



Καινοτόμες λύσεις για τη βιώσιμη και περιβαλλοντικά φιλική φυτοπροστασία των οπωροκηπευτικών της Ελλάδας, στην Ευρώπη του μέλλοντος

Παραδοτέο Π.4.1.2: Αποτελέσματα επιλογής σε φυσικούς εχθρούς με μεγαλύτερη αρμοστικότητα στη τομάτα

Πληροφορίες για το έγγραφο

Αριθμός παραδοτέου: **Π.4.1.2**

Ενότητα εργασίας: **ΕΕ4**

Επικεφαλής δικαιούχος: **[ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ]**

Συγγραφείς: **[Ευαγγελία Καρακώστα, Αναστασία Τσαγκαράκου, Μαρία Παππά, Γιώργος Μπρούφας.]**

Έκδοση: **1.1**

Είδος Παραδοτέου: **[Έκθεση]**

Ημερομηνία παράδοσης: **[31 - 12 - 2025]**

Στοιχεία Πράξης

Τίτλος: Καινοτόμες λύσεις για τη βιώσιμη και περιβαλλοντικά φιλική φυτοπροστασία των οπωροκηπευτικών της Ελλάδας, στην Ευρώπη του μέλλοντος

Τίτλος (EN): InnoPP-Innovations in Plant Protection for sustainable and environmentally friendly pest control

Κωδικός πράξης: ΤΑΕΔΡ-0535675

Ακρωνύμιο έργου: InnoPP

Ημερομηνία έναρξης: 15 Μαΐου 2023

Διάρκεια: 28 Μήνες

Συντονιστής Φορέας: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Συντονιστής/ Επιστημονικός Υπεύθυνος: Ιωάννης Βόντας

Πίνακας Περιεχομένων

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ	3
2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	5
2.1	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	5
2.2	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	5
3	ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	11
4	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι- Βιβλιογραφικές Αναφορές	13

Περίληψη του Έργου

Το έργο «Καινοτόμες λύσεις για τη βιώσιμη και περιβαλλοντικά φιλική φυτοπροστασία των οπωροκηπευτικών της Ελλάδας, στην Ευρώπη του μέλλοντος» στοχεύει στην ανάπτυξη σύγχρονων και καινοτόμων μεθόδων για την προστασία των καλλιεργειών όπως τα κηπευτικά, τα εσπεριδοειδή και το επιτραπέζιο σταφύλι. Περιλαμβάνει τη δημιουργία προηγμένων διαγνωστικών εργαλείων για την ανίχνευση εχθρών και παθογόνων με τεχνολογίες αιχμής, όπως ηλεκτρονικές παγίδες και βιοαισθητήρες, καθώς και πλατφόρμες αλληλούχισης για τον πλήρη προσδιορισμό των ιωμάτων. Επιπλέον, θα αναπτυχθούν μοντέλα πρόβλεψης επιδημιών και καινοτόμα βιοφυτοπροστατευτικά προϊόντα, τα οποία θα αξιολογηθούν για την ασφάλεια τους σε μη στόχους οργανισμούς. Τέλος, οι νέες τεχνολογίες θα ενσωματωθούν σε συστήματα ολοκληρωμένης διαχείρισης φυτοπροστασίας και θα δοκιμαστούν σε πραγματικές συνθήκες, ενώ θα αξιολογηθούν οι κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους.

Σύνοψη της ΕΕ4

Στην ΕΕ4 θα αναπτυχθούν δράσεις που θα ενισχύσουν την αποτελεσματικότητα της βιολογικής καταπολέμησης. Θα γίνει βελτίωση της αρμοστικότητας των ωφέλιμων αρπακτικών και ενίσχυση της δράσης τους, καθώς επίσης και αξιοποίηση της λειτουργικής βιοποικιλότητας για την ανάπτυξη καλύτερα προσαρμοσμένης βιολογικής καταπολέμησης. Θα αναπτυχθούν βελτιωμένα προϊόντα για τη βιολογική καταπολέμηση, θα διερευνηθεί η αξιοποίηση άγριων αυτοφυών φυτών για την ενίσχυση των οικοσυστημικών υπηρεσιών για την αντιμετώπιση επιβλαβών οργανισμών μέσω της βιολογικής καταπολέμησης και θα ενισχυθεί η δράση παρασιτοειδών με χρήση ουσιών φυσικής προέλευσης ή/και «ωφέλιμων ιών». Θα αναπτυχθούν βελτιωμένες μέθοδοι για την αντιμετώπιση των εχθρών μέσω της χρήσης βακτηρίων και μικροοργανισμών. Θα αναπτυχθούν τέλος καινοτόμες μέθοδοι για την αντιμετώπιση των ζιζανίων, μέσω προσεγγίσεων αξιοποίησης της βιοποικιλότητας και καλλιεργητικών πρακτικών.

Συνοπτική παρουσίαση του παραδοτέου Π4.1.2

Αφορά στα αποτελέσματα προγράμματος επιλεκτικής εκτροφής για την απόκτηση στελεχών που ταιριάζουν καλύτερα στην τομάτα, με έμφαση τις ανθεκτικές σε εχθρούς ποικιλίες

