



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

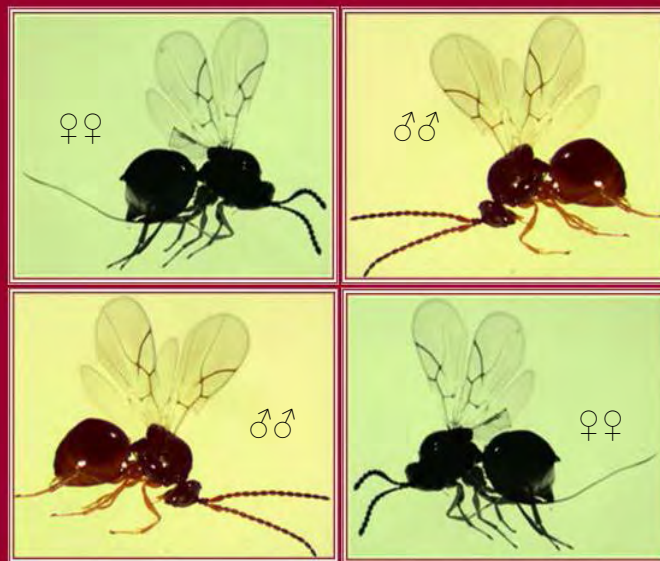
«Σχολή Γεωπονικών Επιστημών»

«Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος»

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και Διαχείριση Περιβάλλοντος»

«ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ»



«ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ»

«Βιολογία του παρασιτοειδούς *Aganaspis daci* σε προνύμφες και νύμφες του δάκου της ελιάς και της μύγας της Μεσογείου σε σταθερές συνθήκες στο εργαστήριο»

Δεληγεωργίδης Π. Νικόλαος

Βόλος, 2019

«Βιολογία του παρασιτοειδούς *Aganaspis daci* σε προνύμφες και νύμφες του δάκου της ελιάς και της μύγας της Μεσογείου σε σταθερές συνθήκες στο εργαστήριο»

Δεληγεωργίδης Π. Νικόλαος

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Επιβλέπων: Παπαδόπουλος Θ. Ν., Καθηγητής Εντομολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Αθανασίου Γ. Χ., Καθηγητής Εντομολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Βέλλιος Ε., Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Copyright © ΔΕΛΗΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ Π. ΝΙΚΟΛΑΟΣ, 2019.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα.

*Στη μνήμη της θείας Έλλης,
του θείου Πέτρου
και του πάππου Παύλου.*

Πρόλογος

Η διατριβή αυτή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Για την πραγματοποίηση των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν εγκαταστάσεις και εξοπλισμός του οικείου Εργαστηρίου.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον επιβλέποντα της μεταπτυχιακής διατριβής, τον καθηγητή κ. Ν. Θ. Παπαδόπουλο για την υπόδειξη του θέματος, τις πολύτιμες συμβουλές του κατά το σχεδιασμό και εκτέλεση των πειραμάτων και τις διορθώσεις του στο κείμενο της διατριβής. Επίσης, ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται για τον καθηγητή κ. Χ. Γ. Αθανασίου, μέλος της εξεταστικής επιτροπής, τόσο για τις ιδιαίτερα χρήσιμες συμβουλές και υποδείξεις του κατά τη συγγραφή της διατριβής, όσο και για τις εποικοδομητικές συζητήσεις σε επιστημονικά θέματα κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής. Επιπλέον, θερμές ευχαριστίες αποδίδονται στο μέλος της επιτροπής, τον καθηγητή κ. Ε. Βέλλιο, για τις πολύτιμες συμβουλές και γνώσεις του, τις κατευθυντήριες αρχές και την υποστήριξή του, επί των οποίων εδράζεται η επιτυχής περάτωση της διατριβής.

Ευχαριστίες απευθύνω επίσης προς τους μεταδιδάκτορες κ. Χ. Ιωάννου και κ. Γ. Κυρίτση για την πολύτιμη βοήθεια που προσέφεραν κατά τη διενέργεια των πειραμάτων της παρούσας διατριβής. Ακόμα, ευχαριστίες αποδίδονται σε κάθε μέλος του εργαστηρίου και σε όλο το προσωπικό, δια την ηθική, ψυχολογική και έμπρακτη συνεισφορά τους στην περάτωση της παρούσας διατριβής. Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου, για τη θερμή και διαρκή τους συμπαράσταση.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	IX
Summary	X
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	13
1.1 Ο δάκος της ελιάς, <i>Bactrocera oleae</i> (Rossi).....	13
1.1.1 Γενικά	13
1.1.2 Γεωγραφική κατανομή και εξάπλωση του <i>Bactrocera oleae</i>	13
1.1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του <i>Bactrocera oleae</i>	15
1.1.4 Βιολογία του <i>Bactrocera oleae</i>	17
1.1.5 Οικονομική σημασία του <i>Bactrocera oleae</i>	20
1.1.6 Αντιμετώπιση του <i>Bactrocera oleae</i>	22
1.1.6.1 Ανίχνευση της παρουσίας, παρακολούθηση και μαζική παγίδευση του δάκου της ελιάς	22
1.1.6.2 Μέθοδος “attract – and – kill”	25
1.1.6.3 Μέθοδος εξαπόλυσης στείρων εντόμων – “Sterile Insect Technique (SIT)”	26
1.1.6.4 Μέθοδος χημικής καταπολέμησης.....	27
1.1.6.5 Μέθοδοι βιολογικής αντιμετώπισης	30
1.1.6.6 Καλλιεργητικά μέτρα.....	38
1.2 Η μύγα της Μεσογείου, <i>Ceratitis capitata</i> (Wiedemann).....	39
1.2.1 Γενικά	39
1.2.2 Γεωγραφική κατανομή και εξάπλωση του <i>Ceratitis capitata</i>	40
1.2.3 Ξενιστές του <i>Ceratitis capitata</i>	41
1.2.4 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του <i>Ceratitis capitata</i>	42
1.2.5 Βιολογία του <i>Ceratitis capitata</i>	45
1.2.6 Οικονομική σημασία του <i>Ceratitis capitata</i>	47
1.2.7 Αντιμετώπιση του <i>Ceratitis capitata</i>	48
1.2.7.1 Ανίχνευση της παρουσίας, παρακολούθηση και μαζική παγίδευση των πληθυσμών της μύγας της Μεσογείου	49
1.2.7.2 Μέθοδος “attract – and – kill”	50
1.2.7.3 Μέθοδος εξαπόλυσης στείρων εντόμων – “Sterile Insect Technique (SIT)”	51
1.2.7.4 Μέθοδος χημικής καταπολέμησης.....	53
1.2.7.5 Μέθοδοι βιολογικής αντιμετώπισης	54

1.2.7.6 Καλλιεργητικά μέτρα.....	56
1.3 Το παρασιτοειδές, <i>Aganaspis daci</i> (Weld).....	57
1.3.1 Γενικά	57
1.3.2 Γεωγραφική κατανομή και εξάπλωση του <i>Aganaspis daci</i>	57
1.3.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του <i>Aganaspis daci</i>	58
1.3.4 Βιολογία του <i>Aganaspis daci</i>	61
1.3.5 Το παρασιτοειδές <i>A. daci</i> ως παράγοντας βιολογικού ελέγχου	63
1.4 Σκοπός της παρούσας διατριβής	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	67
2. Γενικά Υλικά και Μέθοδοι.....	67
2.1 Συνθήκες εργαστηρίου	67
2.2 Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν και μέθοδος εκτροφής τους.....	67
2.2.1 Μέθοδος εκτροφής του δάκου της ελιάς, <i>Bactrocera oleae</i>	67
2.2.2 Μέθοδος εκτροφής της μύγας της Μεσογείου, <i>Ceratitis capitata</i>	70
2.2.3 Μέθοδος εκτροφής του παρασιτοειδούς, <i>Aganaspis daci</i>	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	74
3. Μελέτη βιολογικών παραμέτρων του <i>Aganaspis daci</i> , σε προνύμφες και νύμφες του δάκου της ελιάς και της μύγας της Μεσογείου	74
3.1 Εισαγωγή.....	74
3.2 Επιβίωση, διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του παρασιτοειδούς <i>A. daci</i> και σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ενηλικών, σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου και δάκο της ελιάς, σε τεσσέρις σταθερές θερμοκρασίες (15, 20, 25 και 30 °C)	74
Υλικά και Μέθοδοι	74
3.3. Διάρκεια ζωής των ενηλικών του παρασιτοειδούς <i>A. daci</i> , που προήλθαν από ξενιστή μύγα της Μεσογείου και δάκο της ελιάς, σε τεσσέρις σταθερές θερμοκρασίες (15, 20, 25 και 30 °C).....	77
Υλικά και Μέθοδοι	77
3.4 Γονιμότητα των θηλυκών του παρασιτοειδούς <i>A. daci</i> , που προήλθαν από ξενιστή μύγα της Μεσογείου και δάκο της ελιάς, στους 25 °C.....	78
Υλικά και Μέθοδοι	78
3.5 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων	80
3.6 Αποτελέσματα	81
3.6.1 Επιβίωση ανηλικών σταδίων του <i>A.daci</i> , σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου και δάκο της ελιάς, στους 15, 20, 25 και 30 °C	81

3.6.2 Διάρκεια ανάπτυξης ανηλικών σταδίων του <i>A.daci</i> , με ξενιστή μύγα της Μεσογείου και δάκο της ελιάς, στους 15, 20, 25 και 30 °C	83
3.6.3 Σωματομετρία ενηλίκων του <i>A.daci</i> , που προήλθαν από ξενιστή μύγα της Μεσογείου και δάκο της ελιάς, στους 15, 20 και 25 °C	86
3.6.4 Μακροζωία ενηλίκων του <i>A. daci</i> , που προήλθαν από ξενιστές μύγα της Μεσογείου και δάκο της ελιάς, στους 15, 20, 25 και 30 °C	90
3.6.5 Γονιμότητα θηλυκών <i>A. daci</i> , που αναπτύχθηκαν σε προνύμφες της μύγας της Μεσογείου και του δάκου της ελιάς, στους 25 °C	98
3.7 Συζήτηση	104
3.7.1 Επίδραση του ξενιστή των ανηλικών σταδίων και της θερμοκρασίας ανάπτυξης στην επιβίωση των ανηλικών σταδίων του <i>A.daci</i>	105
3.7.2 Επίδραση του ξενιστή των ανηλικών σταδίων και της θερμοκρασίας ανάπτυξης στη διάρκεια ανάπτυξης ανηλικών σταδίων του <i>A.daci</i>	107
3.7.3 Επίδραση του ξενιστή των ανηλικών σταδίων και της θερμοκρασίας ανάπτυξης στο μέγεθος των ενηλίκων του <i>A.daci</i>	110
3.7.4 Επίδραση του ξενιστή των ανηλικών σταδίων και της θερμοκρασίας ανάπτυξης στη μακροζωία των ενηλίκων <i>A. daci</i>	111
3.7.5 Επίδραση του ξενιστή των ανηλικών σταδίων και της θερμοκρασίας ανάπτυξης στη γονιμότητα θηλυκών <i>A. daci</i>	114
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	116

Περίληψη

Μελετήθηκαν διάφοροι βιολογικοί χαρακτήρες του παρασιτοειδούς *Aganaspis daci*, με ξενιστές, προνύμφες και νύμφες του δάκου της ελιάς (*Bactrocera oleae*) και της μύγας της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*), σε σταθερές και ελεγχόμενες συνθήκες στο εργαστήριο.

Η αρχική εγκατάσταση της αποικίας δάκου της ελιάς βασίστηκε στη συλλογή προσβεβλημένων ελαιόκαρπων από ελαιώνες της ευρύτερης περιοχής του Νομού Μαγνησίας και στη συνέχεια οι πληθυσμοί του δάκου της ελιάς διατηρήθηκαν εντός κλωβών. Στο πλαίσιο διεξαγωγής των πειραμάτων με τη μύγα της Μεσογείου, χρησιμοποιήθηκαν έντομα από αποικίες της εργαστηριακής φυλής “Μπενάκειο”, που διατηρούνται στο εργαστήριο για αρκετές γενεές. Η αρχική αποικία του *Aganaspis daci* προήλθε από το Valencian Institute of Agrarian Research της Ισπανίας, όπου διατηρείται από το 2010 σε ξενιστή, τη μύγα της Μεσογείου. Η διατήρηση της αποικίας του παρασιτοειδούς, στο Εργαστήριο Εντομολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, συνεχίστηκε με ξενιστή, τη μύγα της Μεσογείου.

Αρχικά, η πειραματική διαδικασία παρουσιάζει την επιβίωση, διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του παρασιτοειδούς, *A. daci* και τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ενηλικών, σε ξενιστή δάκο της ελιάς και μύγας της Μεσογείου, σε τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασίες (15, 20, 25, 30 °C). Ακολούθως, το πείραμα εστιάζει και διερευνά τη μακροζωία των ενηλικών του παρασιτοειδούς, σε τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασίες (15, 20, 25, 30 °C), με ξενιστές, προνύμφες του δάκου της ελιάς και της μύγας της Μεσογείου. Στο τελευταίο πειραματικό τμήμα μελετάται η γονιμότητα των θηλυκών του παρασιτοειδούς, *A. daci*, που προήλθαν από ξενιστή δάκο της ελιάς και μύγα της Μεσογείου.

Οι πειραματικές διαδικασίες και τα αποτελέσματά τους περιγράφονται λεπτομερώς στα επιμέρους κεφάλαια. Ενδεικτικά, παρατίθενται ορισμένα εκ των σημαντικότερων ευρημάτων της παρούσας διατριβής όπως, α) τα καταγραφέντα μεγαλύτερα ποσοστά παρασιτισμού (περίπου 65%) του *A. daci* στους 25° C, επί των προνυμφών και των δύο ξενιστών, β) η μεγαλύτερη διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων (αρσενικών, θηλυκών) του παρασιτοειδούς στους 15 °C, γ) το μεγαλύτερο μήκος κνήμης και πλάτος πτέρυγας των αρσενικών παρασιτοειδών, δ) τα θηλυκά παρασιτοειδή εμφανίζονται μακροβιότερα των αρσενικών και τέλος ε)

καταγράφονται περισσότεροι θηλυκοί απόγονοι του παρασιτοειδούς σε σχέση με τους αρσενικούς.

Summary

Many biological aspects of *Aganaspis daci* were studied on larvae and pupae of olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) and Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) hosts, under controlled conditions in the laboratory.

The primary establishment of olive fruit fly colony was based on collection of infected olives from olive groves in the region of Magnesia, and then the olive fruit fly populations were kept in cages. The experiments of Mediterranean fruit fly were carried out using colonies of laboratorial tribe “Benakeio”, which were preserved in laboratory for several generations. The colony of *Aganaspis daci* originated from the Valencian Institute of Agrarian Research in Spain, where has been held on larvae of Mediterranean fruit fly. Similarly, the preservation of *Aganaspis daci* colony at the Institute of Entomology of the University of Thessaly was continued on larvae of Mediterranean fruit fly.

Initially, the experiment is referred to the survival rate and growth duration of the immature stages of the parasitoid *A. daci* and also includes, somatometric measurements of *A. daci* adults, both on larvae of the olive fruit fly and Mediterranean fruit fly, at four different temperatures (15, 20, 25, 30 °C). Following this experiment researches the adults’ longevity of the parasitoid *A. daci* on the host larvae of the olive fruit fly and the Mediterranean fruit fly, at four different temperatures (15, 20, 25, 30 °C). Finally, the experiment focuses on the parasitoid (*A. daci*) females’ fertility, which derived from larvae of olive fruit fly and Mediterranean fruit fly, at 25 °C. The experimental procedures and their results are extensively described in each chapter, respectively.

Indicatively, some of the most important findings of this research are listed as: a) the highest parasitism rates (about 65%) of *A. daci* have been recorded on larvae of two hosts, at 25 °C, b) giving, at 15 °C, the longer duration of parasitoid’ s juveniles development, c) the males of *A. daci* get bigger hind tibia length and wing width than females, d) the females parasitoids are almost longer lived than males, and e) more females offspings of parasitoid are cited than males.

«Εγώ, ο Δεληγεωργίδης Νικόλαος, είμαι ο συγγραφέας αυτής της Μ. Δ. Ε. Αυτή η Μ. Δ. Ε. αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα και δεν έχει υποβληθεί (εξ ολοκλήρου ή μέρος της) σαν προπτυχιακή διατριβή ή Μ. Δ. Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής, σε αυτό ή άλλο Προπτυχιακό ή Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή εξωτερικού. Όποια συνεργασία καθώς και το μέγεθος αυτής δηλώνονται επακριβώς στο αντίστοιχο πεδίο αυτής της διατριβής. Επίσης έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος.»

Δεληγεωργίδης Π. Ν.

«Ως επιβλέπων της έρευνας που περιγράφεται σε αυτή τη διατριβή, δηλώνω ότι όλοι οι όροι του Εσωτερικού Κανονισμού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος έχουν τηρηθεί από τον κ. Δεληγεωργίδη Νικόλαο.»

Παπαδόπουλος Θ. Ν.
Επιβλέπων Καθηγητής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Ο δάκος της ελιάς, *Bactrocera oleae* (Rossi)

1.1.1 Γενικά

Πολλοί επιστήμονες και ερευνητές, μελέτησαν και αξιολόγησαν, το σημαντικότερο εντομολογικό εχθρό της ελιάς, το δάκο. Η επιστημονική ονομασία του εντόμου είναι *Bactrocera oleae* Rossi (1790), ενώ παλιότερα αναφερόταν ως *Dacus oleae* Gmelin (1790). Το *Bactrocera oleae* καταχωρείται ως ένα από τα 400 περίπου είδη του γένους *Bactrocera*, το οποίο ανήκει στην οικογένεια Tephritidae, της τάξης των Διπτέρων (Aluja & Norrborn, 2000; Vargas et al., 2015).

Ο δάκος της ελιάς είναι σημαντικός ως οργανισμός πρότυπο εξαιτίας της αποκλειστικής σχεδόν διατροφής και ανάπτυξής του, στην καλλιεργούμενη ελιά (*Olea europaea* ssp. *sativa* L.) και διάφορα είδη αγρίων ελαιόδενδρων όπως, το *Olea europaea* ssp. *oleaster* Hoff. & Link και το *Olea europaea* ssp. *sylvestris* Mill. (Tzanakakis, 2008). Το έντομο είναι ευρύτατα διαδεδομένο, σε κάθε περιοχή, στην οποία καλλιεργείται ή γενικότερα φύεται, η ελιά. Συνέπεια της δράσης του εντόμου είναι κυρίως, η οικονομική επιβάρυνση του κλάδου της ελαιοκομίας, εφόσον δημιουργούνται, ιδιαίτερα σημαντικές, ποσοτικές και ποιοτικές ζημιές.

1.1.2 Γεωγραφική κατανομή και εξάπλωση του *Bactrocera oleae*

Στην πορεία διερεύνησης και μελέτης του *B. oleae*, ιδιαίτερη αξία παρουσιάζει το κεφάλαιο της καταγωγής, εξάπλωσης και εν τέλει της παγκόσμιας χωρικής κατανομής του είδους.

Τα πειράματα των Nardi *et al.* (2005), κατέληξαν στο συμπέρασμα της μεγαλύτερης γενετικής διαφοροποίησης, της αφρικανικής φυλής του δάκου της ελιάς. Γεγονός το οποίο στηρίζει την άποψη της καταγωγής του εντόμου, από την περιοχή της νοτιο – ανατολικής Αφρικής. Αντιθέτως, οι Arbab και Mirphakhar (2016), υποστηρίζουν την αντίστροφη πορεία του εντόμου, δηλαδή από το κέντρο καταγωγής, τη νότια Ευρώπη, το έντομο κινήθηκε προς Μέση Ανατολή και βόρεια Αφρική, περνώντας δε, δια της ανατολικής αφρικανικής ακτογραμμής, εξαπλώθηκε και στη νότια – ανατολική Αφρική. Παρ' όλα αυτά, αναμφισβήτητη και πειραματικά τεκμηριωμένη εμφανίζεται η διαπίστωση ότι, ο χώρος της Μέσης Ανατολής καθόρισε σημαντικά τη διασπορά και εξάπλωση του εντόμου (Nardi *et al.*, 2005). Όμως, η

άποψη της αφρικανικής καταγωγής του δάκου της ελιάς ενισχύεται και από πιο πρόσφατες μελέτες (Ordano et al., 2015; Eti et al., 2018).

Σε ότι αφορά τον τρόπο διασποράς του εντόμου, εικάζεται ότι ο δάκος της ελιάς ξεκινώντας από τη νοτιο – ανατολική Αφρική κατευθύνθηκε διαμέσου της ανατολικής ακτογραμμής της, αρχικά, στη βόρεια Αφρική και στη συνέχεια, στη Μέση Ανατολή, ακολούθως δε, στη νότια Ευρώπη (Vargas *et al.*, 2015). Κατόπιν, το έντομο κινήθηκε ανατολικότερα στην Ασία (Zygouridis et al., 2009; Eti et al., 2018). Αρκετά χρόνια αργότερα, επιβεβαιώνεται η παρουσία του δάκου της ελιάς στην αμερικανική ήπειρο, σηματοδοτούμενη από την πρώτη καταγραφή του, το 1998, στην περιοχή της Καλιφόρνιας (Rice et al., 2003, Yokoyama, 2015). Το *B. oleae* χαρακτηρίζεται ως ένα είδος παγκόσμιας και ευρύτατης εξάπλωσης, του οποίου η διασπορά εντοπίζεται σε Μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα. Επομένως, η χωρική κατανομή, του *B. oleae*, ακολουθεί τη διασπορά και εξάπλωση της ελιάς. Τέλος, όσον αφορά τη χωρική διασπορά του εντόμου, επισημαίνεται ο σημαντικός ρόλος της πτητικής ικανότητας του δάκου της ελιάς, κατά την οποία ευνοείται η μετακίνηση του εντόμου σε μεγάλες αποστάσεις (Tzanakakis, 2008).

Πιο συγκεκριμένα, στην Αμερική, το *B. oleae* εντοπίζεται στις κεντρικές και βόρειες περιοχές της ηπείρου, όπως στις ΗΠΑ (Καλιφόρνια) και στο Μεξικό (Rice et al., 2003; Nardi et al., 2005; Segura et al., 2008). Στην Ασία, το είδος παρατηρείται στις χώρες, Ινδία, Ιορδανία, Ιράν, Ισραήλ, Κίνα, Λίβανο, Νεπάλ, Πακιστάν, Παλαιστίνη, Συρία, Τουρκία (Rice et al., 2003; Nardi et al., 2005; Tzanakakis, 2008; Segura et al., 2008; Hoelmer et al., 2011; Ordano et al., 2015; Ramezani et al., 2015; Eti et al., 2018). Επιπλέον, διαπιστώθηκε, η παρουσία του εντόμου και διαφόρων παρασιτοειδών του, στις χώρες, που περικλείουν τους πρόποδες της οροσειράς των Ιμαλαΐων (Bon *et al.*, 2016). Η παρουσία του εντόμου καταγράφεται κυρίως στις βόρειες χώρες της ηπείρου, και επιπλέον στην Κένυα και Νότια Αφρική (Nardi et al., 2005; Segura et al., 2008). Τέλος, στην Ευρώπη, το έντομο κατακλύζει της νότιες περιοχές της και αποτελεί σημαντικό εχθρό της ελιάς στην, Αλβανία, Γαλλία, Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία, Κροατία, Πορτογαλία (Nardi et al., 2005; Segura et al., 2008; Tzanakakis, 2008; Goncalves et al., 2012; Marchi et al., 2016). Στην Ελλάδα, το *B. oleae*, εντοπίζεται σχεδόν σε όλη την ηπειρωτική και νησιωτική χώρα. Παρουσία του εντόμου επισημαίνεται από τη βόρεια Ελλάδα, Χαλκιδική, έως την Κρήτη, τη νότια νησιωτική Ελλάδα (Kounatidis et al., 2008; Varikou et al., 2013).

1.1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του *Bactrocera oleae*

Το ενήλικο του δάκου της ελιάς ομοιάζει σχεδόν με την οικιακή μύγα (Εικόνα 1). Το μήκος του σώματός του φθάνει τα 4 – 5 mm, με κιτρινέρυθρου ή ελαφρώς καστανού χρώματος και με σχεδόν σφαιρική κεφαλή. Οι οφθαλμοί είναι σύνθετοι, ιριδίζοντες, κυανοπράσινης απόχρωσης. Οι κεραίες έχουν ανοιχτό καστανό χρώμα και στη βάση τους παρατηρούνται δύο κηλίδες μαύρες (Della Beffa, 1962; Bonnemaïson, 1969; Alford, 2007). Ο θώρακας, παρουσιάζεται γενικά, καστανέρυθρος, τεφρός έως μαύρος, ενώ επίσης φέρει ελαφριά χνόωση. Το ραχιαίο τμήμα είναι μαύρο, με 3 – 4 γκριζες ταινίες. Η πλευρά του μεσοθώρακα έχει λευκό έως κιτρινίζον χρωματισμό, όπως επίσης και το οπίσθιο χείλος του θυρεού “scutellum”, το οποίο είναι ελαφρώς υπερυψωμένο (Tzanakakis, 2008). Η κοιλία εμφανίζεται με καστανό έως μαύρο χρωματισμό, με ερυθρίζουσες, καστανές κηλίδες επί της ραχιαίας περιοχής της. Το βασικό τμήμα του προεξέχοντος ωοθέτη έχει μαύρο χρώμα, το δε μήκος του, προσεγγίζει περίπου το μήκος της κοιλίας και υπολογίζεται σε 1 mm (Γιαμβριάς, 1998). Τα πόδια, ακολουθούν το γενικό κιτρινωπό έως καστανό χρωματισμό του εντόμου. Οι πτέρυγες είναι υαλώδεις και επιμήκεις, φέρουσες νευρώσεις σκούρου χρώματος. Στο εξωτερικό όριο της κορυφής τους φέρουν μια μικρή, καστανή κηλίδα (Della Beffa, 1962; Bonnemaïson, 1969; Alford, 2007).



Εικόνα 1. Ενήλικο θηλυκό του δάκου της ελιάς, (*Bactrocera oleae*).

Το ωό είναι επίμηκες, ελλειπσοειδούς σχήματος, κρεμώδους λευκού χρώματος και λείας υφής. Το μήκος του προσδιορίζεται στα 0.7 – 0.8 mm και το πλάτος του περί τα 0.21 mm (Bonnemaïson, 1969; Πελεκάσης, 1991; Γιαμβριάς, 1998; Alford, 2007).

