



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

Παραδοτέο Π.3.5.1: Αναφορά αποτελεσματικότητας των νέων μικροβιακών βιοεντομοκτόνων έναντι εντόμων

Πληροφορίες για το έγγραφο

Αριθμός παραδοτέου: **Π.3.5.1**

Ενότητα εργασίας: **ΕΕ3**

Επικεφαλής δικαιούχος: **[ΓΠΑ/ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ/ΜΦΙ/ΑΠΘ/ΔΠΘ/ΙΤΕ/ΕΛΜΕΠΑ]**

Συγγραφείς: **[Παναγιώτης Σαρρής, Γιάννης Βόντας]**

Έκδοση: **1.0**

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: ΤΑΕDR-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	4
2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	5
2.1	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	5
2.2	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	5
3	ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	12
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 ΕΕ3

Οι δραστηριότητες της ΕΕ3 περιλαμβάνουν τις βιοδοκιμές αποτελεσματικότητας και τη βελτίωση και ανάπτυξη καινοτόμων μεθόδων και προϊόντων. Κύριες δράσεις της ΕΕ3 περιλαμβάνουν ανάπτυξη και αξιολόγηση καινοτόμων βιοφυτοπροστατευτικών προϊόντων, όπως

- βιοδραστικά μορία ανάπτυξης αντοχής στα φυτά (πεπτίδια, μεταβολίτες),
- φυτοπροστατευτικά φυσικής προέλευσης (εκχυλίσματα, μικροβιακοί μεταβολίτες, «green»),
- νέας γενιάς ελκυστικά και απωθητικά (παγίδες, παρεμπόδιση σύζευξης),
- ανθεκτικές ποικιλίες (και αλληλεπιδράσεις με το οικοσύστημα και τα ωφέλιμα).

Για τα πιο αποτελεσματικά καινοτόμα βιοφυτοπροστατευτικά, θα μελετηθούν και οι επιπτώσεις τους σε οργανισμούς μη στόχους (φυσικοί εχθροί, επικονιαστές, υδρόβιοι οργανισμοί, κυτταροκαλλιέργειες θηλαστικών).

Συνοπτική παρουσίαση του παραδοτέου Π3.5.1

Το παραδοτέο Π.3.5.1 παρουσιάζει την αξιολόγηση της βιοδραστικότητας επιλεγμένων βακτηριακών στελεχών και των μεταβολιτών τους έναντι σημαντικών εντόμων-εχθρών, στο πλαίσιο της ΕΕ3 του έργου InnoPP. Πραγματοποιήθηκαν βιοδοκιμές σε προνύμφες και ενήλικα άτομα της *Ceratitis capitata* καθώς και σε προνύμφες του *Spodoptera frugiperda*. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν διαφοροποιήσεις στην αποτελεσματικότητα μεταξύ των στελεχών, ανάλογα με το έντομο-στόχο και το αναπτυξιακό στάδιο.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Η μύγα της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*) αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους και πλέον πολυφάγους γεωργικούς εχθρούς παγκοσμίως, προκαλώντας σοβαρές απώλειες σε πλήθος καλλιεργειών. Παρά την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων καταπολέμησης, η ανάπτυξη αποτελεσματικών μικροβιακών παραγόντων ειδικά για το είδος αυτό παραμένει περιορισμένη. Προηγούμενες μελέτες έχουν καταδείξει ότι επιλεγμένα βακτηριακά στελέχη, και ιδιαίτερα είδη του γένους *Bacillus*, μπορούν να εμφανίσουν σημαντική τοξικότητα έναντι προνυμφών *C. capitata*, αναδεικνύοντας τη δυναμική τους ως υποψηφίων βιοεντομοκτόνων (Molina et al., 2010).

Παράλληλα, το λεπιδόπτερο *Spodoptera frugiperda* αποτελεί έναν ιδιαίτερα επιζήμιο και επεκτεινόμενο εχθρό με διεθνή σημασία (De Groot et al., 2020). Η βιολογική του καταπολέμηση βασίζεται κυρίως σε στελέχη *Bacillus thuringiensis*, ωστόσο η αποτελεσματικότητα των μικροβιακών παραγόντων εμφανίζει σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ στελεχών και πληθυσμών-στόχων, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη συστηματική αξιολόγηση νέων μικροβιακών υποψηφίων (dos Santos et al., 2009).

