθιες πτέρυγες είναι υπόλευκες με καστανή λωρίδα κατά μήκος τους. Το ωό είναι σφαιρικό με διάμετρο 0,5 mm και φέρει αυλακώσεις. Είναι ανοιχτό κίτρινο στην αρχή και όσο πλησιάζει στην εκκόλαψη γίνεται καστανού χρώματος. Η προνύμφη είναι χρώματος ανοιχτού κίτρινου έως καστανοκόκκινου και φέρει 5 ζεύγη ψευδοπόδων από το 3^ο έως 6^ο τμήμα της κοιλίας καθώς και στο 10^ο τμήμα (Perdikis & Lykouresis, 2000).

Φυτά ξενιστές: Προσβάλλει τις καλλιέργειες του βαμβακιού, της τομάτας, του καλαμποκιού, φασολιού κ.ά.

Συμπτώματα: Προκαλεί εκτεταμένες ζημιές στα φύλλα και στους καρπούς.

Αντιμετώπιση: Θα πρέπει να γίνεται εγκατάσταση εντομοστεγών δικτύων στα ανοίγματα του θερμοκηπίου και να λαμβάνονται αυστηρά μέτρα υγιεινής. Θα πρέπει να εξασφαλίζονται καθαρά φυτάρια πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας. Τα υπολείμματα από προηγούμενες καλλιέργειες θα πρέπει να καταστρέφονται. Θα πρέπει να γίνεται εισαγωγή φερομονικών παγίδων στους διαδρόμους των θερμοκηπίων για την επισήμανση των πρώτων λεπιδοπτέρων. Σε προσβολές γίνεται η επέμβαση με *Bacillus thuringiensis* εναντίον των νεαρών προνυμφών, επέμβαση με ρυθμιστές ανάπτυξης, η εφαρμογή παρσιτοειδών όπως του *Cotesia marginiventris* και *Trichogramma* sp. αλλά και των αρπακτικών της οικογένειας Miridae (Perdikis & Lykouresis, 2000).



Εικόνα 5: Προνύμφη *Helicoverpa armigera* σε καρπό τομάτας.

Πηγή: (EPPO, 2002)

Κεφάλαιο 2^ο : *Tuta absoluta*

2.1 Γεωγραφική κατανομή

Ο υπονομευτής της τομάτας *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) προέρχεται από χώρες της λατινικής Αμερικής. Στην Ευρώπη πρωτοεμφανίστηκε το 2006 στην Ισπανία και έπειτα στην Τυνησία, Αλγερία το 2008 και στην Βουλγαρία, Αλβανία, τη Γερμανία, τη Μάλτα, την Ελβετία, την Πορτογαλία και το Ηνωμένο Βασίλειο το 2009 (Ferracini, 2019).

Στην Ελλάδα καταγράφηκε για πρώτη φορά τον Ιούνιο του 2009 στον Πλατανιά Χανίων, στη συνέχεια, και σε σύντομο χρονικό διάστημα, η παρουσία του εντόμου καταγράφηκε σχεδόν σε όλη την επικράτεια της χώρας. Ταυτόχρονα, η παρουσία του καταγράφηκε για πρώτη φορά σε Ηράκλειο, Πάτρα, Πρέβεζα και Τριφυλία. Εξαιτίας της εξαιρετικής προσαρμοστικής ικανότητας του εντόμου, της έντονης εμπορικής δραστηριότητας, των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών και της αφθονίας των φυτών-ξενιστών του, έγινε δυνατή η ταχεία εξάπλωσή του (Adamou & Garba, 2017). Το 2004 προστέθηκε στην Α1 λίστα του EPPO για τους εχθρούς καραντίνας και μεταφέρθηκε το 2009 στην Α2 λίστα ως πρόσφατα εντοπισμένο σε ευρωπαϊκή περιοχή. Στην κατηγορία Α2 εντάσσονται οι εχθροί όπου είναι περιορισμένης εξάπλωσης σε μια νέα περιοχή, ενώ στην κατηγορία Α1 εντάσσονται οι εχθροί που δεν πρέπει να εισβάλλουν σε νέες περιοχές (Roditakis, 2009).

2.2 Ταξινόμηση

Kingdom	Animalia
Phylum	Arthropoda
Subphylum	Hexapoda
Class	Insecta
Order	Lepidoptera
Family	Gelechiidae
Genus	<i>Tuta</i>
Species	<i>Absoluta</i>

Πίνακας 2: Ταξινόμηση του *T. absoluta*

2.3 Μορφολογία

Το ωό έχει μήκος από 0,36 mm έως 0,22 mm, είναι ωοειδές-κυλινδρικό, κρεμώδες λευκό έως κίτρινο (EPPO, 2005; Urbaneja et.al, 2013). Η προνύμφη είναι ευκέφαλη πολύποδη και διέρχεται από 4 προνυμφικές ηλικίες έως ότου νυμφωθεί (Desneux et al., 2010; Vercher et al., 2010). Η προνύμφη ηλικίας L1 είναι λευκή μήκους 0,9 mm και γίνεται πρασινωπή ή ελαφρώς ρόδινη στην ηλικία L2 μέχρι και L4 φτάνοντας σε μήκος 7,5 mm. Επίσης, σε όλες τις ηλικίες της φέρει μια χαρακτηριστική μαύρη ζώνη στον προθώρακα, πίσω από την κεφαλή (Harizanona et al. 2009). Οι νύμφες έχουν μήκος 5-6 mm, έχουν κυλινδρικό σχήμα όπου στην αρχή ο χρωματισμός είναι πρασινωπός και έπειτα γίνεται σκούρος πράσινος, όσο πλησιάζει στο στάδιο του ενήλικου (EPPO, 2005). Το ενήλικο έχει μήκος 5-7 mm με άνοιγμα πτερύγων 10-14 mm. Το χρώμα του είναι γκρί-καφέ με μαύρες κηλίδες στις πρόσθιες πτέρυγες. Οι κεραίες είναι νηματοειδείς με μήκος περίπου 10 mm (El Shafie, 2020).



Εικόνα 6: Προνύμφη του *T. absoluta*.

Πηγή : Alchetron.com (2018).

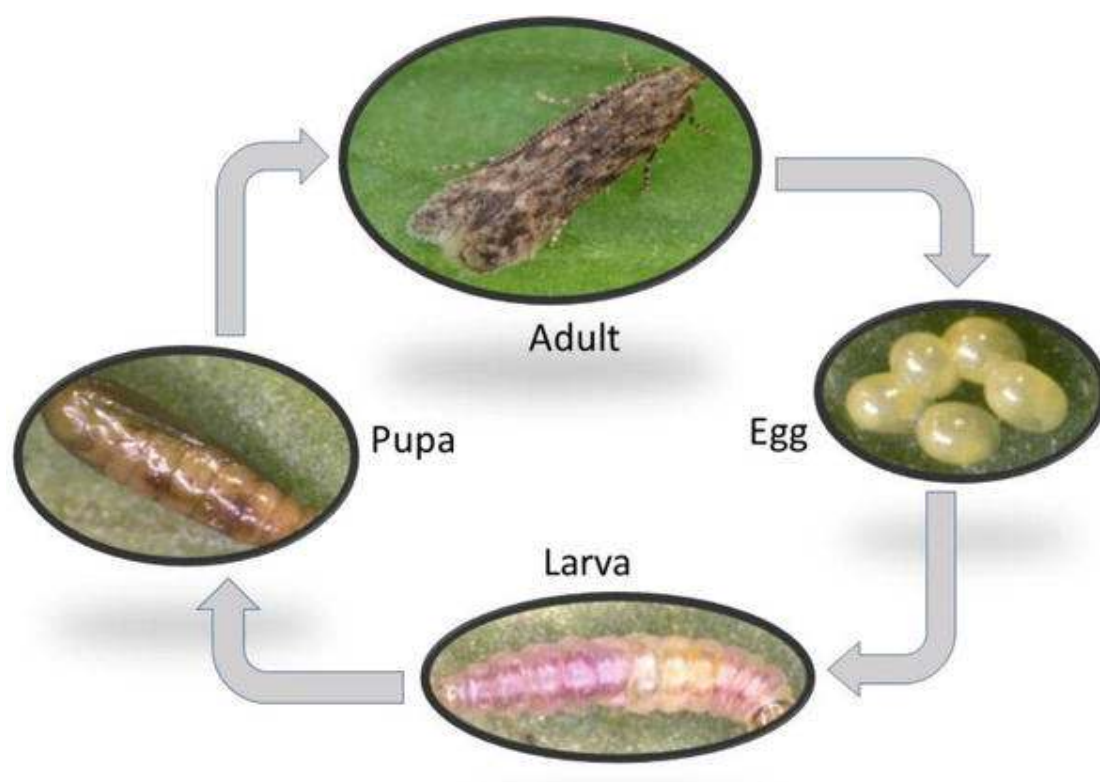


Εικόνα 7: Μορφολογία του ενήλικου του *T. absoluta*

Πηγή : (Agrorama.gr, 2018).

2.4 Βιολογικός κύκλος

Το *T. absoluta* είναι ολομετάβολο έντομο, ο βιολογικός του κύκλος αποτελείται από το ωό, προνύμφη, νύμφη, ακμαίο. Τα ενήλικα άτομα ωοτοκούν στα φύλλα, στους μίσχους και σε μικρότερο βαθμό στους καρπούς. Σχετικά με την συμπεριφορά τους, τα ενήλικα είναι νυκτόβια και την ημέρα κρύβονται σε προστατευμένα μέρη όπως την κάτω επιφάνεια των φύλλων και στο έδαφος. Η σύζευξη πραγματοποιείται μια φορά την ημέρα ενώ κατά την διάρκεια όλης της ζωής τους τα θηλυκά άτομα μπορούν να συζευχθούν 6 φορές. Η σύζευξη μπορεί να διαρκέσει 4-5 ώρες. Η ωοτοκία ξεκινά 7 ημέρες μετά την πρώτη σύζευξη όπου τα θηλυκά ωοτοκούν το 76% των ωών τους ενώ περίπου το 92% των ωών εναποτίθεται 1 με 3 ημέρες μετά τη σύζευξη. Το θηλυκό μπορεί να εναποθέσει 260 ωά. Η ωοτοκία πραγματοποιείται κυρίως κατά τις απογευματινές και νυκτερινές ώρες. Η εναπόθεσή των ωών γίνεται μεμονωμένα ή σε ομάδες κυρίως σε νεαρά φύλλα (73%) και ακολούθως σε ένα μικρότερο ποσοστό στους μίσχους (21%), σέπαλα (5%) και καρπούς (1%) (Tropea Garzia et al., 2012).



Εικόνα 8: Βιολογικός κύκλος του *T. absoluta*.

(Πηγή : Abdel Farag El-Shafie, 2020).

Η διάρκεια του βιολογικού του κύκλου κυμαίνεται από 24-40 ημέρες εξαρτώμενη από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και κυρίως την θερμοκρασία (Desneux et al. 2010). Οι Barientos et al. (1998) αναφέρουν ότι ο μέσος χρόνος ανάπτυξης από το ωό μέχρι το ενήλικο είναι 76,3 ημέρες στους 14 °C, 39,8 ημέρες στους 19,7 °C και 23,8 ημέρες στους 27,1 °C . Επίσης, υπολόγισαν το κατώτατο όριο ανάπτυξης των ωών, των προνυμφών και νυμφών σε $6,9 \pm 0,5$, $7,6 \pm 0,1$ και $9,2 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα. Με βάση τα παραπάνω, το κατώτερο όριο ανάπτυξης του είναι $8,1 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Για την ολοκλήρωση του κύκλου ανάπτυξης του το έντομο απαιτεί $453,6 \pm 3,9$ ημεροβαθμούς DD (Tropea Garzia et al., 2012).

Το *T. absoluta* μπορεί να έχει 10-12 γενιές ετησίως στη Νότια Αμερική (Desneux et al., 2010), στις περιοχές της Μεσογείου όπως στην Ιταλία έχει αναφερθεί ότι ολοκληρώθηκαν 9 γενεές ανά έτος (Sannino & Espinosa, 2010) και στην Ισπανία 13 γενεές ανά έτος αντίστοιχα (Vercher et al., 2010). Σε περιοχές με θερμό κλίμα, ακμαία απαντήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Vercher et al., 2010).

2.5 Ζημιές στις καλλιέργειες

Το έντομο αυτό είναι εξαιρετικά ζημιογόνο καθώς μειώνει την ποιότητα των καρπών της τομάτας ενώ οι απώλειες στην παραγωγή μπορούν να φτάσουν στο 80-100%, τόσο στο θερμοκήπιο όσο και στις υπαίθριες καλλιέργειες (Desneux et al., 2010, Duerte et al., 2015). Οι νεαρές προνύμφες ορύσσουν στοά στο μεσόφυλλο αφήνοντας άθικτη την επιδερμίδα μειώνοντας την φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων. Αρχικά οι στοές είναι μικρές αλλά στην συνέχεια διευρύνονται δημιουργώντας θάλαμους (Chidege et al., 2016). Το έντομο καταστρέφει τους ιστούς του φυτού σε όλα τα φαινολογικά στάδια του και έτσι προκαλεί σοβαρά προβλήματα σε νεαρά φυτά τομάτας (Desneux et al., 2010).



Εικόνα 9: Ζημιές από την προνύμφη του *T. absoluta* σε φύλλο τομάτας

Πηγή : (Koppert, n.d.)

Οι προνύμφες μέσω της διάνοιξης στοάς στον καρπό προς την πλευρά του κάλυκα καθιστούν τον καρπό μη εμπορεύσιμο, ενώ οι πληγές που δημιουργούνται αποτελούν εστίες δευτερογενών προσβολών από διάφορα παθογόνα, όπως μύκητες και τελικά επέρχεται η σήψη των καρπών (Tropea Garzia et al., 2012).

Η οικονομική ζημιά που επιφέρει το *Tuta absoluta* έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους καλλιέργειας της τομάτας, ιδίως, με το πρόσθετο κόστος

προστασίας από εντομολογικούς εχθρούς, μείωση της εμπορικής αξίας των προϊόντων και μείωση των εξαγωγών σε άλλες χώρες. Οι οικονομικές επιπτώσεις με βάση την απώλεια απόδοσης υπολογίζεται σε 5–25 εκατομμύρια ευρώ ετησίως στην Ολλανδία (Potting et al., 2013). Στην Τουρκία, το ετήσιο κόστος της χημικής καταπολέμησης του *Tuta absoluta* ήταν περίπου 160,7 εκατομμύρια (Oztemiz, 2014).



Εικόνα 10: Καρπός τομάτας με ζημιές από *T. absoluta*

Πηγή : (EPPO, 2001).

2.6 Διαχείριση

2.6.1 Προστασία σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες

Για την ολοκληρωμένη διαχείριση του *T. absoluta* τρεις είναι βασικές αρχές που πρέπει να εφαρμόζονται: η πρόληψη της προσβολής, η σωστή παρακολούθηση και η αντιμετώπιση της προσβολής (Περδίκης κ.ά., 2020):

Πρόληψη

- Εγκατάσταση προθάλαμου με διπλές πόρτες στο τμήμα της εισόδου του θερμοκηπίου.

- Τοποθέτηση εντομοστεγούς δικτύου και στα ανοίγματα της οροφής του θερμοκηπίου ώστε να παρεμποδίζεται η εισαγωγή εντόμων στον εσωτερικό του χώρο.
- Αποφυγή μεταφοράς υπολειμμάτων από προηγούμενη καλλιέργεια με υλικά συσκευασίας και καλλιεργητικά εργαλεία που δεν έχουν καθαριστεί επιμελώς μετά τη χρήση τους από γειτονική καλλιέργεια ή μετά το χειρισμό τους σε προσβεβλημένη περιοχή.
- Απολύμανση του εδάφους.
- Καταστροφή ζιζανίων και κυρίως αυτών που υπάγονται στην ίδια οικογένεια με την τομάτα (*Solanaceae*).
- Χρήση υγιών πιστοποιημένων σποροφύτων.
- Απομάκρυνση και καταστροφή προσβεβλημένων φύλλων και καρπών.

Παρακολούθηση προσβολής

- Έλεγχος των σημείων που θα μπορούσαν να προσβληθούν όπως κοντά στα σημεία θέρμανσης ή στα ανοίγματα του θερμοκηπίου.
- Για τον εντοπισμό των εντόμων εντός της καλλιέργειας και για την παρακολούθηση του πληθυσμού του *T. absoluta* χρησιμοποιούνται παγίδες τύπου «δέλτα» ή «χοάνης» με φερομόνη φύλου με εξειδικευμένη δράση που προσελκύει τα αρσενικά του κάθε είδους. Οι παγίδες για το *T. absoluta* πρέπει να τοποθετούνται 2 εβδομάδες πριν την μεταφύτευση.
- Η απόφαση για ψεκασμό για το *T. absoluta* θα πρέπει να έχει βασιστεί στο επίπεδο προσβολής των φυτών και στο στάδιο που βρίσκεται το έντομο και μόνο όταν η πληθυσμιακή πυκνότητα του εντόμου-στόχου ξεπεράσει μια κρίσιμη τιμή που ονομάζεται οικονομικό όριο ζημιάς η οποία εκτιμάται με την εφαρμογή δειγματοληψιών.

Αντιμετώπιση

1. Μέθοδος παρεμπόδισης της σύζευξης

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται με την τοποθέτηση διαχυτήρων φερομόνης μέσα στο θερμοκήπιο. Με αυτό τον τρόπο το αρσενικό δεν μπορεί να εντοπίσει το θηλυκό κι έτσι ο πληθυσμός των εντόμων μειώνεται με αποτέλεσμα να μειώνεται η ζημιά. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κατά την έναρξη της καλλιέργειας κι έτσι μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη μείωση του ποσοστού προσβολής. Οι Jallow et al. (2020) βρήκαν πως με την μέθοδο αυτή μπορεί να παρατηρηθεί μείωση των αρσενικών έως και κατά

90% και ταυτόχρονα η αποτελεσματικότητα της μεθόδου είναι ιδιαίτερα υψηλή. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με αρκετές μεθόδους για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα.

2. Μηχανική αντιμετώπιση

Ο τακτικός έλεγχος των φυτών στην αρχή της καλλιέργειας για τον εντοπισμό των πρώτων ατόμων και τη συλλογή και καταστροφή των πρώτων φύλλων που έχουν προσβληθεί συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση των πιθανοτήτων επιτυχούς θεραπείας. Θα πρέπει να εντοπιστούν πιθανοί εχθροί κοντά στο άνοιγμα του θερμοκηπίου ή όπου η θερμοκρασία είναι υψηλότερη το χειμώνα.