Η προνύμφη του εντόμου είναι άποδη, δεν έχει κεφαλική κάψα και τα στοματικά μόρια είναι του τύπου, γναθικών αγκίστρων (Εικόνα 2). Το σχήμα της

είναι σκωληκόμορφο, με κωνική κατανομή, το πρόσθιο τμήμα είναι οξυκατάληκτο ενώ το σώμα της διευρύνεται προς τα οπίσω. Το τελικό μήκος της προσεγγίζει τα 6 – 8 mm και το πλάτος της, κατά μέσο όρο, κυμαίνεται στα 1.5 mm. Αν και η προνύμφη του εντόμου έχει χρώμα, ανοιχτό λευκό έως κίτρινο, οι αποχρώσεις της καθορίζονται βάσει των τροφικών συνηθειών και του εν γένει περιβάλλοντος χώρου, ανάπτυξής της. Πιο συγκεκριμένα, αν η προνύμφη αναπτύσσεται και διατρέφεται σε πράσινους καρπούς ελιάς το χρώμα της γίνεται ανοιχτό λευκό, κίτρινο έως και ελαφρώς πράσινο, ενώ σε ώριμες μαύρες ελιές, αποκτάει μια ανοιχτή μοβ απόχρωση (Tzanakakis, 2008). Παρατηρούνται τρεις προνυμφικές ηλικίες, οι οποίες διαφοροποιούνται, βάσει του μεγέθους και του χρωματισμού τους. Η πρώτη προνυμφική ηλικία έχει μέγεθος 0.7 – 1.6 mm και υποκιτρίνου χρώματος γναθικά άγκιστρα, ενώ τόσο η δεύτερη όσο και η τρίτη προνυμφική ηλικία έχουν μεγαλύτερο σωματικό μέγεθος, 1.9 – 4.5 mm και 3.9 – 5.6 mm αντίστοιχα και μαύρου χρώματος γναθικά άγκιστρα (Della Beffa, 1962; Bonnemaïson, 1969; Πελεκάσης, 1991; Alford, 2007; Yokoyama, 2012).



Εικόνα 2. Ανεπτυγμένη προνύμφη του δάκου της ελιάς, εντός στοάς του ελαιόκαρπου.

Η νύμφη έχει σχήμα κυλινδρικό και εμφανίζεται ελαφρά τμηματοποιημένη, σε δακτυλίου (Εικόνα 3). Το μήκος της προσεγγίζει τα 3.5 – 5 mm. Αρχικά, το χρώμα του νυμφικού κελίου είναι λευκό, ενώ στη συνέχεια αποκτάει πιο έντονο καστανοκίτρινο χρωματισμό. Για την έξοδο του ενηλίκου γίνεται μία κυκλική σχισμή, στο ένα άκρο του νυμφικού κελίου, όπου βρίσκεται η κεφαλή του νεαρού ενηλίκου (Bonnemaïson, 1969; Γιαμβριάς, 1998; Alford, 2007).



Εικόνα 3. Νύμφες του δάκου της ελιάς.

1.1.4 Βιολογία του *Bactrocera oleae*

Από την έναρξη του φθινοπώρου και μέχρι την εποχή της συγκομιδής των ελαιόκαρπών, ο δάκος της ελιάς παρουσιάζει, συνήθως 2 – 5, αλληπάλληλες και αλληλοκαλυπτόμενες χρονικά γενεές, ο διαχωρισμός των οποίων, δεν είναι δυνατός (Γιαμβριάς, 1998; Tzanakakis, 2008). Επίσης, σύμφωνα με τον Alford (2007), οι γενεές αλλά και γενικότερα ο βιολογικός κύκλος του εντόμου, ποικίλουν από περιοχή σε περιοχή και καθορίζονται από, την εποχή του έτους, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και ιδίως από τη θερμοκρασία. Ανάλογα με την περιοχή, διαχειμάζει ως ενήλικο, σε προφυλαγμένες θέσεις, είτε ως νύμφη, σε σχισμές του φλοιού ή στο έδαφος, σε βάθος περίπου 5 cm. Ακόμα, αναφέρεται η διαχείμαση του εντόμου ως προνύμφη, εντός του καρπού (Bonnemaison, 1969; Γιαμβριάς, 1998; Τζανακάκης & Κατσογιαννος, 2003; Yokoyama, 2012).

Σε περιοχές με ήπιο χειμώνα (παράκτιες και νησιωτικές ζώνες), όταν υπάρχει στα δένδρα κατάλληλης ανάπτυξης καρπός, είναι δυνατόν να συνυπάρχουν στον ελαιώνα, όλα τα στάδια του εντόμου. Στις ίδιες περιοχές και λόγω των ηπιών κλιματικών συνθηκών, ευνοούνται και προωθούνται, πιθανώς μεγαλύτερες προσβολές του εντόμου. Η έξοδος των ενηλίκων αρχίζει, από το Φεβρουάριο και συνεχίζεται έως τις αρχές Απριλίου. Εν γένει δε, η έξοδος τους επηρεάζεται από τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες και ιδίως από τη θερμοκρασία (Della Beffa, 1962; Bonnemaison, 1969; Alford, 2007; Marchi et al., 2016). Τα ενήλικα διατρέφονται με, διάφορα μελιτώδη εκκρίματα, νέκταρ, γύρη, καθώς επίσης και σπητόμενους καρπούς (Della Beffa, 1962; Tzanakakis, 2008).

Παρατηρήσεις έχουν δείξει ότι, στη φύση, η σύζευξη λαμβάνει χώρα 12 – 13 ημέρες, μετά την έξοδο των ενηλίκων από το νυμφικό περίβλημα. Συνήθως, το ενήλικο θηλυκό συζευγνύεται μία φορά, ενώ το αρσενικό είναι πολυγαμικό. Τα θηλυκά, αρχίζουν να ωτοκοούν στον ελαιόκαρπο, με τις πρώτες προσβολές να εμφανίζονται το διάστημα Ιουνίου – Ιουλίου. Τότε έχουν ωριμάσει αναπαραγωγικά τα θηλυκά άτομα, τα οποία ανιχνεύουν τους καρπούς της ελιάς με σκοπό την εύρεση καταλλήλου μέρους, για την ωτοκία (Γιαμβριάς, 1998). Σημαντικά μορφολογικά χαρακτηριστικά (χρώμα, μήκος, μέγεθος, σχήμα, σκληρότητα) του καρπού καθορίζουν την επιλογή, της θέσης ωτοκίας των θηλυκών του δάκου της ελιάς (Rizzo *et al.*, 2012).

Κατά την ωτοκία, το θηλυκό εκτείνει τον ωσθέτη του και τρυπά τον καρπό, με κλίση περίπου 60° της κοιλίας (Πελεκάσης, 1991). Με την επούλωση της πληγής, από το νύγμα του ωσθέτη, δημιουργείται μια πολύ μικρή, καστανού χρώματος, τριγωνική κηλίδα (Εικόνα 4). Είναι χαρακτηριστικό ότι σε κάθε καρπό, ο δάκος της ελιάς εναποθέτει, κάτω από την επιφάνεια του ελαιόκαρπου, στην περιοχή του επικαρπίου, ένα ωό. Το αναπαραγωγικό δυναμικό του κάθε θηλυκού κύμαίνεται από 300 έως 400 ωά.



Εικόνα 4. Νύγματα ωτοκίας του δάκου της ελιάς, σε ελαιόκαρπους.

Η εμβρυακή ανάπτυξη κυμαίνεται από λίγες ημέρες έως εβδομάδες ανάλογα με την εποχή. Κατά τη θερινή περίοδο, το ωό εκκολάπτεται σε προνύμφη πρώτης ηλικίας, εντός 2 – 3 ημερών από την εναπόθεσή του, ενώ τη φθινοπωρινή περίοδο, η διάρκεια εκκόλαψης του ωού προσεγγίζει τις δύο εβδομάδες (Bonnemaison, 1969; Alford, 2007; Tzanakakis, 2008; Genc, 2014; Marchini, *et al.*, 2017).

Το φθινόπωρο, όταν ο ελαιόκαρπος έχει μεγαλώσει σε όγκο, μπορεί να βρεθούν καρποί, με περισσότερα του ενός, νύγματα ωοτοκίας και αντίστοιχο αριθμό προνυμφών, στο εσωτερικό της σάρκας. Επιπλέον, σε χρονιά παρενιαυτοφορίας του ελαιόδενδρου παρατηρείται υψηλή προσβολή του ελαιόκαρπου από το δάκο της ελιάς, ο οποίος δύναται να προσδιοριστεί στα 6 – 7 ή και περισσότερα νύγματα ωοτοκίας (Bonnemaison, 1969). Σε πολλές περιπτώσεις, αναφέρεται ότι, το θηλυκό εισάγει τον ωοθήτη εντός του καρπού, χωρίς να αφήνει ωό. Το γεγονός αυτό περιγράφεται ως άγωνα προσπάθεια ωοτοκίας, εφόσον το νύγμα ωοτοκίας θεωρείται άγονο (Πελεκάσης, 1991).

Η εξέλιξη και δραστηριότητα των ενηλίκων εξαρτώνται κυρίως από τις κλιματολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Ξηρές και θερμές συνθήκες δεν ευνοούν τη δραστηριότητα των δύο φύλλων επηρεάζοντας αρνητικά τους πληθυσμούς τους. Συνήθως, τον Αύγουστο, η πυκνότητα των ενηλίκων στους ελαιώνες είναι μικρή, ενώ το Σεπτέμβριο, που η σχετική υγρασία στην ατμόσφαιρα είναι αυξημένη, παρατηρείται έντονη δραστηριότητα. Οι ευνοϊκές θερμοκρασίες κυμαίνονται από 20 °C έως 28 °C, ενώ στους 35 °C, διακόπτεται η δραστηριότητα του εντόμου (Πελεκάσης, 1991; Johnson et al., 2011; Yokoyama, 2012).

Η προνύμφη, μετά την εκκόλασή της, αρχίζει να διατρέφεται από τη σάρκα του ελαιόκαρπου (μεσοκάρπιο), όπου ανοίγει στοά ακανόνιστη, η οποία διευρύνεται προοδευτικά και παράλληλα με την ηλικιακή εξέλιξη της προνύμφης (Tzanakakis, 2008; Yokoyama, 2012). Η διάρκεια της προνυμφικής ανάπτυξης εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία. Στους 18 °C, η διάρκεια ανάπτυξης της προνύμφης υπολογίζεται στις 12 – 18 ημέρες, ενώ στους 25 °C, προσεγγίζεται στις 9 έως τις 15 ημέρες (Neuenschwander et al., 1986; Marchini et al., 2017).

Η προνύμφη δύναται να νυμφωθεί σε διάφορα σημεία όπως, σε χώρους μεταξύ φυτικών υπολειμμάτων, σε σχισμές και ανοίγματα επί του κορμού και βέβαια, στο έδαφος, σε βάθος 2 – 10 cm (Della Beffa, 1962; Bonnemaison, 1969). Συνήθως, η νύμφωση, εντός του καρπού, παρατηρείται τη θερινή περίοδο, εξαιτίας των χαμηλών ποσοστών σχετικής υγρασίας, ενώ το φθινόπωρο η προνύμφη τρίτης ηλικίας, κατά το τέλος της ανάπτυξής της, διανοίγει οπή και πέφτει στο έδαφος όπου και πραγματοποιείται η νύμφωσή της, σε βάθος λίγων εκατοστών. Στο έδαφος, η περίοδος της νυμφικής ανάπτυξης είναι περίπου 30 ημέρες, για τις προνύμφες που έπεσαν στο έδαφος τον Οκτώβριο. Η διάρκεια της νυμφικής περιόδου εξαρτάται από τη θερμοκρασία (Neuenschwander et al., 1986; Alford, 2007).

Όπως και στην περίπτωση των ενηλίκων οι αβιοτικοί παράγοντες (θερμοκρασία, υγρασία) επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την επιβίωση των ανηλικών σταδίων ανάπτυξης του δάκου της ελιάς (Goncalves *et al.*, 2012).

Κατά το θέρος, σε υψηλές θερμοκρασίες, άνω των 30 °C, προκαλείται σημαντική θνησιμότητα στα ωά και στις προνύμφες. Επιπλέον, οι χειμερινές θερμοκρασίες έχουν άμεσο αντίκτυπο στην επιβίωση των νυμφών. Έτσι, ήπιοι χειμώνες αυξάνουν το ποσοστό επιβίωσής τους, οδηγώντας σε υψηλούς πληθυσμούς την άνοιξη (Pappas *et al.*, 2011; Marchi *et al.*, 2016). Επίσης, ερευνητικά δεδομένα έδειξαν ότι, κατά το τέλος της θερινής περιόδου και υπό συνθήκες χαμηλής σχετικής υγρασίας και υψηλής θερμοκρασίας, παρατηρείται αυξημένος κίνδυνος θνησιμότητας, λόγω αφυδάτωσης των νυμφών (Orsini *et al.*, 2007).

1.1.5 Οικονομική σημασία του *Bactrocera oleae*

Η ζημιογόνος δράση του δάκου της ελιάς ξεκινάει κατά τη διαδικασία της ωοτοκίας. Μετά την εκκόλαψη του ωού, η προνύμφη κατατρώγει, έως και το 25%, της σάρκας του καρπού, ορύσσοντας στοές και απορρίπτοντας περιττώματα εντός τους. Η δράση της προνύμφης έχει ως αποτέλεσμα την αλλοίωση των ιστών του ελαιόκαρπου. Επομένως, το εσωτερικό του ελαιόκαρπου καταστρέφεται, τουλάχιστον εν μέρει και ως επί των πλείστον, οι άωροι προσβεβλημένοι καρποί πέφτουν, ιδίως σε περιπτώσεις έντονης προσβολής (Della Beffa, 1962; Bonnemaision, 1969). Συνήθως, πέφτουν καρποί με οπή εξόδου, στους οποίους το έντομο έχει ολοκληρώσει την ανάπτυξή του. Κατά την ξηρή περίοδο (θέρος), ο καρπός αφυδατώνεται, ενώ στην περίπτωση αυξημένης περιβαλλοντικής υγρασίας, προκαλείται η σήψη του. Εφόσον, οι συγκομισμένοι ελαιόκαρποι είναι προσβεβλημένοι, αναφέρεται αύξηση της οξύτητας του ελαιοπολτού και κατά συνέπεια αλλοιώνεται η ποιότητά του παραγόμενου ελαιόλαδου (Neuenschwander *et al.*, 1986; Kyriakidis & Dourou, 2002; Alford, 2007).

Σε περιπτώσεις έντονης προσβολής του εντόμου, η απόδοση των ελαιόκαρπων, σε έλαιο, μειώνεται έως και 90% (Della Beffa, 1962; Bonnemaision, 1969; Tamendjari *et al.*, 2009; Mraicha *et al.*, 2010). Ενώ, σύμφωνα με τους Tabic *et al.* (2011), εάν και εφόσον ο δάκος της ελιάς δεν αντιμετωπιστεί καταλλήλως, ενδέχεται να υπάρξουν εκτεταμένες απώλειες της ελαιοπαραγωγής, οι οποίες υπερβαίνουν το 80% σε καλλιέργειες ελαιοποιήσιμων ποικιλιών και προσεγγίζουν το 100%, σε καλλιέργειες επιτραπέζιων ποικιλιών.

Πέρα από την άμεση ζημιά, θα πρέπει να επισημανθεί και η έμμεση επιβουλευτική επενέργεια διαφόρων οργανισμών, οι οποίοι ακολουθούν τη δράση του εντόμου. Ειδικότερα, η οπή ωοτοκίας του δάκου της ελιάς, βοηθάει την εγκατάσταση του ασκομύκητα *Camarosporium dalmaticum* Thumen, γνωστού και ως *Sphaeropsis (Macrophoma) dalmatica* Thumen (Ascomycota: Botryosphaeriales), που προκαλεί τη “ξεροβούλα” στις άγουρες και τη “σαπιοβούλα” στις ώριμες ελιές. Στη θέση ωοτοκίας του δάκου της ελιάς, ακολουθεί συχνά, η ωοτοκία του *Prolasioptera berlesiana* Paoli (Diptera: Cecidomyiidae), που βοηθάει την εξάπλωση και μεταφορά του μύκητα στον ελαιόκαρπο (Τζανακάκης και Κατσογιαννος, 2003).

Σύμφωνα με τους Montiel Bueno και Jones (2002), οι άμεσες οικονομικές συνέπειες από τη δράση του εντόμου αναφέρονται στη μείωση, τουλάχιστον κατά 15%, της παγκόσμιας ελαιοπαραγωγής. Οι ίδιοι εκτιμούν ότι, οι απώλειες επιπέδου 15%, προσεγγίζουν τα 800 εκατομμύρια δολάρια. Επίσης, οι αγρότες επωμίζονται το επιπλέον κόστος ελέγχου του εντόμου, το οποίο υπολογίζεται στα 100 εκατομμύρια δολάρια, ετησίως. Τα ερευνητικά στοιχεία, των Bento *et al.* (1999), για την Πορτογαλία αναφέρουν ότι, η πτώση των καρπών μπορεί να φτάσει το 19%, ενώ επίσης παρατηρείται ότι, κατά τη συγκομιδή το ποσοστό των προσβεβλημένων καρπών δύναται να προσεγγίσει το 84%. Επιπλέον, πιο πρόσφατα ερευνητικά δεδομένα που αφορούν την Πορτογαλία (Αζόρες), αναφέρουν ότι, υπάρχει μεγάλη συσχέτιση μεταξύ της ανάπτυξης μεγάλου πληθυσμού δάκου της ελιάς και των αυξημένων προσβολών από το έντομο. Στην ίδια έρευνα, σε επιτραπέζιες ποικιλίες ελιάς, οι προσβολές από το δάκο της ελιάς κυμαίνονται από 86 έως 99% (Lopes *et al.*, 2011). Πειράματα στην Καλιφόρνια αναφέρουν ότι, σε εκτάσεις χωρίς επιβεβλημένη μέθοδο αντιμετώπισης του *B. oleae*, οι απώλειες, σε ελαιοποιήσιμες ελιές κυμαίνονται στο 23 – 53%, ενώ σε βρώσιμες, φτάνουν έως 100% (Cobourh *et al.*, 2009). Σύμφωνα με τους Perovic και Hrnecic (2013), στο Μαυροβούνιο καταγράφονται υψηλά ποσοστά προσβολής από το δάκο της ελιάς, τα οποία κυμαίνονται από 79 έως 100%. Στην Αλβανία, σε ελαιοκαλλιέργειες που δεν εφαρμόζονται μέτρα αντιμετώπισης του δάκου της ελιάς, οι προσβολές εμφανίζονται εξίσου υψηλές, από 80 έως 100% (Allmusa *et al.*, 2013). Στη χώρα μας, υπολογίζεται ότι οι οικονομικές ζημιές στην ελαιοπαραγωγή, εξαιτίας του δάκου της ελιάς, κυμαίνονται από 30 έως 35%, ενώ το ετήσιο κόστος αντιμετώπισης και ελέγχου του εντόμου εκτιμάται στα 2 εκατομμύρια ευρώ (Pavlidi *et al.*, 2013).

Στην Ελλάδα, τα στοιχεία δείχνουν ότι, περί τα 127 εκατομμύρια ελαιόδενδρα υπάγονται σε προγράμματα φυτοπροστασίας και έλεγχου για το δάκο της ελιάς. Η ετήσια οικονομική επιφάνεια των προγραμμάτων ανέρχεται στα 20 – 25 εκατομμύρια ευρώ ή πιο απλά, οικονομική επιδότηση, γύρω στα 0.20 ευρώ/δένδρο (ΕΛΣΤΑΤ, 2018; ΥπΑΑΤ, 2018). Βέβαια, τα δαπανούμενα ποσά έχουν ως αντίκρισμα τα πενταπλάσια οικονομικά οφέλη για την Ελληνική Ελαιοκομική Βιομηχανία.

1.1.6 Αντιμετώπιση του *Bactrocera oleae*

1.1.6.1 Ανίχνευση της παρουσίας, παρακολούθηση και μαζική παγίδευση του δάκου της ελιάς

Για την παρακολούθηση του πληθυσμού του δάκου της ελιάς, στους ελαιώνες, χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι παγίδων, με μία ή περισσότερες, ελκυστικές πηγές (Γιαμβριάς, 1998). Έτσι λοιπόν, σύμφωνα με πολλούς ερευνητές, αναφέρονται τα πλέον διαδεδομένα είδη παγίδων, όπως η Elkofoπ (υάλινη και πλαστική, πλαστική), η McPhail (υάλινη, πλαστική), η IPMT (τροποποιημένη McPhail), η e – trap McPhail (τροποποιημένη ηλεκτρονική McPhail), διάφορες κολλητικές (AM, ChamP, τύπου Delta) και μη κολλητικές παγίδες (τύπου Bottle, τύπου Funnel, τύπου Pouch), η Eco – Trap και λοιπές καινοτόμες παγίδες όπως η Magnet – Trap (Eliopoulos, 2007; Burrack et al., 2008; Noce et al., 2009; Potamitis et al., 2014, 2015; Doitsidis et al., 2017).

Διάφορα τροφικά ελκυστικά και φερομόνες χρησιμοποιούνται ευρύτατα και με ικανοποιητική αποδοτικότητα, δια την προσέλκυση των ενηλίκων του δάκου της ελιάς στις παγίδες. Γενικά, τα αμμωνιακά άλατα, (ammonium acetate, ammonium bicarbonate, ammonium sulfate, diammonium phosphate), πρωτεϊνικά δολώματα, διάφορα είδη ζυμών (torula yeast), παρουσιάζονται ως τα κατεξοχήν λειτουργικά τροφικά ελκυστικά, ενώ επίσης αναφέρονται διάφορες, ιδιαίτερα ελκυστικές και αποτελεσματικές φερομόνες (φύλου, συνάθροισης) (Broumas & Haniotakis, 1994; Razon et al., 2010; Navarro – Llopis et al., 2011; Varikou et al., 2014). Ο προτεινόμενος συνδυασμός παράλληλης χρήσης του τροφικού ελκυστικού και της φερομόνης, χαρακτηρίζεται μακράν η αποτελεσματικότερη εφαρμογή συγκρινόμενη με τη δράση, ενός και μόνο ελκυστικού (Burrack et al., 2008), ενώ επιπλέον τονίζεται ότι ο συνδυασμός είναι αποδοτικότερος όταν δεν εφαρμόζεται σε περιπτώσεις μεγάλης πληθυσμιακής πυκνότητας του εντόμου (Broumas and Haniotakis, 1994).

Επιπροσθέτως, οι Navarro – Lloris *et al.* (2011) επισημαίνουν ότι, το μέγιστο των συλλήψεων του εντόμου καθορίζεται εν μέρει, από τους ιδανικούς ρυθμούς εκπομπής της φερομόνης. Επισημαίνεται δε, η αναγκαία και τακτική αλλαγή (συνήθως εβδομαδιαία) του ελκυστικού στην παγίδα, ώστε να διατηρείται η ελκυστική ικανότητα των παγίδων (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003).

Σύμφωνα με τον Tzanakakis (2008), τα ποιοτικά καλύτερα ελκυστικά θεωρούνται οι υδρολυμένες πρωτεΐνες. Ενώ, για τους Economidou *et al.* (1986), οι ένυδρες πρωτεΐνες χαρακτηρίζονται με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από τα διαλύματα αμμωνιακών αλάτων. Η πρωτεΐνες, καθώς και διάφορες ζύμες θεωρούνται πολύ αποτελεσματικές στη προσέλκυση ενηλίκων δάκου της ελιάς σε σχέση με τα αμμωνιακά άλατα.

Πολλές πειραματικές προσπάθειες διεξήχθησαν, με σκοπό την εκτίμηση και την αξιολόγηση, παγίδων και ελκυστικών. Σύμφωνα με τις περισσότερες δοκιμές, οι παγίδες McPhail επέδειξαν την πλέον αξιολογη ικανότητα, μεγάλου αριθμού συλλήψεων (Broumas and Haniotakis, 1994). Επίσης, οι ίδιες παγίδες δύνανται να χρησιμοποιηθούν εντατικότερα και για μεγαλύτερη χρονική διάρκεια από τις κίτρινες κολλητικές παγίδες, κυρίως δε οι πλαστικού τύπου McPhail, οι οποίες είναι πιο εύχρηστες και μικρότερου κόστους από τις υάλινες McPhail (Burrack *et al.*, 2008). Αντίστοιχα αποτελέσματα βρήκαν οι Varikou *et al.* (2013), οι οποίοι αναφέρουν ότι, οι συλλήψεις ενηλίκων δάκου της ελιάς στις παγίδες McPhail εμφανίζονται σημαντικά μεγαλύτερες από εκείνες των κιτρίνων κολλητικών παγίδων. Πέρα από τα πλεονεκτήματα της παγίδας McPhail, παρουσιάζονται και ορισμένα προβλήματα που εστιάζονται, στην προσέλκυση και παγίδευση οργανισμών μη στόχων και στη χαμηλή αποτελεσματικότητα της παγίδας σε περιόδους υψηλής σχετικής υγρασίας (Hladnik, 2017). Τέλος, προτείνεται η χρήση των παγίδων McPhail με διαλύματα αμμωνιακών ελκυστικών για την παρακολούθηση των πληθυσμιακών διακυμάνσεων του εντόμου. Παρ' όλα αυτά, η αποτελεσματικότητά τους επισημαίνεται και με τη χρήση πρωτεϊνικών τροφικών ελκυστικών (Varikou *et al.*, 2013, 2014, 2015).

Σημαντικές και αξιολογικές είναι οι κολλητικές παγίδες, λόγω της ευρείας χρήσης και αποτελεσματικότητάς τους, στη διαδικασία παγίδευσης των ενηλίκων του δάκου της ελιάς. Γενικά, τα οπτικά ερεθίσματα (χρώμα, μέγεθος, σχήμα) αναφέρονται ως ένας σημαντικός ελκυστικός παράγοντας για το δάκο της ελιάς. Οι κολλητικές παγίδες που φέρουν συνήθως χρώμα λευκό, κίτρινο, πράσινο, σκούρο πράσινο εμφανίζονται ως πιο αποτελεσματικές σε συλλήψεις ενηλίκων του εντόμου (Burrack

et al., 2008). Σύμφωνα με τους Razov *et al.* (2010), οι πιο αποτελεσματικές κολλητικές παγίδες, σε συνολικό αριθμό συλλήψεων, είναι εκείνες με λευκή και κίτρινη απόχρωση. Ένα εξίσου σημαντικό θέμα που επηρεάζει την αποτελεσματικότητα των κολλητικών παγίδων, αφορά τον αναγκαίο και συχνό καθαρισμό τους, από τα επικαθήμενα φερτά υλικά και σώματα εντόμων, είτε δε την αντικατάστασή τους, ώστε να ανανεώνεται και να αυξάνεται η αποτελεσματικότητά τους (Economopoulos *et al.*, 1986).