Στο πλαίσιο της ΕΕ3 του έργου InnoPP, η αξιοποίηση της μικροβιακής βιοποικιλότητας και η αξιολόγηση βακτηριακών στελεχών και των μεταβολιτών τους έναντι αντιπροσωπευτικών Διπτέρων και Λεπιδόπτερων συμβάλλει στην ανάδειξη νέων, καινοτόμων βιοεντομοκτόνων με προοπτική εφαρμογής στη βιώσιμη φυτοπροστασία.

Σκοπός του παρόντος εγγράφου

Σκοπός του παραδοτέου Π3.5.1 είναι η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας επιλεγμένων μικροβιακών παραγόντων (βακτηριακά στελέχη και αιωρήματα καλλιεργειών) έναντι προνυμφών και ενηλίκων του δίπτερου *Ceratitis capitata*, και προνυμφών του λεπιδόπτερου *Spodoptera frugiperda*, μέσω προσαρμοσμένων βιοδοκιμών, με στόχο την ανάδειξη των πλέον υποσχόμενων υποψηφίων για περαιτέρω ανάπτυξη στο πλαίσιο της ΕΕ3.

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

2.1 Υλικά και Μέθοδοι

2.1.1 Επιλογή και προετοιμασία βακτηριακών καλλιιεργειών

Για τη μελέτη βιοδραστικότητας μικροβιακών παραγόντων έναντι εντόμων έχουν επιλεγεί να μελετηθούν οι βακτηριακές απομονώσεις SRL368, SRL714, SRL769, SRL805, SRL892 και SRL917 (**Πίνακας 3.5.1-1**) με κύριο γνώμονα το γεγονός ότι εμφάνισαν *in vitro* παρεμπόδιση της ανάπτυξης φυτοπαθογόνων βακτηρίων. Για τον αποτελεσματικότερο έλεγχο της βιοδραστικότητας, χρησιμοποιήθηκαν τόσο οι μεταβολίτες που παράγουν τα βακτήρια (χειρισμός 1), όσο και τα ζωντανά βακτήρια (χειρισμός 2). Για το σκοπό αυτό, καλλιεργήθηκαν σε φτωχό θρεπτικό μέσο (R2A) τα βακτήρια και ύστερα από 2-3 ημέρες ελέγχθηκε η συγκέντρωσή τους (να είναι $>10^8$ κύτταρα/mL). Εν συντομία, οι καλλιέργειες φυγοκεντρήθηκαν σε 900 g για 10 λεπτά (4 °C) και απομακρύνθηκαν σε καθαρά δοκιμαστικά σωληνάρια τα υπερκείμενα (χειρισμός 1). Ως αρνητικός μάρτυρας ελέγχου για το χειρισμό 1 χρησιμοποιήθηκε R2A θρεπτικό υλικό. Στη συνέχεια, τα βακτηριακά ιζήματα ξεπλύθηκαν με χλωριούχο μαγνήσιο ($MgCl_2$) συγκέντρωσης 10 mM, ακολούθησε εκ νέου φυγοκέντρηση και τελική επαναδιάλυση σε 10 mM $MgCl_2$ (χειρισμός 2). Ως αρνητικός μάρτυρας ελέγχου για το χειρισμό 2 χρησιμοποιήσαμε διάλυμα 10 mM $MgCl_2$. Οι τελικές συγκεντρώσεις των βακτηρίων ήταν από $6 \cdot 10^8$ έως $2,3 \cdot 10^9$ κύτταρα/mL. Τα δείγματα και από τους δύο χειρισμούς δόθηκαν στο εργαστήριο του κ. Βόντα για να πραγματοποιηθεί εν συνεχεία η μελέτη έναντι διαφορετικών εντόμων.

Πίνακας 1. Βακτηριακές απομονώσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη και το Γένος τους σύμφωνα με αλληλούχιση του 16S rDNA.