3. Βιολογική αντιμετώπιση

Η βιολογική αντιμετώπιση μπορεί να επιτευχθεί μέσω της χρήσης βιολογικών παραγόντων όπως αρπακτικών, παρασιτοειδών και εντομοπαθογόνων μικροοργανισμών. Τα αρπακτικά είδη *Macrolophus pygmaeus* και *Nesidiocoris tenuis* είναι ιθαγενή είδη της λεκάνης της Μεσογείου και η παρουσία τους καταγράφεται σε μεγάλους πληθυσμούς σε κηπευτικά όπως την τομάτα και μελιτζάνα καθώς και σε πολλά αυτοφυή είδη (Lykouressis et al., 2000). Είναι πολυφάγα είδη τρεφόμενα με σοβαρούς εχθρούς της τομάτας και όπως αλευρώδεις, αφίδες, θρίπες, ακάρεα αλλά και του λεπιδοπτέρου *Tuta absoluta* (Perdikis et al., 2011; Calvo et al., 2012; Urbaneja et al., 2012). Τα αρπακτικά αυτά είναι ζωοφυτοφάγα. Το *M. pygmaeus* μπορεί να τρέφεται μόνο με το φυτικό χυμό όταν υπάρχει έλλειψη λείας και μπορεί να αναπτυχθεί και να φωτοκλήσει όταν τρέφεται μόνο με τα φύλλα της τομάτας και της μελιτζάνας (Perdikis and Lykouressis, 2000). Όμως, στην περίπτωση του *N. tenuis* που μπορεί να τραφεί και αυτό με το φυτό, τα άτομα δεν μπορούν να φτάσουν στο στάδιο της ενηλικίωσης απουσίας λείας (Urbaneja et al. 2005). Το *M. pygmaeus* εντοπίζεται το χειμώνα σε μη αυτοφυή είδη όπως το φυτό *Dittrichia viscosa* (κν. ψίλλυθρο, ακονυζιά) λειτουργώντας ως εναλλακτική πηγή τροφής για το αρπακτικό (Gabarra et al., 2004; De Backer et al., 2014). Τα δύο αρπακτικά έχουν δείξει ενθαρρυντικά αποτελέσματα στον έλεγχο των ωών καθώς και των προνυμφών του *T. absoluta* (Urbaneja et al., 2009; Arnó et al., 2009; Molla et al., 2009). Το ωοπαρασιτοειδές *Trichogramma achaeae* έχει αποδειχθεί ότι μειώνει σημαντικά τη συχνότητα εμφάνισης του *T. absoluta* όμως δεν αποτελεί οικονομική μέθοδο και καλό θα ήταν να συνδυαστεί με άλλες βιολογικές μεθόδους (Desneux et al., 2010). Ο έλεγχος των νεαρών προνυμφών του *T. absoluta* με το εντομοπαθογόνο βακτήριο *Bacillus thuringiensis* είναι πολύ αποτελεσματικός όπου καταγράφηκε 77%

θνησιμότητα των προνυμφών (Cabrera et al., 2011) και σε συνδυασμό με πολυφάγα αρπακτικά δίνει πολύ καλά αποτελέσματα στον έλεγχο του *T. absoluta* σε υπαίθριες και σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες τομάτας (Molla et al., 2011). Ο εντομοπαθογόνος μύκητας *Beauveria bassiana* είναι αποτελεσματικός κατά των προνυμφών του *T. Absoluta* όπου προκάλεσε θνησιμότητα 90% (Silva et al., 2020). Στην περίπτωση του *Metarrhizium anisopliae*, παρατηρήθηκε 87,5% θνησιμότητα στις προνύμφες του *T. absoluta* (Tadele et al., 2017). Οι εντομοπαθογόνοι νηματώδεις που χρησιμοποιούνται σε θερμοκήπια, όπως το *Steinernema carposapsae* και το *Heterorhabditis bacteriophora*, που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση των προνυμφών *T. absoluta* προκάλεσαν θνησιμότητα 48-51%. Αντίστοιχες εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει ότι τα παραπάνω είδη είναι αποτελεσματικά έναντι προνυμφών κάθε ηλικίας και έχουν υψηλό ποσοστό θνησιμότητας. (Kamali et al. 2018).

4. Φυτικά εκχυλίσματα

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυτικά εκχυλίσματα και υψηλής ποιότητας έλαια για την μείωση των πληθυσμών του *T. absoluta*. Θνησιμότητα έναντι των προνυμφών του εντόμου καθώς και απώθηση των ενηλίκων έχει παρατηρηθεί με την χρήση φυτικών ελαίων και εκχυλισμάτων (Campolo et al. 2017, Yarou et al. 2017).

5. Χημική αντιμετώπιση

Η χημική αντιμετώπιση θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του ΥπΑΑΤ, ωστόσο έχει παρατηρηθεί ότι η εκτεταμένη χρήση τους οδηγεί στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας του *T. absoluta* όπως σε διαμίδα, σπινοσίνες, αβερμεκτίνες και σε πυρεθρίνες (Roditakis et al., 2015; Biondi et al., 2018).

Στην καταπολέμηση του *T. absoluta* έχει μελετηθεί η δράση του ορυκτού καολίνης. Η εφαρμογή του έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό προστατευτικής επικάλυψης (μεμβράνης) στην επιφάνεια του φυτού, που δρα ως εντομοαπωθητικό για τα θηλυκά του *T. absoluta* και η επίδρασή του είναι ενθαρρυντική (De Smedt et al. 2016).

Κεφάλαιο 3^ο : Συμβιωτικοί μικροοργανισμοί φυτών και η σημασία τους στην αντιμετώπιση εντόμων.

3.1 Μυκόρριζες.

Μια από τις πιο σπουδαίες συμβιωτικές σχέσεις που αναπτύσσουν τα φυτά, είναι αυτή με ορισμένους μύκητες της ρίζας, μια κατάσταση γνωστή σαν μυκητόρριζα ή μυκόρριζα. Ο όρος μυκόρριζα χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη μη παθογόνο συμβιωτική σχέση που αναπτύσσεται ανάμεσα σε ένα φυτό και ένα μύκητα δηλαδή τη συμβίωση μυκήτων με το ριζικό σύστημα φυτικών οργανισμών. Σε αυτή τη μορφή σχέσης ωφελείται και το φυτό από τον μύκητα αλλά και ο μύκητας που εξασφαλίζει έτσι την επιβίωσή του από το φυτό (Marschner & Timonen, 2005). Μέσω της συμβίωσης παρέχεται στον μύκητα η δυνατότητα άμεσης πρόσβασής του στα οργανικά οξέα του φυτού, στους υδατάνθρακες όπως η γλυκόζη και η σουκρόζη οι οποίοι παράγονται κατά την διαδικασία της φωτοσύνθεσης και σε αυξητικούς παράγοντες όπως οι βιταμίνες. Σε ανταπόδοση, το φυτό εκμεταλλεύεται το μυκήλιο του μύκητα αυξάνοντας την ενεργό επιφάνεια του ριζικού συστήματός του για την αποτελεσματικότερη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών, κυρίως φωσφορικών συστατικών που μετατρέπονται σε πιο διαθέσιμες μορφές (Marschner & Timonen, 2005).

Η πρωταρχική λειτουργία των μυκορριζών πιστεύεται ότι είναι η συμβολή στη διατροφή των φυτών, ιδιαίτερα στον φώσφορο (P) (Bolan, 1991) και τα μικροθρεπτικά συστατικά, ειδικά σε περιβάλλοντα που εξαντλούνται από θρεπτικά συστατικά. Υπάρχουν επίσης ενδείξεις συμβολής αμμωνίου και νιτρικού αζώτου που προέρχονται από οργανική ύλη. Οι δευτερεύοντες ρόλοι των μυκορριζών περιλαμβάνουν μείωση της εισβολής παθογόνων στις ρίζες των φυτών που μεταδίδονται στο έδαφος (Newsham et al., 1995), μείωση της πρόσληψης φυτοτοξικών βαρέων μετάλλων από τα φυτά, βελτιωμένη ισορροπία του νερού των φυτών ξενιστών σε περιόδους ξηρασίας και έλλειψης νερού (Auge, 2001), μείωση των πληθυσμών φυτοφάγων εντόμων από επαγόμενη άμυνα των φυτών και διακύμανση αυτής της απόκρισης σε σχέση με την πρόσληψη αζώτου (N), αύξηση της επικονίασης εντόμων (Gange & Smith, 2005) και ποσοστιαία αύξηση στη βλάστηση των σπόρων (Srivastava & Mukerji, 1995).

Υπάρχουν δεδομένα που υποδηλώνουν ότι οι μυκόρριζες μπορεί να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στους κύκλους αζώτου και άνθρακα του εδάφους (Govindarajulu et al., 2005; Jones et al., 2009) και να συμβάλουν σημαντικά στα χερσαία οικοσυστήματα (Wright et al., 1998). Εκτός από τις παραπάνω λειτουργίες, οι μυκόρριζες μπορούν επίσης να επηρεάσουν, ίσως ακόμη και να οργανώσουν και να δομήσουν, τα πρότυπα της φυτικής κοινότητας (van der Heijden et al., 1998) και τους πληθυσμούς της κοινότητας των μικροοργανισμών του εδάφους (Rillig et al., 2014).

Έχουν αναγνωριστεί επτά ή περισσότεροι τύποι μυκόρριζας, αν και ορισμένοι τύποι είναι παρόμοιοι. Η πρώτη μορφολογική ταξινόμηση είχε χωρίσει τις μυκόρριζες σε (Brundrett, 2004):

- α) Ενδομυκόρριζες
- β) Εκτομυκόρριζες
- γ) Εκτοενδομυκόρριζες, σύμφωνα με τη θέση του μύκητα στη ρίζα.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι μυκορριζών διαφορετικοί σε μορφολογία και φυσιολογία. Τα είδη των μυκορριζών αναπτύσσονται σε προστατευτικό στρώμα στην εξωτερική επιφάνεια της ρίζας και διεισδύουν ανάμεσα στα κύτταρα του φλοιού (εκτομυκόρριζα), ενώ άλλα είδη μυκήτων διεισδύουν και εγκαθίστανται στα κύτταρα του φλοιού του παρεγχύματος της ρίζας (ενδομυκόρριζα) (Willis et al., 2013).

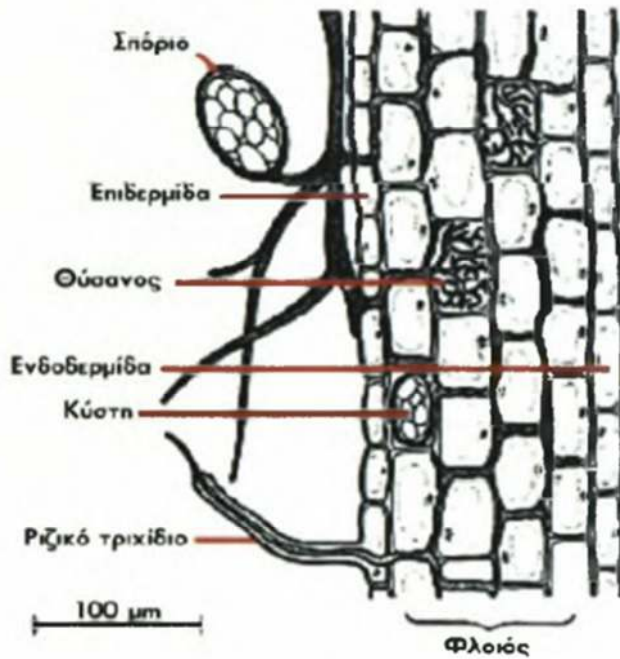
Ενδομυκόρριζα (endomycorrhiza)

Οι ενδομυκόρριζες είναι μύκητες των οποίων οι υφές εισέρχονται στα κύτταρα των ριζών του φυτού δημιουργώντας σφαιρικές δομές όμοιες με κύστες όπου και ονομάζονται κυστίδια είτε ονομάζονται δενδρίδια όταν διαθέτουν εκτενείς διακλαδώσεις. Οι ενδομυκόρριζες διακρίνονται σε 3 είδη (Willis et al., 2013): α) Κυστοειδείς (vesicular) β) Δενδροειδείς (arbuscular) γ) Κυστο-δεντροειδείς (vesiculararbuscular).

Οι δενδροειδείς είναι διακλαδισμένοι μυζητήρες περίπλοκα διαμορφωμένοι που συγχωνεύονται σε ένα κύτταρο φλοιού ρίζας και αρχίζουν να σχηματίζονται περίπου 2 ημέρες μετά τη διείσδυση στη ρίζα. Αναπτύσσονται μέσα σε συγκεκριμένα κύτταρα του φλοιού της ρίζας, αλλά παραμένουν έξω από το κυτταρόπλασμα τους επειδή τα περιβάλλει μια κυτταροπλασματική μεμβράνη. Οι δενδροειδείς (arbuscular)

μυκόρριζες ανήκουν στην κατηγορία Glomeromycota και από αναλύσεις DNA και μελέτες σε απολιθώματα έχει βρεθεί ότι αυτή η συμβιωτική σχέση έχει παρουσιαστεί πριν 400-600 εκατομμύρια έτη. Οι ενδομυκόρριζες έχουν εντοπιστεί σε πάνω από το 85% όλων των οικογενειών φυτών του πλανήτη. Η συμβίωση μεταξύ των φυτών και των ωφέλιμων μικροοργανισμών του εδάφους είναι γνωστό ότι προάγει την ανάπτυξη των φυτών και βοηθά τα φυτά να αντιμετωπίσουν τις βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις. Πραγματοποιούνται βαθιές φυσιολογικές αλλαγές στο φυτό ξενιστή μετά τον αποικισμό των ριζών από τις ενδομυκόρριζες επηρεάζοντας τις αλληλεπιδράσεις με ένα ευρύ φάσμα οργανισμών κάτω και επάνω από το έδαφος.

Τα προστατευτικά αποτελέσματα της συμβίωσης έναντι παθογόνων, εντόμων και παρασιτικών φυτών έχουν περιγραφεί για πολλά είδη φυτών, συμπεριλαμβανομένων των γεωργικά σημαντικών ποικιλιών καλλιεργειών (Willis et al., 2013). Η αναγνώριση των δενδροειδών μυκορριζών γίνεται μέσω της διαπίστωσης της ύπαρξης ενός πολύ διακλαδισμένου δενδρυλλίου (μορφή θυσάνου) μέσα στο ριζικό κύτταρο. Ο μύκητας αρχικά αναπτύσσεται μεταξύ των κυττάρων, αλλά διαπερνά γρήγορα το κυτταρικό τοίχωμα του ξενιστή και αναπτύσσεται μέσα στο κύτταρο. Καθώς ο μύκητας μεγαλώνει, η κυτταρική μεμβράνη διαστέλλεται και περιβάλλει τον μύκητα, δημιουργώντας έναν νέο χώρο στον οποίο εναποτίθεται υλικό υψηλής μοριακής πολυπλοκότητας όπου αυτός ο χώρος αποτρέπει την άμεση επαφή του φυτού με το μυκητιακό κυτταρόπλασμα και επιτρέπει αποτελεσματική μεταφορά θρεπτικών συστατικών μεταξύ συμβιωτών.

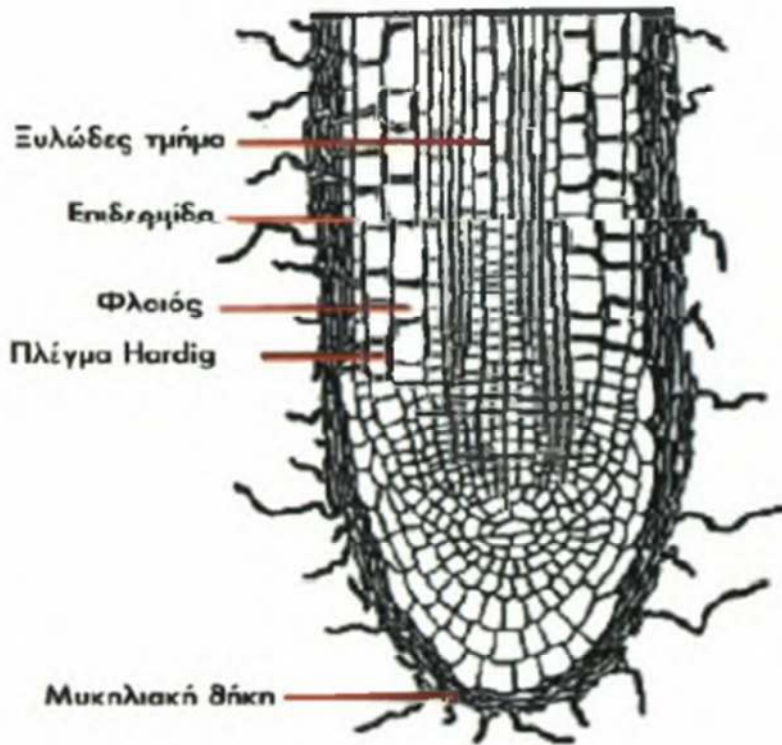


Εικόνα 11: Ενδομυκόρριζα

Πηγή: [Koustas_N.pdf \(aua.gr\)](#)

Εκτομυκόρριζα (ectomycorrhiza)

Ο μύκητας ζει μόνο στην επιφάνεια των ριζικών τριχιδίων σχηματίζοντας πλέγμα υφών περιμετρικά από τα ριζικά τριχίδια. Σχηματίζονται από έναν βασιδιομύκητα ή ασκομύκητα στις ρίζες δέντρων και γενικά σε λίγα είδη φυτών. Αρχικά, με τη βοήθεια των εκκριμάτων της ρίζας, ο μύκητας σχηματίζει ένα είδος μανδύα που περιβάλλει τις λεπτές ρίζες. Ο μανδύας ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό σε πυκνότητα, χρώμα και υφή, ανάλογα με τον συγκεκριμένο συνδυασμό μύκητα-φυτού. Ο μανδύας αυξάνει την επιφάνεια απορρόφησης των ριζών, η οποία συχνά επηρεάζει τη μορφολογία των ριζών, οδηγώντας στο σχηματισμό συσσωμάτωσης και διχάλας. Δίπλα στο μανδύα, υπάρχει μια δέσμη υφών που εκτείνονται στο έδαφος. Συνήθως, δέσμες υφών ενώνονται για να σχηματίσουν ριζώματα που είναι ορατά με γυμνό μάτι. Η ενζυμική δομή εισέρχεται στον μεσοκυττάριο χώρο και σχηματίζει ένα πλέγμα γύρω από τα κύτταρα της επιδερμίδας και του φλοιού, το οποίο ονομάζεται πλέγμα Hardig. Αυτό το πλέγμα είναι επίσης το κύριο χαρακτηριστικό αυτού του τύπου μυκόρριζας. Η αυξίνη που παράγεται από ρίζες και μύκητες προκαλεί αύξηση του μεγέθους των κυττάρων των λεπτών ριζών .



Εικόνα 12: Εκτομυκόρριζα

Πηγή: [Koustas_N.pdf \(aua.gr\)](#)

Εκτο-ενδομυκόρριζα (ekto-endomycorrhiza)

Οι μύκητες ζουν στην επιφάνεια και μέσα στο βλαστοκύτταρο. Σε αυτό το είδος, η μυκόρριζα αποτελείται από μια σπειροειδή δομή μέσα στη ρίζα.

3.2 Ο ρόλος της συμβίωσης στην αντιμετώπιση των εχθρών των καλλιεργειών.

Οι ενδομυκόρριζες που αποτελούν και το αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι μύκητες των οποίων οι υφές εισέρχονται στα κύτταρα των ριζιδίων του φυτού σχηματίζοντας σφαιρικές δομές που μοιάζουν είτε με κύστεις και ονομάζονται κυστίδια, είτε με εκτενείς διακλαδώσεις που μοιάζουν με κλάδους δέντρων και ονομάζονται δενδρίδια. Τα κυστίδια θεωρούνται αποθήκες αποθησαυριστικών ουσιών του μύκητα. Οι ουσίες που αποθηκεύονται εκεί αποδομούνται και αποδίδουν ενέργεια στο μύκητα, όταν η παρεχόμενη από το φυτό ενέργεια είναι μικρότερη των αναγκών του. Η δομή των δενδριδίων αυξάνει την επιφάνεια επαφής της υφής του μύκητα και των κυττάρων του κυτταροπλάσματος του ξενιστή έτσι ώστε να διευκολύνεται η μεταφορά των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ τους. Η παροχή αυτή

των θρεπτικών αυτών στοιχείων στο φυτό από την μυκόρριζα έχει ως αποτέλεσμα να μειώσει τις ζημιές που προκαλούνται από τις διάφορες καταπονήσεις των εντόμων (Jung et al., 2012).

Κατά την επέμβαση της μυκόρριζας στο φυτό, διαμορφώνεται η απόκριση των φυτικών αμυντικών μηχανισμών επιτυγχάνοντας έτσι μια λειτουργική συμβίωση. Ως συνέπεια αυτής της διαμόρφωσης, φαίνεται ότι εμφανίζεται μια ήπια, αλλά αποτελεσματική ενεργοποίηση των ανοσολογικών αντιδράσεων των φυτών, όχι μόνο τοπικά αλλά και σε όλο το σύστημα του φυτού. Αυτή η ενεργοποίηση οδηγεί σε μια αρχική κατάσταση του φυτού που επιτρέπει μια πιο αποτελεσματική ενεργοποίηση των αμυντικών μηχανισμών ως απάντηση στην επίθεση από πιθανούς εχθρούς (Budi et al., 1999).