Ιδιαίτερα ενθαρρυντικές εμφανίζονται οι προσπάθειες για δημιουργία και ανάπτυξη νέου τύπου παγίδων όπως αποδεικνύεται από την καινοτόμο Magnet – Trap. Τα πλεονεκτήματα της νέας παγίδας συνίστανται στη μείωση της χρήσης εντομοκτόνων και ελκυστικών φερομονών, με παράλληλη επιμήκυνση και επιβράδυνση της απελευθέρωσης του ελκυστικού. Παράλληλα δε, χαρακτηρίζονται ως οι πλέον οικονομικές σε σχέση με τις υφιστάμενες παγίδες. Επίσης, οι παγίδες αυτού του τύπου, δια της μαζικής παγιδεύσεως, εμφανίζουν υψηλή αποτελεσματικότητα, τόσο στην προσέλκυση όσο και στον εν τέλει αντιμετώπισή του δάκου της ελιάς (Noce *et al.*, 2009).

Επίσης, πρόσφατες έρευνες αναφέρουν ότι μέσω των τροποποιημένων ηλεκτρονικών παγίδων McPhail, δίδεται η ευκαιρία αυτοματοποιημένης καταγραφής των εντόμων, με οπτικοηλεκτρονικούς αισθητήρες (Potamitis *et al.*, 2014). Οι ίδιοι επιστήμονες, Potamitis *et al.* (2015) αναφέρουν ως μεγαλύτερο πλεονέκτημα της τροποποιημένης ηλεκτρονικής παγίδας McPhail την παρακολούθηση του πληθυσμού του δάκου της ελιάς, σε πραγματικό χρόνο, με άμεση μεταφορά και επεξεργασία δεδομένων. Επίσης, καταγράφονται και άλλες προσπάθειες με κατεύθυνση τη δημιουργία μίας τροποποιημένης ηλεκτρονικής παγίδας McPhail. Από τις μελέτες αυτές συμπεραίνεται ότι, η παγίδα e – trap παρέχει μια σχετικά καλή ακρίβεια δεδομένων που προσεγγίζει το 75% (Doitsidis *et al.*, 2017).

Όσον αφορά τη μέθοδο της μαζικής παγίδευσης για τον έλεγχο του πληθυσμού του δάκου της ελιάς, συνιστάται η χρήση συνθετικών ελκυστικών φερομονών, καθώς και τροφικών ελκυστικών, ώστε να ευνοείται η προσέλκυση των εντόμων. Ειδικότερα, αντικειμενικός στόχος της μαζικής παγίδευσης είναι η προσέλκυση και σύλληψη μεγάλου μέρους του πληθυσμού του δάκου της ελιάς, το οποίο εξασφαλίζεται με τη διατήρηση των ελκυστικών ιδιοτήτων των παγίδων για μεγάλο χρονικό διάστημα (Broumas, *et al.*, 2002; Noce *et al.*, 2009). Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν τη μέθοδο της μαζικής παγίδευσης όπως, τα οπτικά ερεθίσματα, η

κατασκευή και ο τύπος παγίδας, το είδος και η δόση ελκυστικού και οι κλιματικές συνθήκες (Dimou et al., 2003; Eliopoulos, 2007; Burrack et al., 2008). Επιπλέον, αξιολογείται η απόδοση διαφόρων στοιχείων στη μέθοδο της μαζικής παγίδευσης, όπως το είδος και η τυποποίηση των φερομονών, η πυκνότητα και η διάταξη των παγίδων (Broumas and Haniotakis, 1994). Τέλος, οι Economopoulos *et al.* (1986) αναφέρουν ότι, σε μεγάλες πληθυσμιακές πυκνότητες του δάκου της ελιάς, η αποτελεσματικότητα της μαζικής παγίδευσης έγκειται τόσο στον αριθμό όσο και στην κατανομή των χρησιμοποιούμενων παγίδων.

1.1.6.2 Μέθοδος “attract – and – kill”

Η μέθοδος “attract – and – kill” μοιάζει με τη μέθοδο της μαζικής παγίδευσης, αλλά με μια μικρή τροποποίηση, κατά την οποία οι παγίδες περιλαμβάνουν κάποιο εντομοκτόνο. Έτσι λοιπόν, οι παγίδες λειτουργούν σαν συσκευές σύλληψης και θανάτωσης του δάκου της ελιάς. Η μέθοδος αυτή αναφέρεται ως ένας νέος τρόπος αντιμετώπισης των πληθυσμιακών εξάρσεων του δάκου της ελιάς και λοιπών συγγενών ειδών της οικογένειας Tephritidae (Yasin *et al.*, 2014). Η λειτουργία της μεθόδου “attract – and – kill” βασίζεται στα προαναφερθέντα, υλικά και παγίδες (συσκευές θανάτωσης), εφόσον όμως η συσκευή θανάτωσης είναι συμβατή με κάποιο εντομοκτόνο. Επίσης, θεωρείται μία απλή μέθοδος, η οποία δεν απαιτεί ιδιαίτερη τεχνολογική γνώση για την εφαρμογή της (Mazomenos *et al.*, 2002).

Διάφορες έρευνες που αφορούν τη μέθοδο “attract – and – kill” αποδεικνύουν ότι, η χρήση της παγίδας Eco – trap, με ελκυστική φερομόνη και τοξικό παράγοντα, το deltamethrin, παρουσιάζεται αρκετά αποτελεσματική. Στο ίδιο πείραμα επισημαίνεται ότι, η αποδοτικότητα των συσκευών θανάτωσης της μεθόδου “attract – and – kill” σχετίζεται και με το υψόμετρο της περιοχής. Η χρήση της Eco – trap ως συσκευή θανάτωσης κρίνεται αποδοτική αλλά κοστοβόρα (Yasin *et al.*, 2014).

Επιπλέον, σύμφωνα με τους Mazomenos *et al.* (2002), σε ελαιώνες με χαμηλή ή μέτρια πληθυσμιακή πυκνότητα του δάκου της ελιάς, η εφαρμογή μίας συσκευής θανάτωσης της μεθόδου “attract – and – kill” ανά δένδρο δύναται να διατηρήσει τον πληθυσμό του εντόμου αλλά και τις προσβολές του, σε χαμηλά επίπεδα. Αντίθετα αποτελέσματα παρουσιάζονται όταν ο πληθυσμός του δάκου της ελιάς βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, επομένως δεν αρκεί μόνο η εφαρμογή της μεθόδου αυτής, αλλά απαιτείται και ο ψεκασμός με εντομοκτόνο, για τον πληθυσμιακό έλεγχο του δάκου της ελιάς. Επίσης, αναφέρονται ως παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτικότητα

της μεθόδου, η τοποθεσία του ελαιώνα και ο ρυθμός μετακίνησης του δάκου της ελιάς. Στην περίπτωση της μετακίνησης του εντόμου, η μέθοδος “attract – and – kill” αδυνατεί να περιορίσει σε χαμηλά επίπεδα τον εντομολογικό πληθυσμό και τις προσβολές του, επομένως επιβεβλημένη θεωρείται χρήση εντομοκτόνου ψεκασμού. Όμως ακόμα και σε αυτή την περίπτωση, τα χημικά ελαττώνονται σε σημαντικό βαθμό.

Ολοκληρώνοντας, αναφέρεται ότι η καταπολέμηση του δάκου της ελιάς, υπό την εφαρμογή της μεθόδου “attract – and – kill”, μπορεί να διατηρήσει τον πληθυσμό του σε χαμηλά επίπεδα, καθ’ όλη την καλλιεργητική περίοδο. Τονίζεται δε ότι, η παράλληλη λειτουργία και χρήση της τεχνικής “attract – and – kill” και της μαζικής παγίδευσης παρουσιάζουν μια εικόνα έντονης αποτελεσματικότητας, στη συνολική διαδικασία αντιμετώπισης του δάκου της ελιάς (Yasin et al., 2014; Yokoyama, 2014). Τέλος, η μέθοδος “attract – and – kill” ενδέχεται σταδιακά να αντικαταστήσει τη χρήση εντομοκτόνων, για τον έλεγχο του δάκου της ελιάς (Mazomenos *et al.*, 2002).

1.1.6.3 Μέθοδος εξαπόλυσης στειρωμένων εντόμων – “Sterile Insect Technique (SIT)”

Η μέθοδος βασίζεται στην εξαπόλυση στειρών, αρσενικών ενηλίκων του δάκου της ελιάς, ώστε η σύζευξη με τα θηλυκά άτομα στη φύση, να μη δίδει απογόνους. Το πρώτο βήμα, στο πλαίσιο της μαζικής εκτροφής, είναι η δημιουργία μιας εργαστηριακής αποικίας του δάκου της ελιάς (Γιαμβριάς, 1998; Estes et al., 2012).

Κατά το χρονικό διάστημα, από την εκτροφή έως και την εξαπόλυση, εφαρμόζεται η στείρωση. Η διαδικασία πρέπει να διενεργείται με αποτελεσματικότητα και επιτυχία, ώστε να μην επηρεάζονται δυσμενώς, η δυναμική τάση, οι φυσιολογικές λειτουργίες και συμπεριφορές του εντόμου. Συνήθως, η στείρωση συμβαίνει στο στάδιο της νύμφης και η οποία επιτυγχάνεται με ποικίλες μεθόδους όπως, τα διάφορα χημειοστειρωτικά, τη διοχέτευση μίας ορισμένης δόσης ακτινοβολίας ακτινών – γ. Η εξαπόλυση των νυμφών του εντόμου στη φύση γίνεται από, το έδαφος ή τον αέρα (Γιαμβριάς, 1998; Estes et al., 2012).

Επιπλέον, προτείνεται η απομάκρυνση των αντιβιοτικών από τη διατροφή των προνυμφών και των ενηλίκων, ώστε να αναβαθμιστούν ποιοτικά φυσιολογικά στοιχεία του δάκου της ελιάς, ενώ επίσης επιδιώκεται η διατήρηση των ενδοσυμβιωτικών ωφελίμων βακτηρίων του εντόμου, τα οποία ευνοούν την καλή υγεία και την προσαρμοστικότητα του (Γιαμβριάς, 1998; Estes et al., 2012). Επίσης,

ένα σημαντικό εμπόδιο στην ανάπτυξη της μεθόδου αναφέρεται η χαμηλή και υποδεέστερη ποιότητα των εκτρεφόμενων δάκων, η οποία εκφράζεται από τη χαμηλή ικανότητα σύζευξης και την ασύγχρονη φάση του μεγίστου των συζεύξεων των στερωμένων ατόμων, σε σχέση με τους άγριους πληθυσμούς του δάκου της ελιάς (Estes et al., 2012; Ahmad et al., 2018). Επιβάλλεται δε, σε σχέδια εξαπολύσεων, η εξασφάλιση ευνοϊκών περιβαλλοντικών συνθηκών, καθώς και η επιδεκτικότητα του ελαιόκαρπου (Estes et al., 2012).

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται με επιτυχία στην αντιμετώπιση ενός συγγενούς είδους του δάκου της ελιάς, του *Ceratitis capitata* (Wiedemann). Παρ' όλα αυτά, για το *B. oleae*, εφαρμόστηκαν πιλοτικά σχέδια εξαπολύσεων, τα οποία παρουσίασαν αμφίβολα έως και ανεπιτυχή αποτελέσματα. Επίσης, διενεργηθέντα πειράματα εκτίμησης της μεθόδου των στερωμένων εντόμων (SIT) έδειξαν ότι, η μέθοδος μπορεί να διατηρήσει την πληθυσμιακή πυκνότητα του δάκου της ελιάς σε χαμηλά επίπεδα, αλλά διάφοροι λόγοι τεχνικής και οικονομικής φύσεως, δεν ευνοούν τη χρήση της, σε εμπορική κλίμακα (Tzanakakis, 2008). Βέβαια, οι Ahmad et al. (2018), παρουσιάζουν ενθαρρυντικά στοιχεία, για τη χρήση της μεθόδου εξαπόλυσης στερωμένων εντόμων (SIT), στα πλαίσια καταπολέμησης του δάκου της ελιάς, τουλάχιστον στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου.

1.1.6.4 Μέθοδος χημικής καταπολέμησης

Για δεκαετίες αναφέρεται εκτεταμένη και αποτελεσματική εφαρμογή εντομοκτόνων ψεκασμών κάλυψης, κυρίως με οργανοφωσφορικά προϊόντα. Μετέπειτα ξεκίνησε, αυξήθηκε και εν συνεχεία κορυφώθηκε, η χρήση πυρεθροειδών εντομοκτόνων. Τα κυριότερα σκευάσματα που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση του δάκου της ελιάς είναι τα εξής, α) dimethoate, phosmet, fention (οργανοφωσφορικά), β) alpha – cypermethrin, deltamethrin, lambda – cyhalothrin, cyfluthrin (πυρεθροειδή), γ) thiacloprid (νεονικοτινοειδές) (Skouras et al., 2007; Baskurt et al., 2011; Paiga et al., 2016; Kampouraki et al., 2018; Varikou et al., 2018). Τα τελευταία χρόνια, εφαρμόζεται επιτυχημένα και σχετικά σε ευρεία κλίμακα, το βιολογικό εντομοκτόνο σκεύασμα, spinosad.

Τους ψεκασμούς τους διακρίνουμε σε θεραπευτικούς και σε προληπτικούς (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Στους θεραπευτικούς εκτελούνται εδαφιαίοι ψεκασμοί πλήρους κάλυψης της κόμης των δένδρων, με σκοπό κυρίως τη θανάτωση των προνυμφών μέσα στους καρπούς. Συνήθως δε, ο αναγκαίος αριθμός επεμβάσεων

προσδιορίζεται στους 2 – 4 ψεκασμούς. Όταν το ποσοστό των προσβεβλημένων ελαιόκαρπων προσεγγίσει ένα όριο οικονομικής επικινδυνότητας, τότε θεωρείται επιβεβλημένη η διενέργεια των ψεκασμών. Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, το όριο δηλώνεται έως και το 2% των προσβεβλημένων ελαιόκαρπων (Tzanakakis, 2008). Επιπροσθέτως, οι επεμβάσεις διενεργούνται, εάν παρατηρηθούν 5 συλλήψεις ενηλίκων στις παγίδες και εφόσον συνεκτιμηθούν οι καιρικές συνθήκες. Οι ψεκασμοί ολοκληρώνονται μέχρι και μία βδομάδα πριν τη συγκομιδή (Varikou *et al.*, 2016).

Οι προληπτικοί ψεκασμοί συνίστανται στην εκτέλεση δολωματικών ψεκασμών. Οι δολωματικές επεμβάσεις χαρακτηρίζονται εκ της αναμίξεως του εντομοκτόνου με ελκυστική ουσία, η οποία συνήθως είναι μια υδρολυμένη πρωτεΐνη. Με τη δολωματική μέθοδο, δε ψεκάζεται όλη η κόμη του δένδρου, ούτε και όλα τα δένδρα του ελαιώνα. Οι ψεκασμοί γίνονται από το έδαφος ή τον αέρα. Οι εδαφιαίοι εφαρμόζονται, με ψεκασμό ενός κλάδου, κάθε δένδρου ή μέρους του φυλλώματος του. Η επιτυχία των δολωματικών ψεκασμών στηρίζεται κυρίως στον κατάλληλο χρόνο της εφαρμογής τους, ο οποίος καθορίζεται από τον αριθμό των συλληφθέντων ενηλίκων του δάκου της ελιάς, στις ειδικές παγίδες (Tzanakakis, 2008).

Μέσα από διάφορες μελέτες καταγράφονται και επισημαίνονται χρήσιμες πληροφορίες, για τις ιδιότητες των εφαρμοζομένων σκευασμάτων. Ειδικότερα, αναφέρονται τα εξής, α) τα πυρεθροειδή (κυρίως το alpha – cypermethrin) εμφανίζουν αξιόλογη υπολειμματική δράση, διατηρώντας την αποτελεσματικότητά τους σε ποσοστό άνω του 60%, για διάστημα έως και έναν μήνα μετά την εφαρμογή (Varikou *et al.*, 2017, 2018), ενώ παράλληλα υπολειμματικότητα εμφανίζει και το dimethoate (Paiga *et al.*, 2016), επίσης β) τα υπολειμματικά ίχνη του alpha – cypermethrin δε φαίνεται να επηρεάζονται από κλιματικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η βροχή και η ηλιοφάνεια (Varikou *et al.*, 2017), γ) μεγάλη θνησιμότητα προκαλείται στο δάκο της ελιάς από την εφαρμογή, του alpha – cypermethrin και του lambda – cyhalothrin και παράλληλα, δ) το dimethoate εμφανίζει υψηλή θνησιμότητα στο δάκο της ελιάς αμέσως μετά την εφαρμογή του (Varikou *et al.*, 2018).

Η εκτεταμένη, εντατική και μακροχρόνια εφαρμογή οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων προσέδωσε την ανεπιθύμητη ιδιότητα της ανθεκτικότητας σε άγριους πληθυσμούς του δάκου της ελιάς, η οποία γεωγραφικά εκτείνεται και αναπτύσσεται παράλληλα με την καλλιέργεια της ελιάς (Margaritopoulos *et al.*, 2008; Baskurt *et al.*, 2011). Έτσι λοιπόν, οι Skouras *et al.* (2007) αναφέρουν ότι, μεγάλη και ταχεία

ανάπτυξη ανθεκτικότητας παρατηρείται σε πληθυσμούς του δάκου της ελιάς, στην ανατολική Μεσόγειο. Συγκεκριμένα, η μελέτη τους, επισημαίνει περιοχές της Ελλάδας, στις οποίες αναφέρονται πληθυσμοί αυξημένης ανθεκτικότητας στο dimethoate. Αντιθέτως, στην Κύπρο επισημαίνονται πληθυσμοί με μικρότερη ανθεκτικότητα στο dimethoate (Kakani *et al.*, 2008).

Όπως στην περίπτωση των οργανοφωσφορικών, έτσι και στην περίπτωση των πυρεθροειδών έχουμε ανάπτυξη ανθεκτικότητας. Στον ελλαδικό χώρο, ιδίως στην Κρήτη, εμφανίζονται πληθυσμοί με ιδιαίτερα σημαντική ανθεκτικότητα στο alpha – cypermethrin (Pavlidis *et al.*, 2018). Επίσης, από παρόμοια έρευνα υπογραμμίζεται ότι, στη Κρήτη, κατά την τελευταία περίπου πενταετία, οι άγριοι πληθυσμοί του δάκου της ελιάς αντιμετωπίζουν ραγδαία αύξηση ανθεκτικότητάς στο alpha – cypermethrin, εξαιτίας των εκτεταμένων εφαρμογών του. Στην ίδια έρευνα εντοπίζεται χαμηλή ευαισθησία των φυσικών δακοπληθυσμών, στο επίσης πυρεθροειδές, lambda – cyhalothrin (Kampouraki *et al.*, 2018).

Κατά την υιοθέτησή του, το spinosad, θεωρήθηκε ότι μπορεί να λειτουργήσει το ίδιο αποτελεσματικά εναντίον του δάκου της ελιάς συγκριτικά με τα λοιπά χημικά εντομοκτόνα. Δεδομένου δε ότι, το spinosad χαρακτηρίζεται ως σκεύασμα μικρής τοξικότητας έναντι οργανισμών μη στόχων, δύναται να ενταχθεί σε προγράμματα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης (Goncalves *et al.*, 2012). Παρόμοια αποτελέσματα εξάγονται από τους Pascual *et al.* (2014), κατά τους οποίους επιβεβαιώνεται ότι το spinosad δεν επηρεάζει την αφθονία και την ποικιλότητα διαφόρων αρθροπόδων, αν και σημειώνεται ότι το σκεύασμα επηρεάζει δυσμενώς διάφορους φυσικούς εχθρούς, ιδίως των οικογενειών Anthocoridae και Aphelinidae. Παρ' όλα αυτά, σε διάφορα πειράματα, αποδεικνύεται ύπαρξη ανθεκτικότητας στο spinosad, σε πληθυσμούς του δάκου της ελιάς στην Καλιφόρνια, αλλά και στην Κρήτη. Συμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, πέντε πληθυσμοί του δάκου της ελιάς στην Καλιφόρνια, εμφάνιζαν 9 έως 13 φορές υψηλότερη ανθεκτικότητα συγκρινόμενοι με εργαστηριακό πληθυσμό, ενώ αντίστοιχα, 4 φορές υψηλότερη ανθεκτικότητα στο spinosad παρουσιάζει ένας πληθυσμός από την Κρήτη (Kakani *et al.*, 2010).

Σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζει, η χρήση δραστικών χημικών ουσιών εναλλακτικών ως προς τα χημικά εντομοκτόνα. Πρόκειται για τις χημικές ουσίες, α) flufenoxuron, με δράση αυξημένης θνησιμότητας ωών, β) cyromazine, επηρεάζει τη γονιμότητα και προκαλεί αυξημένη θνησιμότητα ωών, γ) pyriproxyfen, με εκδήλωση επίδρασης επί της γονιμότητας και δ) lufenuron εμφανίζει το μεγαλύτερο ρυθμό

θνησιμότητας των ωών, ενώ αναγνωρίζεται ως η πλέον αποδοτική και κατάλληλη ουσία για την αντιμετώπιση του δάκου της ελιάς. Τέτοιες χημικές ουσίες χαρακτηρίζονται από ένα περιβαλλοντικά οικολογικό προφίλ, συμμετέχοντας παράλληλα στις προσπάθειες αντιμετώπισης του δάκου της ελιάς (Sanchez – Ramos *et al.*, 2013).

1.1.6.5 Μέθοδοι βιολογικής αντιμετώπισης

Μια σύγχρονη και εξόχως σημαντική τάση στη γεωργία αφορά την οικολογική διαχείριση και έλεγχο των διαφόρων εντομολογικών εχθρών, δίνοντας έμφαση κυρίως στη δράση των ωφελίμων οργανισμών και ενδεχομένως των παραγώγων τους. Στη συνέχεια, δίδονται αντιπροσωπευτικά παραδείγματα εφαρμογής ωφελίμων παραγόντων, με δράση κατά διαφόρων αναπτυξιακών σταδίων του δάκου της ελιάς.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η τάξη Hymenoptera, η οποία περιλαμβάνει αρκετά παρασιτοειδή, ιδίως του γένους *Psytalia* για τον έλεγχο και την αντιμετώπιση του δάκου της ελιάς. Πιο αναλυτικά, το αφρικανικής καταγωγής, προνυμφικό – νυμφικό ενδοπαρασιτοειδές *Psytalia (Opus) lounsburyi* Silvestri (Hymenoptera: Braconidae) εισήχθη στην Καλιφόρνια με σκοπό την αντιμετώπιση του δάκου της ελιάς. Παράλληλα με το *P. lounsburyi*, στο πρόγραμμα βιολογικού ελέγχου του δάκου της ελιάς, στην Καλιφόρνια, ενσωματώθηκε και το επίσης αφρικανικής καταγωγής, *Psytalia (Opus) humilis* Silvestri (Hymenoptera: Braconidae), εμφανίζοντας όμως, συγκεχυμένα και μεγάλης διακύμανσης, αποτελέσματα παρασιτισμού (Daane *et al.*, 2008; Yokoyama *et al.*, 2011; La – Spina, *et al.*, 2018). Επίσης, σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του παρασιτισμού διαδραματίζουν μορφολογικοί, βιολογικοί και οικολογικοί δείκτες τόσο των *P. humilis* και *P. lounsburyi*, όσο και λοιπών παρασιτοειδών. Επομένως, σύμφωνα με τους Wang *et al.* (2011), η επιτυχία του παρασιτισμού των, *P. humilis* και *P. lounsburyi*, καθορίζεται από, το μήκος του ωοθήτη και το μέγεθος του ελαιόκαρπου. Έτσι λοιπόν, διατυπώνεται ότι, ο μικρός ωοθήτης μπορεί να μειώσει το ποσοστό και την επιτυχία του παρασιτισμού επί των προνυμφών του δάκου της ελιάς, που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του ελαιόκαρπου. Για παράδειγμα, το *P. lounsburyi* προτιμάει την ανεπτυγμένη προνύμφη τρίτης ηλικίας, η οποία δραστηριοποιείται στα επιφανειακά στρώματα του καρπού και δύναται να παρασιτιστεί επιτυχώς, από τον κοντό ωοθήτη του εντόμου (Daane *et al.*, 2008). Επίσης, η διαβίωση των παρασιτοειδών και κατ' επέκταση η ικανότητα παρασιτισμού τους επηρεάζεται από κλιματικούς παράγοντες

όπως η θερμοκρασία και η υγρασία. Συνεπώς, το *P. humilis* προσαρμόζεται και διαβιώνει καλύτερα σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ το *P. lounsburyi*, προτιμάει πιο ήπια κλίματα, ταιριάζοντας έτσι, πιθανώς καλύτερα, στο θερμικό προφίλ του δάκου της ελιάς. Επομένως, η θερμική προσαρμογή των δύο παρασιτοειδών δύναται να επηρεάζει την αναπαραγωγική ικανότητα και ωοτοκία τους επί του δάκου της ελιάς, ενώ ο συνδυασμός τους, ενδέχεται να αποτελέσει ένα επιτυχημένο πλάνο διαχείρισης του δάκου της ελιάς (Wang et al., 2011, 2012). Επιπλέον, παρατηρείται από τους Daane et al. (2015), για τους παραπάνω φυσικούς εχθρούς ότι, το *P. lounsburyi* επιβιώνει κατά το χειμώνα, διαχειμάζοντας επιτυχώς, ακόμα και σε πολύ μικρές πληθυσμιακές πυκνότητες νυμφών του δάκου της ελιάς, ενώ επίσης, εργαστηριακές έρευνες αποδεικνύουν ένα αποτελεσματικότερο συνταίριασμα του παρασιτοειδούς με το δάκο της ελιάς. Κατόπιν εξαπολύσεων, στο ίδιο πείραμα, το *P. humilis* εμφάνισε έως 24% φυσικό παρασιτισμό και το *P. lounsburyi* έως 33%. Παρ' όλα αυτά, σε πειραματική έρευνα των Mkize et al. (2008) αναφέρεται ότι, ο φυσικός παρασιτισμός του δάκου της ελιάς, σε άγριες ελιές της Νοτίου Αφρικής, προσεγγίζει το 11%. Επίσης, οι Daane et al. (2011) παρέχουν στοιχεία φυσικού παρασιτισμού του δάκου της ελιάς, κατά τα οποία, στην Κένυα, το *P. lounsburyi* δημιουργεί συνθήκες υψηλού παρασιτισμού στο δάκο της ελιάς, ο οποίος φτάνει το 57%.

Τέλος, οι συνθήκες εκτροφής και ανάπτυξης του *P. lounsburyi* όπως η ισορροπημένη διατροφή, η ηλικία και η φυσική κατάσταση του ξενιστή, η πληθυσμιακή πυκνότητα των ενηλίκων παρασιτοειδών, δύναται να επηρεάσουν τη μακροβιότητα, την επιβίωση και κατ' επέκταση την αναπαραγωγική λειτουργία και τον παρασιτισμό (Williams et al., 2015; Chardonnet et al., 2018).