Απομόνωση	Γένος
SRL368	<i>Bacillus</i> sp.
SRL714	<i>Bacillus</i> sp.
SRL769	<i>Pseudomonas</i> sp.

SRL805	<i>Bacillus</i> sp.
SRL892	<i>Stutzerimonas</i> sp.
SRL917	<i>Pseudomonas</i> sp.

2.1.2 Βιοδοκιμές σε προνύμφες του Δίπτερου *Ceratitis capitata*

Οι βιοδοκιμές σε προνύμφες της μύγας της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*) πραγματοποιήθηκαν με σκοπό την αξιολόγηση της βιοδραστικότητας επιλεγμένων βακτηριακών στελεχών και των μεταβολιτών τους κατά τα πρώιμα αναπτυξιακά στάδια του εντόμου.

Για τον σκοπό αυτό εφαρμόστηκε προσαρμογή της μεθοδολογίας των (Molina et al., 2010). Οι βιοδοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε πλάκες 24-πηγαδιών, όπου σε κάθε πηγάδι προστέθηκε 1 g τεχνητής τροφής κατάλληλης για την ανάπτυξη των προνυμφών. Στη συνέχεια, σε κάθε πηγάδι προστέθηκαν 200 μl βακτηριακών κυττάρων ή 200 μl βακτηριακού αιωρήματος. Η τροφή ομογενοποιήθηκε με το αντίστοιχο δείγμα με χρήση αποστειρωμένης οδοντογλυφίδας.

Μετά την καθίζηση του μίγματος, σε κάθε πηγάδι τοποθετήθηκε μία προνύμφη 1ου σταδίου. Οι πλάκες καλύφθηκαν με μεμβράνη που επιτρέπει τον αερισμό των πηγαδιών και επώαστηκαν υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Η θνησιμότητα και η εξέλιξη των σταδίων ανάπτυξης των προνυμφών καταγράφονταν ανά 2–3 ημέρες μέχρι την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου.

Ως αρνητικός μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε διάλυμα 10 mM MgCl₂ για τους χειρισμούς με βακτηριακά αιωρήματα και θρεπτικό υλικό R2A για τους χειρισμούς με υπερκείμενα.

2.1.3 Βιοδοκιμές σε ενήλικα άτομα του Δίπτερου *Ceratitis capitata*

Οι βιοδοκιμές σε ενήλικα άτομα *Ceratitis capitata* πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της βιοδοκιμής μέσω τροφής (feeding bioassays) (Arouri et al., 2015), με στόχο την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των βακτηριακών στελεχών και των αιωρημάτων όταν εφαρμόζονται μέσω στομάχου.

Για κάθε βιοδοκιμή χρησιμοποιήθηκαν 10–15 νεαρά ενήλικα άτομα ηλικίας 1–3 ημερών, τα οποία πριν την εφαρμογή των μεταχειρίσεων υποβάλλονταν σε στέρηση τροφής

διάρκειας 24 ωρών, με ταυτόχρονη παροχή νερού. Στη συνέχεια, τα έντομα τοποθετήθηκαν σε κλωβούς και τράφηκαν με τεχνητή διαίτα εμπλουτισμένη με βακτηριακά κύτταρα ή αιωρήματα. Η σύνθεση της διαίτας ήταν 5:1:4 (w:v:v, βακτήρια/βακτηριακό αιώρημα : υδρολυμένη μαγιά : ζάχαρη).

Ως αρνητικός μάρτυρας χρησιμοποιήθηκαν αντίστοιχες δίαιτες χωρίς βακτηριακή προσθήκη, περιέχουσες διάλυμα $MgCl_2$ ή/και θρεπτικό υλικό R2A. Για κάθε μεταχείριση πραγματοποιήθηκαν τρεις ανεξάρτητες επαναλήψεις.

Η θνησιμότητα των ενηλίκων καταγραφόταν σε καθημερινή βάση για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 10 ημερών μετά την έναρξη της έκθεσης, επιτρέποντας την αξιολόγηση τόσο άμεσων όσο και καθυστερημένων επιδράσεων.