Το παραδοτέο Π4.1.2 αποσκοπεί στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων έρευνας που επικεντρώνεται στην επιλογή και αξιολόγηση φυσικών εχθρών με αυξημένη ικανότητα προσαρμογής στην τομάτα, με σκοπό τη βελτιστοποίηση της βιολογικής καταπολέμησης του τετράνυχου *Tetranychus urticae*. Η μελέτη εστιάζει στη διερεύνηση της ικανότητας εγκατάστασης και θήρευσης των αρπακτικών ακάρεων *Typhlodromus recki* και *Phytoseiulus persimilis* σε διαφορετικούς γενοτύπους τομάτας, λαμβάνοντας υπόψη μορφολογικά χαρακτηριστικά του φυτού, όπως οι αδενώδεις τρίχες, που ενδέχεται να επηρεάζουν τη συμπεριφορά του αρπακτικού. Αναφορικά με το *P. persimilis* τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η επαναλαμβανόμενη έκθεση και τεχνική επιλογή στο εργαστήριο ενηλικών θηλυκών του *P. persimilis* που επιβίωσαν της έκθεσης σε αδενώδεις τρίχες των βλαστών φυτών τομάτας ενίσχυσε την προσαρμοστικότητά τους στη καλλιέργεια. Αντίθετα, για το *T. recki* παρά την αρχική επιβίωση των αρπακτικών ατόμων, οι πληθυσμοί παρουσίασαν σταδιακή μείωση και δεν κατόρθωσαν να σταθεροποιηθούν, γεγονός που δεν επέτρεψε τη συνέχιση της διαδικασίας επιλογής και τη συλλογή επαρκών ποσοτικών δεδομένων. Η έρευνα συμβάλλει ουσιαστικά στον σχεδιασμό αποτελεσματικότερων στρατηγικών βιολογικού ελέγχου, υποστηρίζοντας τη μείωση της χρήσης χημικών εισροών και την ενίσχυση της ολοκληρωμένης και βιώσιμης φυτοπροστασίας στην καλλιέργεια της τομάτας.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Η καλλιέργεια της τομάτας επηρεάζεται σημαντικά από προσβολές ακάρεων, με κυριότερο τον *Tetranychus urticae*, ο οποίος αποτελεί συχνά βασικό παράγοντα μείωσης της παραγωγής. Στο πλαίσιο βιώσιμων και περιβαλλοντικά φιλικών συστημάτων φυτοπροστασίας, η χρήση φυσικών εχθρών, όπως των αρπακτικών ακάρεων *Phytoseiulus persimilis* και *Typhlodromus recki*, κατέχουν κεντρικό ρόλο στη βιολογική καταπολέμηση του συγκεκριμένου εχθρού. Το *T. recki* αρπακτικό άκαρι παρότι δεν είναι τόσο δαδεδομένο όσο το *P. Persimilis* ωστόσο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς αποτελεί ενδημικό είδος της Μεσογείου και έχει καταγραφεί σε φυτά της οικογένειας Solanaceae, εμφανίζοντας αυξημένη προσαρμοστικότητα στην επιφάνεια των φυτών σε σύγκριση με άλλα εμπορικά είδη Phytoseiidae (Tixier et al., 2020). Η αποτελεσματικότητά τους όμως μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά από μορφολογικά ή/και χημικά χαρακτηριστικά του φυτικού ξενιστή που σχετίζονται με τους μηχανισμούς άμεσης άμυνας έναντι της φυτοφαγίας. Για παράδειγμα η παρουσία αδενωδών τριχιδίων στην τομάτα που παράγουν κολλώδη τοξικά εκκρίματα επιδρούν δυσχεραίνουν την εγκατάσταση και την εύκολη μετακίνηση και θήρευσης του αρπακτικού επί των φυτών περιορίζοντας την αποτελεσματικότητά της βιολογικής καταπολέμησης. Ωστόσο, η τεχνική επιλογή, με επαναλαμβανόμενη έκθεση των φυσικών εχθρών στην τομάτα και παράγοντα επιλογή την έκθεση στην αδενώδεις τρίχες των βλαστών, μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη φυλής του θηρευτή με ενισχυμένη προσαρμοστικότητα στην καλλιέργεια. Αυτό θα βελτίωνε σημαντικά τις δυνατότητες βιολογικής καταπολέμησης

του τετράνυχου στην καλλιέργεια. Συνεπώς, η επιλογή και αξιολόγηση της ικανότητας εγκατάστασης σε εμπορικές ποικιλίες τομάτας πληθυσμών του *P. persimilis* αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών στρατηγικών βιολογικού ελέγχου, υποστηρίζοντας τη μείωση της χρήσης χημικών εισροών και την ενίσχυση της ολοκληρωμένης φυτοπροστασίας.

Ο σκοπός του παρόντος εγγράφου είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας στο πλαίσιο του παραδοτέου Π4.1.2, που αφορά την επιλογή και αξιολόγηση της προσαρμοστικότητας πληθυσμών του *P. Persimilis* και του *T. recki* που συλλέχθηκαν από καλλιέργεια τομάτας σε διαφορετικές εμπορικές ποικιλίες και τράπεζας βιολογικού υλικού που εμφανίζουν ανθεκτικότητα έναντι εχθρών. Η έρευνα αυτή εξετάζει την ικανότητα εγκατάστασης των αρπακτικών σε διαφορετικούς γενοτύπους τομάτας, καθώς και τη συμβολή των πειραμάτων επιλογής στην δημιουργία φυλής υψηλής προσαρμοστικότητας, με στόχο τη βελτιστοποίηση της βιολογικής καταπολέμησης στην καλλιέργεια.

Το παρόν έγγραφο **ακολουθεί την παρακάτω δομή:**

1. Εισαγωγή και Στόχοι: Παρουσιάζεται το πλαίσιο της έρευνας και οι στόχοι του εγγράφου.

2. Περιγραφή των Εργασιών: 2.1. Υλικά και Μέθοδοι, 2.2. Αποτελέσματα και Συζήτηση.

3. Σύνοψη και Συμπεράσματα: Βασικά ευρήματα της έρευνας και σχετικά συμπεράσματα.

4. Παράρτημα: Βιβλιογραφικές αναφορές.

2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Η παρούσα ενότητα στοχεύει στη διερεύνηση της δυνατότητας επιλογής και προσαρμογής πληθυσμών των αρπακτικών *P. persimilis* και *T. recki* σε επιλεγμένους γενοτύπους τομάτας, με σκοπό τη βελτίωση της αρμοστικότητάς του και τη μακροχρόνια σταθεροποίηση των πληθυσμών του. Η διαδικασία επιλογής σχεδιάστηκε ώστε να αξιολογηθεί κατά πόσο η συνεχής διατήρηση του αρπακτικού σε συγκεκριμένα φυτικά υποστρώματα μπορεί να οδηγήσει σε επιτυχέστερη εγκατάσταση και ανάπτυξη σε βάθος γενεών.