Πολλές πειραματικές προσπάθειες διενεργήθηκαν για ένα προνυμφικό – νυμφικό ενδοπαρασιτοειδές, το *Psytalia (Opius) concolor* Szepliget (Hymenoptera: Braconidae). Η τρίτη προνυμφική ηλικία του δάκου της ελιάς θεωρείται κατάλληλη για παρασιτισμό από το *P. concolor*. Το παρασιτοειδές εισήχθη και εγκαταστάθηκε επιτυχώς στην Ισπανία, με σκοπό την καταπολέμηση του δάκου της ελιάς. Σημαντικά θεωρούνται τα ποσοστά φυσικού παρασιτισμού, ο οποίος φτάνει το 38% (Loni, 1997; Miranda et al., 2008; Giunti et al., 2016). Οι Yokoyama et al. (2008) σημειώνουν ότι, το *P. concolor* μεταφέρθηκε, από τη Γουατεμάλα και εγκαταστάθηκε επιτυχώς στη Καλιφόρνια. Το ποσοστό του εργαστηριακού παρασιτισμού κυμαίνεται μεταξύ 7 – 59%, ενώ κατόπιν εξαπολύσεως, φτάνει έως το 10%. Βιολογικά και οικολογικά χαρακτηριστικά του *P. concolor* καθορίζουν την αποτελεσματικότητά του ως

φυσικού εχθρού. Σε παράκτιες και με ήπιο κλίμα περιοχές, το παρασιτοειδές μειώνει σε ικανοποιητικό βαθμό τον πληθυσμό του δάκου της ελιάς. Επιπλέον, ο Loni (1997) αναφέρει ότι, η ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξης του *P. concolor* κυμαίνεται στους 18 – 25 °C και ταυτίζεται με εκείνη του δάκου της ελιάς, καθιστώντας το αξιόλογο παρασιτοειδές. Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη, ο παρασιτισμός του δάκου της ελιάς από το *P. concolor* σχετίζεται με το μέγεθος του ελαιόκαρπου και το μικρό μήκος του ωοθέτη. Έτσι λοιπόν, το παρασιτοειδές επιλέγει σχετικά μικρού έως μετρίου μεγέθους ελιές ώστε να διευκολύνεται ο παρασιτισμός της προνύμφης από το βραχύ ωοθέτη του. Από την παραπάνω έρευνα επιβεβαιώνεται ένας σχετικά σταθερά υψηλός παρασιτισμός του δάκου της ελιάς, άνω του 30%, σε μικρόκαρπες ποικιλίες ελιάς (Wang et al., 2009; Garantonakis et al., 2017). Επιπλέον, οι Mkize et al. (2008) παρέχουν επιπρόσθετες πληροφορίες, για το φυσικό παρασιτισμό του δάκου της ελιάς, στη Νότια Αφρική. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους, το *P. concolor* παρατηρήθηκε ως παρασιτοειδές του δάκου της ελιάς, σε άγριες ελιές, με το ποσοστό του φυσικού παρασιτισμού να κυμαίνεται στο 11%. Στο Μαρόκο, σύμφωνα με τους Daane et al. (2011), εμφανίζεται παρόμοιος χαμηλός φυσικός παρασιτισμός του δάκου της ελιάς από το *P. concolor*, ο οποίος μόλις που φτάνει το 15%.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται κατά την εφαρμογή εντομοκτόνων διότι ενδέχεται να επηρεάσουν δυσμενώς το παρασιτοειδές. Ειδικότερα, τα ευρέως φάσματος εντομοκτόνα αναφέρονται ως εξόχως καταστροφικά για το *P. concolor*, ενώ τα μη – νευροτοξικά εντομοκτόνα, διάφορα μυκητοκτόνα και ζιζανιοκτόνα εμφανίζουν μικρότερη επικινδυνότητα για το έντομο (Jacas and Vinuela, 1994).

Επίσης, το προνυμφικό παρασιτοειδές *Psytalia (Opus) ponerophaga* Silvestri (Hymenoptera: Braconidae) προερχόμενο από το Πακιστάν, συμπεριελήφθη στο βιολογικό σχεδιασμό καταπολέμησης του δάκου της ελιάς, στην Καλιφόρνια. Πειραματικά στοιχεία αναφέρουν ότι, στο Πακιστάν, ο φυσικός παρασιτισμός του δάκου της ελιάς από το *P. ponerophaga* κυμαίνεται στο 28% (Daane et al., 2011) Για μία επιτυχημένη εφαρμογή και έναν αποτελεσματικό παρασιτισμό συνυπολογίζονται παράγοντες που αφορούν τις καιρικές συνθήκες, διάφορους χαρακτήρες των ελαιόκαρπων όπως χρώμα, μέγεθος, ωριμότητα, καθώς και μορφολογικά στοιχεία του παρασιτοειδούς. Επομένως, πειραματικά δεικνύεται ότι, ο παρασιτισμός του *P. ponerophaga* εμφανίζεται υψηλότερος στους 22 °C και σταδιακά μειώνεται, καθώς αυξάνει η θερμοκρασία. Επιπλέον, μεγαλύτερος και αποτελεσματικότερος παρασιτισμός παρατηρείται στην περίπτωση εφαρμογής του, σε ελαιόκαρπο μικρού

μεγέθους, το οποίο δικαιολογείται από το μικρό μήκος του ωοθήτη (Sime *et al.*, 2007).

Στην ίδια οικογένεια Braconidae, διάφορα είδη του γένους *Bracon* έχουν μελετηθεί ως δυνητικά παρασιτοειδή εναντίον του δάκου της ελιάς. Ένα εξ αυτών, ενδεχομένως δε και το πλέον αντιπροσωπευτικό είναι, το *Bracon celer* Szepilgeti (Hymenoptera: Braconidae). Πρόκειται για προνυμφικό εκτοπαρασιτοειδές, το οποίο παρασιτεί όλα τα προνυμφικά στάδια του δάκου της ελιάς, αλλά προτιμάει την ανεπτυγμένη προνύμφη της τρίτης ηλικίας. Στο εργαστήριο, το *B. celer*, εκτρέφεται με επιτυχία επί του δάκου της ελιάς και σύμφωνα με τα γενικότερα πειραματικά αποτελέσματα, στη φύση δύναται να θεωρηθεί ως ένας καλός βιολογικός παράγοντας ελέγχου του δάκου της ελιάς (Sime *et al.*, 2006a). Όσον αφορά τον φυσικό παρασιτισμό του δάκου της ελιάς από το παρασιτοειδές *B. celer*, επιπλέον στοιχεία δείχνουν ότι, το ποσοστό φυσικού παρασιτισμού του δάκου της ελιάς πλησιάζει το 20% (Mkize *et al.*, 2008).

Επίσης, υπό αξιολόγηση τέθηκαν τα, *Diachasmimorpha longicaudata* Ashmead και το *Diachasmimorpha kraussii* Fullaway (Hymenoptera: Braconidae). Τα είδη αυτά χαρακτηρίζονται ως ενδοπαρασιτοειδή της δεύτερης και τρίτης προνυμφικής ηλικίας του δάκου της ελιάς. Προσαρμόζονται καλύτερα σε ήπια κλίματα και σε παράκτιες περιοχές, όπως συμβαίνει και με τον ξενιστή τους (δάκο της ελιάς). Επομένως, δικαιολογημένα θεωρούνται ως ικανά παρασιτοειδή του (Sime *et al.*, 2006b).

Ένα άλλο είδος, το *Fopius arisanus* Sonan (Hymenoptera: Braconidae) εμφανίζεται ως ένα ενδοπαρασιτοειδές των ανηλικών σταδίων του δάκου της ελιάς. Κυρίως όμως, τα θηλυκά του παρασιτοειδούς ωοτοκούν στα ωά του δάκου της ελιάς και στην προνύμφη πρώτης ηλικίας. Ωστόσο, τα αποτελέσματα της έρευνας έδωσαν χαμηλά ποσοστά παρασιτισμού (Sime *et al.*, 2008).

Οι Karau *et al.* (2010) παρουσιάζουν το ιθαγενές, ενδοπαρασιτοειδές *Pteromalus myopitae* Graham (Hymenoptera: Pteromalidae), ως ένα φυσικό εχθρό του δάκου της ελιάς, στην Καλιφόρνια. Το *P. myopitae* παρασιτεί την προνύμφη τρίτης ηλικίας και αναφέρεται ότι, το ποσοστό του παρασιτισμού αυξάνεται σε μικρότερες πληθυσμιακές πυκνότητες του δάκου της ελιάς, ενώ το *P. myopitae* χαρακτηρίζεται από περιορισμένη δυναμική παρασιτισμού του δάκου της ελιάς.

Σε αρκετές περιοχές της Μεσογείου αναγνωρίζονται διάφορα παρασιτοειδή των προνυμφών του δάκου της ελιάς όπως τα, *Eupelmus urozonus* Dalman και *Pnigalio*

mediterraneus Ferriere & Delucchi (Hymenoptera: Eupelmidae), *Eurytoma rosae* Nees (Hymenoptera: Eurytomidae) και *Cyrtotypx latipes* Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae), τα οποία αναφέρονται ως ιθαγενή είδη και της χώρας μας (Πελεκάσης, 1991). Στην Κρήτη απαντώνται συχνά τα, *E. urozonus*, *P. mediterraneus* και *C. latipes*, ενώ το *Eurytoma martellii* Domenichini (Hymenoptera: Eurytomidae) απαντάται σπάνια.

Σύμφωνα με τους Mkize *et al.* (2008), το *Uteles (Opius) africanus* Szepligetii (Hymenoptera: Braconidae) θεωρείται από τα πλέον κοινά και σχετικά αποτελεσματικά παρασιτοειδή του δάκου της ελιάς, με φυσικό παρασιτισμό που κυμαίνεται από 7 – 67%. Επίπλέον, οι Daane *et al.* (2011) αναφέρουν ότι, στην Κένυα, το *U. africanus* δημιουργεί συνθήκες υψηλού παρασιτισμού στο δάκο της ελιάς, ο οποίος πλησιάζει το 57%.

Εκτός από τα διάφορα παρασιτοειδή, αρκετή και επισταμένη έρευνα διενεργήθηκε για τα εν δυνάμει αρπακτικά του δάκου της ελιάς. Έτσι λοιπόν, στη θήρευση των νυμφών συμμετέχουν τα πολυπληθή είδη εντόμων, *Formica aerate* Forster και *Tetramorium caespitum* L. (Hymenoptera: Formicidae), καθώς παρατηρήθηκε μεταφορά των νυμφών του δάκου της ελιάς, στις φωλιές τους (Orsini *et al.*, 2007). Επίπλέον, όπως αναφέρεται από τους Dinis *et al.* (2016a), διάφορα εδαφόβια αρθρόποδα συμμετέχουν στη μείωση των νυμφών του δάκου της ελιάς στους ελαιώνες, σε ποσοστό το οποίο κυμαίνεται από 62 έως 100%. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η δράση των, *Tapinoma nigerrimum* Nylander και *Messor barbarus* L. (Hymenoptera: Formicidae), που χρίζονται θηρευτές των νυμφών του δάκου της ελιάς (Dinis *et al.*, 2016a).

Ακολούθως, πειραματικά στοιχεία των Orsini *et al.* (2007), παρουσιάζουν την σημαντική συνεισφορά των εδαφόβιων σκαθαριών της οικογένειας Carabidae, τα οποία με την αρπακτική τους ικανότητα συμμετέχουν στη θνησιμότητα των νυμφών του δάκου της ελιάς. Επιπροσθέτως, προς επίρρωση των ως άνω αναφερθέντων, διάφορα είδη σκαθαριών, των πολυπληθών οικογενειών Carabidae και Staphylinidae, βρίσκονται σε μεγάλους πληθυσμούς κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, οπότε δύνανται να ελαττώσουν αρκετά τον πληθυσμό των νυμφών (Dinis *et al.*, 2016a; Albertini *et al.*, 2018). Σε ακόμα μια έρευνα των Dinis *et al.* (2016b) παρουσιάζονται δύο σκαθάρια, το *Calathus granatensis* Vuillefroy και το *Pterostichus globosus* Fabricius (Coleoptera: Carabidae), τα οποία διατρέφονται, εργαστηριακά τουλάχιστον, με νύμφες *B. oleae*. Τα δύο είδη δύνανται να μειώσουν σε

ικανοποιητικό βαθμό τις πληθυσμιακές κοινότητες του δάκου της ελιάς στους ελαιώνες. Επίσης, σύμφωνα με τους Albertini *et al.* (2018), αποδεικνύεται η αρπακτική ικανότητα του *Ocyrops olens* (O. F. Muller) (Coleoptera: Staphylinidae) επί των νυμφών του δάκου της ελιάς. Η διερεύνηση της θηρευτικής ικανότητας του *O. olens* ελέγχθηκε και επιβεβαιώθηκε από την παρουσία DNA του δάκου της ελιάς, στο πεπτικό του σύστημα.

Το είδος *Forficula auricularia* L. (Dermaptera: Forficulidae) καθίσταται δυνητικός θηρευτής των νυμφών του δάκου της ελιάς, κυρίως την περίοδο του χειμώνα, οπότε και εμφανίζει υψηλούς πληθυσμούς. Επίσης, από τα αρθρόποδα, μελετάται η τάξη Araneae, ώστε να αποδειχθεί η συνεισφορά διαφόρων αραχνιδών στη θήρευση του δάκου της ελιάς. Επί του παρόντος, η διασύνδεση μεταξύ τούτων των αρθροπόδων σχετίζεται με την ύπαρξη ιστών, οι οποίοι δημιουργούν μία αρνητική τάση στη δραστηριοποίηση του εντόμου. Επίσης, τονίζεται ότι, οι νύμφες καθίστανται ευπρόσβλητες από τα διάφορα αρθρόποδα λόγω ακινησίας (Orsini *et al.*, 2007; Dinis *et al.*, 2016a; Picchi *et al.*, 2016). Ενώ ακόμα και τα πτηνά (όπως διάφορα είδη σπουργιτιών) παρουσιάζονται ως αρπακτικά των προνυμφών και νυμφών του δάκου της ελιάς, εφόσον καταναλίσκουν, συνήθως το μεγαλύτερο μέρος του ελαιόκαρπου (Orsini *et al.*, 2007).

Ολοκληρώνοντας, προτείνεται η διατήρηση της αυτοφυούς βλάστησης και η μείωση των εν γένει καλλιεργητικών εργασιών στους ενδιάμεσους χώρους και στις άκριες του ελαιώνα, ώστε να αναπτύσσεται και να διαφυλάσσεται ένας μεγάλος αριθμός φυτικών ειδών, καταλλήλων να υποστηρίξουν ικανό αριθμό φυσικών εχθρών του δάκου της ελιάς. Επομένως, οι φυσικοί εχθροί δύνανται να εγκαταβιώσουν καλώς στον ελαιώνα και να συνεχίσουν τον επιτυχή δράση τους εναντίον του δάκου της ελιάς, έχοντας σε μεγάλο βαθμό εξασφαλισμένη την τροφή και το νερό (Winqvist *et al.*, 2014; Furtado *et al.*, 2016).

Μεταξύ των φυσικών εχθρών του δάκου της ελιάς, ιδιαίτερα αξιόλογη δράση εμφανίζουν οι νηματώδεις. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με την εργασία των Sirjani *et al.* (2009) παρουσιάζονται διάφορα είδη νηματωδών, τα οποία προσβάλλουν κυρίως την προνύμφη τρίτης ηλικίας και προκαλούν θνησιμότητα στο έντομο. Ακολούθως, καταγράφονται είδη νηματωδών που προσβάλλουν το έντομο όπως το *Steinernema feltiae* Filipjev (Rhabditida: Steinernematidae), το οποίο δημιουργεί την υψηλότερη θνησιμότητα περίπου στο 68%, ενώ τα είδη, *Steinernema carpocapsae* Weiser, *Steinernema riobrave* (Cabanillas, Poinar & Raulston), *Steinernema glaseri* Steiner

(Rhabditida: Steinernematidae), *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Rhabditida: Heterorhabditidae) παρουσιάζουν μέτρια επίπεδα μόλυνσης και θνησιμότητας, που κυμαίνεται από 33 – 45%. Το είδος *Heterorhabditis marelatus* (Liu & Berry) (Rhabditida: Heterorhabditidae) εμφανίζει τη χαμηλότερη μολυσματική τάση, η οποία προσεγγίζει το 19%. Στην ίδια εργασία, αναφέρεται ότι, οι νηματώδεις δεν περιορίζονται μόνο στην επίγεια δράση τους, διότι εισερχόμενοι στους ελαιόκαρπους διαμέσου των νυγμάτων ωοτοκίας δύνανται να προσβάλλουν τις προνύμφες του δάκου της ελιάς. Γενικότερα δε, κατά την εφαρμογή των νηματωδών θα πρέπει να συνυπολογίζονται διάφοροι αβιοτικοί παράγοντες κυρίως η θερμοκρασία και η υγρασία, ώστε να είναι αποδοτικότερη η μολυσματική δράση τους.

Επιπλέον, οι εντομοπαθογόνοι νηματώδεις, *S. carpocapsae* και *H. bacteriophora*, προκαλούν περί του 62% και 40% αντιστοίχως, θνησιμότητα στις νύμφες του δάκου της ελιάς. Αξιοσημείωτο εμφανίζεται το γεγονός κατά το οποίο, το *S. carpocapsae* δύνανται να προσβάλλει τα νεοεμφανισθέντα ενήλικα του δάκου της ελιάς, σε ποσοστό κοντά στο 22%. Εν τέλει, οι νηματώδεις δυνητικά λειτουργούν ως ένα μέτρο βιολογικού ελέγχου του δάκου της ελιάς (Torrini *et al.*, 2017).

Πολλές μελέτες αφορούν και στη χρήση εντομοπαθογόνων μυκήτων. Σε μια από αυτές, αναφέρεται ότι, διάφορες βιοδοκιμές των εντομοπαθογόνων μυκήτων, *Beauveria (Cordyceps) bassiana* (Bals.) Vuil. και *B. brongniartii* (Sacc.) Petch. (Ascomycota: Hypocreales), *Mucor hiemalis* Wehmer (Zygomycota: Mucorales), *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx και *P. chrysogenum* Thom (Ascomycota: Eurotiales) παρουσιάζουν μέτρια έως υψηλά ποσοστά θνησιμότητας στα ενήλικα δάκου της ελιάς. Επίσης, το *M. hiemalis* εμφανίζεται άκρως τοξικό για τις νύμφες και τα ενήλικα του δάκου της ελιάς, με τη θνησιμότητα να προσεγγίζει το 85% για τα ενήλικα του εντόμου. Επιπλέον, οι μεταβολίτες των, *M. hiemalis* και *P. chrysogenum*, εμφανίζουν υψηλή τοξικότητα, σε ποσοστό κοντά στο 91%, για τα ενήλικα του δάκου της ελιάς (Konstantopoulou and Mazomenos, 2005).

Εν συνεχεία, σε μια άλλη έρευνα αναφέρεται ότι, το *M. hiemalis* προκάλεσε θνησιμότητα περίπου 58% στις νύμφες του δάκου της ελιάς. Η δράση του *B. bassiana* εμφάνισε θνησιμότητα επί των νυμφών έως 90% και η θανατηφόρος δραστηριότητα του *Penicillium corylophilum* Dierckx (Ascomycota: Eurotiales), εναντίον των νυμφών του δάκου της ελιάς, καθορίζεται περίπου στο 94%. Βέβαια, οι προαναφερθέντες εντομοπαθογόνοι μύκητες παρουσίασαν χαμηλά ποσοστά

θνησιμότητας, περίπου 10 – 20%, για τις προνύμφες του δάκου της ελιάς (Goncalves *et al.*, 2012).

Οι Yousef *et al.* (2013) πειραματίστηκαν με τον εντομοπαθογόνο μύκητα *Metarhizium brunneum* Petch. (Ascomycota: Hypocreales) αποδεικνύοντας ότι, τα ανήλικα στάδια του δάκου της ελιάς καθώς και τα ενήλικα εμφανίζουν έντονη ευαισθησία τόσο στο μύκητα όσο και στα παράγωγά του. Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι, ο μύκητας προκαλεί θνησιμότητα έως 60% στα ενήλικα, ενώ σε εδαφικές εφαρμογές του, τα ποσοστά θνησιμότητας πλησιάζουν το 82% για τις προνύμφες και το 33% για τις νύμφες του δάκου της ελιάς. Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία αποδεικνύεται, η μολυσματική ικανότητα του *M. brunneum* για όλα τα στάδια ανάπτυξης του δάκου της ελιάς, κατά την εναέρια είτε την επίγεια εφαρμογή του.

Επιπροσθέτως, μία πρόσφατη έρευνα απέδειξε ότι, η προκαλούμενη θνησιμότητα των ενηλίκων του δάκου της ελιάς, από την εφαρμογή του *M. brunneum*, δύναται να υπερβεί το 77%. Η χρήση του μύκητα χαρακτηρίζεται περιβαλλοντικά φιλική και ασφαλής για τα παραγόμενα ελαιοκομικά προϊόντα, ενώ δεν επιβεβαιώνονται αρνητικές επιδράσεις επί των ετέρων ωφελίμων οργανισμών όπως για το *P. concolor* και το *T. nigerrimum*. Επίσης, ο μύκητας εφαρμόζεται με επιτυχία στην Ισπανία, δίνοντας άνω του 50% μειώσεις του δακοπληθυσμού (Yousef *et al.*, 2018).

Τέλος, σημειώνεται η αξιόλογη εντομοκτόνος δράση του *Bacillus thuringiensis* (Berliner), κατά των προνυμφών και των ενηλίκων του δάκου της ελιάς. Οι προνύμφες εμφανίζονται αισθητά πιο ευαίσθητες από τα ενήλικα, στη δράση της τοξίνης, *thuringiensin*. Ο βάκιλλος δεν παρουσιάζει τοξική δράση για τα παρασιτοειδή του δάκου της ελιάς, ιδίως για το *P. concolor*. Ο *B. thuringiensis* δύναται να χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια ενός προγράμματος βιολογικής αντιμετώπισης του δάκου της ελιάς, αντικαθιστώντας τα χημικά εντομοκτόνα (Alberola *et al.* 1999; Sivropoulou *et al.* 2000).

Τα τελευταία χρόνια, διεξάγονται αρκετά πειράματα, τα οποία σκοπό έχουν την ανίχνευση, ταυτοποίηση και εφαρμογή διαφόρων χημικών ενώσεων, φυτικής προέλευσης, που δραστηριοποιούνται κατά του δάκου της ελιάς, επηρεάζοντας μορφολογικούς, βιολογικούς και οικολογικούς χαρακτήρες του εντόμου. Αρχικά λοιπόν, στο φλοιό του καρπού του *Citrus aurantium* L. (Sapindales: Rutaceae), ευρέθησαν τρεις χημικές ενώσεις, οι οποίες χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα έντονη

δραστικότητα κατά του δάκου της ελιάς, προκαλώντας έως 98% θνησιμότητα στα ενήλικα του εντόμου (Siskos *et al.*, 2008a; 2008b).

Σε άλλη εργασία αναφέρεται ότι, οι σποροεξαγόμενες χημικές ενώσεις, από το φυτό *Peganum harmala* L. (Sapindales: Nitrariaceae), μειώνουν το ρυθμό ωοτοκίας και τον αριθμό των απογόνων του δάκου της ελιάς, επιφέρουν επιμήκυνση του χρόνου ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του, καθώς επίσης, εμφανίζουν έντονη απωθητική δράση για τα ενήλικα του εντόμου. Επιπλέον, δεν παρατηρείται τοξική δράση των χημικών ενώσεων έναντι των ωφελίμων οργανισμών και εν τέλει δε, μπορούν να λειτουργήσουν ως βιολογικά εντομοκτόνα σε προγράμματα ολοκληρωμένης διαχείρισης του δάκου της ελιάς (Rehman *et al.*, 2009).

Μια παρόμοια έρευνα των Canale *et al.* (2013) αναφέρει ότι, εκ των ακολούθων φυτικών ειδών, *Hyptis suaveolens* L., *Lavandula angustifolia* Mill. και *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiales: Lamiaceae), εξάγονται αιθέρια έλαια, τα οποία εμφανίζουν τοξική δράση στο δάκο της ελιάς. Ο ρυθμός θνησιμότητας του δάκου της ελιάς κυμαίνεται από 12 – 100%, υπό την εφαρμογή των αιθερίων ελαίων. Σύμφωνα με τη δράση τους, τα αιθέρια έλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν παράλληλα με πρωτεϊνικά δολώματα, ώστε αρμονικά συνδυασμένα να συνεισφέρουν στον πληθυσμιακό έλεγχο του δάκου της ελιάς.

1.1.6.6 Καλλιεργητικά μέτρα

Τα μέτρα αντιμετώπισης και ελέγχου του δάκου της ελιάς συμπληρώνονται και υποστηρίζονται από τα βασικά καλλιεργητικά σχέδια περιορισμού της δράσης του.

Αρχικά λοιπόν, το σύστημα καλλιεργητικών μέσων που εφαρμόζεται για το δάκο της ελιάς επαφίεται στη σωστή επιλογή ανθεκτικών ποικιλιών. Διάφορες έρευνες σημειώνουν ότι, οι μορφολογικοί χαρακτήρες του ελαιόκαρπου επηρεάζουν την τάση προσβολής του. Ειδικότερα, μορφολογικά χαρακτηριστικά όπως, ο όγκος, η σκληρότητα, η ωριμότητα, το χρώμα, το σχήμα, το μήκος, το πλάτος και το βάρος, είναι παράγοντες που καθορίζουν το βαθμό προσβολής και ευαισθησίας των ποικιλιών ελιάς. Σύμφωνα με πειραματικές μελέτες, ποικιλίες ελιάς όπως, η Arbequina, η Bardhi Tirana, η Callosina, η Chemlal, η Cobrancosa, η Souidi, η Tond nera dolce, παρουσιάζουν αυξημένη ανθεκτικότητα στις προσβολές του δάκου της ελιάς (Iannotta *et al.*, 2007; Rizzo *et al.*, 2012; Malheiro *et al.*, 2015; Medjkouh *et al.*, 2018; Quesada – Moraga *et al.*, 2018).

Επίσης, ιδιαίτερη σημασία εμφανίζουν τα ακόλουθα μέτρα φυτουγειονομικής προστασίας, α) κατά τη συγκομιδή συνιστάται η απομάκρυνση του μεγαλύτερου όγκου της ελαιοκομικής παραγωγής, ώστε να μην επανακάμψει και αναπτυχθεί μεγάλος πληθυσμός του εντόμου, β) μετά τη συγκομιδή προτείνεται η εφαρμογή σχεδίου επιμελούς καθαριότητας του ελαιώνα, με την απομάκρυνση των εναπομεινάντων ελαιόκαρπων, διότι δύνανται να λειτουργήσουν ως εστίες ανάπτυξης νέων γενεών του εντόμου την άνοιξη (Yokoyama, 2015). Επιπροσθέτως, υποδεικνύεται η επισκευή και η στεγανοποίηση του αρδευτικού συστήματος, ώστε να μην παρέχεται αφθονία νερού στο έντομο, γεγονός το οποίο θα παρατείνει την επιβίωση και τη διαβίωση του, στον ελαιώνα, κατά το θέρος (Yokoyama, 2015).