2.1.4 Βιοδοκιμές σε προνύμφες του Λεπιδόπτερου *Spodoptera frugiperda*

Οι βιοδοκιμές σε προνύμφες του λεπιδόπτερου *Spodoptera frugiperda* πραγματοποιήθηκαν προκειμένου να αξιολογηθεί η βιοδραστικότητα των βακτηριακών στελεχών σε έναν αντιπροσωπευτικό εχθρό της τάξης των Λεπιδόπτερων.

Για τις βιοδοκιμές εφαρμόστηκε προσαρμογή της μεθοδολογίας των (dos Santos et al., 2009). Χρησιμοποιήθηκαν πλάκες 6-πηγαδιών, όπου σε κάθε πηγάδι προστέθηκαν 10 g τεχνητής τροφής. Στη συνέχεια, σε κάθε πηγάδι προστέθηκαν 250 μl υπερκείμενου βακτηριακής καλλιέργειας (χειρισμός 1) ή 250 μl βακτηριακού αιωρήματος (χειρισμός 2).

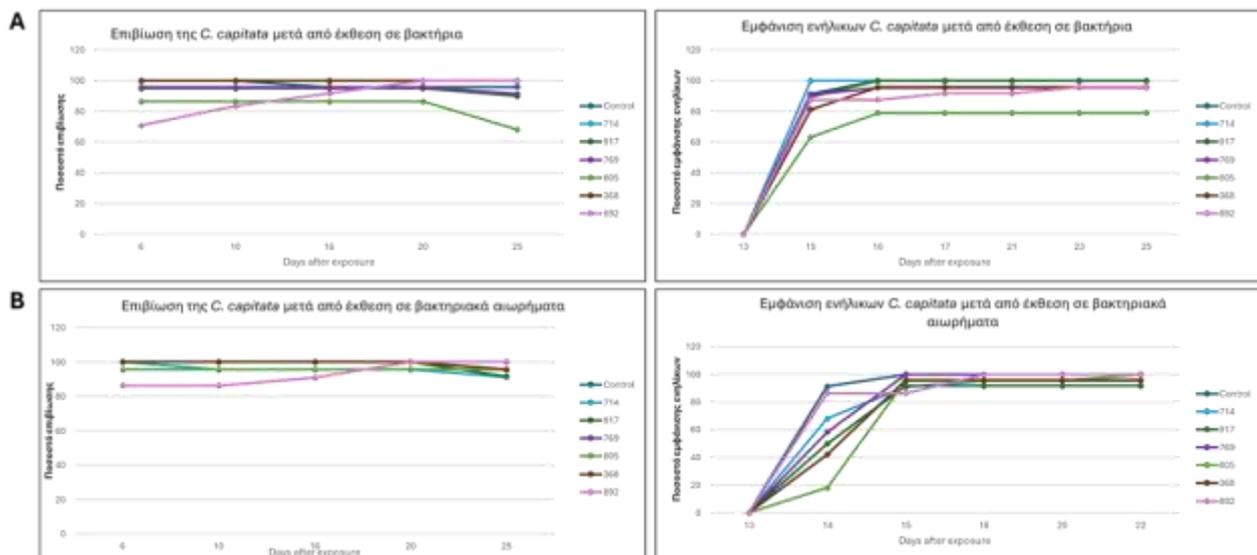
Μετά την απορρόφηση του υγρού από την τροφή, τοποθετήθηκε μία προνύμφη 2ου σταδίου σε κάθε πηγάδι. Οι πλάκες καλύφθηκαν με μεμβράνη που επιτρέπει τον αερισμό και διατηρήθηκαν υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Η θνησιμότητα καθώς και η εξέλιξη των αναπτυξιακών σταδίων καταγράφονταν ανά 2–3 ημέρες έως την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου.

Ως αρνητικός μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε διάλυμα 10 mM $MgCl_2$ για τους χειρισμούς με βακτήρια και θρεπτικό υλικό R2A για τους χειρισμούς με υπερκείμενα, ενώ ως θετικός μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε το εμπορικό εντομοκτόνο σκεύασμα XenTari® WG.