Οι μυκόρριζες μπορούν να βοηθήσουν στην επικοινωνία μέσω δικτύου ριζών-υφών μεταξύ των φυτών κατά την παρουσία ασθενειών ή εχθρών στα φυτά ενεργοποιώντας τους μηχανισμούς άμυνας των φυτών. Οι μυκόρριζες, τα φυτά καθώς και οι εχθροί δημιουργούν ένα τριμερές σύστημα όπου γίνεται αντιληπτή η προσβολή και μεταφέρονται σήματα από ξενιστή σε ξενιστή μέσω της μυκόρριζας για την καταπολέμηση της προσβολής. Πιο αναλυτικά θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η επαγωγή αυτού του συστήματος για τα φυτά είναι η δεύτερη γραμμή άμυνας και φυσικά είναι επίσης μια στρατηγική που αναπτύχθηκε και συν-εξελίχθηκε με αυτούς τους ευεργετικούς μικροοργανισμούς κατά τη διάρκεια των αιώνων. Αυτή η αλληλεπίδραση οδηγεί επίσης στην ανταλλαγή ωφέλιμων μικροοργανισμών (διατροφή, προστασία και ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης) (Budi et al., 1999).

Ο αποικισμός από μυκόρριζες μπορεί να επηρεάσει την άμεση και έμμεση άμυνα, καθώς και την ανοχή των φυτών στο φυτοφάγο έντομο, με αλλαγές στη θρέψη των φυτών ή με την αλλαγή της έκφρασης των φυτικών γονιδίων ανεξάρτητα από τη θρέψη των φυτών. Η επαγόμενη αντίσταση φέρνει ενεργειακό κόστος στα φυτά (Heil, 2002). Για το λόγο αυτό, τα φυτά διαθέτουν ρυθμιστικούς μηχανισμούς που μπορούν να βελτιώσουν και να ενεργοποιήσουν τον καταλληλότερο μηχανισμό δράσης κατά της μόλυνσης από παθογόνους παράγοντες, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα το ενεργειακό κόστος. Σύμφωνα με τον Τζάμο (2007), οι μηχανισμοί αυτοί χωρίζονται σε:

α) δομικούς ή προϋπάρχοντες (ύπαρξη κηρών, πάχος εφυμενίδας, ενδοδερμίδας και του κυτταρικού τοιχώματος, λειτουργία και κατασκευή των στοματίων, των νευρώσεων των φύλλων και των επιφανειακών τριχιδίων, πιθανή παρουσία θρεπτικών συστατικών, τοξικών μεταβολιτών και παρεμποδιστών ενζύμων)

β) επαγόμενους μηχανισμούς -άμεσου κινδύνου (ενίσχυση του κυτταρικού τοιχώματος μέσω της εναπόθεσης λιγνίνης, καλόζης ή/και άλλων πρωτεϊνών, τη δημιουργία τυλώσεων ή θηλίδων, βιοσύνθεση φυτοαλεξινών, την παραγωγή οξειδωτικών και υδρολυτικών ενζύμων και τη σύνθεση ενεργών μορφών οξυγόνου).

3.3 Ανθεκτικότητα φυτών μέσω βιοχημικών μονοπατιών.

Τα σημαντικότερα βιοχημικά μονοπάτια που δίνουν ανθεκτικότητα στα φυτά ξενιστές και εμπλέκονται με τη μεταφορά σήματος είναι του σαλικυλικού οξέος, του ιασμονικού οξέος, του αιθυλενίου και του αμπισσικού οξέος.

Το σαλικυλικό οξύ (salicylic acid, SA) αποτελεί ένωση της κατηγορίας των φαινολών και συντίθεται στα φυτά μέσω δύο χωριστών βιοχημικών μονοπατιών, των φαινυλοπροπανοειδών, προερχόμενο από τη φαινυλαλανίνη, και του ισοχωρισμικού που πραγματοποιείται στους χλωροπλάστες. Ο ρόλος του σαλικυλικού οξέως είναι να ρυθμίζει τα συστατικά του βιοχημικού του μονοπατιού και να εμπλέκεται στην ανταλλαγή σημάτων με άλλα βιοχημικά μονοπάτια που προσδίδουν ανθεκτικότητα στα φυτά (War et al., 2011). Επίσης επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών υπό συνθήκες καταπόνησης λόγω απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων, υδατικών σχέσεων και ρυθμίζει τη δραστηριότητα των στομάτων καθώς και τη φωτοσύνθεση (Hayat et al., 2010).

Το ιασμονικό οξύ (JA) καθώς και ο μεθυλεστέρας του (methyl jasmonate) παράγονται από λινολενικό οξύ, δηλαδή λιπαρά οξέα και υπάρχουν σε όλα τα φυτά και μπορούν κινούνται ελεύθερα στην υγρή και αέρια φάση (Τζάμος, 2007). Αποτελεί κύριο ρυθμιστή ανάπτυξης όπως η ωρίμανση των στημόνων, η αύξηση της ρίζας, η συσσώρευση ανθοκυανίνης, η γήρανση των φύλλων (Yan & Xie, 2015), καθώς επίσης και η ανάπτυξη των καρπών, των ανθέων, των σπερμάτων κ.ά. Επιπλέον καθορίζει την αντίσταση των φυτών έναντι παθογόνων οργανισμών μέσω σύνθετων βιοχημικών μονοπατιών, μαζί με άλλες ουσίες όπως το σαλικυλικό οξύ, το

αιθυλένιο και το μονοξειδίο του αζώτου (Yan & Xie, 2015). Το ιασμονικό οξύ προσδίδει ανθεκτικότητα στα φυτά-ξενιστές απέναντι στα έντομα, όπως οι αφίδες του είδους *Myzus persicae*, όπως και απέναντι στους νηματώδεις.

Το αιθυλένιο (ET) είναι μια πτητική φυτορρυθμιστική ουσία που έχει βασικό ρόλο τόσο στην ανάπτυξη όσο και στη γήρανση των φυτών καθώς και στην πρόκληση αντιδράσεων υπερευαισθησίας (HR) σε περίπτωση μόλυνσης των φυτών από παθογόνο. Η παρουσία αιθυλενίου προκαλεί δομικές αλλαγές που αυξάνουν την αντοχή του κυτταρικού τοιχώματος, π.χ. εναπόθεση λιγνίνης. Ωστόσο, ο ρόλος του στις αλληλεπιδράσεις φυτών-παθογόνων είναι πιο περίπλοκος καθώς προκαλεί αντίσταση σε ορισμένα παθογόνα και ευαισθησία σε άλλα (Τζάμος, 2007).

Το αμπισικό οξύ (ABA) είναι μια φυτορρυθμιστική ένωση, ταξινομημένη στην ομάδα των σεσκιτερπενοειδών, τα οποία έχουν βρεθεί ότι λειτουργούν με διάφορους τρόπους. Η βιοσύνθεση του αμπισικού οξέος, αν και ξεκινά με το μεταβαλονικό οξύ, μπορεί στη συνέχεια να επιτευχθεί με δύο βιοχημικές οδούς, το πυροφωσφορικό φαρνεσύλιο και την ξανθοξίνη, η οποία με τη σειρά της μετατρέπεται σε αλδεϋδη αμπισικού οξέος (Τζάμος, 2007).

3.4 Μυκόρριζες ως παράγοντας βιολογικού ελέγχου κατά των επιβλαβών εντόμων.

Τα εμβολιασμένα φυτά με μυκόρριζα ενισχύουν την παραγωγή ιασμονικού οξέος, σαλικικού οξέος, αιθυλενίου και αμπισικού οξέος τα οποία ενεργοποιούν διάφορα γονίδια που σχετίζονται με την άμυνα του φυτού, έτσι κωδικοποιούν διάφορες πρωτεΐνες και ενώσεις κατά των εντόμων. Επομένως, ενεργοποιεί τον πρωτογενή και δευτερογενή μεταβολισμό του φυτού παράγοντας έτσι πρωτογενείς και δευτερογενείς μεταβολίτες. Πιο συγκεκριμένα, η παραγωγή ιασμονικού οξέος και σαλικικού οξέος είναι η πιο σημαντική όσον αφορά την καταστολή των εντόμων γιατί οδηγεί στην σύνθεση τοξινών και αμυντικών πρωτεϊνών που δρουν κατά των εντόμων μειώνοντας έτσι την ανάπτυξη και την επιβίωση τους. Επίσης, το ιασμονικό οξύ και σαλικικό οξύ ενεργοποιεί διάφορα γονίδια τα οποία αυτά παράγουν με την σειρά τους διάφορες πτητικές ενώσεις όπως είναι οι φαινολικές ενώσεις οι οποίες προσελκύουν αρπακτικά και παρασιτοειδή ή μπορεί να δράσουν απωθητικά σε διάφορα έντομα (Jung et al., 2012). Ακόμα, η συνεχής παροχή θρεπτικών στοιχείων

της μυκόρριζας στο φυτό έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση της άμυνας του φυτού παράγοντας έτσι περισσότερους μεταβολίτες (Barber et al., 2013).

Παρατηρείται αύξηση των επιπέδων των υποθετικών αμυντικών δευτερογενών ενώσεων σε πολλά είδη φυτών όταν εμβολιάζονται με μυκόρριζες. Τα ριζικά εκκρίματα που δημιουργούνται με τη συμβολή των μυκήτων συνήθως περιέχουν σάκχαρα, αμινοξέα, καρβοξυλικά οξέα, φαινολικά και άλλους δευτερογενείς μεταβολίτες, τα οποία έχουν όλα την ικανότητα να επηρεάζουν την εμφάνιση, τη φυσιολογία και τη συμπεριφορά των οργανισμών του εδάφους. Για την αλληλεπίδραση μεταξύ φυτών και μυκόρριζων, οι στριγκολακτόνες έχουν αναγνωριστεί σαν τις σημαντικότερες ενώσεις σηματοδότησης. Αυτή η κατηγορία τερπενοειδών λακτονών, γνωστή ως σήματα βλάστησης για τα παρασιτικά φυτά, διεγείρει τη διακλάδωση των υφών των μυκορριζών βοηθώντας έτσι τον μύκητα να εντοπίσει τις ρίζες του ξενιστή και έτσι να διευκολύνει τη μόλυνση των ριζών του φυτού από διάφορα ωφέλιμα βακτήρια και μύκητες. Ομοίως, οι μεταβολίτες βενζοξαζινοειδών στα ριζικά εκκρίματα καλαμποκιού μπορούν να προσελκύσουν τα ευεργετικά βακτήρια *Pseudomonas putida* (Neal et al., 2012).

3.5 Πειράματα που έχουν διεξαχθεί κατά την επέμβαση των ενδομυκόρριζων σε φυτά.

Πειράματα που αποδεικνύουν την επίδραση των ενδομυκόρριζων στα έντομα

Οι Guerrieri et al. (2004) μελέτησαν την επίδραση της ενδομυκόρριζας *Glomus mosseae* στην ανάπτυξη και στην αναπαραγωγή της αφίδας *Macrosiphum euphorbiae* σε φυτά τομάτας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους, το ποσοστό των νυμφών του *M. euphorbiae* που ολοκλήρωσαν την ανάπτυξή τους ήταν 16%, ενώ στον μάρτυρα ήταν 60%. Αντίστοιχα, το ποσοστό των ενηλίκων του που έδωσε απογόνους ήταν 8% ενώ στον μάρτυρα ήταν 38%. Τα αποτελέσματα αυτά οφείλονται λόγω της ενίσχυσης της άμυνας του φυτού από το *Glomus mosseae*. Τα φυτά τομάτας που το ριζικό τους σύστημα είχε αποικιστεί από την ενδομυκόρριζα *Glomus mosseae* παρουσίασαν πολύ ισχυρότερη προσελκυστικότητα σε σχέση με τον μάρτυρα στο παρασιτοειδές *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae) (80% και 40%, αντίστοιχα). Προσελκύστηκαν περισσότερα παρασιτοειδή στα φυτά που δέχτηκαν επέμβαση λόγω των αυξημένων φαινολικών ουσιών που παρήγαγαν.

Οι Song et al. (2013) κατέγραψαν μείωση του βάρους της προνύμφης 3^{ης} ηλικίας του *Helicoverpa armigera* από 62,3% έως 78,2% σε σχέση με τον μάρτυρα, μετά από 72 ώρες διατροφής σε φύλλα από φυτά τομάτας στα οποία είχε γίνει η επέμβαση με το είδος ενδομυκόρριζας *Glomus mosseae*. Αυτό σύμφωνα με τους παραπάνω ερευνητές πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι η επέμβαση ενισχύει την παραγωγή ιασημονικού οξέος από το φυτό με αποτέλεσμα να ενεργοποιούνται διάφορα γονίδια άμυνας του φυτού που δρουν κατασταλτικά στο συγκεκριμένο έντομο.

Πείραμα που αποδεικνύει την αύξηση της απόδοσης του φυτού κατά την επέμβαση των ενδομυκόρριζων

Πραγματοποιήθηκε πείραμα υπό εργαστηριακές συνθήκες σε φυτά τομάτας τα οποία είχαν υποστεί επέμβαση με τις μυκόρριζες *Glomus clarum* και *Glomus intraradices* και σε φυτά χωρίς καμία επέμβαση (μάρτυρες) όπου κατέγραψαν αύξηση στα εμβολιασμένα φυτά της διαμέτρου του στελέχους κατά 49,84%, αύξηση του φρέσκου βάρους των ριζών κατά 37,64%, αύξηση του φρέσκου βάρους των βλαστών κατά 28,56%, αύξηση του ξηρού βάρους των βλαστών και των ριζών κατά 42,92% και 59,91% αντίστοιχα σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Επίσης κατέγραψαν σημαντική αύξηση στην συγκέντρωση των διαλυτών στερεών στους καρπούς τομάτας των μυκορριζικών φυτών σε σύγκριση με τον μάρτυρα (Kong et. al., 2019).

Κεφάλαιο 4ο : Συμβιωτικά βακτήρια (*Pseudomonas putida*)

Τα φυτά δρουν ως ξενιστής για αρκετούς μικροοργανισμούς. Το μικροβίωμα που δημιουργείται στα φυτά είναι καθοριστικής σημασίας για την υγεία και την αποδοτικότητα των φυτών και ενισχύοντας παράλληλα τη φυσική τους αύξηση, την αντοχή τους στην ξηρασία, την άμυνά τους έναντι των παθογόνων καθώς και την αποκατάσταση του περιβάλλοντος. Τα έντομα είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα των οργανισμών που έχουν αναπτύξει μια σειρά συμβιωτικών σχέσεων, ειδικά με τα βακτήρια που επηρεάζουν τη βιολογία, την οικολογία και τη φυσιολογία των ξενιστών τους (Dale & Moran, 2006).

Η κατανομή και η πυκνότητα των βακτηρίων στον ξενιστή τους εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένου του τύπου του ξενιστή και του τύπου των στελεχών, όπως γενετικό υπόβαθρο, αναπτυξιακό στάδιο, ηλικία, φύλο του ξενιστή και τον ανταγωνισμό μεταξύ των στελεχών. Η συμβιωτική σχέση μεταξύ τους είναι πολύ στενή και διαφορετική. Η μορφή τους εξαρτάται από τον μηχανισμό εγκατάστασής τους, τον αντίκτυπό τους στη βιολογία του ξενιστή και τα χαρακτηριστικά του ενδοσυμβιωτικού βακτηριακού γονιδιώματος (Dale & Moran, 2006).

Τα ριζοβακτήρια που προάγουν την ανάπτυξη των φυτών αποτελούν έναν από τους παράγοντες προστασίας των φυτών από βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις. Τα ριζοβακτήρια μπορούν να αναπτύσσονται γρήγορα γύρω από τις ρίζες των φυτών (Ahrwar et al., 2015) ενώ μπορούν να προάγουν την παραγωγή ρυθμιστικών ορμονών όπως οι γιββερελλίνες, κυτοκινίνες και αυξίνες καθώς κι άλλες ενώσεις όπως οι φαινόλες, σαλικυλικό οξύ και ένζυμα προάγοντας την επαγόμενη διασυστηματική αντοχή του ξενιστή σε διάφορα παθογόνα (Bakker et al., 2013).

Οι ρίζες των φυτών σχετίζονται με μια κοινότητα ριζοβακτηρίων που προωθούν την ανάπτυξη των φυτών (PGPR). Αυτή η κοινότητα των ριζοβακτηρίων ρυθμίζει την άμυνα των φυτών όταν προσβάλλονται από έντομα. Έτσι, τα ριζοβακτήρια και τα έντομα αλληλεπιδρούν έμμεσα μέσω αλληλεπιδράσεων που προκαλούνται από φυτά. Η αλληλεπίδραση περιλαμβάνει μια σειρά λειτουργιών κωδικοποιημένων από βασικά γονίδια που ευνοούν την κινητοποίηση θρεπτικών ουσιών, την πρόληψη της ανάπτυξης παθογόνων παραγόντων και τον αποτελεσματικό εξειδικευμένο

αποικισμό. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι μετά από επίγεια επίθεση από φυτοφάγα έντομα, τα φυτά μπορούν να στρατολογήσουν ριζοβακτήρια που ενισχύουν την άμυνα των φυτών ενάντια στους εχθρούς τους (Li et al., 2021).

Τα βακτήρια του γένους *Pseudomonas* όπως και το είδος *P. putida* είναι ευθέα ή ελαφρώς κυρτωμένα αρνητικά κατά Gram ραβδόμορφα αερόβια βακτήρια, κινούμενα με πολικά μαστίγια και τα βρίσκουμε στους περισσότερους εδαφικούς και υγρούς βιότοπους, όπου υπάρχει οξυγόνο. Το βακτήριο *P. putida* αναπτύσσεται στην επιφάνεια των ριζών των φυτών χρησιμοποιώντας τα θρεπτικά συστατικά που βρίσκονται στις ρίζες και επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα την ανάπτυξη των φυτών. Έχει διαπιστωθεί ότι προωθούν την ανάπτυξη των φυτών μέσω διαφόρων μηχανισμών όπως μέσω της παραγωγής ορισμένων πρωτεϊνών που διαλυτοποιούν τον φωσφόρο, το σίδηρο στο έδαφος και ενισχύουν την παραγωγή ορισμένων φυτορμονών. Επιπλέον η συμβίωση των ριζοβακτηρίων με μυκόρριζες έχει αποδειχθεί ότι ενισχύουν την ανάπτυξη και την προσαρμοστική ικανότητα των φυτών μειώνοντας την ανάγκη για χρήση γεωργικών φαρμάκων και συνθετικών λιπασμάτων (Budi et al., 1999).

4.1 *Pseudomonas putida* ως παράγοντας βιολογικού ελέγχου κατά των εντόμων.

Το *P. putida* δρα ως παράγοντας που ενεργοποιεί την άμυνα του φυτού κατά των εντόμων μέσω της έκφρασης γονιδίων που σχετίζονται με παραγωγή από το φυτό ιασμονικού και σαλικυλικού οξέος με αποτέλεσμα την παραγωγή μεταβολιτών που δρουν προστατευτικά στο φυτό, όπως αντιβιοτικά, υδρολυτικά ένζυμα, τοξίνες, και πτητικές ουσίες που προσελκύουν φυσικούς εχθρούς ή που δρουν απωθητικά σε διάφορα είδη εντόμων (Meziane et al., 2005; Friman et al., 2021). Από τη δεκαετία του 1980, πολλές αναφορές αποδίδουν μια ευεργετική επίδραση του αποικισμού των ριζών από συγκεκριμένα βακτήρια (ριζοβακτήρια) στην ανάπτυξη των φυτών. Η συνεχής παροχή θρεπτικών στοιχείων του *P. putida* στο φυτό έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση της άμυνας του φυτού παράγοντας έτσι περισσότερους μεταβολίτες (Li et al., 2021).

4.2 Πειράματα που έχουν διεξαχθεί κατά την επέμβαση του *P. putida* σε φυτά.