Τέλος, αξιόλογη θεωρείται η χρήση του καολίνης, ενός φυσικού αργιλοπυριτικού πετρώματος, το οποίο με καθολική εφαρμογή επί του ελαιόδενδρου δύναται να μειώσει τις προσβολές του δάκου της ελιάς (Saour and Makee, 2004). Ενώ, σύμφωνα με τους Bengochea *et al.* (2014) σημειώνεται ότι, τόσο ο καολίνης όσο και χαλκούχα σκευάσματα δρουν ως εναλλακτικές βιολογικές λύσεις των δακοκτόνων, καθώς επίσης διευκρινίζεται ότι δεν επηρεάζουν αρνητικά ούτε έχουν τοξική δράση εναντίον των παρασιτοειδών του δάκου της ελιάς.

1.2 Η μύγα της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Wiedemann)

1.2.1 Γενικά

Ένα σημαντικότατο, επιζήμιο και ιδιαίτερος καταστροφικό είδος της τάξης Diptera, της οικογένειας Tephritidae, είναι το *Ceratitis capitata* Wiedemann (1824), ή κατά το κοινώς γνωστό, μύγα της Μεσογείου. Η οικογένεια Tephritidae, στην οποία εντάσσεται το έντομο, περιλαμβάνει περί τις 5000 καταγεγραμμένων και περιγεγραφέντων ειδών, ενώ το γένος *Ceratitis*, αποτελείται από 6 υπογένη και περίπου 90 είδη (De Meyer, 2000, 2004, 2008; Malacrida *et al.*, 2007). Το έντομο είναι εξαιρετικά πολυφάγο και επιζήμιο. Θεωρείται δε, ένας από τους σημαντικότερους βλαπτικούς εντομολογικούς εχθρούς της παγκόσμιας παραγωγής οπωροκηπευτικών προϊόντων, μειώνοντας ποσοτικά την παραγωγή και υποβαθμίζοντας την εν γένει ποιοτική αξία των παραγομένων φρέσκων φρούτων και λαχανικών (Kourti, 2002; Papadopoulos, 2008).

1.2.2 Γεωγραφική κατανομή και εξάπλωση του *Ceratitis capitata*

Μέσα από πειράματα μοριακών αναλύσεων γίνεται όλο και πιο αποδεκτή θεώρηση ότι, η μύγα της Μεσογείου έχει ως κέντρο διασποράς τη ζώνη των υποσαχάρων περιοχών της κεντρικής και ανατολικής Αφρικής (Malacrida et al., 1998; Kourti, 2002). Επιπλέον δε, η ύπαρξη παραγόντων όπως τα φυτά ξενιστές και οι εξειδικευμένοι φυσικοί εχθροί (παρασιτοειδή) της Αφρικανικής ηπείρου, στηρίζουν περαιτέρω την υπόθεση, της αφρικανικής καταγωγής της μύγας της Μεσογείου (De Meyer, 2004).

Ιδιαίτερα σημαντικό γεγονός είναι η ανίχνευση της διαδρομής δια μέσου της οποίας το έντομο, κινήθηκε και εξαπλώθηκε χωροκατακτητικά, σε παγκόσμια κλίμακα. Ξεκινώντας, λοιπόν, από το χώρο καταγωγής της, η μύγα της Μεσογείου ακολούθησε δύο πιθανούς δρόμους για την εξάπλωση και διασπορά της, α) κατά μήκος των ακτογραμμών της βορείου Αφρικής και διαμέσου της Ιβηρικής χερσονήσου πέρασε στην Ευρωπαϊκή ήπειρο και β) διαμέσου της κοιλάδας του Νείλου εισήλθε στο χώρο της Μέσης Ανατολής (Malacrida et al., 2007).

Αναφορικά με την παγκόσμια διασπορά και μετακίνηση του εντόμου, ερευνητικά αποτελέσματα από την Kourti (2002) δείχνουν ότι, η μύγα της Μεσογείου, αρχικά εισήχθη, στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου (1842), κατόπιν, στην Αυστραλία (1887), ενώ αργότερα, εμφανίστηκε στη νότια Αμερική (1901) και στην κεντρική Αμερική (1955). Αμφισβητήσιμη ακόμα θεωρείται, η εγκατάσταση και η εξάπλωση του εντόμου στη βόρεια Αμερική (Καλιφόρνια, Φλόριντα), εξαιρουμένων δε, των σποραδικών καταγραφών της παρουσίας του (Bohonak et al., 2001; Bonizzoni et al., 2001; Meixner et al., 2002).

Η παρουσία της μύγας της Μεσογείου έχει εντοπιστεί σε αρκετές χώρες. Στην Ευρώπη, κοινότετη είναι η παρουσία του εντόμου, στην Ελλάδα, στην Ισπανία, στην Ιταλία, στην Κύπρο, στην Πορτογαλία, ενώ παρατηρείται και σε λοιπές βαλκανικές χώρες (Ρουμανία), όπως και κατά μήκος των ακτογραμμών της Αδριατικής θάλασσας (Malacrida et al., 1998; Papadopoulos, 2008, 2014; de Pedro et al., 2016).

Σε χώρες της Μέσης Ανατολής όπως, η Ιορδανία, το Ισραήλ, ο Λίβανος, η Συρία, η Τουρκία, η παρουσία του εντόμου θεωρείται δεδομένη (Malacrida et al., 1998; Argov et al., 2011; Ali et al., 2016).

Σε χώρες της Αμερικανικής ηπείρου όπως η Γουατεμάλα, οι ΗΠΑ (Καλιφόρνια, Φλόριντα, Χαβάη), η Κόστα Ρίκα, το Μεξικό, η μύγα της Μεσογείου δηλώνεται ως υψίστης σημασίας, έντομο καραντίνας (αν και με επιβεβαιωμένη καταγραφή της), με

αποτέλεσμα να εφαρμόζονται προγράμματα αντιμετώπισης, τεραστίου μεγέθους εξαπολύσεων παρασιτικών Υμενοπτέρων εναντίον της (Wharton et al., 1981; Montoya et al., 2005; Bokonon – Ganta et al., 2007). Επίσης, η ύπαρξη του εντόμου, σε Αργεντινή και Βραζιλία, δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στην παραγωγή, ώστε επιβεβλημένη θεωρείται η κατάταξή του, στα έντομα μείζονος οικονομικής σημασίας (Ovruski et al., 2000; Ovruski & Schliserman, 2012; Papadopoulos, 2014).

Σε αρκετές χώρες της Αφρικής (Καμερούν, Κένυα, Νότια Αφρική, Τόγκο) βρίσκονται ιθαγενείς πληθυσμοί του εντόμου, ενώ σε άλλες (Αίγυπτος, Λιβύη, Μαρόκο, Τυνησία) το έντομο εισήχθη και εγκαταστάθηκε. Τέλος, η παρουσία του εντόμου σημειώνεται σε Αυστραλία και σε νησιά του νοτίου Ειρηνικού (Steck et al., 1986; Carmichael et al., 2005; Malacrida et al., 2007; Hafsı et al., 2015a; El – Heneidy et al., 2016; Manrakhan et al., 2017).

Τέλος, αναφέρεται ότι, το σύγχρονο εμπόριο και η κλιματική αλλαγή μπορούν να συνεισφέρουν, ως επί των πλείστων θετικά, τόσο στη διασπορά όσο και στις χωροκατακτητικές τάσεις του *Ceratitıs capitata* (Malacrida et al., 2007; Papadopoulos, 2014).

1.2.3 Ξενιστές του *Ceratitıs capitata*

Σύμφωνα με την παγκόσμια γεωγραφική κατανομή της μύγας της Μεσογείου και με δεδομένο το γεγονός της εξάπλωσης και εγκατάστασής της σε περιοχές της εύκρατης και τροπικής ζώνης, επιβεβαιώνεται εν μέρει, η προτίμηση του εντόμου σε πολλά φυτικά είδη των νοτιότερων και θερμότερων περιοχών, των γεωγραφικών αυτών ζωνών.

Οι Meats και Smallridge (2007) αναφέρουν ότι, η τάση της μύγας της Μεσογείου να μετακινείται και να διασπείρεται σε μακρινές αποστάσεις καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής της, συναρτήσσει δε, του εύρους των ξενιστών της, καθιστά το έντομο ως έναν μεγάλο και σοβαρό εντομολογικό εχθρό της παγκόσμιας παραγωγής. Ο Papadopoulos (2008) επιβεβαιώνει την ύπαρξη πολλών ξενιστών του εντόμου, ο αριθμός των οποίων προσεγγίζει τα 353 φυτικά είδη από 67 οικογένειες, ενώ τονίζεται ο πολυφάγος και αδηφάγος χαρακτήρας του εντόμου. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, το 40% περίπου των ξενιστών του εντόμου ανήκει σε 5 οικογένειες.

Αναλυτικότερα, οι Aluja και Norrbom (2000) εμφανίζουν τη μύγα της Μεσογείου ως σοβαρότατο εχθρό των εσπεριδοειδών, ενώ και άλλοι ερευνητές αναφέρουν προσβολές της σε, πορτοκαλιές (*Citrus sinensis* L.), νερατζιές *Citrus*

aurantium L.), λεμονιές (*Citrus limon* L.) και μανταρινιές (*Citrus nobilis* L.) (Katsoyannos et al., 1999; Argov & Gazit, 2008; Papachristos et al., 2008). Επίσης, στο ευρύτατο πλαίσιο των ξενιστών του εντόμου ανήκουν αρκετά είδη μηλοειδών και πυρηνόκαρπων (Papadopoulos et al., 2002). Τα σημαντικότερα εξ αυτών είναι, από τα μηλοειδή, η αχλαδιά (*Pyrus communis* L.), η κυδωνιά (*Cydonia oblonga* Mill.), η μηλιά (*Malus sylvestris* L.) και η μουσμουλιά (*Eriobotrya japonica* Thunb.). Ενώ, από τα πυρηνόκαρπα, η βερικοκιά (*Prunus armeniaca* L.), η κερασιά (*Prunus avium* L.) και η ροδακινιά (*Prunus persica* L.) αναφέρονται ως σημαντικοί ξενιστές (Papadopoulos et al., 1998, 2001; Katsoyannos et al., 1999; Ali et al., 2015; Hafsi et al., 2015b). Λοιπά καρποφόρα δένδρα, τα οποία υποφέρουν από προσβολές της μύγας της Μεσογείου είναι, η ακτινιδιά (*Actinidia* sp. Lindl.), ο λωτός (*Diospyros kaki* L.f.), η συκιά (*Ficus carica* L.), καθώς επίσης, η φραγκοσυκιά (*Opuntia vulgaris* Mill.) και η φράουλα (*Fragaria* sp. L.) (Katsoyannos et al., 1999; Papadopoulos et al., 2001, 2002; Papadopoulos & Katsoyannos, 2003; Papadopoulos, 2008; Alford, 2007; Kouloussis et al., 2009; Papachristos et al., 2014). Το πεκάν (*Carya illinoensis* Wangenh.), από τα ακρόδρυα και η καλλωπιστική μηλιά (*Malus floribunda* L.) είναι 2 ακόμα είδη ευπαθή σε προσβολές της μύγας της Μεσογείου (Papadopoulos et al., 2001). Στο αμπέλι (*Vitis vinifera* L.), επίσης, παρατηρούνται σοβαρές προσβολές από το έντομο (Alford, 2007). Τα τροπικά φυτά, αβοκάντο (*Persea americana* Mill.), γκουάβα (*Psidium guajava* L.), καφεόδενδρο (*Coffea arabica* L.), μάνγκο (*Manifera indica* L.) και παπάγια (*Carica papaya* L.) αναφέρονται ως σημαντικοί ξενιστές του εντόμου (Steck et al., 1986; Montoya et al., 2005; Papadopoulos, 2008; Ali et al., 2015). Τέλος, από τα κηπευτικά, η τομάτα (*Lycopersicon esculentum* Mill.) προσβάλλεται από τη μύγα της Μεσογείου (Carey, 1984; Krainacker et al., 1987).

1.2.4 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του *Ceratitis capitata*

Το σώμα του ενηλικού έχει μήκος 4 – 6 mm και πλάτος 1.2 – 2 mm, με χαρακτηριστικό καστανοκίτρινο χρωματισμό. Οι πτέρυγες, η θωρακική και η κοιλιακή χώρα καλύπτονται από λευκίζουσες, κίτρινες και καστανόμαυρες λωρίδες.

Η κεφαλή είναι υποκίτρινη. Οι σύνθετοι οφθαλμοί καλύπτουν μεγάλο μέρος της κεφαλής και φωτίζονται με ανοιχτές σμαραγδένιες αποχρώσεις, έχοντας έναν ξεθωριασμένο, καστανέρυθρο χρωματισμό. Ο γενικός χρωματισμός των κεραιών είναι καστανός. Τα δύο βασικά τμήματα των κεραιών έχουν καστανέρυθρο χρωματισμό και τα κορυφαία σχεδόν μαύρο, επιπλέον δε, φέρουν δέσμες μικρών,

μαύρων και σκληρών τριχών. Ο θώρακας είναι σχεδόν μαύρος, έχοντας όμως ένα αργυρόφαιο – υποκίτρινο επίχρισμα. Το μισό και πλέον τμήμα του μεταθώρακα (scutellum) είναι μαύρου χρώματος, ενώ το υπόλοιπο φέρει κιτρινωπό χρωματισμό. Η κοιλιακή χώρα έχει κίτρινη έως πορτοκαλί απόχρωση και φέρει 2 εγκάρσιες καστανέρυθρες ή ασημόχρες λωρίδες. Το θηλυκό έχει έναν προεξέχοντα ωσθέτη, το μήκος του οποίου κυμαίνεται από 0.9 mm έως 1.2 mm. Τα πόδια του εντόμου έχουν κιτρινίζον έως καστανέρυθρο χρώμα. Στο οπίσθιο μέρος της κνήμης εκφύονται αρκετά μεγάλου μεγέθους δέσμες κίτρινων, σκληρών τριχών. Τέλος, οι πτέρυγες του εντόμου έχουν μήκος περίπου 4.5 mm και διατρέχονται από 3 εγκάρσιες ωχροκίτρινες έως ερυθροκάστανες ταινίες (Εικόνα 5). Ένα σημαντικό στοιχείο συστηματικής ταξινόμησης, αναγνώρισης και διαχωρισμού, τόσο μεταξύ των 2 φύλων της μύγας της Μεσογείου, όσο και ανάμεσα σε διάφορα άλλα είδη της οικογενείας Tephritidae είναι, η εμφανής παρουσία μετωπικών τριχοειδών αποφύσεων, υπομελάνου χρώματος, στο πρόσθιο τμήμα της κεφαλής, των αρσενικών ατόμων (Alford, 2007; Papadopoulos, 2008).



Εικόνα 5. Ενήλικο θηλυκό μύγας της Μεσογείου, *Ceratitidis capitata*.

Τα ωά της μύγας της Μεσογείου έχουν μήκος περίπου 1 mm και πλάτος 0.2 – 0.3 mm (Εικόνα 6). Είναι λευκού χρώματος, λεία και με επίμηκες, ελλειπτικό, ή σχεδόν ατρακτοειδές σχήμα (Alford, 2007; Papadopoulos, 2008).



Εικόνα 6. Ωά της μύγας της Μεσογείου, *C. capitata*.

Η προνύμφη του εντόμου έχει λευκίζον έως υπόλευκο χρώμα, ενώ παρουσιάζεται και ως ημιδιαφανής (Εικόνα 7). Το σχήμα της είναι κυλινδρικό, επίμηκες και σκωληκόμορφο. Είναι άποδη και φέρει στοματικά άγκιστρα, καστανόμαυρου χρώματος. Για την προνύμφη της μύγας της Μεσογείου παρατηρούνται 3 ηλικίες ανάπτυξης, οι οποίες διακρίνονται μεταξύ τους βάσει του, μεγέθους, σχήματος και του χρωματισμού των στοματικών άγκιστρων τους. Έτσι λοιπόν, η προνύμφη, α) της πρώτης ηλικίας έχει μήκος από 0.17 έως 0.2 mm και β) της δεύτερης ηλικίας 2.3 – 5 mm, ενώ η προνύμφη της τρίτης ηλικίας αποκτάει την τελική της ανάπτυξη και το μήκος της κυμαίνεται 6 – 10 mm (Alford, 2007; Papadopoulos, 2008).



Εικόνα 7. Προνύμφες της μύγας της Μεσογείου, *C. capitata*.

Η νύμφη της μύγας της Μεσογείου έχει μήκος 4 – 5 mm και πλάτος 2 – 2.5 mm (Εικόνα 8). Το σχήμα της είναι ως επί των πλείστον βαρελοειδές ή σε ορισμένες περιπτώσεις ατρακτοειδές.



Εικόνα 8. Νύμφες της μύγας της Μεσογείου, *C. capitata*.

Ο χρωματισμός της είναι συνήθως καστανοκίτρινος έως καστανέρυθρος, αλλά κυρίως το χρώμα της καθορίζεται από το είδος τροφής της προνύμφης (Alford, 2007; Papadopoulos, 2008).

1.2.5 Βιολογία του *Ceratitidis capitata*

Η μύγα της Μεσογείου χαρακτηρίζεται ως πολυκυκλικό έντομο, του οποίου οι γενεές καθορίζονται κυρίως από τη θερμοκρασία, τα είδη των ξενιστών και τη διαθεσιμότητα τους, αλλά και από την περιοχή. Συνεπώς, στις νοτιότερες και θερμότερες περιοχές το έντομο αναπτύσσει έως 7 γενεές και ενδεχομένως να παραμένει δραστήριο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ στις βορειότερες και ψυχρότερες περιοχές συμπληρώνονται περίπου 3 γενεές (Della Beffa, 1962; Papadopoulos et al., 2001; Papadopoulos, 2008). Οι Papadopoulos *et al.* (2001) συμπεραίνουν ότι στη βόρεια Ελλάδα, το έντομο εμφανίζει 4 – 5 γενεές το έτος και δραστηριοποιείται μέχρι την καθοριστική χειμερινή πτώση της θερμοκρασίας. Επίσης, αναφέρεται ότι κατά τους φθινοπωρινούς μήνες το έντομο εμφανίζει το μέγιστο της πληθυσμιακής του πυκνότητας, ενώ κατά τους χειμερινούς, ο πληθυσμός του εντόμου μειώνεται σημαντικά. Εξαιτίας των χαμηλών θερμοκρασιών, το έντομο διαχειμάζει ως προνύμφη, σε προσβεβλημένους καρπούς ή ως νύμφη στο έδαφος (Papadopoulos et al., 2001; Papadopoulos, 2008).

Εν συνεχεία, τα ενήλικα της μύγας της Μεσογείου εξέρχονται την άνοιξη (Απρίλιο – Μάιο), από διαχειμάζουσες προνύμφες που αναπτύχθηκαν, σε καρπούς ξενιστών που παρέμειναν στα δένδρα. Κατόπιν δε, τα ενήλικα της διαχειμάζουσας γενεάς εναποθέτουν τα ωά τους σε διάφορους ξενιστές, δίνοντας το έναυσμα δημιουργίας μεγάλων πληθυσμών (Della Beffa, 1962).

Η θρέψη των ενηλίκων γίνεται με σακχαρούχες (μελιτώματα κοκκοειδών και αφίδων), αζωτούχες και πρωτεϊνούχες ουσίες, αμέσως μετά την έξοδό τους από το νυμφικό κελί. Κατά αυτό τον τρόπο, δημιουργούνται οι συνθήκες για τη σεξουαλική και αναπαραγωγική ωριμότητα των ενηλίκων. Τα ενήλικα είναι αναπαραγωγικά ώριμα προς σύζευξη και ωοτοκία, εντός διαστήματος 10 έως 15 ημερών, από την έξοδό τους, ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες. Μέσω μιας σειράς από ειδικές συμπεριφορές (ερωτικό κάλεσμα), καθώς και την έκλυση φερομόνης, τα αρσενικά προσελκύουν τα θηλυκά, με σκοπό τη σύζευξη. Για αυτόν το σκοπό, τα αρσενικά συγκροτούν μικρές ομάδες (3 – 4 αρσενικά), κάτω από την φυλλική επιφάνεια των ξενιστών, επιδιδόμενα στο σεξουαλικό κάλεσμα των θηλυκών, ελκύνοντας φερομόνη, με σκοπό τον προσεταιρισμό των παρθένων θηλυκών. Στη συνέχεια, κατά την προσέγγιση των δύο φύλων, εκδηλώνεται μια σειρά ερωτικών συμπεριφορών και των δύο φύλων, που οδηγεί στη σύζευξη (Della Beffa, 1962; Bonnemaïson, 1969; Hendrichs et al., 1991; Papadopoulos, 2008).

Ακολούθως, η διαδικασία της ωοτοκίας του θηλυκού εξελίσσεται με την προσέγγιση του ωρίμου καρπού, την εξερεύνησή του και εν τέλει την εναπόθεση των ωών σε κατάλληλα και ευπρόσβλητα σημεία. Το έντομο, με τον ωοθέτη διατρυπά επιφανειακά το εξωκάρπιο, δημιουργώντας μικρές οπές βάθους λίγων χιλιοστών και εναποθέτοντας, ομάδες έως 9 ωών περίπου, στο εσωτερικό του. Σύμφωνα με τους Prokory *et al.* (1978), οι πολύ μικροί καρποί, όπως του καφεόδενδρου, λόγω μεγέθους, δύνανται να υποστηρίξουν την ανάπτυξη 1 – 2 προνυμφών, ενώ οι μεγαλύτεροι καρποί μπορούν να υποστηρίξουν την επιβίωση και την ανάπτυξη περισσότερων προνυμφών.

Ύστερα, από την ωοτοκία το θηλυκό εφαρμόζει, αρχικά γύρω από την οπή ωοτοκίας και εν συνεχεία σε όλο τον καρπό, φερομόνη αποτροπής ωοτοκίας. Παρ' όλα αυτά, σε ορισμένες περιπτώσεις, αρκετά θηλυκά μπορούν να ωοτοκήσουν στον ίδιο καρπό. Σε ορισμένους ξενιστές, το σημείο εναπόθεσης είναι εμφανές. Συνήθως, τα θηλυκά άτομα επισκέπτονται πολλούς καρπούς και εναποθέτουν τα ωά τους. Το αναπαραγωγικό δυναμικό των θηλυκών κυμαίνεται από 250 έως 1000 ωά, καθ' όλη

τη διάρκεια της ζωής τους (Della Beffa, 1962; Prokopy et al., 1978; Alford, 2007; Papadopoulos, 2008).

Μετά από δύο ή και περισσότερες ημέρες, ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες, τα ωά εκκολάπτονται και οι νεαρές προνύμφες εισχωρούν εσωτερικά του καρπού και τρέφονται με τη σάρκα του. Η διάρκεια της προνυμφικής ανάπτυξης υπολογίζεται περίπου στις 2 εβδομάδες (Della Beffa, 1962; Alford, 2007). Ερευνητικές προσπάθειες απέδειξαν ότι, η ιστολογική ζώνη του καρπού, το είδος και η ποικιλία του ξενιστή επηρεάζουν και καθορίζουν την επιβίωση και ανάπτυξη κυρίως των προνυμφών, αλλά και των νυμφών (Carey, 1984; Krainacker et al., 1987; Papachristos & Papadopoulos, 2009).

Στη συνέχεια, ακολουθεί η έξοδος της ανεπτυγμένης προνύμφης από τον καρπό και η πτώση της στο έδαφος, σε μικρό βάθος (έως 5 cm) και πλησίον του ξενιστή, με σκοπό τη νύμφωση. Η προνύμφη εντός ολίγων ωρών νυμφώνεται. Το στάδιο της νύμφης διαρκεί 10 – 20 ημέρες και κατόπιν εξέρχονται τα ενήλικα.

Σε θερμοκρασία 32 °C, το χρονικό διάστημα που απαιτείται, ώστε το ωά να εξελιχθεί σε ενήλικο, είναι περίπου 2 εβδομάδες και αντιστοίχως στους 26 °C, περίπου 20 ημέρες, ενώ η μέση διάρκεια της γενεάς, μιας εργαστηριακής φυλής της μύγας της Μεσογείου, στους 25 °C, κυμαίνεται από έναν έως δύο μήνες (Bonnemaison, 1969; Alford, 2007; Papadopoulos, 2008).

1.2.6 Οικονομική σημασία του *Ceratitis capitata*

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, η μύγα της Μεσογείου χαρακτηρίζεται ως ένας πολυφάγος εντομολογικός εχθρός, πολλών φυτικών ειδών. Ορισμένες δε καλλιέργειες, υφίστανται έως και ολοκληρωτική καταστροφή από τη δράση του εντόμου (Papadopoulos, 2008).

Η καταστροφική δράση του εντόμου ξεκινάει από την εναπόθεση του ωού. Το σημείο ωοτοκίας βυθίζεται ελαφρώς και περιφερειακά αποχρωματίζεται λόγω των σηπομένων ιστών. Στη συνέχεια, η προνύμφη τρέφεται από το ενδοκάρπιο. Από τη δράση της προνύμφης επεμβαίνουν και δραστηριοποιούνται δευτερογενείς παθογόνοι μύκητες, καταστρέφοντας περαιτέρω τους καρπούς. Εν τέλει, ο καρπός καθίσταται μη εμπορεύσιμος (Della Beffa, 1962; Alford, 2007).

Διεθνώς η μύγα της Μεσογείου αντιμετωπίζεται ως ένας σοβαρότατος εντομολογικός εχθρός. Σε χώρες τις κεντρικής και νοτίου Αμερικής όπως Γουατεμάλα, Κόστα Ρίκα, Μεξικό, Ονδούρα, Παναμά, Χιλή, εφαρμόζονται αυστηρά

και δαπανηρά προγράμματα αντιμετώπισης και καταπολέμησης της μύγας της Μεσογείου (Wharton et al., 1981; Montoya et al., 2005; Gonzalez & Troncoso, 2007; Reyes et al., 2007).