2.2 Αποτελέσματα και Συζήτηση

2.2.1 Αποτελεσματικότητα βακτηριακών στελεχών σε προνύμφες του Δίπτερου *Ceratitis capitata*

Οι βιοδοκιμές σε προνύμφες *Ceratitis capitata* ανέδειξαν ορισμένες διαφοροποιήσεις μεταξύ των εξεταζόμενων μεταχειρίσεων με τα βακτηριακά στελέχη και τα αιωρήματά τους (Εικόνα 3.5.1-1).



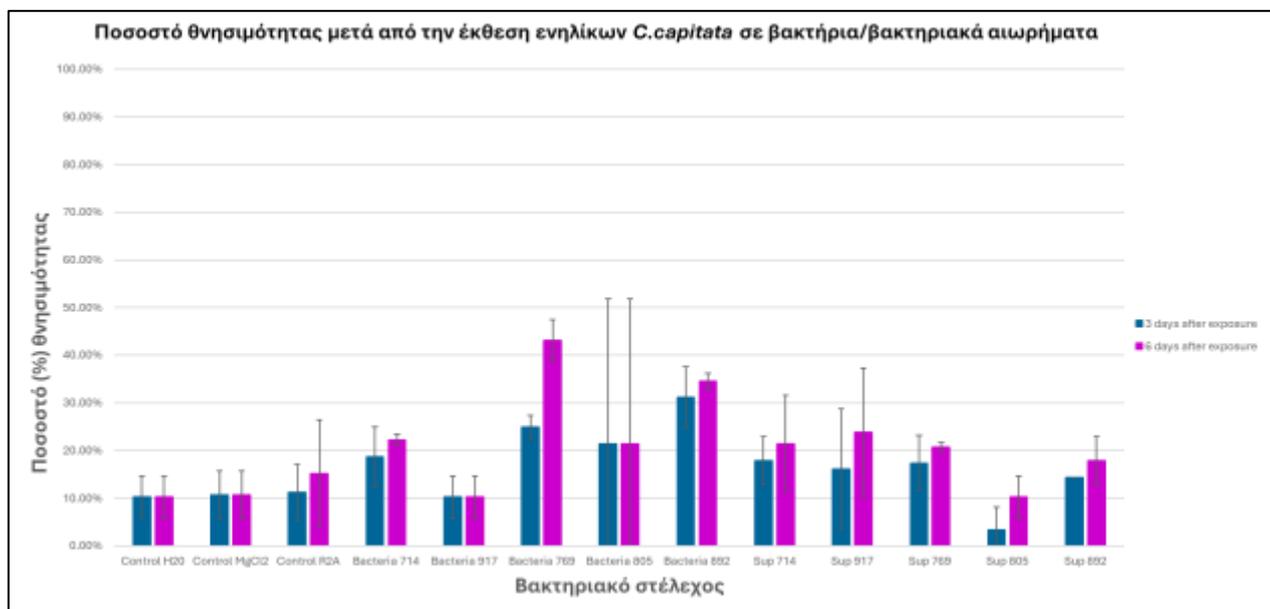
Εικόνα 3.5.1- 1 Επίδραση επιλεγμένων βακτηριακών στελεχών (A) και των αιωρημάτων (B) τους στην επιβίωση των προνυμφών (αριστερά) και στην εμφάνιση των ανηλίκων (δεξιά) *C. capitata* σε σύγκριση με τους αρνητικούς μάρτυρες.

Συγκεκριμένα, μετά την έκθεση στο βακτηριακό στέλεχος SRL805 παρουσιάστηκε αυξημένη θνησιμότητα των προνυμφών (επιβίωση ~70% των προνυμφών) σε σχέση με τον αρνητικό μάρτυρα, καθώς και μειωμένη επιτυχία ολοκλήρωσης του αναπτυξιακού κύκλου (εμφάνιση ενήλικων κατά ~80%). Επιπλέον μετά την έκθεση στο αιώρημα του ίδιου βακτηριακού στελέχους υπάρχει ένδειξη καθυστέρησης της εμφάνισης των ανηλίκων ατόμων, τα οποία όμως παρά την καθυστέρηση, εμφανίζονται τελικά σε ποσοστό >95%.