Πειράματα που αποδεικνύουν την επίδραση του *P.putida* στα έντομα

Η μελέτη των Aksoy et al. (2008) διερεύνησε τον βιοτύπο B του *P. putida* ως πιθανό παράγοντα βιολογικού ελέγχου του *T. urticae*. Τα βακτήρια απομονώθηκαν από το έδαφος του θερμοκηπίου από τη περιοχή Carsamba της Τουρκίας. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε ένα εντελώς τυχαίοποιημένο αγρό υπό εργαστηριακές συνθήκες. Εφαρμογές ψεκασμού και εμφάνιση εναιωρήματος του *P. putida* βιοτύπου B (108-109 μονάδες σχηματισμού αποικίας/ml) εφαρμόστηκαν σε 5 νεοεμφανιζόμενα συζευγμένα θηλυκά. Η καταμέτρηση νεκρών ενηλίκων και η καταμέτρηση της αναστολής της εκκόλαψης των ωών ξεκίνησε την 3η ημέρα μετά την επέμβαση και οι παρατηρήσεις συνεχίστηκαν καθημερινά μέχρι να υπάρξει θνησιμότητα σε όλα τα ενήλικα και να ολοκληρωθεί η εκκόλαψη των ωών. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι ο βιοτύπος B του *P. putida* έχει ισχυρή αποτελεσματικότητα επιφέροντας θνησιμότητα 100% στα ενήλικα θηλυκά μετά από 4 ημέρες και προκαλώντας αναστολή 46% της εκκόλαψης των ωών κατά τον ψεκασμό του εναιωρήματος *P. putida* σε σύγκριση με τον μάρτυρα ενώ κατά την εμφάνιση του εναιωρήματος καταγράφηκε θνησιμότητα των ενηλίκων θηλυκών 80% και αναστολή της εκκόλαψης των ωών 93,4%.

Επίσης διεξήχθη πείραμα υπό εργαστηριακές συνθήκες όπου τοποθετήθηκαν προνύμφες δευτέρου σταδίου του *S. litura* στα εμβολιασμένα με ριζοβακτήρια *P. putida* και *Rothia spp.* φυτά τομάτας και τον μάρτυρα. Στα μη εμβολιασμένα φυτά κατέγραψαν μείωση του ξηρού βάρους των βλαστών και των ριζών κατά 46% και 22% αντίστοιχα καθώς και σημαντική μείωση της απόδοσης του καρπού της τομάτας. Στα φυτά όπου έγινε η επέμβαση με τα ριζοβακτήρια καταγράφηκε αύξηση κατά 60% της βιομάζας του φυτού και αύξηση της απόδοσης του φυτού κατά 40 % σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Τα αποτελέσματα αυτά οφείλονται μέσω της ενίσχυση της παραγωγής στο φυτό προλίνης, αντιοξειδωτικών ενζύμων, πρωτεάσης, φαινολικών ουσιών, πρωτεϊνών και χλωροφύλης (Bano et al., 2017).

Πραγματοποιήθηκε πείραμα υπό συνθήκες αγρού σε φυτά πιπεριάς τα οποία ήταν προβεβλημένα με τις αφίδες *M. persicae* που δέχτηκαν επέμβαση στο χώμα με τα ριζοβακτήρια *Paenobacillus macerans* GB122 και *Bacillus amyloliquefaciens* GB99 και σε φυτά χωρίς καμία επέμβαση (μάρτυρες). Κατέγραψαν 17% περισσότερους φυσικούς εχθρούς της τάξης Hymenoptera, Neuroptera, Diptera και

της οικογένειας Coccinellidae και Anthocoridae σε σύγκριση με τον μάρτυρα (Butard-Hant et al., 2009).

Πείραμα που αποδεικνύει την επίδραση του *P. putida* στην αύξηση της απόδοσης του φυτού

Ο στόχος της μελέτης των Hernández-Montiel et al. (2017) ήταν να καθοριστεί η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής μικροκαψουλών και υγρού εμβολιασμού τριών στελεχών FA-8, FA-56 και FA-60 *P. putida* στην ανάπτυξη και απόδοση των φυτών τομάτας στο θερμοκήπιο, όπου κατέγραψαν καλύτερα αποτελέσματα κατά την εφαρμογή μικροκάψουλων. Σε φυτά τομάτας τα οποία είχαν υποστεί επέμβαση των τριών ριζοβακτηριακών στελεχών μέσω μικροκάψουλας κατέγραψαν αύξηση της απόδοσης του φυτού όπου τα καλύτερα αποτελέσματα τα προκάλεσε το βακτηριακό στέλεχος FA-56 με σημαντικές αυξήσεις στο ύψος του φυτού κατά 13%, τη διάμετρο του στελέχους κατά 31%, τον ριζικό όγκο κατά 22%, την ξηρή βιομάζα κατά 45%, την απόδοση των καρπών κατά 20% (Montiel et al., 2017) και τον πληθυσμό των ριζοβακτηριδίων (CFU). Η χρήση ριζοβακτηρίων που προωθούν την ανάπτυξη των φυτών ως βιολιπάσματα μέσω μικροκαψουλών θα μπορούσε να είναι μια εναλλακτική λύση στη γεωργική διαχείριση και τη βιώσιμη παραγωγή τομάτας. Η ακινητοποίηση των ριζοβακτηρίων *P. putida* από αλγινικές μικροκάψουλες παρέχει προστασία και σταδιακή απελευθέρωση, βελτιώνοντας τη μονιμότητα και τον αποικισμό των κυττάρων στις ρίζες, προωθώντας ένα καλύτερο αποτέλεσμα των ριζοβακτηριδίων στην παραγωγικότητα των φυτών τομάτας (Hernández-Montiel et al., 2017).

Κεφάλαιο 5ο : Το αρπακτικό *Macrolophus pygmaeus*



Εικόνα 13 :Ενήλικο άτομο *Macrolophus pygmaeus*

Πηγή:https://www.koppert.com/content/_processed_/5/c/csm_Macrolophus_pygmaeus-5_e14bb647e7.jpg

Kingdom	Hemiptera
Phylum	Heteroptera
Subphylum	Miridoidea
Class	Miridae
Order	Bryocorinae
Family	Dicyphini
Genus	<i>Macrolophus</i>
Species	<i>Macrolophus pygmaeus</i>

Πίνακας 3: Ταξινόμηση του εντόμου *Macrolophus pygmaeus*

Το ωό του *Macrolophus pygmaeus* είναι λευκού χρώματος, το σχήμα του είναι επίμηκες, ελαφρώς κυρτό και το πρόσθιο τμήμα του στενεύει. Τα θηλυκά του *M. pygmaeus* φέρουν πριονωτό ωοθέτη μέσω του οποίου τοποθετούνται μεμονωμένα τα ωά στον ιστό του φυτού, κυρίως στο στέλεχος του φυτού αλλά σε μικρότερο βαθμό στους μίσχους ή στα κεντρικά νεύρα των φύλλων. Το μόνο ορατό μέρος των ωών που εναποτίθενται στην επιφάνεια του φυτικού ιστού είναι το λαμπερό κάλυμμα του και το αναπνευστικό κεράτιο. Τα ωά διακρίνονται εξωτερικά από το στέλεχος από ένα τρισχιδές αναπνευστικό κεράτιο (Perdikis & Lykouressis, 2002).

Η νύμφη διέρχεται από πέντε νυμφικές ηλικίες μέχρι την ενηλικίωσή της. Οι νύμφες της πρώτης και της δεύτερης ηλικίας είναι επιμήκεις, με χρώμα από ανοιχτό έως έντονο κίτρινο, με κόκκινα μάτια. Εκτός από την αναλογία μήκους μεταξύ της τρίτου και της τέταρτου άρθρου της κεραίας, δεν παρουσιάζουν σημαντική διαφορά. Το μήκος του σώματος των νυμφών τρίτης ηλικίας είναι ανοιχτό κίτρινο και ο θώρακας και η κοιλία είναι ανοιχτό πράσινο. Το χρώμα των οφθαλμών είναι βαθύ κόκκινο. Η περοθήκες είναι υποανάπτυκτες καμπυλωτού σχήματος και βρίσκονται στις οπίσθιες γωνίες του μεσαίου και οπίσθιου θωρακικού τμήματος. Οι νύμφες της τέταρτης και πέμπτης ηλικίας έχουν ευρύτερη κοιλιά από ό, τι σε νεότερη ηλικία. Το χρώμα του θώρακα και της κοιλίας είναι ομοιόμορφα ανοιχτό πράσινο ή σκούρο πράσινο. Το χρώμα των οφθαλμών είναι επίσης βαθύ κόκκινο. Οι περοθήκες είναι καλά ανεπτυγμένες και κατά την τέταρτη ηλικία καλύπτουν μέρος της κοιλιάς και την πέμπτη ηλικία εκτείνονται στο τέταρτο ή και το πέμπτο τμήμα της κοιλιάς (Perdikis & Lykouressis, 2002). Το ενήλικο έχει μήκος 4mm, το σώμα του είναι επίμηκες και το χρώμα του είναι φωτεινό πράσινο έως πρασινοκίτρινο. Το πλάτος της μαύρης επιμήκους ταινίας πίσω από τους οφθαλμούς είναι ίσο με το 1/5 του ύψους των οφθαλμών και το χρώμα του πρώτου άρθρου της κεραίας είναι μαύρο. Οι οφθαλμοί έχουν ερυθρό σκούρο χρώμα και το ρύγχος φέρεται κάτω από το σώμα και είναι ανοιχτό κίτρινο που στην κορυφή του τελευταίου άρθρου γίνεται καστανό. Το χρώμα των κνημών είναι ανοιχτό κίτρινο και στα άκρα είναι σκούρο καφέ ενώ στο νώτο φέρει μαύρη κηλίδα (Perdikis & Lykouressis, 2002).

Στην Ελλάδα, το *M. pygmaeus*, έχει αναφερθεί σε μεγάλους πληθυσμούς σε λαχανοκομικά είδη όπως τομάτα, αγγούρι, μελιτζάνα, πιπεριά, φασόλι, κολοκύθι καθώς και σε αυτοφυή φυτά της οικογένειας Solanaceae όπως το *Solanum nigrum* L. καθώς και το *Dittrichia viscosa* (Compositae) και το *Ecbalium elaterium* (Cucurbitaceae) (Lykouressis et al., 2000).

Έχει μελετηθεί η θηρευτική ικανότητα του *M. pygmaeus* στα ωά και στις προνύμφες του *T. absoluta*. Το *M. pygmaeus* καταναλώνει περίπου 60 ωά ημερησίως όταν προσφέρθηκαν 60 ωά (Mollá et al., 2009), ενώ στην περίπτωση των 145 ωών το ενήλικο άτομο κατανάλωσε πάνω από 100 ωά (Urbaneja et al., 2009). Σχετικά με τις προνύμφες του *T. absoluta*, τα ενήλικα άτομα του *M. pygmaeus* μπορούν να τραφούν με όλα τα στάδια δείχνοντας ιδιαίτερη προτίμηση στις νεαρές προνύμφες (L1-L2)

καταναλώνοντας περίπου 2 προνύμφες την ημέρα όταν προσφέρθηκαν 5 προνύμφες *T. absoluta*.

Κεφάλαιο 6ο: Σκοπός πειράματος.

Η καλλιέργεια της τομάτας αποτελεί το πιο διαδεδομένο κηπευτικό προϊόν μετά την πατάτα και την γλυκοπατάτα, επομένως γίνεται εύκολα αντιληπτή η οικονομική σημασία της καλλιέργεια αυτής. Το *T. absoluta* θεωρείται ο πιο σοβαρός εντομολογικός εχθρός στην καλλιέργεια της τομάτας. Για την αντιμετώπιση του τα τελευταία χρόνια γίνεται εκτεταμένη χρήση συνθετικών εντομοκτόνων με αποτέλεσμα το έντομο αυτό να έχει αποκτήσει ανθεκτικότητα. Επομένως είναι αναγκαίο να βρεθούν εναλλακτικοί τρόποι αντιμετώπισής του. Πρόσφατες μελέτες αναφέρουν ότι διάφορα είδη μυκόρριζας, διάφορα είδη μικροοργανισμών και διάφορα ριζοβακτήρια όπως το *P. putida* έχουν αρνητική επίδραση σε αφίδες, ακάρεα, στο *H. armigera*, στο *T. absoluta* κ.ά. (Redouan et al., 2019, Song et al., 2013 , Aksoy et al, 2008, Guerrieri et al. , 2004). Επίσης, παρατηρείται ευνοϊκότερη ανάπτυξη διαφόρων αρπακτικών όπως το *M. pygmaeus* και διαφόρων παρασιτοειδών όπως το *Aphidius ervi* σε σύγκριση με τον μάρτυρα .Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η καταγραφή της απόστασης από το σημείο εκκόλαψης της προνύμφης μέχρι τη στοά της, η διάρκεια ανάπτυξης της προνύμφης και το βάρος της νύμφης *T. absoluta*, η διάρκεια ανάπτυξης και η θήρευση επί των ωών *T. absoluta* του *M. pygmaeus*, σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση ενδομυκόρριζων ειδών του γένους *Glomus* και άλλων μικροοργανισμών ή του βακτηρίου *P. putida*.

Κεφάλαιο 7^ο: Υλικά και μέθοδοι

7.1 Υλικά

7.1.1 Φυτά τομάτας

Για την διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν φυτά τομάτας <<ΕΛΠΙΔΑ F1>> του Αγροτικού Οίκου ΣΠΥΡΟΥ Α.Ε. Η σπορά πραγματοποιήθηκε σε γλαστράκια σποράς 6X6,5X6 cm ενώ στην συνέχεια μεταφυτεύτηκαν στο στάδιο των τεσσάρων πραγματικών φύλλων σε γλάστρες διαμέτρου 12 cm και ύψους 10cm. Οι κλωβοί διατήρησης των φυτών ήταν ξύλινοι αποτελούμενοι από ξύλινο σκελετό διαστάσεων 100x80x70cm με κάλυψη από εντομολογικό δίκτυ. Η ανάπτυξη των φυτών πραγματοποιήθηκε εντός των κλωβών στο θερμοκήπιο του εργαστηρίου Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του Γ.Π.Α. (Εικόνα 16). Το θερμοκήπιο ήταν υαλόφρακτο, εφοδιασμένο με κουρτίνες οροφής και μηχανήμα κλιματισμού με στόχο την διασφάλιση σταθερών συνθηκών θερμοκρασίας ($25\pm 3^{\circ}\text{C}$) και υπό συνθήκες φυσικού φωτισμού. Τα φυτά ποτίζονταν τακτικά (3-4 φορές/ εβδομάδα) με σκοπό την ομαλή ανάπτυξή τους, ενώ γινόταν καθημερινός έλεγχος για τυχόν προσβολές από άλλα έντομα, ακάρεα ή άλλα συμπτώματα κατά την ανάπτυξή τους.

7.1.2 Εκτροφή του εντόμου *Tuta absoluta*

Η εκτροφή του εντόμου *T. absoluta* πραγματοποιήθηκε στο εντομοτροφείο του εργαστηρίου Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας εντός υφασμάτων κλωβών διαστάσεων 100X80X70 cm (Εικόνα 17). Εντός των κλωβών τοποθετούνταν φυτά τομάτας στο στάδιο των 5 πραγματικών φύλλων σε τακτά χρονικά διαστήματα ενώ οι συνθήκες εντός του εντομοτροφείου ήταν ελεγχόμενες ($25\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$, 16:8 Φ:Σ). Η εκτροφή του εντόμου ελέγχονταν καθημερινά για την αποφυγή ύπαρξης τυχόν αρπακτικών ή παρασιτοειδών ενώ σε περίπτωση ύπαρξής τους πραγματοποιούνταν η απομάκρυνσή τους.



Εικόνα 14: Κλωβός εκτροφής του εντόμου *T. absoluta*.

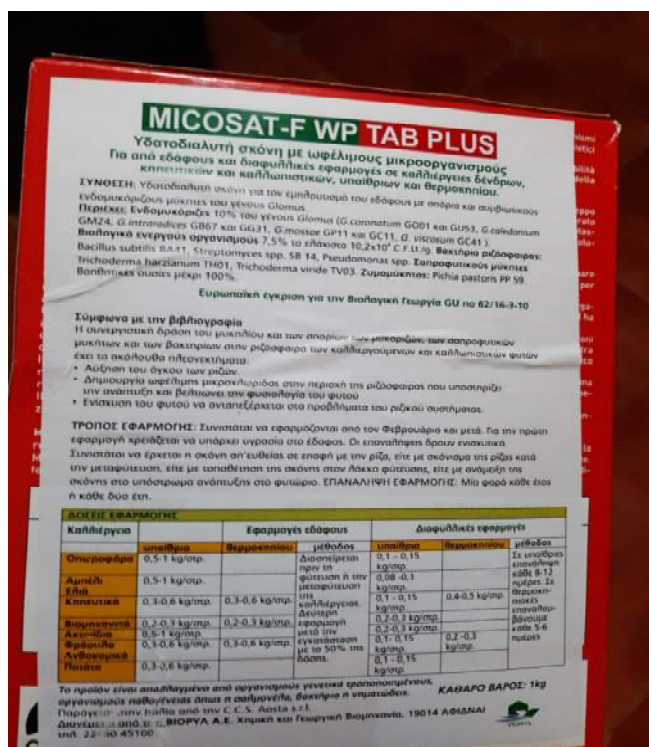
7.1.3 Εκτροφή του αρπακτικού εντόμου *Macrolophus pygmaeus*

Η εκτροφή του αρπακτικού *M. pygmaeus* διατηρούνταν σε φυτά μελιτζάνας, σε ξύλινους κλωβούς διαστάσεων 100x80x70 cm. Ως λεία χρησιμοποιούνταν μίγμα ωών *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) με κύστεις *Artemia* spp. που προέρχονταν από την εταιρεία Koppert Biological Systems (Entofood, The Netherlands) και τοποθετούνταν σε επαρκή ποσότητα επί των φύλλων της μελιτζάνας 2 φορές την εβδομάδα. Οι κλωβοί διατηρούνταν στο θερμοκήπιο.

7.1.4 Ενδομυκόρριζοι μύκητες του γένους *Glomus* και άλλοι ωφέλιμοι μικροοργανισμοί

Στις επεμβάσεις χρησιμοποιήθηκε το εμπορικό σκεύασμα MICOSAT-F WP TAB PLUS της εταιρείας Vioryl που η έδρα της είναι στις Αφίδνες Αττικής στην μορφή υδατοδιαλυτής σκόνης που περιείχε τους ενδομυκόρριζους μύκητες του γένους *Glomus* (*G. coronatum* GU 53, *G. caledonium* GM 24, *G. intraradices* GG 31,

G. mosseae GP 11, *G. viscosum* GC 41) και διάφορους ωφέλιμους μικροοργανισμούς όπως βακτήρια της ριζόσφαιρας (*Bacillus subtilis* BA41, *Streptomyces* spp. SB 14, *Pseudomonas* spp.), σαπροφυτικούς μύκητες (*Trichoderma harzianum* TH01, *Trichoderma viride* TV03) και τον ζυγομύκητα *Picia pastoris* PP 59 (Εικόνα 18). Το σκεύασμα εφαρμόστηκε στο ριζικό σύστημα του φυτού μέσω της ενσωμάτωσής του στο χόμα φύτευσης στη συνιστώμενη δόση (0,27 gr ανά φυτό). Μετά την εφαρμογή τα φυτά τοποθετήθηκαν εντός του κλωβού υπό ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας στο εντομοτροφείο και διατηρήθηκαν για 7 ημέρες με στόχο την επιτυχή εγκατάσταση της μυκόρριζας, σύμφωνα με τις οδηγίες του παρασκευαστή.



Εικόνα 15: Σκεύασμα MICOSAT-F WP TAB PLUS.

Το βακτήριο *Pseudomonas putida*

Το βακτήριο *Pseudomonas putida* παραλήφθηκε από το Εργαστήριο Φυτοπαθολογίας του Γ. Π. Α. (Αναπληρωτής Καθηγητής Σωτήριος Τζάμος) και εφαρμόστηκε επί των φυτών τομάτας μέσω ψεκάσμου. Μετά την εφαρμογή τα φυτά τοποθετήθηκαν εντός του κλωβού σε συνθήκες όμοιες με εκείνες που εφαρμόστηκαν παραπάνω ενώ διατηρήθηκαν για 3 ημέρες με στόχο την επιτυχή εγκατάσταση του βακτηρίου (Εικόνα 19).



Εικόνα 16: Εναιώρημα βακτηρίου *Pseudomonas putida*.

7.2 Πειραματική διαδικασία. Μελέτη της επίδρασης της μυκόρριζας και διάφορων ωφέλιμων μικροοργανισμών στο *T. absoluta*.

7.2.1 Καταγραφή της απόστασης από το σημείο εκκόλαψης της προνύμφης μέχρι τη στοά της, διάρκεια ανάπτυξης της προνύμφης, βάρος νύμφης.