2.1 Υλικά και Μέθοδοι

Phytoseiulus persimilis

Η αποικία του *Phytoseiulus persimilis* προήλθε από άτομα του ακάρεως που συλλέχθηκαν από καλλιέργεια τομάτας στην περιοχή της Αρκαδίας. Η αποικία διατηρούνταν στο εργαστήριο σε φύλλα τομάτας που είχαν τοποθετηθεί σε επαφή με βαμβάκι εμποτισμένο με νερό μέσα σε πλαστικά κύπελλα. Η τοποθέτηση των φύλλων στα κύπελλα γινόταν με τρόπο που εξασφάλιζε την καλή επαφή της επάνω επιφάνειας του ελάσματος με το βαμβάκι, ενώ η κάτω επιφάνεια ήταν εκτεθειμένη. Σε αυτές τις αρένες εκτροφής προστήθονταν τρεις φορές την εβδομάδα άτομα του *Tetranychus urticae*, ως τροφή του θηρευτή. Η αποικία διατηρούνταν σε θερμοκρασία 25 ± 2 °C, 16:8 Φ:Σ και 60-70 % ΣΥ. Στις βιοδοκιμές χρησιμοποιήθηκαν νεαρά ενήλικα θηλυκά άτομα του *P. persimilis*, ηλικίας 5-7 ημερών.

Πειράματα επιλογής

Για τις ανάγκες των πειραμάτων επιλογής χρησιμοποιήθηκαν φυτά τομάτας (*S. lycopersicum* L.) cv. MicroTom τα οποία μεταφυτεύονταν σε πλαστικά φυτοδοχεία (~350ml). Τα φυτά διατηρούνταν στο εργαστήριο σε σταθερές συνθήκες 25 ± 2 °C, 16:8 Φ:Σ και μία φορά την εβδομάδα δέχονταν λίπανση με υδατοδιαλυτό λίπασμα (N-P-K, 20-20-20, 1 g/L). Τρεις εβδομάδες μετά τη μεταφύτευση τα φυτά ήταν έτοιμα προς χρήση στις βιοδοκιμές.

Η διάταξη στα πειράματα επιλογής περιλάμβανε δύο πλαστικά Τρυβλία Petri(Ø 5cm) τοποθετημένα ανάποδα σε επαφή με διαβρεγμένη μάζα βαμβακιού μέσα πλαστική λεκάνη και σε απόσταση μεταξύ τους 5cm. Τμήμα βλαστού, μήκους 6 cm που αντιστοιχούσε στο μεσογονάτιο τμήμα μεταξύ του 2^{ου} και 3^{ου} φύλλου των φυτών τομάτας χρησιμοποιήθηκε ως γέφυρα για να ενώσει τις βάσεις των δύο τρυβλίων. Το ένα από τα δύο τριβλία αποτελούσε την «αρένα εισαγωγή» των αρπακτικών. Το δεύτερο τρυβλίο ήταν την «αρένα επιλογής» των ατόμων που με επιτυχία διέσχιζαν τη γέφυρα του βλαστού με τις αδενώδεις τοξικές τρίχες. Στην «αρένα επιλογής» τοποθετούνταν τεμάχιο φύλλου με έντονη προσβολή από τετράνυχου *T. urticae* (αυγά και προνυμφικά ή νυμφικά στάδια). Τα αρπακτικά μεταφέροντα στην «αρένα εισαγωγή» ατομικά μετά από μια περίοδο αρχικής νηστείας 4 ωρών (στόχος η ενίσχυση της τάσης διασποράς τους). Τα άτομα παρέμεναν στο σύστημα για μέγιστο διάστημα 8 ωρών και συλλέγονταν όσα διέσχιζαν το εμπόδιο του βλαστού-γέφυρας και εισέρχονταν στην «αρένα επιλογής». Σε κάθε βιοδοκιμή αξιολογούνταν περίπου 500 άτομα, με τα επιλεγμένα άτομα να χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για την εγκατάσταση νέου επιλεγμένου

πληθυσμού. Η διαδικασία επαναλήφθηκε σε τρεις διαδοχικούς κύκλους επιλογής με του αντίστοιχους πληθυσμούς να χαρακτηρίζονται ως S₀, S₁, S₂ και S₃.

Βιοδοκιμές αξιολόγησης προσαρμοστικής ικανότητας

Ο πληθυσμός του *P. persimilis* μετά τον τρίτο κύκλο επιλογής (S₄) αξιολογήθηκε ως προς την ικανότητα εγκατάστασης τους σε μια σειρά διαφορετικών εμπορικών ποικιλιών τομάτας (Alliance, Ace, Ben Hur, Belford, Belladonna, Dafni, Ekstasi, Galilea, Mendian, Nissos, Optima και Tory).

Για τις ανάγκες των βιοδοκιμών προετοιμάσθηκαν νεαρά σπορόφυτα των διαφορετικών ποικιλιών τομάτας σε φυτοδοχεία (~350ml) με τύρφη (Klasmann-TS2). Τα φυτά χρησιμοποιήθηκαν 3 εβδομάδες μετά την μεταφύτευσή τους με πλήρως ανεπτυγμένο το 3^ο σύνθετο φύλλο. Σε κάθε φυτό τομάτας μεταφέρθηκαν 45 νεαρά ενήλικα θηλυκά άτομα του *T. urticae* (3 ομάδες των 15 ατόμων σε τρία φυλλάριο στο 3^ο και 4^ο σύνθετο φύλλο κάθε φυτού). Δύο ημέρες μετά την εισαγωγή του φυτοφάγου ακάρεως, ακολούθησε η εξαπόλυση του αρπακτικού, με τη μεταφορά ανά φυτό και επί των προσβεβλημένων φυλλαρίων 10 νεαρών ενήλικων θηλυκών ατόμων του *P. persimilis*. Δέκα ημέρες μετά την εξαπόλυση του θηρευτή πραγματοποιήθηκε καταστροφική δειγματοληψία και καταγραφή του αριθμού των ατόμων διαφορετικών σταδίων ανάπτυξης του θηρευτή και της λείας. Τα πειράματα διεξήχθησαν σε κλιματιζόμενο θάλαμο σε θερμοκρασία 25 ± 2 °C, 16:8 Φ:Σ και 60-70 % ΣΥ.