Η παρατηρούμενη αυτή επίδραση υποδηλώνει ότι το συγκεκριμένο στέλεχος ενδέχεται να παράγει εντομοτοξικούς παράγοντες ή να επηρεάζει τη φυσιολογία των προνυμφών της μύγας της Μεσογείου. Τα υπόλοιπα βακτηριακά στελέχη παρουσίασαν περιορισμένη ή μη σαφή επίδραση, με ποσοστά επιβίωσης και ανάπτυξης όμοια με το μάρτυρα.

2.2.2 Αποτελεσματικότητα βακτηριακών στελεχών σε ενήλικα του Δίπτερου *Ceratitis capitata*

Στις βιοδοκιμές με ενήλικα άτομα *Ceratitis capitata* παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις στη θνησιμότητα μεταξύ των βακτηριακών στελεχών και των υπερκειμένων τους, ιδιαίτερα σε μεταγενέστερα χρονικά σημεία μετά την έκθεση (Εικόνα 3.5.1-2).



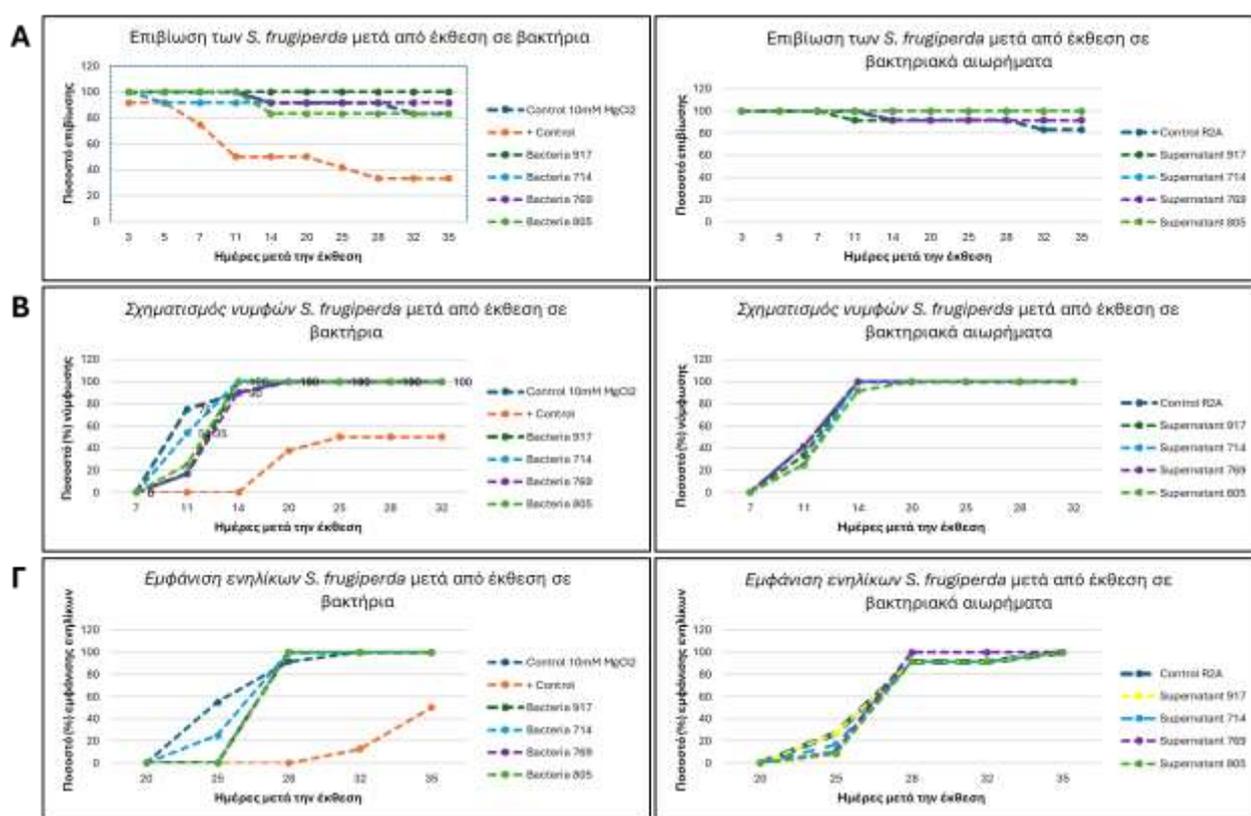
Εικόνα 3.5.1- 2 Ποσοστά θνησιμότητας ενηλίκων *Ceratitis capitata* 3 και 6 ημέρες μετά από έκθεση σε βακτηριακά στελέχη και τα αιωρήματά τους. Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα.