Τα τελευταία χρόνια, η Βραζιλία έχει πολύ χαμηλές ετήσιες εξαγωγές οπωροκηπευτικών, γεγονός το οποίο αποδίδεται στην παρουσία της μύγας της Μεσογείου (Rohde et al., 2012). Στην περίπτωση της Αργεντινής σημειώνεται ότι, οι ετήσιες απώλειες προσεγγίζουν τους 143.000 τόνους προϊόντων, οι οποίες εκφράζονται σε 37 εκατομμύρια δολάρια, ενώ τονίζεται ότι περίπου το 13% της συνολικής παραγωγής οπωροκηπευτικών προσβάλλεται από τη μύγα της Μεσογείου. Οι ετήσιες δαπάνες στη χώρα για την καταπολέμηση του εντόμου φθάνουν τα 10 εκατομμύρια δολάρια. Επιπλέον, εφαρμόζονται αυστηρά μέτρα καραντίνας στις εμπορικές συναλλαγές οπωροκηπευτικών με χώρες στις οποίες δεν έχει εγκατασταθεί το έντομο, επιφέροντας επιπλέον κόστος στα προϊόντα (Guillen & Sanchez, 2007; Onruski & Schliserman, 2012).

Στη βόρεια Αμερική το έντομο έχει εισέλθει επιβεβαιωμένα στη Χαβάη των ΗΠΑ, ενώ σποραδικές ανιχνεύσεις του εντόμου εντοπίζονται σε Καλιφόρνια και Φλόριντα. Στη Χαβάη, αν και τα επίπεδα του πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου είναι σε ανεκτά επίπεδα, εφαρμόζεται συντονισμένο σχέδιο αντιμετώπισης της. Υπό αμφισβήτηση τελεί η εγκατάσταση του εντόμου στην Καλιφόρνια. Εν τούτοις, αδιαμφισβήτητο γεγονός είναι η εφαρμογή πλέον των 250 προγραμμάτων “εκρίζωσης” του εντόμου από την περιοχή της Καλιφόρνιας (Bokonon – Ganta et al., 2007; Mau et al., 2007; Papadopoulos et al., 2013).

Οι Manrakhan και Addison (2014) αναφέρουν ότι, στη Νότιο Αφρική, η μύγα της Μεσογείου υπόκειται στο πλαίσιο ρυθμίσεων εντόμου καραντίνας. Τέλος, οι καλλιέργειες (εσπεριδοειδών, μηλοειδών και πυρηνόκαρπων) των Μεσογειακών χωρών πλήττονται από την παρουσία του εντόμου και τις καταστροφές του (Papadopoulos et al., 2001; Argov et al., 2011; Hafsi et al., 2015b).

1.2.7 Αντιμετώπιση του *Ceratitidis capitata*

Η ορθή διαχείριση του εντόμου αφορά τον κατάλληλο συνδυασμό, μεθόδων και τεχνικών, σε ένα πλαίσιο, μιας ενιαίας και ολοκληρωμένης στρατηγικής για την αντιμετώπισή του. Στη συνέχεια παρατίθενται και αναλύονται τα σημαντικότερα μέτρα ολοκληρωμένου ελέγχου της μύγας της Μεσογείου, τα οποία

κατηγοριοποιούνται ως βιολογικοί, γενετικοί, καλλιεργητικοί και χημικοί τρόποι καταπολέμησης (Sarango, 2009).

1.2.7.1 Ανίχνευση της παρουσίας, παρακολούθηση και μαζική παγίδευση των πληθυσμών της μύγας της Μεσογείου

Το πρωταρχικό στάδιο, δια την επιτυχή αντιμετώπιση της μύγας της Μεσογείου, χαρακτηρίζεται από την έγκαιρη ανίχνευση και την επιμελή παρακολούθηση του πληθυσμού της.

Χρησιμοποιούνται αρκετά είδη παγίδων και ελκυστικών για την ανίχνευση της παρουσίας του εντόμου και την αυστηρή επιτήρηση των πληθυσμιακών διακυμάνσεών του. Πιο συγκεκριμένα, οι παγίδες που τελούν υπό ευρεία χρήση είναι οι, Bucket, Jackson (Delta – trap, e – trap), Maxi Trap, Mcphail (Tephri – trap, Multilure – trap), Steiner και πολλές παραλλαγές τους (Katsoyannos, 1994; Dantas & Andrade, 2007; Lance et al., 2014). Βέβαια, ιδιαίτερη σημασία έχει το είδος του ελκυστικού που θα χρησιμοποιηθεί, διότι καθορίζει την αποτελεσματικότητα της παγίδας.

Οι παγίδες Bucket θεωρούνται καταλληλότερες από τις Jackson για τον έλεγχο μεγάλων πληθυσμών του εντόμου, διότι οι κολλητικές επιφάνειες των Jackson γεμίζουν από σκόνες, έντομα και καθίστανται μη χρηστικές (Cowley et al., 1990; Katsoyannos, 1994). Επίσης, από τους Wijesuriya και de Lima (1995), η Bucket χαρακτηρίζεται ως μια πιο εύχρηστη, φθηνότερη, λίαν ευσυντήρητη και ευπροσάρμοστη παγίδα στα διάφορα προγράμματα ανίχνευσης και παρακολούθησης, σε σχέση με την Jackson. Επιπλέον, η Maxi Trap αναφέρεται ως μια πολύ αποτελεσματική, αν και ακριβή, λύση για την παρακολούθηση του εντόμου (Broughton and Rahman, 2017). Τέλος, μια τροποποιημένη προσέγγιση της παγίδας Jackson, είναι η ηλεκτρονική παγίδα e – trap. Η χρήση της αποδεικνύεται ως μια ισοδύναμη επιλογή με τα συμβατικά μέσα παρακολούθησης, δίνοντας όμως την ευχέρεια της εξ αποστάσεως παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο, μέσω της έγκαιρης ενημέρωσης με αποστολή ηλεκτρονικών δεδομένων και την λήψη φωτογραφιών (Shaked *et al.*, 2017).

Η παραφερομένη trimedlure (TML), είναι από τα πιο κοινά και αποδοτικά χρησιμοποιούμενα ελκυστικά παγίδων ανίχνευσης (Bucket, Jackson και Steiner), αρσενικών ατόμων της μύγας της Μεσογείου (Warthen et al., 1993; Sarango, 2009; Navarro – Llopis, 2011; Flores et al., 2013; Lance et al., 2014; Tan et al., 2014;

Vargas et al., 2014). Επιπλέον, ως ελκυστικά αρσενικών ατόμων χρησιμοποιούνται, η ceralure, η coraene και η capilure (Jang et al., 1994, 2001; Broughton & Rahman, 2017).

Όσον αφορά την παγίδα McPhail και τις λοιπές τροφικές ελκυστικές παγίδες, η εφαρμογή και η αποτελεσματικότητά τους συνίσταται στη χρήση συνθετικών τροφικών ελκυστικών. Ιδιαίτερη απόδοση στη σύλληψη ενηλίκων του εντόμου έχουν τα, ammonium acetate, putrescine, trimethylamine, καθώς και λοιπά τροφικά ελκυστικά με βάση την αμμωνία. Η παγίδα McPhail με τη χρήση του κατάλληλου ελκυστικού μπορεί να προσελκύει το ίδιο ικανοποιητικά αρσενικά και θηλυκά άτομα του εντόμου (Mazor et al., 1987; Navarro – Llopis, 2008; Epsky et al., 2010, 2012; Lance et al., 2014; Quilici et al., 2014).

Τέλος, από πολλούς ερευνητές προτείνονται ως ελκυστικά, εκχυλίσματα και παράγωγα διαφόρων φυτικών ειδών. Τέτοια είδη είναι, η γκουάβα, διάφορα είδη εσπεριδοειδών, το καφεόδενδρο, το μάνγκο και η πιπερόριζα (*Zingiber officinale* Rosc.). Συγκεκριμένα δε, το εμπλουτισμένο έλαιο πιπερόριζας είναι ενδεχομένως, ένα εναλλακτικό και καλύτερο ελκυστικό από το trimedlure (Cosse et al., 1995; Jang, 1995; Prokopy & Vargas, 1996; Mwatawala et al., 2013; Quilici et al., 2014; Manrakhan et al., 2017).

Μια δοκιμασμένη και αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης του εντόμου είναι η μαζική παγίδευση, η οποία χρησιμοποιεί τα άνωθεν αναφερθέντα υλικά και ελκυστικά παγίδευσης. Η μέθοδος εφαρμόζεται με επιτυχία εναντίον του εντόμου, τουλάχιστον στα Μεσογειακά αγροοικοσυστήματα και επιπλέον χαρακτηρίζεται ως εξίσου αποτελεσματική με τα εντομοκτόνα (Navarro – Llopis et al., 2012; Navarro – Llopis & Vacas, 2014). Η λειτουργικότητα και η αποτελεσματικότητα της μεθόδου, εκτός των παγίδων και των ελκυστικών, έγκειται στη χωρική κατανομή και πυκνότητα των παγίδων, καθώς και σε προτεινόμενους συνδυασμούς με εντομοκτόνα (Medouni et al., 2010; Navarro – Llopis and Vacas, 2014).

1.2.7.2 Μέθοδος “attract – and – kill”

Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται μια νέα τεχνική για την αντιμετώπιση της μύγας της Μεσογείου, η οποία ονομάζεται “attract – and – kill” και εν ολίγοις αφορά την προσέλκυση και τη θανάτωση της, σε μία συσκευή θανάτωσης. Ειδικότερα, το έντομο προσελκύεται από ελκυστικό (συνήθως υδρολυμένη πρωτεΐνη) μίας συσκευής θανάτωσης, εντός της οποίας θανατώνεται, υπό τη επίδραση εντομοκτόνου όπως

κάποιου πυρεθροειδούς (alpha – cypermethrin, deltamethrin) (Bouagga et al., 2014; Asfers et al., 2018).

Σύμφωνα με πειραματικά αποτελέσματα των Navarro – Llopis *et al.* (2012), τόσο η μέθοδος “attract – and – kill” και όσο και η μαζική παγίδευση εμφανίζονται αποτελεσματικές, εφόσον μειώνουν τον πληθυσμό της μύγας της Μεσογείου, αλλά και τις απώλειες της παραγωγής από τη δράση της. Μια συσκευή θανάτωσης της μεθόδου “attract – and – kill”, που χρησιμοποιείται κυρίως για τον έλεγχο της μύγας της Μεσογείου είναι η MagnetMed, η οποία συνήθως συνδιάζεται με κατάλληλο εντομοκτόνο. Επιπλέον, πειραματικά δεδομένα έδειξαν ότι η μέθοδος “attract – and – kill” αποδεικνύεται ιδιαίτερα αποτελεσματική, μειώνοντας έως και 70% τον πληθυσμό της μύγας της Μεσογείου (Bouagga *et al.*, 2014). Η μέθοδος “attract – and – kill”, μπορεί να εφαρμοστεί, ως εναλλακτικό αντίμετρο, στη παραδοσιακή χρήση των εντομοκτόνων. Ενώ όταν οι συσκευές θανάτωσης της μεθόδου “attract – and – kill” χρησιμοποιούν κάποιο αποτελεσματικό ελκυστικό, δύνανται να αντικαταστήσουν τα συμβατικά συστήματα παγίδευσης, εξαιτίας του μικρού κόστους και της ευχρηστίας τους (Navarro – Llopis et al., 2012; Broughton & Rahman, 2017).

Κλείνοντας, επισημαίνεται ότι, η από κοινού χρήση των συμβατικών μεθόδων και της τεχνικής “attract – and – kill” μεγιστοποιεί τα αποτελέσματα της αντιμετώπισης της μύγας της Μεσογείου, ενώ παράλληλα προωθείται η μείωση των χρησιμοποιούμενων εντομοκτόνων εναντίον του εντόμου. Παρ’ όλα αυτά, η συνδυασμένη χρήση της μεθόδου “attract – and – kill” με την εφαρμογή εντομοκτόνου, δρα αποτελεσματικά στον έλεγχο του πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου, καταστέλλοντας πληθυσμιακές εξάρσεις της και διατηρώντας τις απώλειες της παραγωγής σε χαμηλά επίπεδα (Rahman & Broughton, 2016).

1.2.7.3 Μέθοδος εξαπόλυσης στειρωμένων εντόμων – “Sterile Insect Technique (SIT)”

Μια ακόμη μέθοδος που χρησιμοποιείται με επιτυχία, σε ευρείας κλίμακας προγράμματα ολοκληρωμένης καταπολέμησης της μύγας της Μεσογείου είναι η τεχνική των στειρωμένων εντόμων (SIT) (Enkerlin et al., 2015, 2017). Στη τεχνική αυτή γίνεται μαζική εξαπόλυση στειρωμένων αρσενικών του εντόμου, σε προκαθορισμένη περιοχή. Η στείρωση των αρσενικών επιτυγχάνεται, ακτινοβολώντας, μεγάλους πληθυσμούς του εντόμου, με ακτίνες – γ. Τα στείρα αρσενικά συζεύγνυνται με τα άγρια θηλυκά, διοχετεύοντας μη γόνιμο σπέρμα. Κατά

συνέπεια, τα άγρια θηλυκά παράγουν άγονα ωά (San Andres et al., 2007; Meza et al., 2018). Η μέθοδος στειρωμένων εντόμων θεωρείται πολύ αποτελεσματική, καθώς εφαρμόζεται ευρύτατα σε συστήματα ολοκληρωμένης διαχείρισης του εντόμου. Η μέθοδος είναι φιλική προς το περιβάλλον, ενώ επιπλέον αναφέρεται, η κοινωνική και πολιτική αποδοχή της, η οικονομική και τεχνολογική προοπτασιμότητα της, η μηδενική επίδραση σε λοιπούς φυσικούς εχθρούς (Dyck et al., 2005; Klassen, 2005).

Έρευνες έδειξαν ότι υπάρχουν παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα της τεχνικής των στειρωμένων εντόμων. Οι Papadopoulos *et al.* (2001) απέδειξαν ότι, η στενή επαφή των εργαστηριακά εκτρεφόμενων αρσενικών με τραυματισμένα πορτοκάλια αλλά και με τα εξιδρώματα των πληγών τους, προσέδωσε στα αρσενικά ένα προβάδισμα στη σεξουαλική ανταγωνιστικότητα (ικανότητα σύζευξης). Επιπροσθέτως, έδειξαν ότι, η κατανάλωση των χημικών ουσιών του καρπικού στρώματος *flavedo*, ενδεχομένως να σχετίζεται με βελτίωση της συζευκτικής ικανότητας των αρσενικών. Αυτό το πειραματικό αποτέλεσμα ενδέχεται να λειτουργήσει εξαιρετικά για την μέθοδο εξαπόλυσης στειρωμένων αρσενικών, με σκοπό την καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου. Μία άλλη έρευνα έδειξε ότι η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου στηρίζεται ως επί των πλείστων, στην ανταγωνιστικότητα που επιδεικνύουν τα στειρωμένα αρσενικά έναντι των αγρίων αρσενικών, για τις συζεύξεις με τα θηλυκά. Έτσι λοιπόν, προτάθηκε, η έκθεση των στειρωμένων αρσενικών σε έλαιο ρίζας πιπερόριζας, δίνοντας ενθαρρυντικά αποτελέσματα για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας τους και κατ' επέκταση αυξάνοντας το ποσοστό ωοτοκίας άγονων ωών, στους καρπούς (Shelly *et al.*, 2005). Επίσης, οι Papadopoulos *et al.* (2006) παρουσιάζουν ότι, η εφαρμογή αιθερίου ελαίου ρίζας πιπερόριζας και πορτοκαλιού, σε εργαστηριακά εκτρεφόμενα αρσενικά της μύγας της Μεσογείου, βελτιώνουν τη συζευκτική ικανότητά τους. Κατά τη διενέργεια του πειράματος, τα αιθέρια έλαια χορηγήθηκαν με επαφή (πτέρυγες, κοιλιακή χώρα) και με εισπνοή (άρωμα) στα αρσενικά και σχεδόν σε όλες τις εφαρμογές τα αποτελέσματα έδειξαν μεγαλύτερο ποσοστό συζεύξεων των στειρωμένων αρσενικών έναντι των αγρίων αρσενικών, κατά την εφαρμογή της μεθόδου εξαπολύσεως στειρωμένων αρσενικών. Οι de Aquino *et al.* (2016) παρατήρησαν ότι, ειδική διατροφή των εργαστηριακά, εκτρεφόμενων αρσενικών μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχούς σύζευξης. Συγκεκριμένα απέδειξαν ότι, η χρήση της σκόνης του αφροδισιακού φυτού *Paullinia cupana* Kunth (Sapindales: Sapindaceae)

στην διατροφή των εργαστηριακά εκτρεφόμενων αρσενικών, αύξησε τα ποσοστά σύζευξης των αρσενικών.

Τέλος, σε πολλές χώρες, όπου εντοπίστηκε το πρόβλημα της μύγας της Μεσογείου, υπήρξε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την εφαρμογή της SIT, το οποίο εκδηλώθηκε με τη δαπάνη μεγάλων ποσών, για την παραγωγή και την εξαπόλυση στείρων εντόμων. Τέτοιες χώρες που χρησιμοποίησαν ή εξακολουθούν να εφαρμόζουν την τεχνική για την αντιμετώπιση του εντόμου είναι, η Αργεντινή, η Γουατεμάλα, οι ΗΠΑ, η Ιορδανία, η Ισπανία, το Ισραήλ, το Μεξικό, το Περού, η Χιλή (Bakri et al., 2005; Hendrichs et al., 2005; Klassen, 2005; Parker, 2005).

1.2.7.4 Μέθοδος χημικής καταπολέμησης

Η χημική καταπολέμηση είναι μια πάγια και αποτελεσματική μέθοδος που εφαρμόζεται εναντίον της μύγας της Μεσογείου. Κατά τις προηγούμενες δεκαετίες έγινε υπερεντατική χρήση οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων με αποτέλεσμα τη δημιουργία προβλημάτων ανθεκτικότητας (Stark & Vargas, 2009; Urbaneja et al., 2009; Couso – Ferrer et al., 2011). Έτσι, τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες και έρευνες για την αντικατάσταση των παλαιών εντομοκτόνων, με νέα. Πιο συγκεκριμένα, οι Urbaneja *et al.* (2009) έδειξαν ότι, το malathion, το phosmet και το βιολογικό εντομοκτόνο spinosad έχουν μεγάλη αποτελεσματικότητα εναντίον του εντόμου, προκαλώντας υψηλή θνησιμότητα. Επίσης, τα νεονικοτινοειδή, imidacloprid και thiamethoxam, εμφανίζουν τοξική δράση για το έντομο και μπορούν να μειώσουν τον πληθυσμό του (Raga and Sato, 2011).

Στοιχεία από χώρες της Μεσογείου δείχνουν ότι γίνεται εκτεταμένη χρήση εντομοκτόνων (acetamiprid, azadirachtin, deltamethrin, dimethoate, fenthion, lambda cyhalothrin, malathion, methidathion, spinosad βιολογικό), δημιουργώντας προβλήματα υπολειμματικότητας, καθώς και τοξικότητας σε διάφορους φυσικούς εχθρούς (Harbi et al., 2017; Elaini & Mazih, 2018). Στην Ελλάδα δεν επισημαίνονται προβλήματα ανθεκτικότητας του εντόμου για, το deltamethrin και το spinosad (Voudouris *et al.*, 2018). Σχετικά σύγχρονες μελέτες έδειξαν ότι, το βιολογικό spinosad, λόγω της τοξικής του δράσης, προκαλεί υψηλή θνησιμότητα στα ενήλικα του εντόμου και επομένως μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια εν δυνάμει εναλλακτική λύση, ιδίως στις χώρες της Μεσογείου (Chueca *et al.*, 2007).

Ακόμα, οι Zapata *et al.*, (2006) εκτίμησαν τη δράση, του pymetrozine, του triflumuron και των φυσικών πυρεθρινών μαζί με το piperonil butoxide, σε σχέση με

το malathion, αποδεικνύοντας ότι, τόσο το pymetrozine όσο και το triflumuron δεν είχαν την αναμενόμενη αποτελεσματικότητα εναντίον του εντόμου. Ωστόσο, το pymetrozine επηρέασε έμμεσα τους πληθυσμούς του εντόμου, μειώνοντας τη γονιμότητα των ενηλίκων. Από την άλλη μεριά οι φυσικές πυρεθρίνες μαζί με το piperonil butoxide εμφάνισαν ισοδύναμη αποδοτικότητα με το malathion, προκαλώντας υψηλή θνησιμότητα των ενηλίκων του εντόμου. Τέλος, προτείνουν τη χρήση του pymetrozine σε προγράμματα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης του εντόμου, διότι με τη δράση του μπορεί να μειώσει τους πληθυσμούς, σε τέτοια επίπεδα, ώστε να καθίστανται αντιμετώπισιμοι από τους φυσικούς εχθρούς.

1.2.7.5 Μέθοδοι βιολογικής αντιμετώπισης

Η βιολογική μέθοδος αντιμετώπισης προσανατολίζεται στην έρευνα και διαχείριση των φυσικών εχθρών της μύγας της Μεσογείου. Επίσης, εφαρμόζεται η διαδικασία εκτροφής και εξαπόλυσης των φυσικών εχθρών του εντόμου, είτε εισαγομένων ή ιθαγενών, ώστε να μειωθεί ο πληθυσμός του. Παρακάτω γίνεται παράθεση ορισμένων εκ των σημαντικότερων φυσικών εχθρών της μύγας της Μεσογείου.

Οι Papadopoulos και Katsoyannos, το 1999, κατέγραψαν για πρώτη φορά το παρασιτοειδές, *Aganaspis daci* Weld (Hymenoptera: Figitidae), σε φυσικό πληθυσμό της μύγας της Μεσογείου, στη χώρα μας (Papadopoulos and Katsoyannos, 2003). Η αποτελεσματικότητα του παρασιτοειδούς δοκιμάστηκε με απελευθέρωση εναντίον του *C. capitata*, εμφανίζοντας χαμηλά ποσοστά παρασιτισμού, αλλά με ικανή ανταγωνιστική ή και συνεργιστική δράση συνδυασμένο με άλλα παρασιτοειδή (El – Heneidy *et al.*, 2016). Η παραπάνω παραδοχή επιβεβαιώνεται από τα συμπεράσματα μιας πρόσφατης έρευνας, η οποία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι, ο παράλληλος συνδυασμός των παρασιτοειδών, *A. daci* και *D. longicaudata*, εμφανίζει έναν βελτιωμένο και αυξημένο παρασιτισμό του *C. capitata* (de Pedro *et al.*, 2018a). Παρ' όλα αυτά, μία άλλη ερευνητική προσπάθεια αναφέρει ότι, το *A. daci* ήταν το πιο πολυάριθμο παρασιτοειδές της μύγας της Μεσογείου, σε καλλιέργειες λωτών και γκουάβας στη Συρία, ενώ παράλληλα, εντάχθηκε στο βιολογικό πλαίσιο διαχείρισης επιβλαβών εντόμων σε πολλές χώρες (Ali *et al.*, 2015). Ένα χρόνο αργότερα, οι Ali *et al.* (2016) επανέρχονται, καταγράφοντας τη σπουδαιότητα του *A. daci* στον παρασιτισμό της μύγας της Μεσογείου, τονίζοντας και πάλι την κυριαρχία του παρασιτοειδούς έναντι άλλων παρασιτοειδών. Επιπροσθέτως, αρκετές μελέτες

έδειξαν ότι, το *A. daci* προκαλεί υψηλή θνησιμότητα στο *C. capitata* (de Pedro *et al.*, 2017a).

Στη Χαβάη, έγινε εισαγωγή, εξαπόλυση και εν τέλει επιτυχημένη εγκατάσταση παρασιτοειδών που ανήκουν στις οικογένειες Braconidae, Chalcididae και Eulophidae της τάξης Hymenoptera, ώστε να αντιμετωπιστεί η μύγα της Μεσογείου (Muhammad, 2015). Επιπλέον, τόσο το *Fopius ceratitivorus* Wharton, παρασιτοειδές ωών και προνυμφών του *C. capitata* όσο και το *D. kraussii* των προνυμφών του, χαρακτηρίζονται από καλή και μακρόβια εγκατάσταση, σε διάφορες περιοχές του Ισραήλ (Argov and Gazit, 2008). Ένα άλλο πετυχημένο παράδειγμα αναφέρεται από τους Montoya *et al.* (2005), οι οποίοι συμπεραίνουν, κατόπιν εξαπολύσεων σε φυτείες καφεόδενδρων, ότι το είδος *D. longicaudata* εκδηλώνει μεγάλη τάση παρασιτισμού επί των προνυμφών, της μύγας της Μεσογείου. Εξίσου σημαντικό και ελπιδοφόρο θεωρείται το παρασιτοειδές *D. longicaudata*, στην Αργεντινή και σε άλλες περιοχές. Το παρασιτοειδές *D. longicaudata* επιβεβαιωμένα εμφανίζει υψηλό ρυθμό παρασιτισμού της μύγας της Μεσογείου και ως εκ τούτου προωθείται η μαζική εκτροφή και παραγωγή του, με σκοπό τις εξαπολύσεις εναντίον της (Sanchez *et al.*, 2016; Onruski & Schliserman, 2012; Harbi *et al.*, 2017). Επίσης, ως ένα σημαντικό παρασιτοειδές εμφανίζεται το *Diachasmimorpha tryoni* Cameron (Hymenoptera: Braconidae), το οποίο προκαλεί αξιοσημείωτο παρασιτισμό στο *C. capitata* (Wong *et al.*, 1991; Duan & Messing, 1999).

Επίσης, το *P. concolor* αναφέρεται σε πολλές έρευνες ως ένα κατάλληλο παρασιτοειδές των προνυμφών του *C. capitata* (Benelli *et al.*, 2013; Giunti *et al.*, 2016). Μεγάλο ενδιαφέρον εμφανίζει το είδος *F. arisanus*, το οποίο παρασιτεί ικανοποιητικά, ωά και νύμφες, του εντόμου (Rousse *et al.*, 2006). Το παραπάνω είδος, στη Χαβάη, θεωρείται καλά εγκατεστημένο και εξαιρετικά αποτελεσματικό εναντίον του *C. capitata*, καθώς επίσης επισημαίνεται η αποδοτική συνεργασία του με το *F. ceratitivorus* (Bokonon – Ganta *et al.*, 2007; Wang & Messing, 2002).

Στη νότια Αμερική, ως ευρύτατα διαδεδομένα, αναφέρονται τα παρασιτοειδή Braconidae, *Doryctobracon areolatus* (Szepligeti), *D. brasiliensis* (Szepligeti), *Uteles anastrephae* (Viereck) και *Opius bellus* (Gahan) (Leonel *et al.*, 1995; Uchoa, 2012). Επίσης, πειραματικά δεδομένα κατέγραψαν και αξιολόγησαν τη συνεργιστική δράση, ενός παρασιτοειδούς, του *Spalangia cameroni* (Perkins) (Hymenoptera: Pteromalidae) και ενός αρπακτικού, του *Pseudoophonus rufipes* (De Geer) (Coleoptera: Carabidae) (Tormos *et al.*, 2012). Γενικότερα, διάφορα είδη από τις

τάξεις, Araneae, Coleoptera, Dermaptera, έχουν δοκιμαστεί και αναγνωριστεί ως άρτια δυνητικά αρπακτικά των νυμφών της μύγας της Μεσογείου (Urbaneja *et al.*, 2006).