Typhlodromus recki

Για την εφαρμογή της διαδικασίας επιλογής χρησιμοποιήθηκε πληθυσμός του αρπακτικού ακάρεος *T. recki*, που εκτρεφόταν σε τεχνητή πλαστική αρένα. Τα άτομα *T. recki* τοποθετήθηκαν σε επιλεγμένους γενοτύπους τομάτας και διατηρήθηκαν υπό ελεγχόμενες συνθήκες, με στόχο τη διαδοχική αναπαραγωγή και τη διατήρηση των απογόνων στις ίδιες συνθήκες φυτικού υποστρώματος. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας πραγματοποιήθηκαν επαναλαμβανόμενες παρατηρήσεις της επιβίωσης, της πληθυσμιακής εξέλιξης και της δυνατότητας εγκατάστασης του αρπακτικού σε διαδοχικές γενεές. Η διαδικασία επιλογής σχεδιάστηκε ώστε να συνεχιστεί μόνο εφόσον οι πληθυσμοί παρουσίαζαν σταθερή ή αυξανόμενη τάση εγκατάστασης και αναπαραγωγής.

2.2 Αποτελέσματα και Συζήτηση

Phytoseiulus persimilis

Επιλογή πληθυσμού με αυξημένης προσαρμογής στην τομάτα

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει σαφής επίδραση της διαδικασίας τεχνητής επιλογής στην ικανότητα του *P. persimilis* να προσαρμόζεται στη μηχανική – χημικά άμυνα της τομάτας. Συγκεκριμένα, το ποσοστό των θηλυκών ατόμων που διέσχιζαν επιτυχώς τον βλαστό-γέφυρα και εισέρχονταν στην «αρένα επιλογής» αυξήθηκε σημαντικά ήδη από την πρώτη γενιά επιλογής (S₁), σε σχέση με τον αρχικό, μη επιλεγμένο πληθυσμό (S₀). Η διαφοροποίηση αυτή επιβεβαιώνει ότι ακόμη και ένας μόνο κύκλος επιλογής επαρκεί για να επιδράσει στην ικανότητα μετακίνησης του θηρευτή επάνω σε ιστούς τομάτας με αδενώδεις τρίχες.

Η περαιτέρω αύξηση του ποσοστού επιτυχίας στη δεύτερη γενιά (S_2) υποδηλώνει συνέχιση της προσαρμοστικής διαδικασίας, πιθανότατα μέσω επιλογής ατόμων με μεγαλύτερη ανθεκτικότητα ή καλύτερη κινητικότητα στους βλαστούς της τομάτας με τις αδενώδεις τρίχες. Αντίθετα, μεταξύ των γενεών S_2 και S_3 δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ως προς το ποσοστό των ατόμων που με επιτυχία διέρχονταν το μηχανικό εμποδίου/βλαστού, γεγονός που πιθανόν υποδηλώνει σταθεροποίηση του χαρακτηριστικού στον επιλεγμένο πληθυσμό (Πίνακας 4.1.2-1).

Η σταθεροποίηση αυτή ενδέχεται να αντικατοπτρίζει είτε την επίτευξη ανώτατου ορίου προσαρμογής του πληθυσμού στις συγκεκριμένες πειραματικές συνθήκες, είτε την εξάντληση της διαθέσιμης γενετικής παραλλακτικότητας για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Συνολικά, τα αποτελέσματα τεκμηριώνουν ότι η διαδικασία τεχνητής επιλογής ήταν αποτελεσματική και οδήγησε σε πληθυσμό του *P. persimilis* με σαφώς αυξημένη ικανότητα προσπέλασης τμήματος βλαστού με αδενώδεις τρίχες και, κατά συνέπεια με πιθανά καλύτερη προσαρμογή και ικανότητα επιτυχούς εγκατάστασης στη καλλιέργεια της τομάτας.

Πίνακας 4.1.2-1: Ποσοστά επιλογής (%) θηλυκών του *Phytoseiulus persimilis* στις διαφορετικές γενεές

Γενιά	N ¹	Selected	Non- Selected	Selected %
S_0	735	251	484	33,6% a ²
S_1	400	263	137	64,7% b
S_2	480	348	132	72,5% c
S_3	520	379	141	73% c