Τα βακτηριακά στελέχη SRL769 και SRL892 παρουσίασαν αυξημένα ποσοστά θνησιμότητας σε σύγκριση με τους αρνητικούς μάρτυρες, τόσο στις 3 όσο και στις 6 ημέρες μετά την έκθεση, υποδηλώνοντας πιθανή βιοδραστικότητα μέσω στομάχου. Αντίθετα, το στέλεχος SRL805 δεν εμφάνισε σταθερά επαναλήψιμη επίδραση στα ενήλικα άτομα, παρά την δράση που παρατηρήθηκε στα προνυμφικά στάδια.

Η διαφοροποίηση αυτή μεταξύ προνυμφών και ενηλίκων υπογραμμίζει τη σημασία της αξιολόγησης των υποψηφίων βιοεντομοκτόνων σε πολλαπλά αναπτυξιακά στάδια και υποδηλώνει ότι διαφορετικοί μηχανισμοί δράσης ενδέχεται να εμπλέκονται.

2.2.3 Αποτελεσματικότητα βακτηριακών στελεχών σε προνύμφες του Λεπιδόπτερου *Spodoptera frugiperda*

Η έκθεση προνυμφών *Spodoptera frugiperda* σε βακτήρια και βακτηριακά αιωρήματα δεν προκάλεσε έντονη άμεση θνησιμότητα μετά την εφαρμογή όλων των εξεταζόμενων στελεχών, ωστόσο παρατηρήθηκαν ορισμένες διαφοροποιήσεις τόσο στην επιβίωση όσο και στην εξέλιξη των αναπτυξιακών σταδίων (Εικόνα 3.5.1-3).



Εικόνα 3.5.1- 3 Επίδραση επιλεγμένων βακτηριακών στελεχών και των υπερκειμένων τους στην επιβίωση (A), τον σχηματισμό νυμφών (B) και την εμφάνιση ενηλίκων (Γ) του *Spodoptera frugiperda*. Τα έντομα εκτέθηκαν σε βακτήρια (αριστερά) και αιωρήματα (δεξιά) ή υπερκείμενα βακτηριακών καλλιεργειών (δεξιά).

Στην περίπτωση της έκθεσης σε βακτήρια, μετά την εφαρμογή του στελέχους SRL805 παρουσιάστηκαν ενδείξεις μειωμένης επιβίωσης σε σύγκριση με τους μάρτυρες, ιδιαίτερα σε μεταγενέστερα χρονικά σημεία μετά την έκθεση. Παράλληλα, παρατηρήθηκε μικρή καθυστέρηση στον σχηματισμό νυμφών και στην εμφάνιση ενηλίκων, γεγονός που υποδηλώνει πιθανή επίδραση στην ανάπτυξη των προνυμφών.

Αντίθετα, η έκθεση σε υπερκείμενα βακτηριακών καλλιεργειών δεν οδήγησε σε σημαντικές αποκλίσεις από τους αρνητικούς μάρτυρες όσον αφορά την επιβίωση και την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου, υποδεικνύοντας ότι η παρατηρούμενη επίδραση ενδέχεται να σχετίζεται κυρίως με την παρουσία ζωντανών βακτηριακών κυττάρων.

Επιπλέον μία μικρή καθυστέρηση στο σχηματισμό των νυμφών και στην εμφάνιση των ενηλίκων προκάλεσαν τα στελέχη SRL917 και SRL769, χωρίς όμως κάτι τέτοιο να συμβαίνει μετά την έκθεση στα αιωρήματα των στελεχών αυτών.