Στην πρώτη πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν 8 φυτά με μυκόρριζα (και διάφορους ωφέλιμους μικροοργανισμούς) και 8 φυτά χωρίς επέμβαση (μάρτυρες). Με την βοήθεια λεπτού πινέλου γινόταν η συλλογή ωών 1^{ης} ημέρας του *T. absoluta* και ακολουθούσε η τοποθέτηση 2 ωών στο 3^ο φύλλο και 2 στο 5^ο φύλλο, μετρώντας από την κορυφή του φυτού, βάζοντας το κάθε ωό σε διαφορετικό φυλλάριο. Καθημερινά παρατηρούνταν η εξέλιξη της ανάπτυξης και όταν σημειωνόταν η εκκόλαψη της νεαρής προνύμφης γινόταν η καταγραφή της απόστασης από την θέση του ωού μέχρι την θέση της στοάς της. Κατόπιν αφαιρούνταν η μία από τις δύο προνύμφες και ακολουθούσε ο εγκλεισμός του φύλλου με την προνύμφη σε υφασμάτινο κλωβό. Η ανάπτυξη των προνυμφών

καταγραφόταν καθημερινά μέχρι το στάδιο της νύμφωσης (Εικόνες 19, 20, 21). Οι νύμφες συλλέχθηκαν με την βοήθεια του λεπτού πινέλου και στην συνέχεια καταγράφηκε το βάρος τους ατομικά, με τη χρήση του ηλεκτρονικού ζυγού ακριβείας τύπου Acs 80-4 του κατασκευαστή Kern & Sohn GmbH του Εργαστηρίου Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του Γ.Π.Α.



Εικόνα17: Φυτά τομάτας σε εντομολογικό κλωβό με φύλλα που έχουν καλυφθεί με υφασμάτινο κλωβό.



Εικόνα 18: Στοά προνύμφης *T. absoluta* σε φύλλο φυτού που δεν είχε δεχθεί επέμβαση.



Εικόνα 19: Στοά προνύμφης *T. absoluta* σε φύλλο φυτού τομάτας που είχε δεχθεί επέμβαση με μυκόρριζα και ωφέλιμους μικροοργανισμούς.

7.2.2 Προτίμηση ωοτοκίας ενήλικου θηλυκού *T. absoluta*.

Σε αυτή την πειραματική διαδικασία μελετήθηκε η προτίμηση ωοτοκίας του ενήλικου θηλυκού *T. absoluta* μεταξύ φυτού τομάτας που είχε δεχθεί την επέμβαση και φυτού μάρτυρα, εντός υφασμάτινου κλωβού διαστάσεων 36 X 60 cm. Εντός του κλωβού, εισάγονταν ενήλικα άτομα του *T. absoluta* (2 αρσενικά: 1 θηλυκό). Μετά

από 24 ώρες καταγραφόταν ο αριθμός ωών που εναποτέθηκαν επί του κάθε φυτού τομάτας. Χρησιμοποιήθηκαν 14 επαναλήψεις (κλωβοί).

7.2.3 Διάρκεια ανάπτυξης του *Macrolophus pygmaeus*.

Μελετήθηκε η διάρκεια ανάπτυξης του *M. pygmaeus* σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση και σε φυτά μάρτυρες. Με την βοήθεια αναρροφητήρα έγινε η συλλογή νεαρών νυμφών 1^{ης} ηλικίας του *M. pygmaeus* από τον κλωβό εκτροφής του και τοποθετήθηκε 1 νύμφη στο 3^ο και στο 5^ο φύλλο φυτών με επέμβαση αλλά και χωρίς επέμβαση. Το κάθε φύλλο με το αρπακτικό εγκλείστηκε σε υφασμάτινο κλωβό και ολόκληρο το φυτό τοποθετήθηκε σε κλωβό (Εικόνα 22). Η ανάπτυξη της κάθε νύμφης του αρπακτικού καταγραφόταν ανά 2 ημέρες. Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες στο χώρο του εντομοτροφείου. Στην συγκεκριμένη πειραματική εργασία χρησιμοποιήθηκαν 6 φυτά τα οποία είχαν δεχθεί επέμβαση με μυκόρριζα και διάφορους ωφέλιμους μικροοργανισμούς και 6 φυτά χωρίς επέμβαση.



Εικόνα 20: Φυτά τομάτας σε εντομολογικό κλωβό με φύλλα που έχουν καλυφθεί με υφασμάτινο κλωβό.

7.2.4 Μελέτη της θήρευσης του *M. pygmaeus* επί των ωών *T. absoluta*

Η ικανότητα θήρευσης των ωών του *T. absoluta* από το *M. pygmaeus* μελετήθηκε σε κλωβούς με ένα φυτό τομάτας που είχε δεχθεί την επέμβαση και με ένα φυτό μάρτυρα. Νύμφες 5^{ης} ηλικίας του *M. pygmaeus* συλλέγονταν από την εκτροφή και τοποθετούνταν εντός ειδικά διαμορφωμένων πλαστικών τρυβλίων Petri (διαμέτρου 9cm και ύψους 1,5cm). Στο καπάκι του τρυβλίου ανοίγονταν οπή διαμέτρου 3cm με στόχο την διασφάλιση επαρκούς αερισμού. Η οπή καλύφθηκε με μουσελίνα ώστε να αποφευχθεί η διαφυγή των εντόμων. Για την προετοιμασία των τρυβλίων τοποθετούνταν στο εσωτερικό του τρυβλίου λεπτό στρώμα βάμβακος εμποτισμένο με νερό και καλά στραγγισμένο με σκοπό την εξασφάλιση επαρκούς υγρασίας. Στο κάθε τρυβλίο τοποθετούνταν φυλλάριο τομάτας με λεία (Entofood). Τα τρυβλία τοποθετούνταν εντός θαλάμων ελεγχόμενων συνθηκών (25±1° C, 65±5%, 16:8 Φ:Σ) (Εικόνα 25, 26). Με την εμφάνιση των ενήλικων ατόμων γινόταν η εισαγωγή ενός θηλυκού και ενός αρσενικού ατόμου εντός τρυβλίου με φύλλο τομάτας και Entofood για την πραγματοποίηση της σύζευξης. Μετά από 24 ώρες γινόταν η απομάκρυνση του θηλυκού ατόμου και η τοποθέτησή του σε ένα τρυβλίο χωρίς τροφή (μόνο το φυλλάριο ήταν διαθέσιμο) για 24 ώρες. Στην συνέχεια, 30 ώρες 1^{ης} ημέρας του *T. absoluta* συλλέχθηκαν με την βοήθεια λεπτού πινέλου και τοποθετήθηκαν σε συγκεκριμένες θέσεις επί των φύλλων φυτού τομάτας με και χωρίς την επέμβαση. Οι θέσεις των ωών που τοποθετήθηκαν επί του φυτού τομάτας επιλέχθηκαν με βάση την φυσική εναπόθεση των ωών μετά την σύζευξη τριών θηλυκών με τρία αρσενικά άτομα *T. absoluta* μετά από 24 ώρες (Δερβίσογλου κ.ά. 2019). Κατόπιν τα δύο φυτά τοποθετούνταν εντός υφασμάτινου κλωβού και έπειτα ακολουθούσε η απελευθέρωση του θηλυκού ατόμου *M. pygmaeus*. Μετά από 24 ώρες (25±1°C, 65±5%, 16:8 Φ:Σ), καταγραφόταν ο αριθμός των καταναλωθέντων ωών από το *M. pygmaeus* σε κάθε φυτό. Σε αυτήν την πειραματική εργασία χρησιμοποιήθηκαν 10 επαναλήψεις.



Εικόνα 21: Θάλαμος ελεγχόμενων συνθηκών.



Εικόνα 22: Τρυβλία σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών.

Μελέτη της επίδρασης του *Pseudomonas putida* στο *T. absoluta*

Παρόμοια πειραματική διαδικασία ακολουθήθηκε για τη μελέτη της επίδρασης της επέμβασης με το βακτήριο *Pseudomonas putida* στην απόσταση από το σημείο εκκόλαψης της προνύμφης μέχρι την στοά της (10 επαναλήψεις για τον μάρτυρα και 17 επαναλήψεις για το βακτήριο), στη διάρκεια ανάπτυξης της προνύμφης (11 επαναλήψεις για τον μάρτυρα και 15 επαναλήψεις για το βακτήριο), στο βάρος της νύμφης *T. absoluta* (11 επαναλήψεις για τον μάρτυρα και 15 επαναλήψεις για το

βακτήριο), στην προτίμηση ωοτοκίας ενήλικου θηλυκού *T. absoluta* (10 επαναλήψεις για τον μάρτυρα και το βακτήριο αντίστοιχα), στη διάρκεια ανάπτυξης *M. pygmaeus* (11 επαναλήψεις για τον μάρτυρα και το βακτήριο αντίστοιχα) και στη θήρευση του *M. pygmaeus* επί των ωών *T. absoluta* (10 επαναλήψεις για τον μάρτυρα και το βακτήριο αντίστοιχα). Ωστόσο, σε αυτή την περίπτωση έγινε ψεκασμός του φυτού με το εναιώρημα του βακτηρίου.

Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με την μέθοδο της ανάλυσης διασποράς (ANOVA) και οι μέσοι διαχωρίστηκαν με την δοκιμασία Tukey-Kramer HSD test. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το στατιστικό πακέτο JMP 10.0.0 (SAS Institute, 2012).

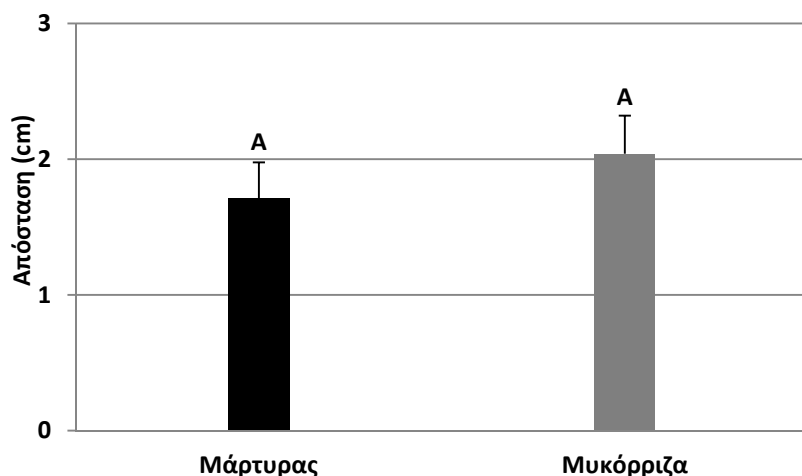
Κεφάλαιο 8ο : Αποτελέσματα

8.1 Επεμβάσεις με μυκόρριζα και ωφέλιμους μικροοργανισμούς.

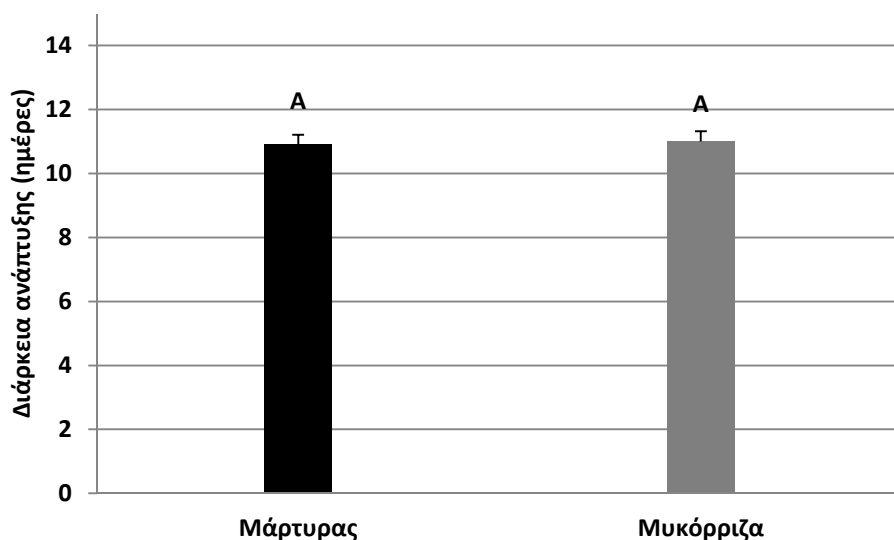
8.1.1 Καταγραφή της απόστασης από το σημείο εκκόλαψης της προνύμφης μέχρι τη στοά της, διάρκεια ανάπτυξης της προνύμφης, βάρος νύμφης.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στην απόσταση που διένυσε η προνύμφη του *T. absoluta* σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση σε σχέση με αυτή στα φυτά του μάρτυρα ($F=0,68$, $\beta.ε=1,36$, $P=0,41$) (Ραβδόγραμμα 1). Η απόσταση σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση ήταν $2,04 \pm 0,26\text{cm}$ και στα φυτά του μάρτυρα $1,71 \pm 0,28\text{cm}$. Αντίστοιχα αποτελέσματα σημειώθηκαν στην περίπτωση της διάρκειας ανάπτυξης της προνύμφης ($F=0,11$, $\beta.ε.=1,24$, $P=0,73$) (Ραβδόγραμμα 2). Η διάρκεια της ανάπτυξης της προνύμφης στα φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση ήταν $11,08 \pm 0,33$ και τον μάρτυρα $10,92 \pm 0,30$, ημέρες, αντιστοίχως. Αντίθετα, σχετικά με το βάρος της νύμφης, η ανάλυση των δεδομένων έδειξε σημαντική διαφορά ($F=1,83$, $\beta.ε.=1,25$, $P=0,043$) με το βάρος των νυμφών στην περίπτωση των φυτών με την

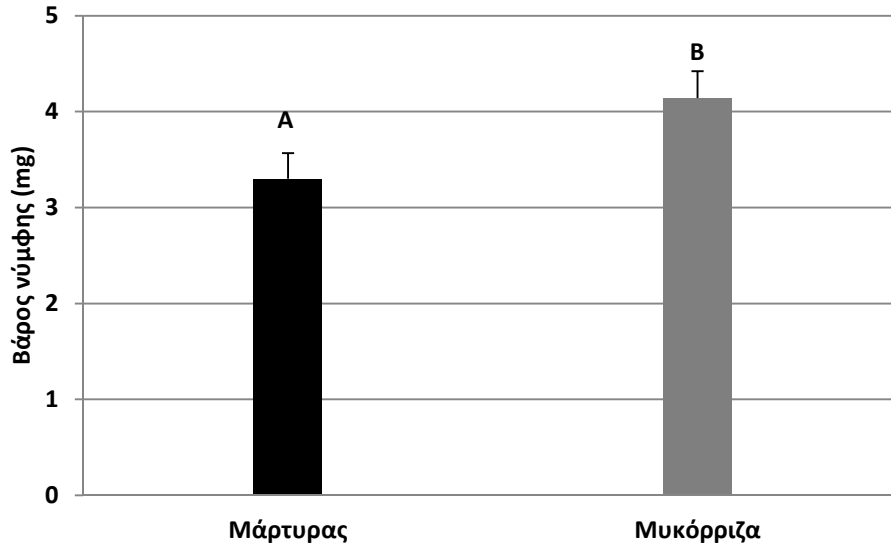
επέμβαση να είναι σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με τον μάρτυρα. Το βάρος της νύμφης στην επέμβαση ήταν $4,0 \pm 0,2\text{mg}$ ενώ στον μάρτυρα $3,3 \pm 0,2\text{ mg}$ (Ραβδόγραμμα 3).



Ραβδόγραμμα 1: Απόσταση (μ.ό.±τ.σ.) που διένυσε η προνύμφη του *T. absoluta* από το σημείο εκκόλαψής της μέχρι τη στοά της σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση και σε φυτά που δεν είχαν δεχθεί επέμβαση (μάρτυρας). Οι στήλες που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά.



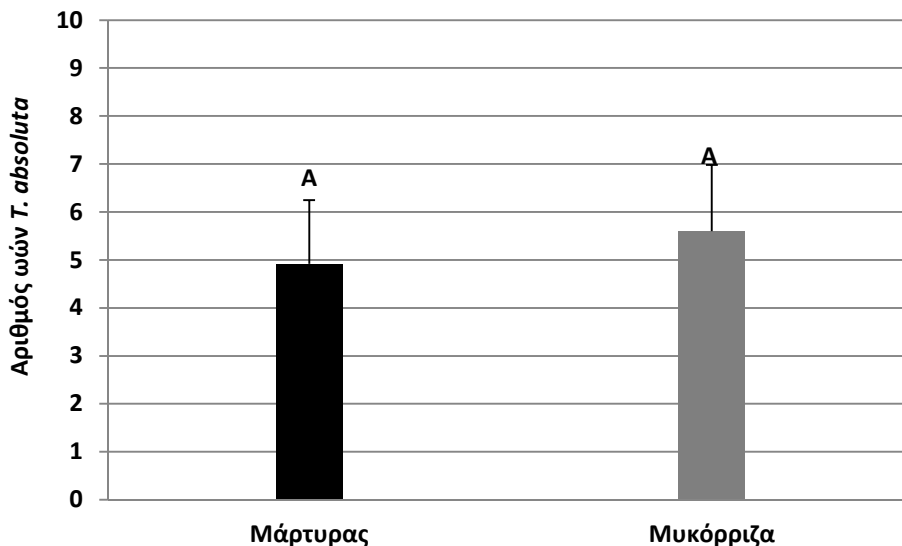
Ραβδόγραμμα 2: Διάρκεια ανάπτυξης (μ.ό.±τ.σ.) της προνύμφης του *T. absoluta* σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση και σε φυτά που δεν είχαν δεχθεί επέμβαση (μάρτυρες)



Ραβδόγραμμα 3: Βάρος νύμφης (μ.ό.±τ.σ.) *T. absoluta* σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση και σε φυτά που δεν είχαν δεχθεί επέμβαση (μάρτυρες).

8.1.2 Προτίμηση ωτοκίας *Tuta absoluta*

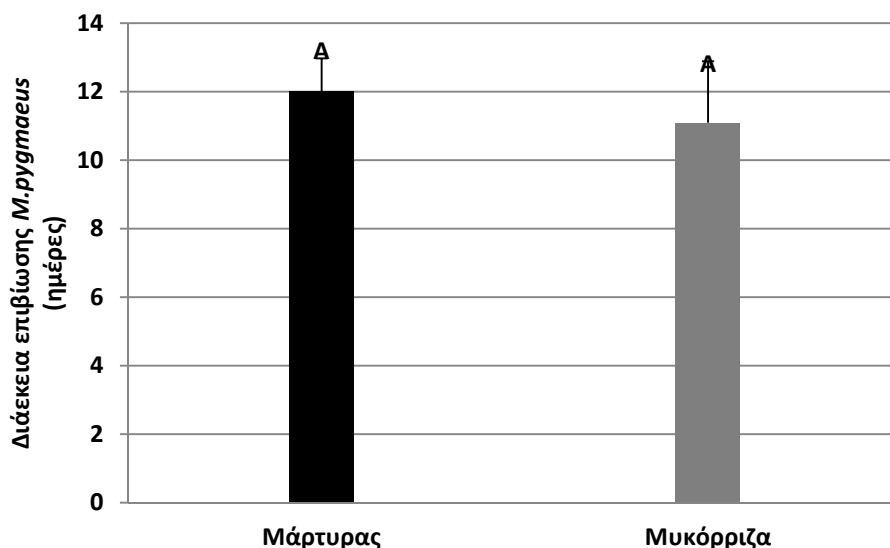
Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι δεν καταγράφηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στην προτίμηση ωτοκίας του ενήλικου θηλυκού *T. absoluta* μεταξύ των φυτών που είχαν υποστεί επέμβαση και τον μάρτυρα ($F=0,13$, β.ε.=1,26, $P=0,71$). Ο αριθμός των ωών που καταγράφηκε στην περίπτωση του μάρτυρα ήταν $4,92 \pm 2,14$ ενώ στην περίπτωση της επέμβασης ήταν $5,64 \pm 2,86$ (Ραβδόγραμμα 4).



Ραβδόγραμμα 4: Αριθμός ωών (μ.ό.±τ.σ.) *T. absoluta* που εναποτέθηκαν ανά θηλυκό άτομο σε φυτό τομάτας που είχε δεχθεί επέμβαση και σε φυτό που δεν είχε δεχθεί επέμβαση (μάρτυρας).