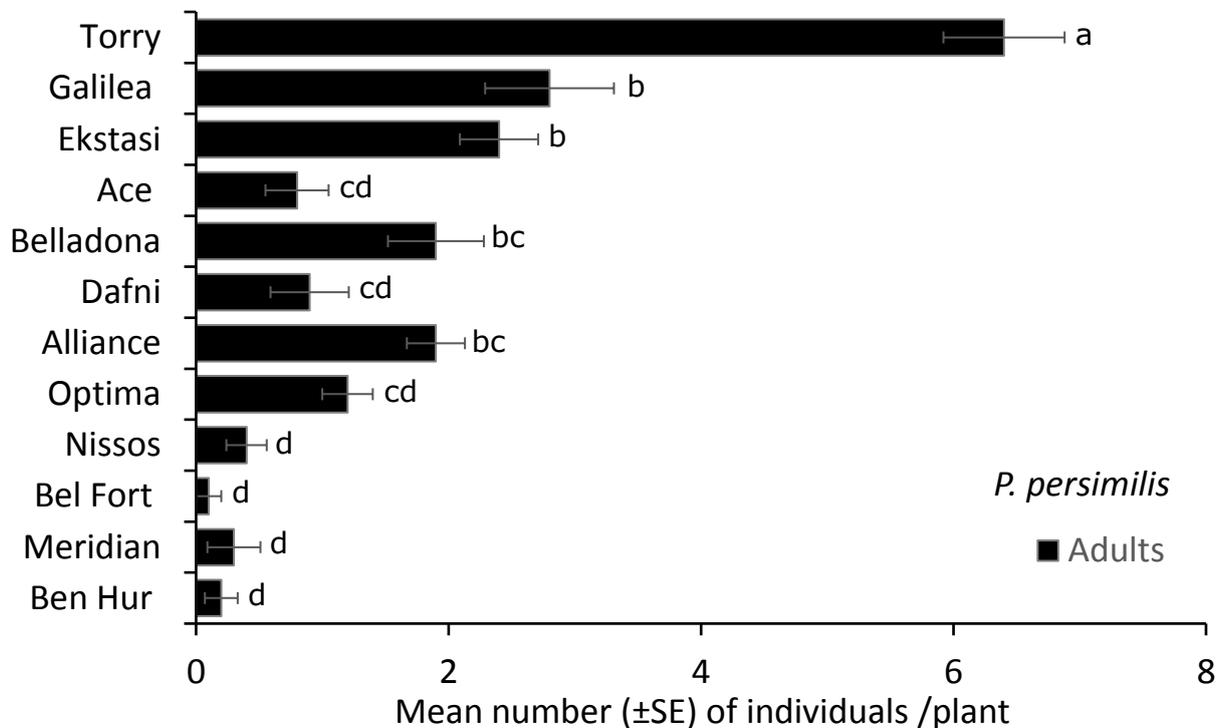
¹ Συνολικός αριθμός ατόμων ; ² Μέσοι όροι στην ίδια στήλη που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (χ^2 test, $P > 0,05$).

Αξιολόγηση επιλεγμένου πληθυσμού

Η αξιολόγηση του πληθυσμού του *P. persimilis* μετά τον τρίτο κύκλο επιλογής (S_4) σε διαφορετικές ποικιλίες τομάτας ανέδειξε σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς την εγκατάσταση, την αναπαραγωγική και την ανάπτυξη του πληθυσμού του αρπακτικού. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της Εικόνας 1 προκύπτει ότι ο αριθμός ενηλίκων ατόμων του *P. persimilis* που συλλέχθηκαν κατά την καταστρεπτική δειγματοληψία ανά φυτό διέφερε σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών ποικιλιών τομάτας, γεγονός που υποδηλώνει ισχυρή επίδραση του γενοτύπου του φυτού στη δυνατότητα εγκατάστασης και επιβίωσης του θηρευτή.

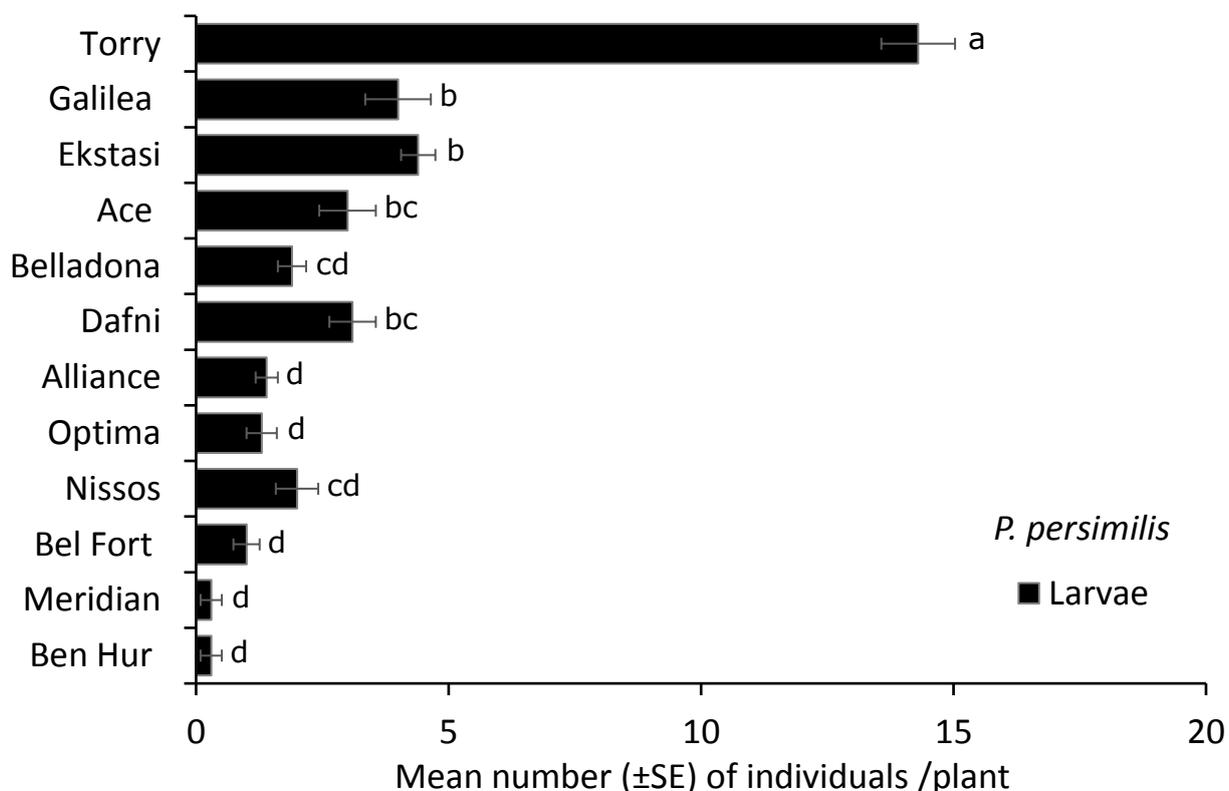
Στην ποικιλία Torry καταγράφηκε μια σημαντικά υψηλότερη μέση τιμή αριθμού ζώντων ατόμων του θηρευτή (ενηλίκων, ανήλικων σταδίων και αυγών), διαφοροποιούμενη στατιστικώς από όλες τις υπόλοιπες ποικιλίες (Εικόνα 4.1.2-1-3). Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι η συγκεκριμένη ποικιλία προσφέρει ένα πιο ευνοϊκό «υπόστρωμα» ή περιβάλλον, για την εγκατάσταση των ενηλίκων όσο και την ωοτοκία και επιβίωση των νεαρών σταδίων του *P. persimilis*. Πιθανά αυτό να οφείλεται σε μικρότερη πυκνότητα ή διαφορετική κατανομή αδενωδών τριχών στους βλαστούς των φυτών, ή ακόμα και

σε διαφοροποιημένη χημική σύσταση των εκκρίσεων που μειώνουν τα μηχανικά ή/και χημικά εμπόδια στην εγκατάσταση και κίνηση του αρπακτικού πάνω στα φυτά της Torry.