3 ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πλαίσιο του παραδοτέου Π3.5.1 αξιολογήθηκε η βιοδραστικότητα επιλεγμένων βακτηριακών στελεχών και των μεταβολιτών τους τα οποία απομονώθηκαν και καλλιεργήθηκαν επιτυχώς στο εργαστήριο, έναντι εντόμων-στόχων των τάξεων Διπτέρων (*Ceratitis capitata*) και Λεπιδόπτερων (*Spodoptera frugiperda*), μέσω βιοδοκιμών σε προνυμφικά και ενήλικα στάδια.

- Οι βιοδοκιμές σε προνύμφες *Ceratitis capitata* ανέδειξαν το **στέλεχος SRL805** ως το πλέον υποσχόμενο, καθώς **προκάλεσε αυξημένη θνησιμότητα των προνυμφών** σε σύγκριση με τους αρνητικούς μάρτυρες, **μείωσε την επιτυχία ολοκλήρωσης του αναπτυξιακού κύκλου**, και **προκάλεσε καθυστέρηση στην εμφάνιση των ενηλίκων** μετά από έκθεση στα αιωρήματά του.
- Στα ενήλικα άτομα *Ceratitis capitata*, τα στελέχη SRL769 και SRL892 παρουσίασαν **αυξημένα ποσοστά θνησιμότητας**, ιδιαίτερα σε μεταγενέστερα χρονικά σημεία, ενώ το στέλεχος SRL805 **δεν εμφάνισε επαναλήψιμη δράση**.
- Στις βιοδοκιμές με προνύμφες *Spodoptera frugiperda* δεν παρατηρήθηκε έντονη άμεση θνησιμότητα για τα περισσότερα στελέχη, ωστόσο το στέλεχος **SRL805** παρουσίασε **ενδείξεις μειωμένης επιβίωσης και καθυστέρησης στον σχηματισμό νυμφών και την εμφάνιση ενηλίκων** μετά από έκθεση σε ζωντανά βακτηριακά κύτταρα, γεγονός που υποδηλώνει πιθανή επίδραση στην ανάπτυξη.
- Συνολικά, τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι **η βιοδραστικότητα διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ βακτηριακών στελεχών, εξαρτάται από το έντομο-στόχο και το αναπτυξιακό στάδιο και ενδέχεται να σχετίζεται με διαφορετικούς μηχανισμούς δράσης**.
- Τα ευρήματα θεωρούνται προκαταρκτικά, ωστόσο τεκμηριώνουν τη δυναμική των επιλεγμένων μικροβιακών στελεχών ως υποψηφίων βιοεντομοκτόνων και υποστηρίζουν τη συνέχιση της αξιολόγησής τους.

4 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Arouri, R., Le Goff, G., Hemden, H., Navarro-Llopis, V., M'saad, M., Castañera, P., Feyereisen, R., Hernández-Crespo, P., Ortego, F., 2015. Resistance to lambda-cyhalothrin in Spanish field populations of *Ceratitis capitata* and metabolic resistance mediated by P450 in a resistant strain. *Pest Manag. Sci.* 71, 1281–1291. <https://doi.org/10.1002/ps.3924>
- De Groote, H., Kimenju, S.C., Munyua, B., Palmas, S., Kassie, M., Bruce, A., 2020. Spread and impact of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) in maize production areas of Kenya. *Agric. Ecosyst. Environ.* 292, 106804. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106804>
- dos Santos, K.B., Neves, P., Meneguim, A.M., dos Santos, R.B., dos Santos, W.J., Boas, G.V., Dumas, V., Martins, E., Praça, L.B., Queiroz, P., Berry, C., Monnerat, R., 2009. Selection and characterization of the *Bacillus thuringiensis* strains toxic to *Spodoptera eridania* (Cramer), *Spodoptera cosmioides* (Walker) and *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Biol. Control* 50, 157–163. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.03.014>
- Molina, C.A., Caña-Roca, J.F., Osuna, A., Vilchez, S., 2010. Selection of a *Bacillus pumilus* strain highly active against *Ceratitis capitata* (Wiedemann) larvae. *Appl. Environ. Microbiol.* 76, 1320–1327. <https://doi.org/10.1128/AEM.01624-09>