Διάφορες ερευνητικές προσπάθειες εκτίμησαν την αποτελεσματική εντομοπαθογόνο δράση των νηματωδών αναφέροντας ότι, α) η χρήση των *S. riobrave* και *Heterohabditis sp.* εναντίον του *C. capitata*, σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες, ήταν πολύ αποτελεσματική και ως εκ τούτου προωθείται η συμμετοχή τους στο βιολογικό πρόγραμμα διαχείρισής του (Gazit *et al.*, 2010), β) η εφαρμογή των ειδών *Steinernema feltiae*, *S. glaseri*, *H. bacteriophora* κατά του *C. capitata*, των προνυμφικών και νυμφικών σταδίων, καταγράφουν σημαντική θνησιμότητα (άνω του 85%) των προνυμφών του *C. capitata*, ενώ περιορισμένη αλλά εξίσου σημαντική εμφανίστηκε η θνησιμότητα των νυμφών του (Rohde *et al.*, 2012), γ) οι εντομοπαθογόνοι νηματώδεις, *Heterohabditis indica* και *Heterohabditis noenieputensis*, δρουν άμεσα παρασιτώντας τις προνύμφες της μύγας της Μεσογείου (James *et al.*, 2018).

Πολλά είδη μυκήτων και βακτηρίων, δρουν ως παθογόνα εντόμων, εμφανίζοντας διάφορα επίπεδα εντομοπαθογόνου αποτελεσματικότητας. Έτσι λοιπόν, η μύγα της Μεσογείου επηρεάζεται από την τοξική δράση του *B. thuringiensis* (Elleuch *et al.*, 2015). Επίσης, το έντομο εμφανίζει ευαισθησία έως και υψηλή θνησιμότητα από την εφαρμογή του ευρύτατα διαδεδομένου εντομοπαθογόνου μύκητα, *B. bassiana* (Imoulan *et al.*, 2011; Imoulan & Elmeziane, 2014). Επιπλέον, μεγάλη θνησιμότητα στα ενήλικα του εντόμου προκαλεί η χρήση των, *B. bassiana*, *Isaria fumosorosea* (Wize) και *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin (Ascomycota: Hypocreales), καθώς επίσης σημαντική θνησιμότητα εμφανίζεται στις νύμφες του εντόμου από τη δράση των *B. bassiana* και *I. fumosorosea* (Beris *et al.*, 2013).

1.2.7.6 Καλλιεργητικά μέτρα

Μεγάλη σπουδαιότητα στη διαδικασία περιορισμού και ελέγχου της μύγας της Μεσογείου έχουν τα καλλιεργητικά και τα φυτουγειονομικής σημασίας μέτρα. Αρχικά λοιπόν, προτείνεται η καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας και συγκεκριμένα των καρπών, ώστε να περιορίζονται οι θέσεις διαχείμασης και ανάπτυξης του εντόμου. Σημαντικό επίσης μέτρο είναι η εκρίζωση των αυτοφυών ξενιστών του εντόμου. Ακόμα, υποδεικνύεται ως αποτελεσματική τεχνική, η έκθεση

των καρπών σε ακραίες θερμοκρασίες, ώστε το έντομο να θανατώνεται εντός του καρπού. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η επιφανειακή καλλιέργεια του εδάφους, εκθέτει τις νύμφες του εντόμου σε χαμηλές θερμοκρασίες και σε φυσικούς εχθρούς. Η σωστή επιλογή ποικιλίας, με την κατάλληλη πρωιμότητα είναι ένα σημαντικό προληπτικό μέτρο περιορισμού του προβλήματος (Della Beffa, 1962; Bonnemaïson, 1969).

1.3 Το παρασιτοειδές, *Aganaspis daci* (Weld)

1.3.1 Γενικά

Για τα διάφορα είδη της οικογένεια των Tephritidae, αναφέρονται πολλοί και σπουδαίοι φυσικοί εχθροί. Η τάξη Hymenoptera συνεισφέρει αρκετούς φυσικούς εχθρούς των Tephritidae, που δρουν ως παρασιτοειδή. Ξεχωριστής σημασίας είναι η οικογένεια Figitidae, ενώ αξιόλογα παρασιτοειδή αναφέρονται από το γένος *Aganaspis*. Το γένος *Aganaspis* περιλαμβάνει λίγα περιγεγραφέντα είδη, εκ των οποίων σημαντικότερο θεωρείται το *Aganaspis daci* Weld (1951). Παλιότερα, το είδος αναφερόταν ως *Trybliographa daci* Weld (1951) και ανήκε στην οικογένεια Cynipidae (Weld, 1951; Clausen et al., 1965; Nunez – Bueno, 1982). Το *A. daci* τεκμηριωμένα καταγράφεται ως ένα αποτελεσματικό ενδοπαρασιτοειδές διαφόρων ειδών όπως *Bactrocera* sp και *C. capitata* (de Pedro et al., 2016; El – Heneidy et al., 2016; Soomro et al., 2016).

1.3.2 Γεωγραφική κατανομή και εξάπλωση του *Aganaspis daci*

Η πρώτη καταγραφή και περιγραφή του είδους *A. daci*, έλαβε χώρα το 1948, στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ασίας, στη Μαλαισία (Weld, 1951). Η εντοπισμός του εντόμου στην ευρύτερη περιοχή της νοτιοανατολικής Ασίας, σε Βόρνεο και Μαλαισία, επιβεβαιώνεται και από τους Clausen *et al.* (1965), επιπροσθέτως δε, παρουσία του εντόμου αναφέρεται σε Αυστραλία και Ινδία. Επίσης, οι Papadopoulos και Katsoyannos, το 1999, κατέγραψαν για πρώτη φορά την παρουσία του εντόμου στον ελλαδικό χώρο, στο νησί της Χίου και επιπλέον ότι, η εμφάνιση του εντόμου επισημαίνεται ως ο πρώτος καταγεγραμμένος υπαίθριος, φυσικός παρασιτισμός της μύγας της Μεσογείου από το *A. daci*, σε παγκόσμιο επίπεδο (Papadopoulos and Katsoyannos, 2003). Όπως φαίνεται, το *A. daci*, θεωρείται ευπροσάρμοστο στις περιβαλλοντικές συνθήκες της Μεσογείου και ως εκ τούτου παρατηρείται η ταχύτατη

εγκατάστασή του και σε άλλες χώρες της Μεσογειακής λεκάνης (de Pedro *et al.*, 2017a). Τέτοια χαρακτηριστικά παραδείγματα χωρών εξάπλωσης του παρασιτοειδούς είναι, η Αίγυπτος, η Ισπανία, το Ισραήλ, η Συρία (Hosni *et al.*, 2011; Ali *et al.*, 2015; Harbi *et al.*, 2016). Η ευρύτερη γεωγραφική εξάπλωση του παρασιτοειδούς οφείλεται εν μέρει, στην εισαγωγή, στην εκτροφή και στην εξαπόλυσή του, εναντίον διαφόρων Terphritidae, σε πολλές χώρες. Ήδη από το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα αναφέρεται η εξαπόλυση και εγκατάσταση του παρασιτοειδούς, στη Γαλλία (Nunez – Bueno, 1982), στο Μεξικό (Jimenez – Jimenez, 1956), στις ΗΠΑ, Φλόριντα (Nunez – Bueno, 1982; Baranowski *et al.*, 1993) και Χαβάη (Clausen *et al.*, 1965), καθώς και σε άλλες χώρες της λατινικής Αμερικής. Παρ’ όλα αυτά, σε πολλές περιπτώσεις, η εγκατάσταση του *A. daci* θεωρείται αμφίβολη (Wharton *et al.*, 1981).

1.3.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του *Aganaspis daci*

Το ενήλικο έχει γενικό χρωματισμό μαύρο γυαλιστερό, αλλά τα σωματικά εξαρτήματα, της κάτω γνάθου, της κοιλιακής χώρας, των ποδιών έχουν χρώμα κοκκινωπό (Weld, 1951). Γενικά, τα αρσενικά έχουν μικρότερο μέγεθος από τα θηλυκά. Τα θηλυκά έχουν μήκος σώματος από 2 έως 2.85 mm, ενώ των αρσενικών κυμαίνεται μεταξύ 1.55 – 2.8 mm (Εικόνα 9 & 10). Παρ’ όλα αυτά, το μήκος του εντόμου μπορεί να φθάσει έως και 3.5 mm. Η κεφαλή είναι λεία και η επάνω επιφάνειά της είναι ελαφρώς ευρύτερη του θώρακος. Οι οφθαλμοί φέρουν διάσπαρτες τρίχες (Weld, 1951; Diaz *et al.*, 2006; Andleeb *et al.*, 2010). Οι κεραιές έχουν τη μορφή αλυσίδας σφαιριδίων και είναι χωρισμένες σε 13 τμήματα για τα θηλυκά και σε 15 τμήματα για τα αρσενικά. Το μήκος των κεραιών φτάνει περίπου τα 2 mm (Weld, 1951). Το πρώτο θωρακικό τμήμα έχει μέγεθος το μισό πλάτος της κεφαλής, με διευρυμένα άνω όρια και με λείες, απαλές πλευρές. Το μέσο θωρακικό τμήμα έχει στιλπνό μαύρο χρώμα και φέρει διάσπαρτες τρίχες. Το αμέσως επόμενο θωρακικό τμήμα “scutellum”, έχει μήκος που προσεγγίζει το 75% του μήκους του μέσου θωρακικού τμήματος. Στη βάση του φέρει λείες εμβυθύνσεις. Ο θωρακικός δίσκος εμφανίζεται διάστικτος, επιμήκης και λιγότερο ευρύς, με το οπίσθιο τμήμα του στρογγυλεμένο. Οι πτέρυγες έχουν ένα ελαφρύ θόλωμα και εμφανίζονται κροσσωτές, φέρουσες λέπια ή ελαφριά χνώωση. Οι νευρώσεις έχουν σκούρο, καφέ χρωματισμό. Το μήκος των πτερύγων φτάνει τα 3.7 mm. Γενικά, τα ενήλικα εμφανίζονται με αρκετά αδύνατο και πεπλατυσμένο σωματότυπο (Clausen *et al.*, 1965). Η κοιλιακή χώρα είναι πεπιεσμένη, πεπλατυσμένη και σχετικά επιμήκης. Ο ωσθέτης

χαρακτηρίζεται ως εύκαμπτος, τριχοειδής και οξυκατάληκτος, με έκταση που προσεγγίζει το μήκος του σώματος (Clausen *et al.*, 1965). Κατά την ωοτοκία, ο ωοθέτης εκτείνεται προς τα έξω και εν συνεχεία διπλώνεται με τη μορφή σπείρας στο εσωτερικό της κοιλιακής χώρας (Weld, 1951).



Εικόνα 9 & 10. Ενήλικο θηλυκό (αριστερά) και αρσενικό (δεξιά) του ενδοπαρασιτοειδούς, *Aganaspis daci*.

Τα ωά, του παρασιτοειδούς *A. daci*, είναι έμμισχα (ποδίσκος) και περιβάλλονται από λεπτό, ελαστικό και ημιδιαφανές χορίον (Tormos *et al.*, 2013). Ο ποδίσκος σταδιακά εξαφανίζεται. Το μέγεθος των ωών αυξάνει σταδιακά φτάνοντας σε μέγεθος τριπλάσιο του αρχικού, μέχρι την εμφάνιση των προνυμφών πρώτης ηλικίας (Nunez – Bueno, 1982). Άλλοι ερευνητές εκτίμησαν το μήκος του, προσεγγιστικά, σε 0.51 mm και το μέγιστο πλάτος σε 0.29 mm (Tormos *et al.*, 2013). Μετά την παρέλευση τριημέρου από την ωοτοκία, το ωό καλύπτεται, εξωτερικά του χορίου, από ακανόνιστες διεσπαρμένες, μελανού χρώματος περιοχές (Nunez – Bueno, 1982).

Το παρασιτοειδές αναπτύσσει τέσσερις προνυμφικές ηλικίες (Hosni *et al.*, 2011). Η προνύμφη πρώτης ηλικίας είναι ημιδιαφανής και έχει λευκό χρώμα. Το σχήμα της μοιάζει κυλινδρικό και το μήκος της φτάνει τα 0.91 mm. Αναφέρεται δε, από τη Nunez – Bueno (1982) ότι, η προνύμφη αυξάνει σε μέγεθος και το τελικό μήκος της μπορεί να φθάσει 1.098 mm. Η προνύμφη διαμορφώνει μία επιμήκη κεφαλή και εμφανίζει έντεκα σωματικά τμήματα (Tormos *et al.*, 2013). Στην κεφαλή, στο εσωτερικό του στόματος σχηματίζεται η κάτω γνάθος. Επιπλέον, εμφανείς είναι οι διαδικασίες διαφοροποίησης και σχηματισμού, των θωρακικών και των κοιλιακών τμημάτων. Στην άκρη της προνυμφικής κατασκευής αναπτύσσεται ένα

λεπτό και μακρύ, ακανθώδες ουραίο τμήμα, το μήκος του οποίου υπερβαίνει το μισό του μήκους της προνύμφης (Tormos *et al.*, 2013).

Κατά τη δεύτερη ηλικία της προνυμφικής ανάπτυξης, η προνύμφη εμφανίζεται ως μια σχεδόν κυλινδρικού σχήματος και κιτρίνου έως λευκίζοντος χρωματισμού κατασκευή. Η προνύμφη έχει μήκος 1.06 mm. Η προνύμφη φέρει κοντή και σαρκώδη κεφαλή, με εξωτερικά προσαρτημένη στοματική θηλή. Οι κοιλιακές και ραχιαίες πλευρές της προνύμφης διαμορφώνονται με κυματοειδή διατομή και στο οπίσθιο τμήμα αναπτύσσεται μια αρκετά μικρή ουραία κατασκευή (Tormos *et al.*, 2013). Ενώ, παράλληλα δε, συνεχίζεται η διαφοροποίηση του προνυμφικού σώματος σε δεκατρία τμήματα (Nunez – Bueno, 1982).

Η τρίτη ηλικία της προνυμφικής ανάπτυξης χαρακτηρίζεται από, την παρουσία πόρων στο πρώτο κοιλιακό τμήμα, την εμφάνιση στοματικών μορίων και την οριστικοποίηση της θέσης της πυγαιάς περιοχής. Το σώμα της προνύμφης είναι κυρτό και έχει κίτρινο χρωματισμό, με λευκά θωρακικά και κοιλιακά επάρματα. Το σώμα της προνύμφης είναι μήκους 2.65 mm (Tormos *et al.*, 2013).

Η προνύμφη τέταρτης ηλικίας έχει μια λευκίζουσα χρώση, φέρουσα μικρά λευκά επάρματα στα κοιλιακά τμήματα. Το σχήμα της προνύμφης είναι κυλινδρικό, με καλά ανεπτυγμένους πλευρικούς λοβούς. Η οριζόντια σωματική έκταση της προνύμφης είναι 2.81 mm, αν και σύμφωνα με άλλες έρευνες, το μήκος της είναι 2.93 mm και το πλάτος 1.49 mm (Nunez – Bueno, 1982; Tormos *et al.*, 2013). Στην περιοχή της κεφαλής γίνεται η διαμόρφωση των σκληριτών, καθώς επίσης αναφέρεται η ανάπτυξη δύο θηλοειδών εξαρτημάτων, δια των οποίων σχηματίζονται οι κεραίες. Επιπλέον, εμφανείς είναι οι οδοντοειδείς αποφύσεις της κάτω γνάθου. Επίσης, στα κοιλιακά τμήματα, από το δεύτερο έως το δέκατο, αναφέρονται 9 ζεύγη πλευρικών ανοιγμάτων. Παρατηρείται δε, η τελική διαμόρφωση του πυγαίου ανοίγματος (Clausen *et al.*, 1965; Tormos *et al.*, 2013).

Μετά το πέρας του προνυμφικού σταδίου, το έντομο νυμφώνεται. Κατά το στάδιο αυτό, το έντομο είναι αδέσμευτο, έχοντας ελεύθερα διάφορα σωματικά μέρη όπως τις κεραίες, τα πόδια και τις πτέρυγες. Αρχικά, η νύμφη έχει χρώμα λευκό, ενώ στη συνέχεια, αποκτάει πιο σκούρο χρώμα. Το μήκος της νύμφης εκτιμάται στα 1.82 mm. Ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο της νύμφωσης είναι η παρουσία εξογκωμάτων στην κοιλιακή περιοχή (Tormos *et al.*, 2013). Τέλος, η σωματική ανάπτυξη, καθώς και πολλοί βιολογικοί και οικολογικοί δείκτες, όλων των αναπτυξιακών σταδίων του

παρασιτοειδούς, δύνανται να επηρεάζονται και να καθορίζονται από το είδος του ξενιστή (Weld, 1951; Andleeb et al., 2010; Harbi et al., 2016; Soomro et al., 2016).

1.3.4 Βιολογία του *Aganaspis daci*

Οι Tormos *et al.* (2013), ερεύνησαν τη βιολογία του *A. daci*, με ξενιστή τη μύγα της Μεσογείου. Παρατήρησαν ότι, η διάρκεια του κύκλου ζωής (ωό – ακμαίο) είναι περίπου 32 – 33 ημέρες, στους 25 °C. Τα αρσενικά συζεύγονται με τα θηλυκά, άμεσα μόλις αυτά εξέλθουν (Tormos *et al.*, 2013). Αρχικά, η έναρξη της ζωής του παρασιτοειδούς ξεκινάει κατά την εμβρυακή φάση, δηλαδή την απόθεση ενός ωού, στην αιμολέμφο, της ανεπτυγμένης προνύμφης του ξενιστή (Nunez – Bueno, 1982; Hosni et al., 2011). Η φάση αυτή διαρκεί 3 – 4 ημέρες. Επίσης, σε μελέτη των Hosni *et al.* (2011) αναφέρεται ότι, η κάθε ωοθήκη περιλαμβάνει περίπου 80 ωά και η αναπαραγωγική ικανότητα του κάθε θηλυκού προσδιορίζεται στα 32 – 55 ωά. Στη συνέχεια, τα εκκολαφθέντα ωά αναπτύσσονται σε προνύμφη πρώτης ηλικίας. Η προνύμφη εκδύεται, διαβιούσα ακόμα ενδοπαρασιτικά και κατόπιν μετατρέπεται σε προνύμφη δεύτερης ηλικίας. Η πρώτη προνυμφική ηλικία διαρκεί περίπου 4 – 5 ημέρες. Η δεύτερη προνυμφική ηλικία ολοκληρώνεται περίπου σε 4 ημέρες. Κατόπιν, εμφανίζεται η προνύμφη τρίτης ηλικίας, η οποία εξέρχεται από την αιμολεμφική κοιλότητα, σηματοδοτώντας έτσι, την εκτοπαρισιτική μετάβασή της. Δηλαδή, η προνύμφη διατρυπώντας τους ιστούς του ξενιστή, προς το ραχιαίο θωρακικό τοίχωμα, διαχέεται μεταξύ των τοιχωμάτων του νυμφικού κελίου και του σώματος του ξενιστή (Nunez – Bueno, 1982). Η προνύμφη, τρίτης ηλικίας, του *A. daci*, τρέφεται από την παρασιτισμένη νύμφη του εντόμου. Η διάρκεια ολοκλήρωσης της τρίτης προνυμφικής ηλικίας φτάνει περίπου τις 4 ημέρες. Εφόσον, η προνύμφη εκδυθεί, εισέρχεται στη τέταρτη ηλικία προνυμφικής ανάπτυξης. Η προνύμφη τέταρτης ηλικίας θεωρείται πλήρως ανεπτυγμένη προνύμφη και τρέφεται με τα εναπομείναντα μέρη της παρασιτισμένης νύμφης του ξενιστή, καταλαμβάνοντας το μεγαλύτερο μέρος του νυμφικού κελίου. Η ανεπτυγμένη προνύμφη χαρακτηρίζεται από νωχελική διάθεση και μια βραδύτητα στις κινήσεις. Η τελευταία αυτή προνυμφική ηλικία διαρκεί περίπου 5 – 6 ημέρες. Η ανάπτυξη της προνύμφης σε απεκδυματοποιημένη ώριμη προνύμφη ή αλλιώς “prepupa”, είναι μια μεταβατική ηλικία, κατά την οποία γίνεται παύση της ανάπτυξης και ταχύτατη κυτταρική διαφοροποίηση. Έτσι, η προνύμφη μεταβαίνει σε κατάσταση νύμφωσης. Το στάδιο της νύμφης διαρκεί περίπου 9 ημέρες (Tormos *et al.*, 2013). Τελικά, τα ενήλικα του παρασιτοειδούς

εξέρχονται από το νυμφικό κελί, δημιουργώντας μια μικρή, κυκλική οπή εξόδου. Οι Papadopoulos και Katsoyannos (2003), παρατήρησαν το φαινόμενο της πρωτανδρίας στο παρασιτοειδές, με ξενιστή τη μύγα της Μεσογείου, δηλαδή πιο γρήγορη έξοδο των ενηλίκων αρσενικών έναντι των θηλυκών. Έτσι λοιπόν, τα αρσενικά εμφανίζονται πρώτα και ακολουθούν τα θηλυκά έπειτα από 2 – 3 ημέρες (Tormos *et al.*, 2013). Τέλος, εικάζεται ότι, το *A. daci* εισέρχεται σε διάπαυση κατά τους χειμερινούς μήνες (Ali *et al.*, 2016).

Κάποιες έρευνες που αφορούσαν τη βιολογία του *A. daci*, με ξενιστή το *Bactrocera zonata* Saunders (Diptera: Tephritidae), έδειξαν διαφορετικά χρονικά διαστήματα, για το κάθε αναπτυξιακό στάδιο των ανηλικών μορφών του. Ειδικότερα, η χρονική διάρκεια ολοκλήρωσης, α) του εμβρυακού σταδίου ήταν 2 – 3 ημέρες, β) της προνύμφης πρώτης ηλικίας 2 – 3 ημέρες, γ) της προνύμφης δεύτερης ηλικίας 1 – 2 ημέρες, δ) της προνύμφης τρίτης ηλικίας 1 – 3 ημέρες, ε) της προνύμφης τέταρτης ηλικίας 3 – 5 ημέρες, ζ) της “prepupa” 1 – 3 ημέρες και η) της νύμφης 10 – 12 ημέρες.

Σύμφωνα με την έρευνα των Andleeb *et al.* (2010), τα ενήλικα αρσενικά εξέρχονται έπειτα από 12 ημέρες, χρησιμοποιώντας ως ξενιστή προνύμφες του *B. zonata*. Στην ίδια μελέτη υπολογίζεται ολόκληρη η διάρκεια του βιολογικού κύκλου, σε 16 – 18 ημέρες για τα αρσενικά και σε 18 – 20 ημέρες για τα θηλυκά άτομα του παρασιτοειδούς.

Μερικώς διαφοροποιημένα παρουσιάζονται τα χρονικά διαστήματα των αναπτυξιακών σταδίων του *A. daci*, όταν αναπτύχθηκε σε ξενιστή, *Anastrepha suspensa* Loew (Diptera: Tephritidae) (Nunez – Bueno, 1982). Τονίζεται επίσης, το φαινόμενο της πρωτανδρίας για το παρασιτοειδές, το οποίο επιβεβαιώνεται και σε αυτή την περίπτωση, με την πρωταρχική εμφάνιση των ενηλίκων αρσενικών, σε 26 – 28 ημέρες και την έξοδο των θηλυκών σε 28 – 30 ημέρες. Επισημαίνεται ότι, τα ενήλικα θηλυκά έχουν διάρκεια ζωής περίπου 19 ημέρες, ενώ τα ενήλικα αρσενικά κοντά στις 17 ημέρες (Nunez – Bueno, 1982).

Διάφοροι βιοτικοί και αβιοτικοί παράγοντες επηρεάζουν κρίσιμες βιολογικές και οικολογικές παραμέτρους του παρασιτοειδούς. Πιο συγκεκριμένα, η γονιμότητα και κατ' επέκταση ο παρασιτισμός του *A. daci* σχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος (Harbi *et al.*, 2016; de Pedro *et al.*, 2017a). Παράλληλα επισημαίνεται ότι, τόσο σε υψηλές (άνω των 30 °C) όσο και σε χαμηλές (15 °C) θερμοκρασίες, παρατηρείται χαμηλός ρυθμός επιβίωσης (de Pedro *et al.*,

2016; Harbi et al., 2016). Η Nunez – Bueno (1982) παρατηρεί ότι η θερμοκρασία επηρεάζει τη μακροβιότητα των ενηλίκων του παρασιτοειδούς. Αυξανόμενης της θερμοκρασίας μειώνεται η διάρκεια ζωής των ενηλίκων. Αντιθέτως, η σχετική υγρασία δε φαίνεται να επηρεάζει τη διάρκεια ζωής τους, τουλάχιστον στο εύρος (50 – 70%) στο οποίο πραγματοποιήθηκε η εν λόγω μελέτη.

Σε εργαστηριακές συνθήκες, η γονιμότητα του παρασιτοειδούς, με ξενιστή τη μύγα της Μεσογείου, επηρεάζεται ελαφρώς από τη θερμοκρασία, ενώ επίσης παρατηρείται μια αξιοσημείωτη αύξηση της γονιμότητας σε σχέση με την πυκνότητα του ξενιστή. Επίσης, σε θερμοκηπιακές συνθήκες, η γονιμότητα του παρασιτοειδούς επηρεάζεται, ως ένα βαθμό και από τη θέση του προσβεβλημένου καρπού. Σύμφωνα λοιπόν με τα πειραματικά αποτελέσματα, το μέσο ύψος του παρασιτισμού προσβεβλημένων μήλων (από μύγα της Μεσογείου), εντός κλωβών επί της επιφανείας του εδάφους υπολογίστηκε περίπου 38% και εμφανίστηκε μεγαλύτερο συγκριτικά με την περίπτωση κατά την οποία τα προσβεβλημένα μήλα τοποθετήθηκαν εντός κλωβών κρεμάμενων από δένδρο (πορτοκαλιάς). Στην δεύτερη περίπτωση, ο παρασιτισμός, κατά μέσο όρο έφτασε περίπου το 29% (de Pedro *et al.*, 2017b).

Επιπλέον, τόσο η σύζευξη και όσο και η ωοτοκία των θηλυκών, επηρεάζουν αρνητικά τη διάρκεια ζωής τους, ενώ επισημαίνεται ότι τα συζευγμένα θηλυκά εμφανίζουν μεγαλύτερο αναπαραγωγικό δυναμικό, σε σχέση με τα ασύζευκτα (de Pedro *et al.*, 2018b). Το γεγονός της αυξημένης θνησιμότητας των θηλυκών στις περιπτώσεις αυτές αποδίδεται τόσο στη δράση των συνοδών εκκριμάτων που μεταφέρονται από τα αρσενικά κατά τη σύζευξη όσο και στο κόστος της παραγωγής και της απόθεσης ωών εντός των προνυμφών.