Εικόνα 4.1.2-1: Μέσος αριθμός ενήλικων *Phytoseiulus persimilis* στις διαφορετικές ποικιλίες τομάτας.

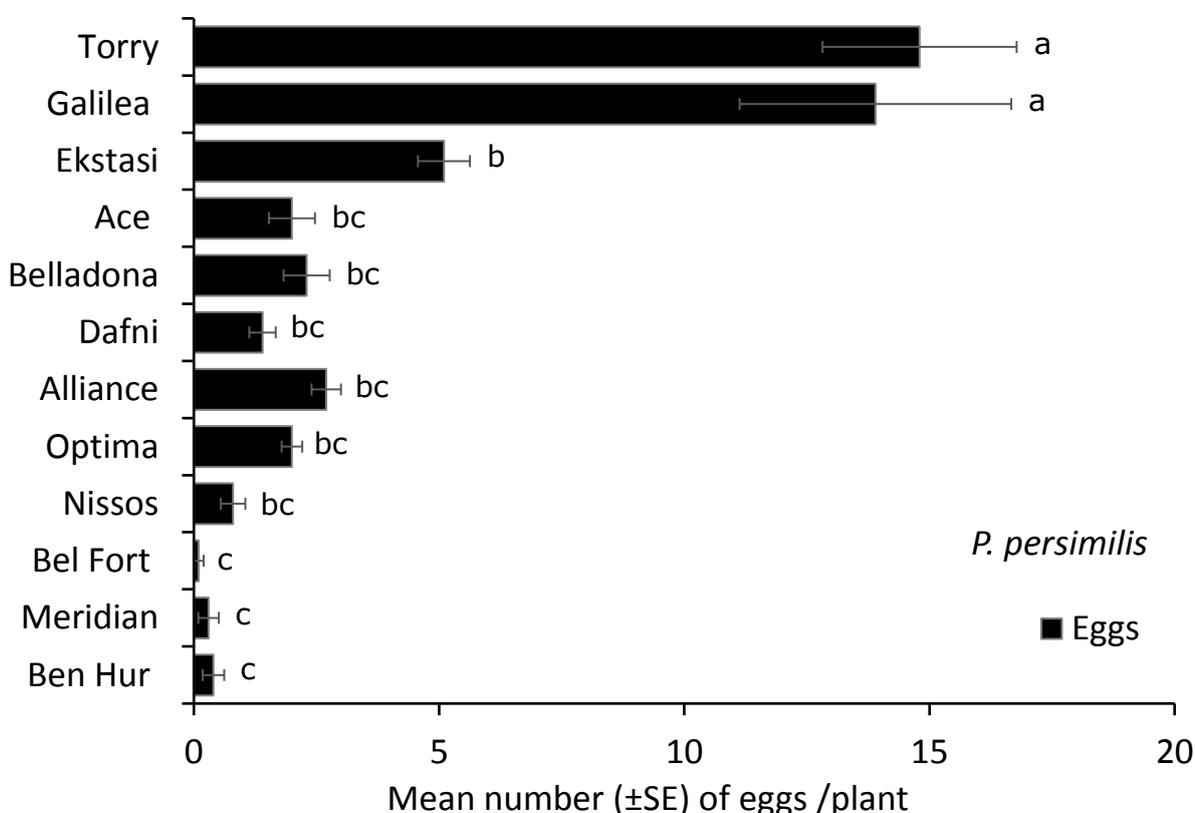
Οι ποικιλίες Galilea και Ekstasi κατέλαβαν τη δεύτερη θέση ως προς τη μέση τιμή ζωντανών ενήλικων του θηρευτή ανά φυτό, ενώ καταγράφουν υψηλές τιμές αυγών και προνυμφών, συγκρίσιμες μεταξύ τους και ανώτερες από τις περισσότερες άλλες ποικιλίες, αλλά στατιστικά χαμηλότερες τιμές από την Torry, και διαφοροποιήθηκαν σημαντικά από τις ποικιλίες Ace, Belladona, Dafni, Alliance και Optima, οι οποίες σχηματίζουν μια ενδιάμεση ομάδα ως προς την καταλληλότητα «υποστήριξης» εγκατάστασης πληθυσμών του θηρευτή (μέτριες τιμές ζώντων ενήλικων ανήλικων σταδίων και αυγών). Οι διαφορές αυτές πιθανότατα αντανakλούν διαφοροποιήσεις σε φαινοτυπικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την άμεση άμυνα έναντι της φυτοφαγίας των ποικιλιών, οι οποίες πιθανά επηρεάζουν τη συμπεριφορά ή/και δυνατότητα επιβίωσης του *P. persimilis* (Εικόνα 4.1.2-1-3).



Εικόνα 4.1.2-2: Μέσος αριθμός προνυμφών *Phytoseiulus persimilis* στις διαφορετικές ποικιλίες τομάτας.