8.1.3 Διάρκεια επιβίωσης του *Macrolophus pygmaeus*

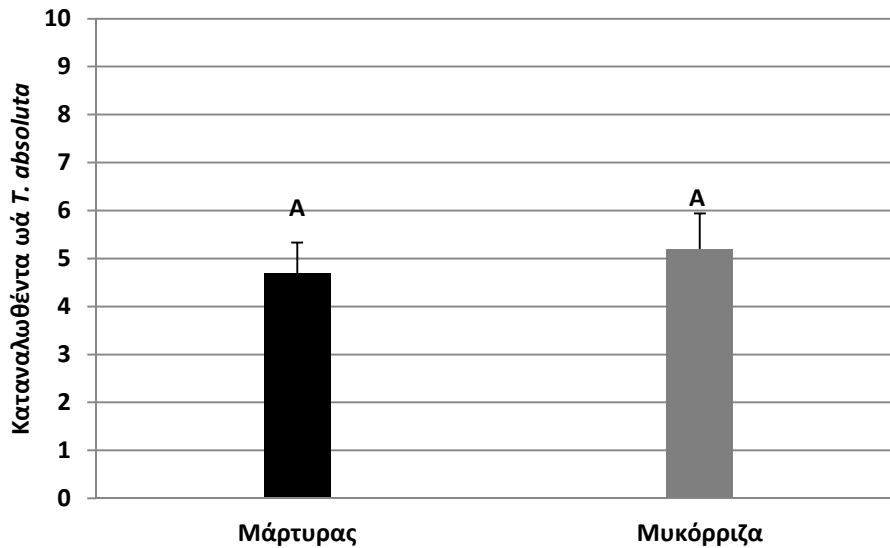
Η διάρκεια επιβίωσης των νυμφών του αρπακτικού *M. pygmaeus* δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των φυτών που είχαν δεχθεί την επέμβαση αλλά και τον μάρτυρα ($F=0,17$, $\beta.ε.=1,18$, $P=0,68$). Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση της επέμβασης η διάρκεια επιβίωσης του *M. pygmaeus* ήταν $11,09 \pm 1,45$ ενώ στην περίπτωση του μάρτυρα ήταν $12,0 \pm 1,61$ ημέρες (Ραβδόγραμμα 5).



Ραβδόγραμμα 5: Διάρκεια επιβίωσης (μ.ό.±τ.σ.) των νυμφών του *M. pygmaeus* σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση και σε φυτά που δεν είχαν δεχθεί επέμβαση (μάρτυρες).

8.1.4 Προτίμηση θήρευσης ωών του *T. absoluta*

Ο αριθμός των ωών που κατανάλωσε το *M. pygmaeus* δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ φυτών που είχαν δεχθεί την επέμβαση και των φυτών του μάρτυρα ($F=0,26$, $\beta.ε.=1,18$, $P=0,61$). Στην περίπτωση της επέμβασης ο αριθμός των καταναλωθέντων ωών *T. absoluta* ήταν $5,20 \pm 0,69$ ενώ στον μάρτυρα ήταν $4,70 \pm 0,69$ (Ραβδόγραμμα 6).

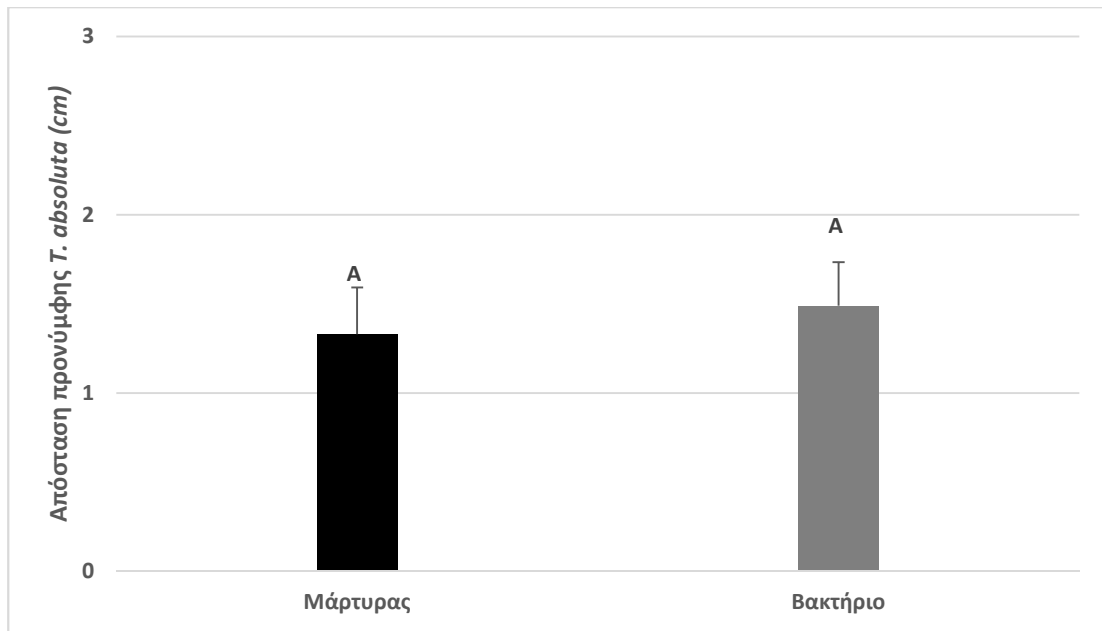


Ραβδόγραμμα 6: Αριθμός (μ.ό.±τ.σ.) καταναλωθέντων ωών *T. absoluta* από το αρπακτικό *M. rygmaeus* σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση και σε φυτά που δεν είχαν δεχθεί επέμβαση (μάρτυρες).

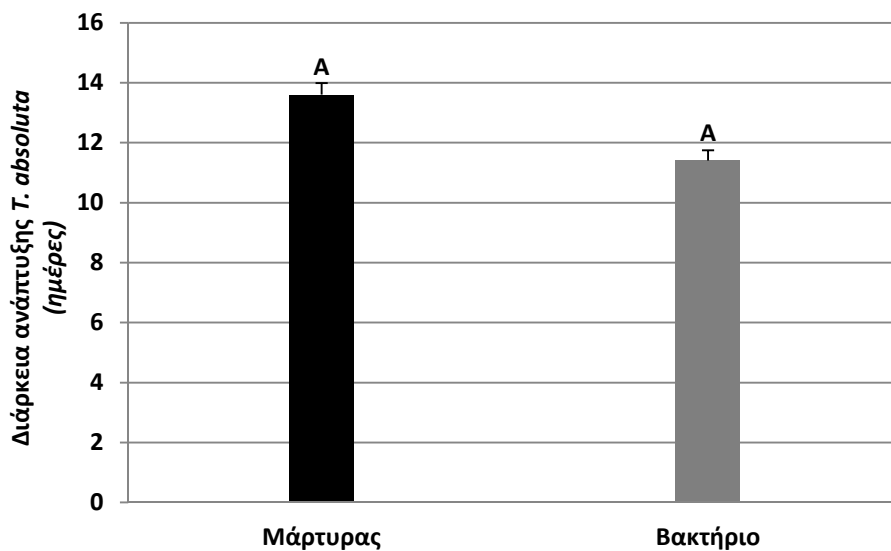
8.2 Επεμβάσεις με το *Pseudomonas putida*.

8.2.1 Καταγραφή απόστασης της προνύμφης από το ωό μέχρι την στοά, διάρκειας ανάπτυξης, βάρος νύμφης *T. absoluta*.

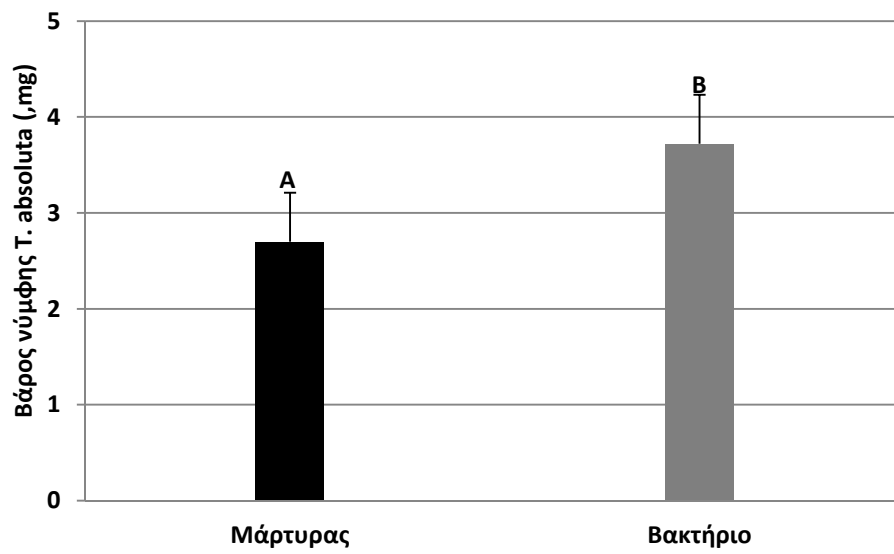
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στην απόσταση που διένυσε η προνύμφη του *T. absoluta* μεταξύ της επέμβασης και του μάρτυρα ($F=0,15$, $\beta.ε.=1,24$, $P=0,69$) (Ραβδόγραμμα 7). Η απόσταση αυτή σε φυτά τομάτας που έχει εφαρμοστεί το βακτήριο ήταν $1,49 \pm 0,23$ cm και στα φυτά του μάρτυρα $1,33 \pm 0,32$ cm. Αντίστοιχα αποτελέσματα σημειώθηκαν στην περίπτωση της διάρκειας ανάπτυξης της προνύμφης ($F=12,1$ $\beta.ε.=1,23$, $P=0,002$) (Ραβδόγραμμα 8). Η διάρκεια ανάπτυξης της προνύμφης ήταν $13,07 \pm 0,35$ και $14,09 \pm 0,39$ ημέρες στην επέμβαση και στον μάρτυρα, αντιστοίχως. Αντίθετα, σχετικά με το βάρος της νύμφης, η ανάλυση των δεδομένων έδειξε σημαντική διαφορά ($F=10,8$, $\beta.ε.=1,23$, $P<0,0032$) με το βάρος των νυμφών στην περίπτωση των φυτών που είχαν δεχθεί την επέμβαση να είναι σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με τον μάρτυρα. Το βάρος της νύμφης στην περίπτωση του βακτηρίου ήταν $3,7 \pm 0,2$ ενώ στον μάρτυρα $2,7 \pm 0,2$ mg (Ραβδόγραμμα 9).



Ραβδόγραμμα 7: Απόσταση (μ.ό.±τ.σ.) που διένυσε η προνύμφη του *T. absoluta* από το σημείο εκκόλαψής της μέχρι τη στοά της σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση και σε φυτά που δεν είχαν δεχθεί επέμβαση (μάρτυρας). Οι στήλες που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά.



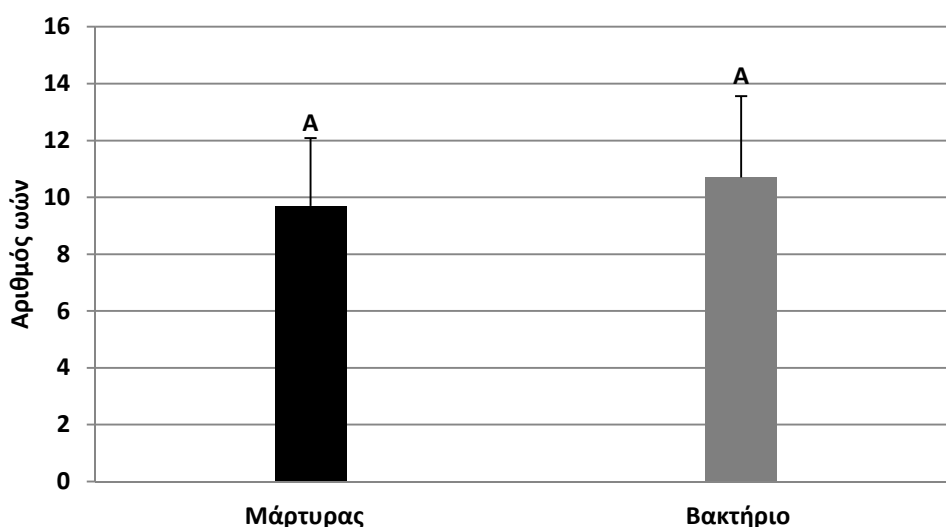
Ραβδόγραμμα 8: Διάρκεια ανάπτυξης (μ.ό.±τ.σ.) της προνύμφης του *T. absoluta* σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση και σε φυτά που δεν είχαν δεχθεί επέμβαση.



Ραβδόγραμμα 9: Βάρος νύμφης (μ.ό.±τ.σ.) του *T. absoluta* σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση και σε φυτά που δεν είχαν δεχθεί επέμβαση.

8.2.2 Προτίμηση ωοτοκίας *T. absoluta*.

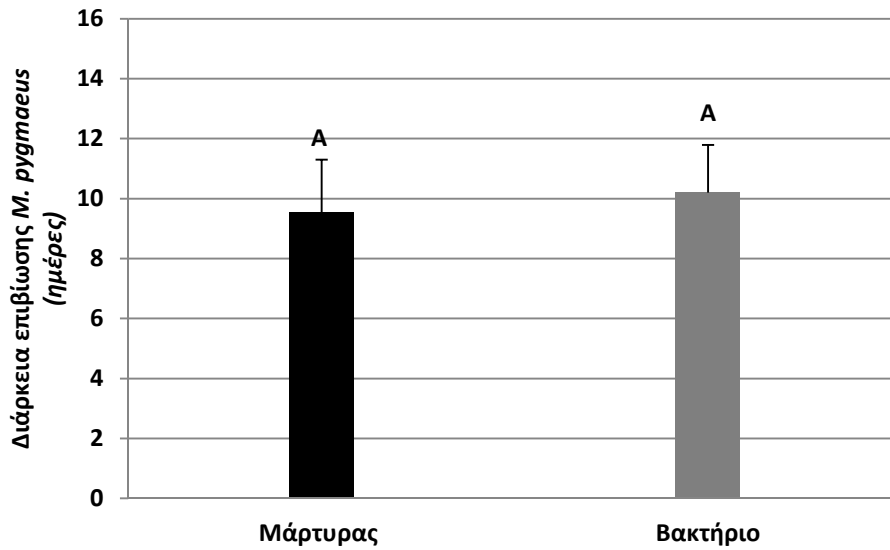
Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι δεν καταγράφηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στην προτίμηση ωοτοκίας του θηλυκού *T. absoluta* μεταξύ των φυτών που είχαν υποστεί επέμβαση με το βακτήριο και τον μάρτυρα ($F=0,07$, β.ε.=1,18, $P=0,79$). Ο αριθμός των ωών που καταγράφηκε στην περίπτωση του μάρτυρα ήταν $9,7\pm 2,63$ ενώ στην περίπτωση του βακτηρίου ήταν $10,7\pm 2,63$ (Ραβδόγραμμα 10).



Ραβδόγραμμα 10: Αριθμός ωών (μ.ό.±τ.σ.) *T. absoluta* που εναποτέθηκαν ανά θηλυκό άτομο σε φυτό τομάτας που είχε δεχθεί επέμβαση και σε φυτό που δεν είχε δεχθεί επέμβαση (μάρτυρες).

8.2.3 Διάρκεια επιβίωσης *M. pygmaeus*.

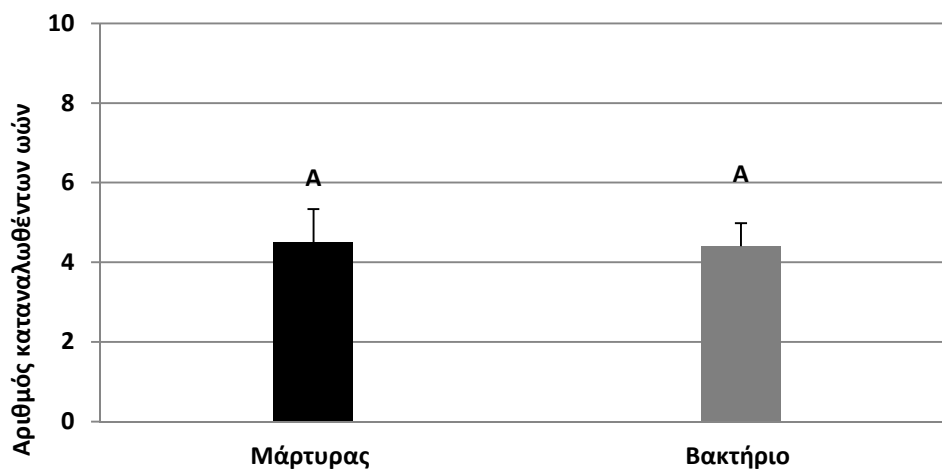
Η διάρκεια επιβίωσης του αρπακτικού *M. pygmaeus* δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των φυτών που είχαν δεχθεί την επέμβαση σε σχέση με τον μάρτυρα ($F=0,07$, β.ε.=1,20, $P=0,79$). Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση του βακτηρίου η διάρκεια επιβίωσης του *M. pygmaeus* ήταν $10,18\pm 1,67$ ενώ στην περίπτωση του μάρτυρα ήταν $9,54\pm 1,67$ ημέρες (Ραβδόγραμμα 11).



Ραβδόγραμμα 11: Διάρκεια επιβίωσης (μ.ό.±τ.σ.) του *M. rugosaeus* σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση και σε φυτά που δεν είχαν δεχθεί επέμβαση.

8.2.4 Προτίμηση θήρευσης ωών του *T. absoluta*

Σύμφωνα με την ανάλυση των δεδομένων το *M. rugosaeus* κατανάλωσε παρόμοιο αριθμό ωών του *T. absoluta* σε φυτά που είχαν δεχθεί επέμβαση και στον μάρτυρα ($F=0,009$, β.ε.=1,18, $P=0,92$). Στην περίπτωση της επέμβασης καταναλώθηκαν $4,40 \pm 0,71$ ωά, ενώ στον μάρτυρα $4,50 \pm 0,71$ (Ραβδόγραμμα 12).



Ραβδόγραμμα 12: Αριθμός (μ.ό.±τ.σ.) καταναλωθέντων ωών *T. absoluta* από το αρπακτικό *M. rugosaeus* σε φυτά τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση και σε φυτά που δεν είχαν δεχθεί επέμβαση (μάρτυρες).

8.3 Συζήτηση

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η σημαντική επίδραση της επέμβασης με μυκόρριζα και ωφέλιμους μικροοργανισμούς ήταν η αύξηση του βάρους της νύμφης του *T. absoluta* στα φυτά που έγινε η επέμβαση σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα. Στη μελέτη των Kong et al. (2019) σε φυτά τομάτας τα οποία είχαν υποστεί επέμβαση με τα είδη ενδομυκόρριζας *Glomus clarum* και *Glomus intraradices* καταγράφηκε αύξηση της διαμέτρου του στελέχους τους κατά 49,84%, αύξηση του βάρους των ριζών κατά 37,64%, αύξηση του βάρους των βλαστών κατά 28,56%, αύξηση του ξηρού βάρους των βλαστών και των ριζών κατά 42,92% και 59,91% αντίστοιχα, και σημαντική αύξηση στην συγκέντρωση των διαλυτών στερεών στους καρπούς τομάτας σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Επομένως, η αύξηση του βάρους της νύμφης του *T. absoluta* πιθανώς θα οφείλεται στη βελτίωση της ποιότητας του φυτού της τομάτας μετά την επέμβαση με το σκεύασμα με τις ενδομυκόρριζες και τους ωφέλιμους μικροοργανισμούς.