Στις ποικιλίες Nissos, Bel Fort, Meridian και Ben Hur κατέγραψαν οι χαμηλότερες τιμές ζώντων ενηλίκων ατόμων του θηρευτή ανά φυτό, χωρίς να διαφέρουν στατιστικώς μεταξύ τους, υποδηλώνοντας αποτυχία εγκατάστασης ακόμη και του επιλεγμένου (S4) πληθυσμού του θηρευτή. Η μειωμένη παρουσία του θηρευτή στις ποικιλίες αυτές πιθανόν να σχετίζεται με έντονα ανθεκτικούς χαρακτήρες, όπως υψηλή πυκνότητα αδενωδών τριχών ή/ και αυξημένη παραγωγή τοξικών εκκρίσεων ή άλλα δυσμενή για το θηρευτή χαρακτηριστικά του φυτού, που δρουν αποτρεπτικά για την κίνηση και αναπαραγωγή του *P. persimilis* (Εικόνα 4.1.2-1-3).

Αντίθετα, οι ποικιλίες Bel Fort, Meridian και Ben Hur καταγράφουν σταθερά τις χαμηλότερες τιμές σε όλες τις παραμέτρους, γεγονός που καταδεικνύει ισχυρή φυτική άμυνα και χαμηλή καταλληλότητα για την εγκατάσταση και ανάπτυξη του *P. persimilis* (Εικόνα 4.1.2-1-3). Παράλληλα, η μείωση του αριθμού αυγών και προνυμφών στις πιο ανθεκτικές ποικιλίες (όπως οι Ben Hur και Meridian) ενισχύει την υπόθεση ότι οι φυτικές άμυνες της τομάτας λειτουργούν αποτρεπτικά, επηρεάζοντας τόσο τη συμπεριφορά ωοτοκίας των θηλυκών όσο και την επιβίωση των νεαρών σταδίων.



Εικόνα 4.1.2-3: Μέσος αριθμός αυγών *Phytoseiulus persimilis* στις διαφορετικές ποικιλίες τομάτας.

Συνολικά, τα αποτελέσματα αναδεικνύουν ότι η προσαρμοστική ικανότητα του επιλεγμένου (S4) πληθυσμού του *P. persimilis* διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ ποικιλιών τομάτας, γεγονός που έχει πρακτική σημασία για την αποτελεσματικότητα των βιολογικών προγραμμάτων καταπολέμησης του *T. urticae*.

Η επιλογή ποικιλιών όπως η Torry (και δευτερευόντως οι Galilea και Ekstasi), που υποστηρίζουν υψηλότερη εγκατάσταση και ανάπτυξη πληθυσμών του θηρευτή, μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στη βελτίωση της βιολογικής καταπολέμησης του τετράνυχου σε καλλιέργειες τομάτας. Οι πληροφορίες αυτές είναι κρίσιμες για τη βελτιστοποίηση προγραμμάτων βιολογικού ελέγχου του *T. urticae*, καθώς αναδεικνύουν τη σημασία της επιλογής κατάλληλων ποικιλιών που υποστηρίζουν αποτελεσματικότερα τον θηρευτή.

Typhlodromus recki

Παρά τις αρχικές επιτυχίες εισαγωγές του *T. recki* στα επιλεγμένα φυτικά υποστρώματα και την προσωρινή επιβίωση των αρπακτικών ατόμων κατά τις πρώτες γενεές, παρατηρήθηκε σταδιακή μείωση των πληθυσμών και αδυναμία σταθερής εγκατάστασης σε βάθος χρόνου. Μετά από περιορισμένο αριθμό γενεών, οι πληθυσμοί δεν κατόρθωσαν να διατηρηθούν σε επίπεδα που να επιτρέπουν τη συνέχιση της διαδικασίας επιλογής.

Ως αποτέλεσμα, δεν κατέστη δυνατή η συλλογή επαρκών ποσοτικών δεδομένων για την αξιολόγηση της βελτίωσης της αρμοστικότητας του αρπακτικού μέσω επιλογής. Η

αποτυχία σταθεροποίησης των πληθυσμών υποδηλώνει ότι τα εξεταζόμενα φυτικά υποστρώματα δεν παρείχαν τις απαραίτητες συνθήκες για τη μακροχρόνια διατήρηση του *T. recki* και αναδεικνύει τη σύνθετη φύση της αλληλεπίδρασης φυτού–αρπακτικού.

Τα αποτελέσματα αυτά καταδεικνύουν ότι η επιλογή φυσικών εχθρών σε φυτικά υποστρώματα με έντονα μορφολογικά χαρακτηριστικά άμυνας, όπως η τομάτα, παρουσιάζει σημαντικές προκλήσεις και απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση και αναπροσαρμογή των πειραματικών προσεγγίσεων.

3 ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη εξέτασε τη δυνατότητα βελτίωσης της προσαρμοστικότητας του αρπακτικών ακάρεων *Phytoseiulus persimilis* και *Typhlodromus recki* στην καλλιέργεια της τομάτας, μέσω πειραμάτων επιλογής στον εργαστήριο για αυξημένη επιβίωση μετά από έκθεση στις αδενώδεις τρίχες και τα τοξικά εκκρίματά σε βλαστούς τοματάς. Στη συνέχεια για το *P. persimilis* αξιολογήθηκε η ικανότητα του επιλεγμένου πληθυσμού να αναπτύσσεται σε διαφορετικές εμπορικές ποικιλίες τομάτας.

Στο *P. persimilis* Τα αποτελέσματα της διαδικασίας επιλογής έδειξαν ότι η ικανότητα μετακίνησης και εγκατάστασης του αρπακτικού μπορεί να ενισχυθεί σημαντικά ήδη από τον πρώτο κύκλο επιλογής χωρίς ωστόσο να καταγράφεται περαιτέρω αύξηση των ποσοστών επιβίωσης το αρπακτικών μετά τον δεύτερο κύκλο επιλογής. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει ότι η στοχευμένη έκθεση του θηρευτή στους μηχανισμούς άμυνας της τομάτας μπορεί να αποτελέσει βάση επιλογής φυλών με αυξημένη προσαρμοστικότητα στη καλλιέργεια.

Η αξιολόγηση του επιλεγμένου πληθυσμού (S4) σε δώδεκα γενοτύπους τομάτας ανέδειξε σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των ποικιλιών ως προς την δυνατότητα υποστήριξης της εγκατάστασης πληθυσμών του *P. persimilis*. Η ποικιλία Torry παρουσίασε σταθερά τις υψηλότερες μέσες τιμές ενηλίκων, προνυμφών και αυγών, του ακάρεως γεγονός που υποδηλώνει υψηλή καταλληλότητα για εγκατάσταση και αναπαραγωγή του αρπακτικού. Στις ποικιλίες Galilea και Ekstasi εμφανίστηκαν επίσης αυξημένες έως ενδιάμεσες τιμές, υποδεικνύοντας ότι ορισμένες ποικιλίες τομάτας μπορούν να υποστηρίξουν ικανοποιητικά τη δράση του θηρευτή. Αντίθετα, στις ποικιλίες Bel Fort, Meridian και Ben Hur καταγράφηκαν οι χαμηλότερες τιμές σε όλες τις παραμέτρους, υποδηλώνοντας περιορισμένη καταλληλότητα, πιθανότατα λόγω έντονης παρουσίας αδενωδών τριχών ή αυξημένης παραγωγής τοξικών εκκρίσεων.

Συνολικά, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης τεκμηριώνουν τη δυνατότητα βελτίωσης της προσαρμοστικής ικανότητας του *P. persimilis* μέσω επιλογής στο εργαστήριο και αναδεικνύουν τη σημασία της συνδυαστικής επιλογής κατάλληλων γενοτύπων τομάτας για τη διατήρηση αποτελεσματικών πληθυσμών θηρευτών στο πεδίο. Ο συνδυασμός προσαρμοσμένων φυσικών εχθρών με ποικιλίες υψηλής συμβατότητας μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα της βιολογικής καταπολέμησης του *T. urticae*, συμβάλλοντας παράλληλα στη μείωση της χρήσης χημικών φυτοπροστατευτικών και στην προώθηση βιώσιμων πρακτικών ολοκληρωμένης φυτοπροστασίας

Για το *T. recki* διερευνήθηκε η δυνατότητα επιλογής και προσαρμογής του αρπακτικού ακάρεος *T. recki*. παρά την αρχική επιβίωση των αρπακτικών ατόμων, οι πληθυσμοί

παρουσίασαν σταδιακή μείωση και δεν κατόρθωσαν να σταθεροποιηθούν, γεγονός που δεν επέτρεψε τη συνέχιση της διαδικασίας επιλογής και τη συλλογή επαρκών ποσοτικών δεδομένων.

Η αδυναμία μακροχρόνιας εγκατάστασης υποδηλώνει ότι τα εξεταζόμενα φυτικά υποστρώματα δεν παρείχαν τις απαραίτητες συνθήκες για τη διατήρηση του αρπακτικού και αναδεικνύει τους περιορισμούς που θέτουν τα μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά της τομάτας στη βιολογική καταπολέμηση. Παρότι δεν προέκυψαν ποσοτικά αποτελέσματα επιλογής, παρήχθη ουσιαστική γνώση για τους βιολογικούς περιορισμούς της διαδικασίας και συμβάλλει στον επανασχεδιασμό μελλοντικών πρωτοκόλλων επιλογής και εφαρμογής φυσικών εχθρών στο πλαίσιο ολοκληρωμένης φυτοπροστασίας.

4 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Βιβλιογραφικές Αναφορές

1. Ahmed M.M., Ali F.S., Afifi A.A.M., & Gazoly A.H. (2024). Host plant suitability for the biological performance of *Tetranychus urticae* Koch and its predator, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. *Phytoparasitica*, 52(5), 87. <https://doi.org/10.1007/s12600-024-01202-1>
2. Atalay D., & Schausberger P. (2018). Balancing in-and out-breeding by the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. *Experimental and Applied Acarology*, 74(2), 159-169. doi:[10.1007/s10493-018-0225-3](https://doi.org/10.1007/s10493-018-0225-3)
3. Drukker B., Janssen A., Ravensberg W., & Sabelis M.W. (1997). Improved control capacity of the mite predator *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on tomato. *Experimental & Applied Acarology*, 21(6), 507-518. <https://doi.org/10.1023/B:APPA.0000018885.35044.c6>
4. Keskin, N., & Kumral, N. A. (2015). Screening tomato varietal resistance against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Koch). *International Journal of Acarology*, 41(4), 300-309. <https://doi.org/10.1080/01647954.2015.1028440>
5. McMurtry J.A., & Scriven G.T. (1965). Insectary production of phytoseiid mites. *Journal of Economic Entomology*, 58(2), 282-284. <https://doi.org/10.1093/jee/58.2.282>
6. Raworth D.A. (2001). Control of two-spotted spider mite by *Phytoseiulus persimilis*. *Journal of Asia-pacific Entomology*, 4(2), 157-163. [https://doi.org/10.1016/S1226-8615\(08\)60117-X](https://doi.org/10.1016/S1226-8615(08)60117-X)
7. Schausberger P., Patiño-Ruiz J.D., Osakabe M., Murata Y., Sugimoto N., Uesugi R., & Walzer A. (2016). Ultimate drivers and proximate correlates of polyandry in predatory mites. *PLoS One*, 11(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154355>
8. Skirvin D.J., & Fenlon J.S. (2003). The effect of temperature on the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental & applied acarology*, 31(1), 37-49. <https://doi.org/10.1023/B:APPA.0000005107.97373.87>
9. Tixier, M. S., Douin, M., & Kreiter, S. (2020). Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) on plants of the family Solanaceae: results of a survey in the south of France and a review of world biodiversity. *Experimental & Applied Acarology*, 81(3), 357–388. <https://doi.org/10.1007/S10493-020-00507-0>
10. Van Haren R.J.F., Steenhuis M.M., Sabelis M.W., & De Ponti O.M.B. (1987). Tomato stem trichomes and dispersal success of *Phytoseiulus persimilis* relative to its prey *Tetranychus urticae*. *Experimental & applied acarology*, 3(2), 115-121. <https://doi.org/10.1007/BF01270473>