Οι Guerrieri et al. (2004) μελέτησαν την επίδραση της ενδομυκόρριζας *Glomus mosseae* στην ανάπτυξη και στην αναπαραγωγή της αφίδας *Macrosipum euphorbiae* σε φυτά τομάτας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους, το ποσοστό των νυμφών του *M. euphorbiae* που ολοκλήρωσαν την ανάπτυξή τους ήταν 16%, ενώ στον μάρτυρα ήταν 60%. Αντίστοιχα, το ποσοστό των ενηλίκων του που έδωσε απογόνους ήταν 8% ενώ στον μάρτυρα ήταν 38%. Οι Song et al. (2013) κατέγραψαν μείωση του βάρους της προνύμφης του *Helicoverpa arimigera* από 62,3% έως 78,2% σε σχέση με τον μάρτυρα, μετά από 72 ώρες διατροφής σε φύλλα από φυτά τομάτας στα οποία είχε γίνει η επέμβαση με το είδος ενδομυκόρριζας *Glomus mosseae*. Αυτό σύμφωνα με τους παραπάνω ερευνητές πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι η επέμβαση ενισχύει την παραγωγή ιασημονικού οξέος από το φυτό με αποτέλεσμα να ενεργοποιούνται διάφορα γονίδια άμυνας του φυτού που δρουν κατασταλτικά στο συγκεκριμένο έντομο.

Όσον αφορά στα αποτελέσματα της διάρκειας ανάπτυξης της νύμφης του *M. pygmaeus* αυτά δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών της επέμβασης και του μάρτυρα. Οι Prierto et al. (2016) τοποθέτησαν στα 6 πρώτα φύλλα φυτών τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση με την μυκόρριζα *Rhizophagus irregularis* 20 νύμφες πρώτης ηλικίας ανά φυτό που εγκλείστηκαν με υφασμάτινο κλωβό μέχρι να

ενηλικιωθούν, για την καταγραφή του αριθμού και του βάρους των ενηλίκων ανά φυτό. Κατέγραψαν περισσότερα ενήλικα στα φυτά που είχαν δεχθεί επέμβαση σε σύγκριση με τον μάρτυρα και αύξηση του βάρους των ενηλίκων θηλυκών κατά 20%, ενώ για το βάρος των ενηλίκων αρσενικών δεν κατέγραψαν σημαντική διαφορά. Οι Prierto et al. (2016) καταλήγουν ότι η αύξηση του βάρους του θηλυκού πιθανώς να οφείλεται στην καλύτερη ποιότητα των φυτών που είχαν δεχθεί την επέμβαση σε σχέση με τον μάρτυρα. Ωστόσο, την παρούσα μελέτη δεν βρέθηκε τέτοια επίδραση στη νύμφη του *M. pygmaeus*.

Η κατανάλωση ωών του *T. absoluta* από το *M. pygmaeus* δεν βρέθηκε να διαφέρει σημαντικά μεταξύ των φυτών της επέμβασης και του μάρτυρα. Οι Prierto et al. (2016) κατέγραψαν μεγαλύτερη προτίμηση του *M. pygmaeus* σε φύλλα φυτών τομάτας που είχαν δεχθεί επέμβαση σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα. Όπως αναφέρουν αυτό πιθανώς να οφείλεται στα αυξημένα φαινολικά συστατικά των φυτών της επέμβασης. Σε αντίστοιχη μελέτη των Guerrieri et al. (2004) βρέθηκε ότι φυτά τομάτας που το ριζικό σύστημά τους είχε αποικιστεί από το είδος *Glomus mosseae* παρουσίασαν πολύ ισχυρότερη προσελκυστικότητα σε σχέση με τον μάρτυρα στο παρασιτοειδές *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae) (80% και 40%, αντίστοιχα).

Στην παρούσα μελέτη δεν καταγράφηκε θνησιμότητα στις προνύμφες του *T. absoluta* που αναπτύχθηκαν σε φυτά που είχαν ψεκάσθει με το ριζοβακτήριο *Pseudomonas putida*. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική αύξηση του βάρους της νύμφης *T. absoluta* στα φυτά που ψεκάστηκαν με το *P. putida*. Σε φυτά τομάτας στα οποία είχαν εγκατασταθεί τα στελέχη FA-8, FA-56 και FA-60 του *P. putida* σημειώθηκε αύξηση στο ύψος του φυτού κατά 13%, στη διάμετρο του στελέχους κατά 31%, στον ριζικό όγκο κατά 22%, στην ξηρή βιομάζα κατά 45% και στην απόδοση των καρπών κατά 20% (Montiel et al. 2017). Επομένως, πιθανώς το βάρος της νύμφης *T. absoluta* να αυξήθηκε λόγω της βελτίωσης της ανάπτυξης του φυτού κατά τον ψεκασμό του με το βακτήριο *P. putida*.

Οι Redouan et al. (2019) μελέτησαν την επίδραση των ριζοβακτηρίων *P. putida* Q172B, *P. fluorescens* Q110B και *P. fluorescens* Q036B στην βιωσιμότητα του *T. absoluta*, τόσο στα ενήλικα άτομα όσο και στις προνύμφες σε φύλλα που εμβαπτίστηκαν στο εναιώρημα του κάθε βακτηρίου. Η θνησιμότητα των ενηλίκων

ατόμων και των προνυμφών καταγράφηκε 120 ώρες από την εφαρμογή του των ριζοβακτηρίων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η θνησιμότητα του ενήλικου και της προνύμφης ήταν 55,56 % και 80% αντιστοίχως από το *P. putida* Q172B, 81,95% και 86,67% από το *P. fluorescens* και 33,81% και 100% από το *P. fluorescens* Q036B σε σύγκριση με τον μάρτυρα που έδειξε θνησιμότητα στις προνύμφες 33% μετά από 120 ώρες. Τα αποτελέσματα πιθανόν να οφείλονται στην παραγωγή χιτινάσης, πρωτεάσης και άλλων πρωτεϊνών από τα βακτήρια τα οποία λειτουργούν δυσμενώς στην επιβίωση των ενήλικων ατόμων και προνυμφών *T. absoluta*. Σε παρόμοια μελέτη, οι Aksoy et al. (2008) αναφέρουν ότι η απευθείας έκθεση μέσω του ψεκασμού των ενήλικων συζευγμένων θηλυκών ατόμων του *T. urticae* με το βακτήριο *P. putida* προκάλεσε θνησιμότητα 100% και αναστολή της εκκόλαψης των ωών κατά 46,3% σε σύγκριση με τον μάρτυρα, ενώ κατά την εμβάπτιση των ενήλικων συζευγμένων θηλυκών ατόμων καταγράφηκε θνησιμότητα 80% σε σύγκριση με τον μάρτυρα.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν διαφορές σε σχέση με τις προηγούμενες μελέτες που ίσως να οφείλονται στα διαφορετικά στελέχη *P. putida* που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και στο διαφορετικό τρόπο εφαρμογής του βακτηρίου. Επομένως, η δράση της μυκόρριζας και των άλλων ωφέλιμων μικροοργανισμών και του ριζοβακτηρίου *Pseudomonas putida* θα πρέπει να διερευνηθεί περισσότερο αναλυτικά σε επόμενα πειράματα στο εργαστήριο και στον αγρό.

Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία

- Αντωνόπουλος, Δ. (2008). Βιολογική καταπολέμηση ασθενειών και εχθρών στις κηπευτικές καλλιέργειες. Ανακτήθηκε 30 Σεπτεμβρίου 2021 από: <https://docplayer.gr/21053542-Econtentplus-programme-hrmatodoteitai-apo-tin-eygoraikiki-enosi-dr-dimitrios-antonopoylos.html>
- Ασημιάδης, Σ. (2003). Οι κυριότεροι ζωικοί εχθροί. Zeus - Οδηγός Φυτοπροστασίας της Τομάτας.
- Κωβαίος, Δ. (2010). Ακαρολογία. Αθήνα. ΑγρόΤυπος
- Λυκουρέσης, Δ. (1995). Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση εντόμων-εχθρών καλλιεργειών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις.
- Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο (2012). Οδηγίες Φυτοπροστασίας Βαμβάκι-Βιομηχανική Τομάτα-Καλαμπόκι. Ανακτήθηκε 28 Σεπτεμβρίου, 2021, από: http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=ECOPEST_Plant-protection-guide.pβ.ε
- Παρασκευόπουλος, Α. (2016). Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του αλευρώδη σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες αγγουριού, τομάτας, μελιτζάνας, πιπεριάς. Αγρότυπος.
- Περδίκης, Δ., Δερβίσογλου Σ. & Παρασκευόπουλος Α. (2020). *Tuta absoluta*: Σύγχρονες προσεγγίσεις στην ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του *Tuta absoluta*. Αγρότυπος.
- Σάββας, Δ. (2016). Γενική Λαχανοκομία. Εκδόσεις Πεδίο, Αθήνα.
- Σάββας, Δ. (2017). Η καλλιέργεια της τομάτας. Ανακτήθηκε 29 Σεπτεμβρίου 2021 από: <https://www.aua.gr/ekkk/wp-content/uploads/2017/01/%CE%9A%CE%91%CE%9B%CE%9B%CE%99%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%91-%CE%A4%CE%9F%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A3-2017.pβ.ε>
- Τζάμος, Ε. Κ. (2007). Φυτοπαθολογία. Εκδόσεις Α. Σταμούλη, Β' Έκδοση, Αθήνα
- H.F.van Emden (2014). Γεωργική εντομολογία, Εκδόσεις Παρισσιανού, Αθήνα .
- Δερβίσογλου κ.ά (2017). Επίδραση της πυκνότητας των θηλυκών του *Tuta absoluta* (Lepidoptera:Gelechiidae) στην κατανομή των ωών τους επί φυτού τομάτας

Ξενογλώσση βιβλιογραφία

- Adamou, H., Garba, M., Mairo, M. D., Adamou, B., Oumarou, S., Kimba, A., ... & Delmas, P. (2017). Geographical distribution of the tomato borer, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) in Niger. Scholars Academic Journal of Biosciences.
- Agrios, G. (2005). *Plant pathology*. (5th ed.), Academic press. New York, USA.
- Ahirwar, N. K., Gupta, G., Singh, V., Rawlley, R. K., & Ramana, S. (2015). Influence on growth and fruit yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants by inoculation with *Pseudomonas fluorescence* (SS5): Possible role of plant growth promotion. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*.
- Aksoy, H. M., Ozman-Sullivan, S. K., Ocal, H., Celik, N., & Sullivan, G. T. (2008). The effects of *Pseudomonas putida* biotype B on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). In *Diseases of mites and ticks* (pp. 223-230). Springer, Dordrecht.

- Aksoy, H. M., Ozman-Sullivan, S. K., Ocal, H., Celik, N. & Sullivan, G. T. (2008). The effects of *Pseudomonas putida* biotype B on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology*.
- Alajmi, R., Al-Shammari, M., Abdel-Gaber, R., Metwally, D., El-Khadragy, M. F. & Alrajeh, A. (2021). Effectiveness of naturally occurring *Aphis gossypii* on tomato plants as a bio-indicator for heavy metals in Riyadh and Hafar Al-Batin, Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*.
- Alaux, P. L., Naveau, F., Declerck, S., & Cranenbrouck, S. (2020). Common mycorrhizal network induced JA/ET genes expression in healthy potato plants connected to potato plants infected by *Phytophthora infestans*. *Frontiers in plant science*.
- Anastasiadis, F., Apostolidou, I., & Michailidis, A. (2020). Mapping sustainable tomato supply chain in Greece: A framework for research. *Foods*.
- Arnó, J., & Gabarra, R. (2011). Side effects of selected insecticides on the *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) predators *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae). *Journal of Pest Science*.
- Arnó, J., Alonso, E., & Gabarra, R. (2003). Role of the parasitoid *Diglyphus isaea* and the predator *Macrolophus caliginosus* in the control of leafminers. *Iobc wprs bulletin*.
- Arnó, J., Sorribas, R., Prat, M., Matas, M., Pozo, C., Rodríguez, D., ... & Gabarra, R. (2009). *Tuta absoluta*, a new pest in IPM tomatoes in the northeast of Spain. *Tuta absoluta*, a new pest in IPM tomatoes in the northeast of Spain.
- Augé, R. M. (2001). Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*.
- Bai, Y. and Lindhout, P. (2007). Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany*.
- Bakker, P. A., Doornbos, R. F., Zamioudis, C., Berendsen, R. L., & Pieterse, C. M. (2013). Induced systemic resistance and the rhizosphere microbiome. *The plant pathology journal*.
- Bano, A., & Muqarab, R. J. P. B. (2017). Plant defence induced by PGPR against *Spodoptera litura* in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Plant Biology*.
- Barber, N. A., Kiers, E. T., Hazzard, R. V., & Adler, L. S. (2013). Context-dependency of arbuscular mycorrhizal fungi on plant-insect interactions in an agroecosystem. *Frontiers in Plant Science*.
- Barrientos R.Z., Apablaza H.J., Norero S.A. & Estay P.P. (1998). Temperatura base y constante térmica de desarrollo de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Cienc. Investig. Agrar*.
- Battaglia, P. W., Hamrick, J. B., & Tenenbaum, J. B. (2013). Simulation as an engine of physical scene understanding. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.
- Bawin, T., Collard, F., De Backer, L., Yarou, B. B., Compère, P., Francis, F., & Verheggen, F. J. (2017). Structure and distribution of the sensilla on the antennae of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Micron*.
- Bentancourt C.M., Scatoni I.B. & Rodríguez J.J. (1996). Influencia de la temperatura sobre la reproducción y el desarrollo de *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). *Rev. Bras. Biol*.
- Berendsen, R. L., Vismans, G., Yu, K., Song, Y., de Jonge, R., Burgman, W. P., ... & Pieterse, C. M. (2018). Disease-induced assemblage of a plant-beneficial bacterial consortium. *The ISME journal*.

- Bergougnoux, V. (2014). The history of tomato: from domestication to biopharming. *Biotechnology advances*.
- Bharucha, U., Patel, K., & Trivedi, U. B. (2013). Optimization of indole acetic acid production by *Pseudomonas putida* UB1 and its effect as plant growth-promoting rhizobacteria on mustard (*Brassica nigra*). *Agricultural research*.
- Bhattacharai, K.K., Xie, Q.G., Mantelin, S., Bishnoi, U., Grike, T., Navarre, D. and Kaloshian, I. (2008). Tomato susceptibility to root-knot nematodes requires an intact jasmonic acid signaling pathway. *Mol. Plant Microbe Interact*.
- Biondi A, Guedes R, Wan F. 2018. Desneux, N. Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: Past, present, and future. *Annual Review of Entomology*.
- Biondi, A., Mommaerts, V., Smagghe, G., Vinuela, E., Zappala, L., & Desneux, N. (2012). The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. *Pest management science*.
- Bompard, A., Jaworski, C. C., Bearez, P., & Desneux, N. (2013). Sharing a predator: can an invasive alien pest affect the predation on a local pest?. *Population Ecology*.
- Brasenco, F., Asgedom, D., & Casari, G. (2019). Strategic analysis and intervention plan for fresh and industrial tomato in the Agro-Commodities Procurement Zone of the pilot Integrated Agro-Industrial Park in Central-Eastern Oromia, Ethiopia. Addis Ababa: FAO.
- Brézot, P., Tauban, D., & Renou, M. (1996). Sense organs on the antennal flagellum of the green stink bug, *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae): sensillum types and numerical growth during the post-embryonic development. *International Journal of Insect Morphology and Embryology*.
- Brundrett, M. (2004). Diversity and classification of mycorrhizal associations. *Biological Reviews*.
- Budi, S. W., Blal, B. & Gianinazzi, S. (1999). Surface-sterilization of spora-carps of *Glomus mosseae* for studying endomycorrhization in vitro. *Mycorrhiza*.
- Çalta, M., & Ural, M. S. (2004). Acute toxicity of the synthetic pyrethroid deltamethrin to young mirror carp, *Cyprinus carpio*. *Fresenius environmental bulletin*.
- Campolo, O., Cherif, A., Ricupero, M., Siscaro, G., Grissa-Lebdi, K., Russo, A., ... & Palmeri, V. (2017). Citrus peel essential oil nanoformulations to control the tomato borer, *Tuta absoluta*: chemical properties and biological activity. *Scientific reports*.
- Carnero-Hernández, A., Díaz-Hernández, S., Amador-Martín, S., Hernández-García, M., & Hernández-Suárez, E. (2000). Impact of *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Hemiptera: Miridae) on whitefly populations in protected tomato crops. *IOBC wprs Bulletin*.
- Castañé, C., Alomar, O., Goula, M., & Gabarra, R. (2004). Colonization of tomato greenhouses by the predatory mirid bugs *Macrolophus caliginosus* and *Dicyphus tamaninii*. *Biological Control*.
- Castañé, C., Arnó, J., Gabarra, R., & Alomar, O. (2011). Plant damage to vegetable crops by zoophytophagous mirid predators. *Biological control*.
- Chailleux, A., Bearez, P., Pizzol, J., Amiens-Desneux, E., Ramirez-Romero, R., & Desneux, N. (2013). Potential for combined use of parasitoids and generalist predators for biological control of the key invasive tomato pest *Tuta absoluta*. *Journal of Pest Science*.

- Cocco, A., Deliperi, S., & Delrio, G. (2013). Control of *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomato crops using the mating disruption technique. *Journal of Applied Entomology*.
- Connor, E.F. & Taverner, M.P. (1997). The evolution and adaptive significance of the leaf-mining habitat. *Oikos*.
- Couty, A., Clark, S.J. & Poppy, G.M. (2001). Are fecundity and longevity of female *Aphelinus abdominalis* affected by development in GNA-dosed *Macrosiphum euphorbiae*? *Physiological Entomology*.
- Cuthbertson, A.G.C., Mathers, J.J., Blackburn, L.F.M., Korycinska, W.L., Luo, W., Jacobson, R.J. & Northing, P. (2013). Population development of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under simulated UK glasshouse conditions. *Insects*.
- Dale C. & Moran N. A. (2006). Molecular interactions between bacterial symbionts and their hosts. *Cell*.
- De Backer, L., Megido, R. C., Haubruge, É., & Verheggen, F. J. (2014). *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) as an efficient predator of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) in Europe. A review. *base*.
- De Jonge, R., Bolton, M. D., & Thomma, B. P. (2011). How filamentous pathogens co-opt plants: the ins and outs of fungal effectors. *Current opinion in plant biology*.
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K. A., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vasquez, C. A., ... & Urbaneja, A. (2010). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of pest science*.
- Digilio, M.C. & Pennacchio, F. (1989) Analisi quantitativa di alcuni parametri biologici caratterizzanti una popolazione italiana di *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae). *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria 'Filippo Silvestri'*.
- El-Shafie, H. A. F. (2020). *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae): An Invasive Insect Pest Threatening the World Tomato Production. In *Invasive Species-Introduction Pathways, Economic Impact, and Possible Management Options*. IntechOpen.
- Engindeniz, S. & Tuzel, Y. (2002). The economic analysis of organic greenhouse tomato production: a case study for Turkey. *Agro Food Industry Hi-Tech*.
- EPPO. (2005). Data sheets on quarantine pests: *Tuta absoluta*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*.
- Espinosa-Urgel, M., Salido, A., & Ramos, J. L. (2000). Genetic analysis of functions involved in adhesion of *Pseudomonas putida* to seeds. *Journal of bacteriology*.
- Fan, J.W., Hu, C.L., Zhang, L.N., Li, Z.L., Zhao, F.K. & Wang, S.H. (2014). Jasmonic acid mediates tomato's response to root knot nematodes. *J. Plant Growth Regul.*
- Ferracini, C., Bueno, V. H., Dindo, M. L., Ingegno, B. L., Luna, M. G., Salas Gervassio, N. G., ... & Tavella, L. (2019). Natural enemies of *Tuta absoluta* in the Mediterranean basin, Europe and South America. *Biocontrol Science and Technology*.
- Gabarra, R., Alomar, Ò., Castañé, C., Goula, M., & Albajes, R. (2004). Movement of greenhouse whitefly and its predators between in-and outside of Mediterranean greenhouses. *Agriculture, ecosystems & environment*.
- Gange, A. C., & Smith, A. K. (2005). Arbuscular mycorrhizal fungi influence visitation rates of pollinating insects. *Ecological Entomology*.

- Gharekhani, G.H. & Salek-Ebrahimi, H. (2014): Life table parameters of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on different varieties of tomato. J. Econ. Entomol.
- González-Cabrera, J., Mollá, O., Montón, H., & Urbaneja, A. (2011). Efficacy of *Bacillus thuringiensis* (Berliner) in controlling the tomato borer, *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae). BioControl.
- Govindarajulu, M., P. E. Pfeffer, H. R. Jin, J. Abubaker, D. D. Douds, J. W. Allen, H. Bücking, P. J. Lammers, and Y. Shachar- Hill. 2005. N transfer in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. Nature.
- Gravel, V., Antoun, H., & Tweddell, R. J. (2007). Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: possible role of indole acetic acid (IAA). Soil Biology and Biochemistry.
- Guerrieri, E., Lingua, G., Digilio, M. C., Massa, N., & Berta, G. (2004). Do interactions between plant roots and the rhizosphere affect parasitoid behaviour? Ecological Entomology.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. & Ahmad, A. (2010) Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environ Exp Bot.
- Heil, M. (2002). Fitness costs of induced resistance: emerging experimental support for a slippery concept. Trends in Plant Science.
- Hernández-Montiel, L. G., Chiquito Contreras, C. J., Murillo Amador, B., Vidal Hernández, L., Quiñones Aguilar, E. E., & Chiquito Contreras, R. G. (2017). Efficiency of two inoculation methods of *Pseudomonas putida* on growth and yield of tomato plants. Journal of soil science and plant nutrition.
- Hernández-Montiel, L. G., Chiquito Contreras, C. J., Murillo Amador, B., Vidal Hernández, L., Quiñones Aguilar, E. E., & Chiquito Contreras, R. G. (2017). Efficiency of two inoculation methods of *Pseudomonas putida* on growth and yield of tomato plants. Journal of Soil Science and Plant Nutrition.
- Hu, L., Robert, C. A., Cadot, S., Zhang, X., Ye, M., Li, B., ... & Erb, M. (2018). Root exudate metabolites drive plant-soil feedbacks on growth and defense by shaping the rhizosphere microbiota. Nature communications.
- Ingegno, B. L., Pansa, M. G., & Tavella, L. (2011). Plant preference in the zoophytophagous generalist predator *Macrolophus pygmaeus* (Heteroptera: Miridae). Biological control.
- Jallow, M. F., Dahab, A. A., Albaho, M. S., Devi, V. Y., Jacob, J., & Al-Saeed, O. (2020). Efficacy of mating disruption compared with chemical insecticides for controlling *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Kuwait. Applied Entomology and Zoology.
- Jones, D. L., Nguyen, C. & Finlay, R. D. (2009). Carbon in the rhizosphere: Carbon trading at the soil- root interface. Plant Soil.
- Jung, S. C., Martinez-Medina, A., Lopez-Raez, J. A., & Pozo, M. J. (2012). Mycorrhiza-Induced Resistance and Priming of Plant Defenses. Journal of Chemical Ecology.
- Kaoud, H.A. (2014). Alternative methods for the control of *Tuta absoluta*. Glob. J. Mul. App. Sci.
- Kapulnik, Y., Volpin, H., Itzhaki, H., Ganon, D., Galili, S., David, R., ... & Okon, Y. (1996). Suppression of defence responses in mycorrhizal alfalfa and tobacco roots. New Phytologist.
- Kenya Horticulture competitiveness project Report, 2012.

- Kong, L., Gong, X., Zhang, X., Zhang, W., Sun, J., & Chen, B. (2020). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on photosynthesis, ion balance of tomato plants under saline-alkali soil condition. *Journal of Plant Nutrition*.
- Krechemer, F. da S., & Foerster, L. A. (2015). *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): Thermal requirements and effect of temperature on development, survival, reproduction and longevity. *European Journal of Entomology*.
- Lee J.H. & Elliott N.C. (1998). Comparison of developmental responses to temperature in *Aphelinus asychis* (Walker) from two different geographic regions. *Southwest. Entomology*.
- Li, E., de Jonge, R., Liu, C., Jiang, H., Friman, V.-P., Pieterse, C. M. J., Bakker, P. A. H. M., & Jousset, A. (2021). Rapid evolution of bacterial mutualism in the plant rhizosphere. *Nature Communications*.
- Macharia, I., Backhouse, D., Skilton, R., Ateka, E., Wu, S. B., Njahira, M., ... & Harvey, J. (2015). Diversity of thrips species and vectors of tomato spotted wilt virus in tomato production systems in Kenya. *Journal of economic entomology*.
- Mahdi K. & Doumandji S. (2013). Research on temperature: limiting factor of development of tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrik) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Int. J. Agric. Sci. Res.*
- Mahdi K., Doumandji-Mitiche B. & Doumandji S. (2011). Effect of temperature on the development cycle of the tomato leafminer *Tuta absoluta* in Algiers. In: Proc. AFPP – 9. Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, Montpellier, 26.–27. Octobre 2011. Montpellier.
- Marschner, P. & Timonen, S. (2005). Interactions between plant species and mycorrhizal colonization on the bacterial community composition in the rhizosphere. *Applied Soil Ecology*.
- Maselou, D.A., Perdakis, D.Ch., Sabelis, M.W. & Fantinou, A.A. (2014). Use of plant resources by an omnivorous predator and the consequences for effective predation. *Biol. Control*.
- McCue, G. A. (1952). The history of the use of the tomato: an annotated bibliography. *Annals of the Missouri Botanical Garden*.
- Mendes, R., Kruijt, M., De Bruijn, I., Dekkers, E., van der Voort, M., Schneider, J. H., ... & Raaijmakers, J. M. (2011). Deciphering the rhizosphere microbiome for disease-suppressive bacteria. *Science*.
- Miyasaka, S. C., & Habte, M. (2001). Plant mechanisms and mycorrhizal symbioses to increase phosphorus uptake efficiency. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*.
- Mollá, O., Biondi, A., Alonso-Valiente, M., & Urbaneja, A. (2014). A comparative life history study of two mirid bugs preying on *Tuta absoluta* and *Ephestia kuehniella* eggs on tomato crops: implications for biological control. *BioControl*.
- Mollá, Ó., Montón, H., Vanaclocha, P., Beitia, F., & Urbaneja, A. (2009). Predation by the mirids *Nesidiocoris tenuis* and *Macrolophus pygmaeus* on the tomato borer *Tuta absoluta*.
- Mollá, O., González-Cabrera, J., & Urbaneja, A. (2011). The combined use of *Bacillus thuringiensis* and *Nesidiocoris tenuis* against the tomato borer *Tuta absoluta*. *BioControl*.
- Morales, F. J., & Jones, P. G. (2004). The ecology and epidemiology of whitefly-transmitted viruses in Latin America. *Virus research*.
- Nannini, M., Atzori, F., Murgia, G., Pisci, R., & Sanna, F. (2012). Use of predatory mirids for control of the tomato borer *Tuta absoluta* (Meyrick) in Sardinian greenhouse tomatoes. *EPPO bulletin*.

- Neal, A. L., Ahmad, S., Gordon-Weeks, R., & Ton, J. (2012). Benzoxazinoids in root exudates of maize attract *Pseudomonas putida* to the rhizosphere. PLoS one.
- Newsham, K. K., Fitter, A. H. & Watkinson, A. R. (1995). Multifunctionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizas. Trends in Ecology and Evolution.
- Oztemiz, S. (2014). *Tuta absoluta* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae), the exotic pest in Turkey. *Rom. J. Biol. Zol*,
- Pappas, M. L., Steppuhn, A., Geuss, D., Topalidou, N., Zografou, A., Sabelis, M. W., & Broufas, G. D. (2015). Beyond Predation: The Zoophytophagous Predator *Macrolophus pygmaeus* Induces Tomato Resistance against Spider Mites. PLOS ONE.
- Perdikis D.C., & Lykouressis D.P. (2004). *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) as a suitable prey for *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) population increase on pepper plant. Environmental Entomology.
- Perdikis, D. C., & Lykouressis, D. P. (2002). Life table and biological characteristics of *Macrolophus pygmaeus* when feeding on *Myzus persicae* and *Trialeurodes vaporariorum*. Entomologia Experimentalis et Applicata.
- Perdikis, D., & Lykouressis, D. (2000). Effects of various items, host plants, and temperatures on the development and survival of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae). Biological Control.
- Perdikis, D., Fantinou, A., & Lykouressis, D. (2011). Enhancing pest control in annual crops by conservation of predatory Heteroptera. Biological Control.
- Perdikis, D., Fantinou, A., Kourti, A., Paraskeuopoulos, A., & Lykouressis, D. (2006). Establishment of a polyphagous mirid predator in the crop: the importance of noncultivated plants. Iobc wprs bulletin.
- Perdikis, D., Kapaxidi, E., & Papadoulis, G. (2008). Biological control of insect and mite pests in greenhouse solanaceous crops. Eur. J. Plant Sci. Biotechnol.
- Perdikis, D., Kapaxidi, E., & Papadoulis, G. (2008). Biological control of insect and mite pests in greenhouse solanaceous crops. Eur. J. Plant Sci. Biotechnol.
- Pincebourde S. & Casas J. (2006). Multitrophic biophysical budgets: thermal ecology of an intimate herbivore insect-plant interaction. *Ecol. Monogr*.
- Pincebourde, S. & Woods, H.A. (2012). Climate uncertainty on leaf surfaces: the biophysics of leaf microclimates and their consequences for leaf-dwelling organisms. *Funct. Ecol*.
- Potting R.P.J., Van Der Gaag D.J., Loomans A., Van der Straten M., Anderson H., Macleod A., Castrillón J.M.G. & Cambra G.V. (2013). *Tuta absoluta*, Tomato leaf miner moth or South American tomato moth. Utrecht, The Netherlands: Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality, Plant Protection Service of the Netherlands.
- Pozo, M. J., & Azcón-Aguilar, C. (2007). Unraveling mycorrhiza-induced resistance. Current opinion in plant biology.
- Prieto, J. D., Castañé, C., Calvet, C., Camprubi, A., Battaglia, D., Trotta, V., & Fanti, P. (2016). Tomato belowground–aboveground interactions: *Rhizophagus irregularis* affects foraging behavior and life history traits of the predator *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae). Arthropod-Plant Interaction.
- Rasmann, S., & Turlings, T. C. (2016). Root signals that mediate mutualistic interactions in the rhizosphere. Current opinion in plant biology.
- Redouan, Q., Rachid, B., Abderahim, A., Hind, L., Abdelhadi, A., Naima, A. A., ... & Bouchra, C. (2019). Effect of *Pseudomonas* as a preventive and curative control of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal of Applied Sciences.

- Riga, M., Denecke, S., Livadaras, I., Geibel, S., Nauen, R., & Vontas, J. (2020). Development of efficient RNAi in *Nezara viridula* for use in insecticide target discovery. Archives of insect biochemistry and physiology. Wiley Online Library.
- Rillig, M. C., Aguilar-Trigueros, C. A., Bergmann, J., Verbruggen, E., Veresoglou, S. D., & Lehmann, A. (2014). Plant root and mycorrhizal fungal traits for understanding soil aggregation. New Phytologist.
- Roditakis E., Vasakis E., Grispou M., Stavrakaki M., Nauen R., Gravouil M. & Bassi A. (2015).- First report of *Tuta absoluta* resistance to diamide insecticides. Journal of Pest science.
- Roditakis, E., Grispou, M., Morou, E., Kristoffersen, J. B., Roditakis, N., Nauen, R., ... & Tsagkarakou, A. (2009). Current status of insecticide resistance in Q biotype *Bemisia tabaci* populations from Crete. Pest Management Science: formerly Pesticide Science.
- Roditakis, N. E., Perdikis, D., Roditakis, E., Lykouressis, D. P., & Papadaki, M. (2003,). Beneficial Hemiptera Anthocoridae and Miridae in Crete. In Proceedings of the 10th Panhellenic Entomological Congress, November, 2003, Heraklion, Crete.
- Sanchez, J. A., Spina, M. L., & Perera, O. P. (2012). Analysis of the population structure of *Macrolophus pygmaeus* (Rambur)(Hemiptera: Miridae) in the Palaearctic region using microsatellite markers. Ecology and evolution.
- Schoebitz, M., & Belchí, M. D. L. (2016). Encapsulation techniques for plant growth-promoting rhizobacteria. In Bioformulations: for sustainable agriculture Springer, New Delhi.
- Shah, D. A., Sen, S., Shalini, A., Ghosh, D., Grover, M., & Mohapatra, S. (2017). An auxin secreting *Pseudomonas putida* rhizobacterial strain that negatively impacts water-stress tolerance in *Arabidopsis thaliana*. Rhizosphere.
- Siciliano, V., Genre, A., Balestrini, R., Cappellazzo, G., dewit, P. J., & Bonfante, P. (2007). Transcriptome analysis of arbuscular mycorrhizal roots during development of the prepenetration apparatus. Plant Physiology.
- Silva, A. C. L., Silva, G. A., Abib, P. H. N., Carolino, A. T., & Samuels, R. I. (2020). Correction to: Endophytic colonization of tomato plants by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for controlling the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*. CABI Agriculture and Bioscience.
- Song, Y. Y., Ye, M., Li, C. Y., Wang, R. L., Wei, X. C., Luo, S. M., & Zeng, R. S. (2013). Priming of anti-herbivore defense in tomato by arbuscular mycorrhizal fungus and involvement of the jasmonate pathway. Journal of Chemical Ecology.
- Srivastava, D., & Mukerji, K. G. (1995). Field response of mycorrhizal and nonmycorrhizal *Medicago sativa* var. local in the F1 generation. Mycorrhiza.
- Stam, J. M., Kroes, A., Li, Y., Gols, R., van Loon, J. J., Poelman, E. H., & Dicke, M. (2014). Plant interactions with multiple insect herbivores: from community to genes. Annual review of plant biology.
- Streiblová, E., Gryndlerova, H., & Gryndler, M. (2012). Truffle brûlé: an efficient fungal life strategy. FEMS Microbiology Ecology.
- Sun, Y., Cao, H., Yin, J.I.N., Kang, L.E. & Ge, F. (2010). Elevated CO2 changes the interactions between nematode and tomato genotypes differing in the JA pathway. Plant, Cell and Environment.
- Tadele, S., & Emanu, G. (2017). Entomopathogenic effect of *Beauveria bassiana* (Bals.) and *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) on *Tuta absoluta*

- (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae) larvae under laboratory and glasshouse conditions in Ethiopia. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*.
- Tao L, Yu-Qi Z, Yi Z, Rui-Feng C. & Qi-Chang, Y. (2016). Light distribution in Chinese solar greenhouse and its effect on plant growth. *International Journal of Horticultural Science and Technology*.
- Tedeschi, R., Alma, A., & Tavella, L. (2001). Side effects of three neem (*Azadirachta indica* A. Juss) products on the predator *Macrolophus caliginosus* Wagner (Het., Miridae). *Journal of Applied Entomology*.
- Tropea Garzia, G., Siscaro, G., Biondi, A., & Zappalà, L. (2012). *Tuta absoluta*, a South American pest of tomato now in the EPPO region: biology, distribution and damage. *EPPO bulletin*.
- Trottin-Caudal, Y., Chabrière, C., Baffert, V., Leyre, J. M., Terrentroy, A., & Hulas, N. (2011). Experimental studies on *Tuta absoluta* (Meyrick) in protected tomato crops: biological control and integrated crop protection. In 4ème Conférence Internationale sur les Méthodes Alternatives en Protection des Cultures. Evolution des cadres réglementaires européen et français. Nouveaux moyens et stratégies Innovantes, Nouveau Siècle, Lille, France, 8-10 mars 2011. Association Française de Protection des Plantes (AFPP).
- Trottin-Caudal, Y., Chabrière, C., Baffert, V., Leyre, J. M., Terrentroy, A., & Hulas, N. (2011). Experimental studies on *Tuta absoluta* (Meyrick) in protected tomato crops: biological control and integrated crop protection. In 4ème Conférence Internationale sur les Méthodes Alternatives en Protection des Cultures. Evolution des cadres réglementaires européen et français. Nouveaux moyens et stratégies Innovantes, Nouveau Siècle, Lille, France, 8-10 mars 2011. Association Française de Protection des Plantes (AFPP).
- Trottin-Caudal, Y., Chabrière, C., Baffert, V., Leyre, J. M., Terrentroy, A., & Hulas, N. (2011). Experimental studies on *Tuta absoluta* (Meyrick) in protected tomato crops: biological control and integrated crop protection. In 4ème Conférence Internationale sur les Méthodes Alternatives en Protection des Cultures. Evolution des cadres réglementaires européen et français. Nouveaux moyens et stratégies Innovantes, Nouveau Siècle, Lille, France, 8-10 mars 2011. Association Française de Protection des Plantes (AFPP).
- Turlings, T. C., & Erb, M. (2018). Tritrophic interactions mediated by herbivore-induced plant volatiles: mechanisms, ecological relevance, and application potential. *Annual review of entomology*.
- Urbaneja, A., González-Cabrera, J., Arno, J., & Gabarra, R. (2012). Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. *Pest management science*.
- Urbaneja, A., Montón, H., & Mollá, O. (2009). Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. *Journal of Applied Entomology*.
- Van der Heijden, M. G. A., Klironomos, J. N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller T. et al. (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity. *Nature*.
- van der Heijden, M. G., Martin, F. M., Selosse, M. A., & Sanders, I. R. (2015). Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. *New phytologist*.
- Viscardi, S., Ventrino, V., Duran, P., Maggio, A., De Pascale, S., Mora, M. L., & Pepe, O. (2016). Assessment of plant growth promoting activities and abiotic

- stress tolerance of *Azotobacter chroococcum* strains for a potential use in sustainable agriculture. *Journal of soil science and plant nutrition*.
- Wang, Y., He, X., & Yu, F. (2021). Non-host plants: are they mycorrhizal networks players?. *Plant Diversity*.
- War, A.R., Paulraj, M.G., War, M.Y. & Ignacimuthu, S. (2011). Role of salicylic acid in induction of plant defense system in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant Signaling & Behavior*.
- Weese, T. L., & Bohs, L. (2007). A three-gene phylogeny of the genus *Solanum* (Solanaceae). *Systematic Botany*.
- Willis, A., Rodrigues, B. F., & Harris, P. J. C. (2013). The Ecology of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Critical Reviews in Plant Sciences*.
- Wright, D. P., Read, D.J. & Scholes, J.D. (1998). Mycorrhizal sink strength influences whole plant carbon balance of *Trifolium repens* L. *Plant Cell Environ*.
- Yan, C. & Xie, D. (2015). Jasmonate in plant defence: sentinel or double agent? *Plant Biotechnology Journal*.
- Zhang, J., & Zhou, J. M. (2010). Plant immunity triggered by microbial molecular signatures. *Molecular plant*.
- Qessaoui Redouan, Bouharroud Rachid, Amarraque Abderahim et al. (2019). Effect of *Pseudomonas* as a Preventive and Curative Control of Tomato Leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Applied Sciences*.
- Yuan Yuan Song & Mao Ye et al.(2013) Priming of Anti-Herbivore Defense in Tomato by Arbuscular Mycorrhizal Fungus and Involvement of the Jasmonate Pathway, *Journal of Chemical Ecology*.
- Maria Riga, Shane Denecke et al (2019). Development of efficient RNAi in *Nezara viridula* for use in insecticide target discovery. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*.
- Joel Gonza'lez-Cabrera • Oscar Molla' et al. (2009) .Efficacy of *Bacillus thuringiensis* (Berliner) in controlling the tomato borer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera:Gelechiidae).*BioControl*.
- Oscar Molla' Joel Gonza'lez-Cabrera(2011). The combined use of *Bacillus thuringiensis* and *Nesidiocoris tenuis* against the tomato borer *Tuta absoluta*. *BioControl*.
- Tadele S* and Emana G (2017).Entomopathogenic Effect of *Beauveria bassiana* (Bals.) and *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) on *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) Larvae Under Laboratory and Glasshouse Conditions inEthiopia .*Journal of Plant Pathology and Microbiology*.
- Rafia Muqarab and Asghari Bano (2016) . Plant defence induced by PGPR against *Spodoptera litura* in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Plant Biology*.
- Anna Carolina Lorete Silva, Gerson Adriano Silva et al.(2020).Endophytic colonization of tomato plants by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for controlling the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*. *CABI Agriculture and Bioscience*.
- Lei Kong, Xiaowen Gong et al. (2019). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on photosynthesis, ion balance of tomato plants under saline-alkali soil condition. *Journal of Plant Nutrition*.
- Campolo et al. (2017). Citrus peel essential oil nanoformulations to control the tomato borer, *Tuta absoluta*: chemical properties and biological activity. *Scientific reports*.

Yarou et al.(2017).Structure and distribution of the sensilla on the antennae of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Micron.