1.3.5 Το παρασιτοειδές *A. daci* ως παράγοντας βιολογικού ελέγχου

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το παρασιτοειδές κατάγεται από τη νοτιοανατολική Ασία. Συγκεκριμένα δε, ως κέντρο καταγωγής του αναφέρονται οι χώρες, Βόρνεο, Μαλαισία, Ταιβάν (Weld, 1951, Clausen et al., 1965, Lin, 1987). Κατά το έτος 1949, το παρασιτοειδές *A. daci*, εξετράφη επί του *Bactrocera umbrosa* Fabricius (Diptera: Tephritidae), κατόπιν δε εισήχθη και εγκαταστάθηκε στη Χαβάη, των ΗΠΑ (Weld, 1951). Επίσης, εισαγωγή και εξαπόλυση του παρασιτοειδούς διενεργήθηκε στο Μεξικό, εναντίον ειδών του γένους *Anastrepha*. Εν τέλει, το *A. daci* εγκαταστάθηκε με επιτυχία στο Μεξικό (Jimenez – Jimenez, 1956). Παράλληλα, αναφέρεται η

εισαγωγή του παρασιτοειδούς, από τη Γαλλία και στη Φλόριντα, με στόχο τη βιολογική αντιμετώπιση του *A. suspensa*. Αλλά, τα αποτελέσματα, υστέρη από αρκετές εξαπολύσεις, δεν παρουσιάστηκαν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά (Nunez – Bueno, 1982), αν και ο πληθυσμός του παρασιτοειδούς εγκαταστάθηκε αλλά επανέκαμψε, σε μικρές πληθυσμιακές πυκνότητες (Baranowski *et al.*, 1993). Επιπλέον, αναφέρεται ότι, στη Γαλλία έγιναν επιτυχημένες εξαπολύσεις του παρασιτοειδούς, εναντίον της μύγας της Μεσογείου.

Στην Αυστραλία, το παρασιτοειδές εξέρχεται σε μεγάλους αριθμούς από παρασιτισμένες νύμφες, του *Bactrocera jarvisi* Tryon και του *B. tryoni* Froggatt (Diptera: Tephritidae), καθιστώντας το ιδιαίτερα σημαντικό, δυνητικό βιολογικό παράγοντα ελέγχου. Επίσης, παρατηρούνται και άλλοι ξενιστές του παρασιτοειδούς όπως το *B. dorsalis* Hardy, *Dacus incisus* Walker, *Bactrocera cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae) και διάφορα είδη του γένους *Drosophila* (Drosophiidae) (Clausen *et al.*, 1965).

Οι Shah *et al.* (2014) δημιούργησαν πληθυσμούς του παρασιτοειδούς *A. daci*, με ξενιστή το *B. zonata*. Τα αποτελέσματα εξαπολύσεων έδειξαν ότι έγινε επιτυχής εγκατάσταση του *A. daci*, γεγονός το οποίο επιβεβαιώθηκε από τον αξιοσημείωτο παρασιτισμό και τη μείωση του πληθυσμού του *B. zonata*. Τέλος, προνύμφες διαφόρων ειδών Tephritidae εδόθησαν για παρασιτισμό από το *A. daci*, με σκοπό την αξιολόγηση του παρασιτισμού του, υπό εργαστηριακές συνθήκες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υψηλότερος ρυθμός παρασιτισμού εμφανίζεται στο *B. zonata*, περίπου με 12%. Για τα είδη, *B. dorsalis* και *B. cucurbitae*, τα ποσοστά παρασιτισμού τους, προσεγγίζουν το 9% και το 7%, αντίστοιχα. Τέλος δε, το χαμηλότερο ποσοστό παρασιτισμού αναφέρεται για το είδος *Carpomya vesuviana* Costa (Diptera: Tephritidae), το οποίο πλησιάζει το 5% (Soomro *et al.*, 2016).

Σε ότι αφορά τη μύγα της Μεσογείου, μελέτες τόσο σε εργαστηριακές όσο και σε θερμοκηπιακές συνθήκες έδειξαν ότι, η πληθυσμιακή πυκνότητα του ξενιστή, επηρεάζει το ρυθμό παρασιτισμού του από το *A. daci* (de Pedro *et al.*, 2017b). Επιπλέον, σε ότι αφορά την εποχική δραστηριότητα, το *A. daci* έχει την τάση να παρασιτεί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, δίνοντας κατά μέσο όρο παρασιτισμό 27% επί του *C. capitata*, σε Μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα. Επίσης, ο παρασιτισμός της μύγας της Μεσογείου από το *A. daci* ήταν υψηλότερος κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες (de Pedro *et al.*, 2017a). Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα και, από τους Harbi *et al.* (2016), οι οποίοι αναφέρουν ότι, το υψηλότερο ποσοστό

παρασιτισμού του *A. daci* επί της μύγας της Μεσογείου, ήταν περίπου 49%, το μήνα Δεκέμβριο, ενώ το χαμηλότερο έφτανε το 21% και καταγράφηκε τον Ιούλιο, σε συνθήκες υπαίθρου.

Σε νύμφες της μύγας της Μεσογείου που συλλέχθηκαν από το έδαφος καλλιεργείων, γκουάβας και μουσμουλιάς, τα ποσοστά παρασιτισμού από το *A. daci* ήταν 14.1% και 10.4%, αντίστοιχα (Ali *et al.*, 2015). Το *A. daci* ήταν σχεδόν το μοναδικό και κατά συνέπεια, το κυρίαρχο παρασιτοειδές, το οποίο εξήχθη εκ του συνόλου των νυμφών *C. capitata*, των δυο καλλιεργείων. Σε παρόμοια έρευνα, το *A. daci* εμφάνισε αξιόλογα επίπεδα παρασιτισμού νυμφών του *C. capitata*, σε καλλιέργειες, γκρέιπφρουτ (30.7%), ροδακινιάς (18.3%) και γκουάβας (16.1%). Επιπλέον, το *A. daci* χαρακτηρίστηκε ως κυρίαρχο, διότι ήταν το μοναδικό παρασιτοειδές που εμφανίστηκε, από τις παρασιτισμένες νύμφες των τριών καλλιεργείων, ενώ παράλληλα αντιπροσώπευε το 99.1% του συνόλου των παρασιτοειδών που ανακτήθηκαν από τις νύμφες του *C. capitata* (Ali *et al.*, 2016).

Στον ελλαδικό χώρο, η πρώτη καταγραφή φυσικού παρασιτισμού της μύγας της Μεσογείου από το *A. daci* έγινε στο νησί της Χίου, το 1999, σε νύμφες που ανακτήθηκαν από σύκα (Papadopoulos and Katsoyannos, 2003). Έκτοτε, το παρασιτοειδές εντοπίζεται κάθε χρόνο στο συγκεκριμένο νησί. Επιπλέον, το *A. daci* εντοπίστηκε πρόσφατα στους Νομούς Μαγνησίας και Αττικής σε νύμφες της μύγας της Μεσογείου που προήλθαν από προσβεβλημένους καρπούς εσπεριδοειδών (μανταρίνια και νεράντζια) (Χ. Ιωάννου προσωπικές παρατηρήσεις, Δ. Παπαχρήστος προσωπική επικοινωνία), ενώ αντίστοιχες αναφορές υπάρχουν και για περιοχές της Ισπανίας (de Pedro *et al.*, 2016). Τέλος, το παρασιτοειδές ανακτήθηκε και από νύμφες της μύγας της κερασιάς *Rhagoletis cerasi* (Linnaeus), που συλλέχθηκαν από βιολογικούς οπωρώνες της Αγίας Λάρισας το 2016 (Χ. Ιωάννου προσωπικές παρατηρήσεις). Τα παραπάνω στοιχεία υποδεικνύουν τη μόνιμη εγκατάσταση και τη συνεχή εξάπλωση του *A. daci* στον ευρύτερο χώρο της Μεσογείου, γεγονός που το καθιστά ως ένα ιδιαίτερα ελκυστικό υποψήφιο για την περαιτέρω αξιοποίησή του ως φυσικό εχθρό ειδών της οικογένειας Tephritidae.

1.4 Σκοπός της παρούσας διατριβής

Παρά τις εκτεταμένες προσπάθειες αναζήτησης αποτελεσματικών φυσικών εχθρών του δάκου της ελιάς, τα μέχρι στιγμής στοιχεία δεν είναι ενθαρρυντικά. Ως κυριότερες αιτίες θεωρούνται βιολογικοί και οικολογικοί περιορισμοί που δεν επιτρέπουν την αποτελεσματική αντιμετώπιση του εντόμου σε βάθος χρόνου. Η αναζήτηση νέων δυνητικών φυσικών εχθρών του δάκου της ελιάς, προσαρμοσμένων στις κλιματικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής, αποτελεί την πλέον ενδεδειγμένη προσέγγιση. Μια τέτοια περίπτωση αποτελεί το εγκατεστημένο σε πολλές περιοχές της χώρας μας, *A. daci*. Έτσι, σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η συλλογή στοιχείων αναφορικά με τη βιοοικολογία και αρμοστικότητα του *A. daci*, σε ξενιστή δάκο της ελιάς σε σχέση με τη μύγα της Μεσογείου που αποτελεί τον τυπικό ξενιστή εκτροφής του συγκεκριμένου παρασιτοειδούς. Ειδικότερα, μελετήθηκαν παράμετροι όπως η επιβίωση και η διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων του *A. daci* στους δύο ξενιστές, σε τέσσερις σταθερές θερμοκρασίες (15, 20, 25 και 30°C), η μακροζωία και η σχέση με το μέγεθος των ενηλίκων, καθώς και η γονιμότητα των θηλυκών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. Γενικά Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Συνθήκες εργαστηρίου

Τα πειράματα της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκαν στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι εργαστηριακές συνθήκες, κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων ήταν, θερμοκρασία 25 ± 1 °C, σχετική υγρασία $60 \pm 10\%$ και φωτοπερίοδος 14Φ:10Σ, με έναρξη της φωτόφασης στις 07:00 και λήξη στις 21:00. Ο φωτισμός προερχόταν από λαμπτήρες φθορίου, συνεπικουρούμενος από φυσικό φως, που εισερχόταν από μεγάλα παράθυρα, τα οποία βρίσκονταν στη βόρεια και την ανατολική πλευρά του εργαστηριακού χώρου.

2.2 Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν και μέθοδος εκτροφής τους

2.2.1 Μέθοδος εκτροφής του δάκου της ελιάς, *Bactrocera oleae*

Η αρχική εγκατάσταση της εργαστηριακής αποικίας δάκου της ελιάς βασίστηκε στη συλλογή νυμφών από προσβεβλημένους ελαιόκαρπους, που μαζεύτηκαν από ελαιώνες της ευρύτερης περιοχής της Μαγνησίας.

Τα ενήλικα που προέκυψαν, διατηρούνταν σε ξύλινους κλωβούς, διαστάσεων 30 x 30 x 30 cm, που είχαν τις τρεις πλευρές του καλυμμένες με πλαστικό πλέγμα και στη μία (πρόσθια) έφεραν υάλινη επιφάνεια. Στο εσωτερικό τους διαβιούσαν περίπου 300 – 350 ενήλικα άτομα και των δύο φύλων. Η διατροφικές ανάγκες των ενηλίκων καλύπτονταν από την παρουσία στερεού μίγματος, υδρολυμένης πρωτεΐνης και ζάχαρης, σε αναλογία 1:4. Το τροφικό μείγμα τοποθετούνταν σε πλαστικά τρυβλία Petri, διαμέτρου 9 cm, ενώ παράλληλα στους κλωβούς, υπήρχε ένα πλαστικό δοχείο χωρητικότητας 120 ml που περιείχε νερό, στο οποίο τα ενήλικα είχαν πρόσβαση μέσω ενός φυτιλιού. Η τροφή και το νερό ανανεώνονταν σε εβδομαδιαία βάση.

Για τη διατήρηση της αποικίας, προσφέρονταν στα θηλυκά ελαιόκαρποι των ποικιλιών, Πηλίου και Χαλκιδικής. Οι ελαιόκαρποι προέρχονταν από ελαιώνες της περιοχής του Νομού Μαγνησίας και ήταν στο πλέον κατάλληλο στάδιο ωρίμανσης για ωτοκία από το έντομο, δηλαδή πλήρους μεγέθους και πράσινου ή σκούρου πράσινου χρώματος. Μετά τη συλλογή τους, οι ελιές εμβαπτιζόνταν σε κατάλληλο

διάλυμα μυκητοκτόνου (Νεοτοψίν 70% WG), για περίπου 10 δευτερόλεπτα, με σκοπό την αποφυγή μετασυλλεκτικών σήψεων. Στη συνέχεια, αφού στέγνωσαν, τοποθετούνταν ανά ποικιλία, σε γυάλινα δοχεία εντός ψυκτικού θαλάμου, θερμοκρασίας 6 – 7 °C. Πριν προσφερθούν στα θηλυκά για ωοτοκία, οι ελιές αποψύχονταν για ένα χρονικό διάστημα λίγων ωρών, σε θερμοκρασία 25 °C. Οι ελαιόκαρποι προσφέρονταν για ωοτοκία από έντομο, τοποθετημένοι στο πάτο του κλωβού, σχετικά αραιά διατεταγμένοι μεταξύ τους, ώστε να διευκολύνεται η πρόσβαση των θηλυκών (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Παρασιτισμός ελιών, εντός κλωβού εκτροφής του δάκου της ελιάς.

Ο παρασιτισμός διαρκούσε περίπου δύο ώρες και ολοκληρωνόταν όταν το πλείστο των καρπών έφερε 3 – 4 νύγματα ωοτοκίας. Μετά το πέρας της διαδικασίας, οι ελιές απομακρύνονταν, προσεκτικά, από τους κλωβούς και τοποθετούνταν επάνω σε λινάτσα ελαφρώς εμποτισμένη με νερό εντός πλαστικών λεκανών (Εικόνα 12).



Εικόνα 12. Ελιές, σε βρεγμένη λινάτσα, εντός λεκάνης.

Οι λεκάνες αφήνονταν στους 25 °C και σκεπάζονταν ελαφρώς με πλαστικό κάλυμμα για τη διατήρηση κατάλληλης υγρασίας στο εσωτερικό τους, προκειμένου να μην αφυδατώνονται οι καρποί. Η εξέλιξη των προσβεβλημένων ελαιόκαρπων στις λεκάνες παρατηρούνταν, σε καθημερινή βάση, φροντίζοντας για την παροχή επιπρόσθετης υγρασίας, μέσω ψεκασμού, εφόσον απαιτούταν. Επιπλέον, απομακρύνονταν οι ελιές που εμφάνιζαν σήψεις και μυκηλιακές υφές, καθώς και κατεστραμμένοι, συρρικνωμένοι και ξηραμένοι ελαιόκαρποι, για την αποφυγή επιμολύνσεων. Έπειτα από την παρέλευση 12 – 15 ημερών, ξεκινούσε η έξοδος των προνυμφών, η οποία διαρκούσε περίπου πέντε ημέρες.

Οι συλλεχθείσες προνύμφες τοποθετούνταν για νύμφωση, σε στρώμα αποστειρωμένης άμμου 3 – 4 mm, εντός πλαστικών τρυβλίων Petri, διαμέτρου 9 cm (Εικόνα 13).



Εικόνα 13. Τρυβλίο νύμφωσης προνυμφών του δάκου της ελιάς, με άμμο.

Με το πέρασμα δέκα περίπου ημερών εμφανίζονταν τα πρώτα ενήλικα του δάκου της ελιάς, εντός των τρυβλίων. Τα τρυβλία, με τα ενήλικα και τις λοιπές νύμφες, τοποθετούνταν και ανοίγονταν στους κλωβούς εκτροφής.

2.2.2 Μέθοδος εκτροφής της μύγας της Μεσογείου, *Ceratitis capitata*

Στο πλαίσιο της διεξαγωγής πειραμάτων με τη μύγα της Μεσογείου, χρησιμοποιήθηκαν έντομα από αποικίες της εργαστηριακής φυλής “Μπενάκειο”, που διατηρούνται στο εργαστήριο, για μεγάλο αριθμό γενεών. Η εκτροφή των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου γινόταν σε ξύλινους κλωβούς διαστάσεων 30 x 30 x 30 cm, όμοιους με εκείνους που περιγράφηκαν προηγουμένως. Ο πληθυσμός του κάθε κλωβού κυμαινόταν στα 200 – 300 άτομα και των δύο φύλων. Τα ενήλικα είχαν πρόσβαση σε νερό και τροφή, ακριβώς όπως στην περίπτωση του δάκου της ελιάς. Τα θηλυκά ωοτοκούσαν σε κοίλα, διάτρητα, πλαστικά ημισφαίρια, χρώματος κόκκινου, πάχους 1.5 mm και διαμέτρου 5 cm. Καθ’ ένα από τα τεχνητά υποστρώματα ωοτοκίας έφερε 100 ομοιόμορφα κατανεμημένες οπές διαμέτρου 1 mm, μέσα στις οποίες τα θηλυκά εισήγαγαν τον ωοθήτη τους και απέθεταν τα ωά τους στο εσωτερικό των ημισφαιρίων (Εικόνα 14). Το κάθε ημισφαίριο ήταν προσαρμοσμένο σε κυκλική οπή διαμέτρου 5 cm που είχε γίνει στο κάλυμμα ενός πλαστικού τρυβλίου Petri διαμέτρου 5.5 cm. Στη βάση του τρυβλίου υπήρχε νερό που διατηρούσε τη σχετική υγρασία κάτω από το ημισφαίριο επαρκώς υψηλή, ώστε τα θηλυκά να ωοτοκούν.



Εικόνα 14. Τεχνητό υπόστρωμα ωοτοκίας της μύγας της Μεσογείου.

Τα θηλυκά αφήνονταν να ωοτοκήσουν στα τεχνητά υποστρώματα, για διάστημα μίας ημέρας. Κατόπιν, τα ωά συλλέγονταν με μαλακό πινέλο, από την εσωτερική πλευρά του ημισφαιρίου και αποθέτονταν επί κυκλικών δισκίων βάμβακος. Τα δισκία βάμβακος ήταν εμποτισμένα με τεχνητή τροφή, για την ανάπτυξη των προνυμφών. Τα ωά αφήνονταν επί του βάμβακος, σε κατάλληλη πυκνότητα (100 – 150 ωά) και γραμμοειδώς διατεταγμένα. Η τεχνητή τροφή περιείχε, 100 gr ζάχαρης, 100 gr μαγιά μύρας, 50 gr αλεύρου σόγιας, 2 gr μίγματος αλάτων, 8 gr ασκορβικού οξέος, 8 gr κιτρικού οξέος, 1.5 gr προπιονικού νατρίου, διαλυμένα σε 500 ml νερού. Οι δίσκοι βάμβακος τοποθετούνταν εντός υάλινων, αποστειρωμένων με αλκοόλη, τρυβλίων Petri, διαμέτρου 9 cm. Τα τρυβλία καλύπτονταν με το πάμα τους και τοποθετούνταν εντός λεκανών που έφεραν άμμο ως υπόστρωμα νύμφωσης. Μετά την παρέλευση τετραημέρου, αφαιρούνταν τα καλύμματα των τρυβλίων και εφαρμοζόταν ένα επιπλέον βαμβάκι εμποτισμένο με τεχνητή τροφή. Ύστερα από τρεις – τέσσερις ημέρες, οι ανεπτυγμένες προνύμφες εξέρχονταν των τρυβλίων και νυμφώνονταν στην άμμο (Εικόνα 15).



Εικόνα 15. Τρυβλία με υπόστρωμα τεχνητής τροφής για την ανάπτυξη των προνυμφών της μύγας της Μεσογείου.

Μετά από 3 – 4 ημέρες, οι νύμφες απομακρύνονταν από την άμμο με, κοσκίνισμα και τοποθετούνταν σε πλαστικά τρυβλία Petri (διαμέτρου 9 cm), έως την έξοδο των πρώτων ενηλίκων (Εικόνα 16). Το διάστημα εξόδου των ενηλίκων κυμαίνονταν περίπου σε 8 – 9 ημέρες από την ημερομηνία της νύμφωσης.



Εικόνα 16. Τρυβλία με νύμφες της μύγας της Μεσογείου.

2.2.3 Μέθοδος εκτροφής του παρασιτοειδούς, *Aganaspis daci*

Η αποικία που χρησιμοποιήθηκε για την διενέργεια των πειραμάτων του *Aganaspis daci* προερχόταν από το Valencian Institute of Agrarian Research της Ισπανίας, όπου διατηρείται από το 2010, σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου.

Τα ενήλικα των δύο φύλων (200 – 300 άτομα), διατηρούνταν σε κλουβιά Plexiglas 20 x 20 x 20 cm, που είχαν τις τρεις πλευρές τους καλυμμένες με λεπτή οργαντίνη, έχοντας πρόσβαση σε νερό και τροφή (μέλι). Η εκτροφή της αποικίας του παρασιτοειδούς γινόταν σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου της φυλής του Μπενακείου. Για το σκοπό αυτό, συλλέγονταν ώριμες προνύμφες 3^{ης} ηλικίας και μεταφέρονταν στην οργαντίνη της οροφής των κλουβιών εντός ενός πώματος τρυβλίου Petri, διαμέτρου 9 cm. Στο πώμα τοποθετούνταν ένα γυάλινο κυλινδρικό δοχείο διαμέτρου 8,5 cm και ύψους 8 cm γεμάτο νερό που με το βάρος του δεν επέτρεπε στις προνύμφες να διαφύγουν. Τα θηλυκά του *A.daci* εισχωρούσαν τον ωοθέτη τους δια μέσου της οργαντίνης παρασιτώντας τις προνύμφες που δραστηριοποιούνταν στο εσωτερικό του τρυβλίου. Η διάρκεια του παρασιτισμού κυμαίνονταν από 1 έως 1.5 ώρες, ανάλογα με τον αριθμό των προνυμφών της μύγας και την ηλικία των παρασιτοειδών. Μετά το πέρας της διαδικασίας, οι προνύμφες μεταφέρονταν σε πλαστικά δοχεία, με αποστειρωμένη άμμο για νύμφωση. Στη συνέχεια οι νύμφες κοσκινίζονταν και τοποθετούνταν σε πλαστικά τρυβλία Petri, διαμέτρου 9 cm.

Έπειτα από περίπου 10 ημέρες, εξέρχονταν τα ενήλικα άτομα της μύγας της Μεσογείου από τις μη παρασιτισμένες προνύμφες και απομακρύνονταν. Από τις επιτυχώς παρασιτισμένες νύμφες, τα ενήλικα του παρασιτοειδούς εξέρχονταν μετά από ένα μήνα, στους 25 °C, από την ημερομηνία του παρασιτισμού των προνυμφών.

Τα πρώτα θηλυκά παρασιτοειδή εξέρχονταν 2 – 3 ημέρες, μετά την εμφάνιση των πρώτων αρσενικών (Εικόνα 17). Τα τρυβλία με τα ενήλικα παρασιτοειδή ανοίγονταν, κάθε φορά, εντός νέου κλωβού εκτροφής.



Εικόνα 17. Νεαρό αρσενικό *Aganaspis daci*, που μόλις εξήλθε από παρασιτισμένη νύμφη της μύγας της Μεσογείου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Μελέτη βιολογικών παραμέτρων του *Aganaspis daci*, σε προνύμφες και νύμφες του δάκου της ελιάς και της μύγας της Μεσογείου

3.1 Εισαγωγή

Παρά τις εκτεταμένες μελέτες αναφορικά με τη βιολογία του ενδοπαρασιτοειδους *A. daci* επί διαφόρων ειδών της οικογένειας Terphritidae, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω δεν υπάρχουν στοιχεία που να αφορούν στο δάκο της ελιάς. Η συλλογή της συγκεκριμένης πληροφορίας αποτελεί το πρώτο και σημαντικό βήμα προκειμένου να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου φυσικού εχθρού ως προς το δεδομένο ξενιστή. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε μια σειρά πειραμάτων που αφορούν τη συλλογή στοιχείων αναφορικά με τη βιοοικολογία και αρμοστικότητα του *A. daci* σε ξενιστή δάκο της ελιάς σε σχέση με τη μύγα της Μεσογείου, που αποτελεί τυπικό ξενιστή του. Ο στόχος της παρούσας συγκριτικής μελέτης αφορά την τεκμηριωμένη διαπίστωση κατά την οποία το *B. oleae* δύναται να υποστηρίξει κρίσιμες παραμέτρους που σχετίζονται με την επιβίωση και την εν γένει αποτελεσματικότητα του παρασιτοειδούς.

3.2 Επιβίωση, διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του παρασιτοειδούς *A. daci* και σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ενηλικών, σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου και δάκο της ελιάς, σε τεσσέρις σταθερές θερμοκρασίες (15, 20, 25 και 30 °C)

Υλικά και Μέθοδοι

Το κεφάλαιο αυτό, αφορά την επιβίωση και τη διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων (ωό, προνύμφη, νύμφη) του παρασιτοειδούς, σε ξενιστές το δάκο της ελιάς και τη μύγα της Μεσογείου, σε τέσσερις σταθερές θερμοκρασίες (15, 20, 25 και 30 °C), καθώς επίσης και τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ενηλικών που προέκυψαν.

Για το σκοπό αυτό 10 αρσενικά και 10 θηλυκά του *A.daci*, ηλικίας 5 – 10 ημερών, χωρίς προηγούμενη εμπειρία ωοτοκίας μεταφέρονταν από τις αποικίες σε κυβικά κλουβία Plexiglas 15 x 15 x 15 cm έχοντας πρόσβαση σε νερό και τροφή

(μέλι). Την επόμενη ημέρα τους προσφέρονταν 50 ώριμες προνύμφες 3^{ης} ηλικίας, είτε του δάκου της ελιάς είτε της μύγας της Μεσογείου, εντός ενός πώματος τρυβλίου Petri, διαμέτρου 5 cm. Όπως και στην περίπτωση της εκτροφής, οι προνύμφες τοποθετούνταν στην οργαντίνα της οροφής των κλουβιών και περιορίζονταν στο εσωτερικό του τρυβλίου. Στο επάνω μέρος του πώματος, τοποθετούνταν ένα πλαστικό κυλινδρικό δοχείο χωρητικότητας 120 ml, γεμάτο νερό, που με το βάρος του δεν επέτρεπε στις προνύμφες να διαφύγουν. Η διάρκεια του παρασιτισμού ήταν 1.5 ώρα. Στη συνέχεια, οι προνύμφες μεταφέρονταν σε πλαστικά τρυβλία Petri διαμέτρου 5 cm που περιείχαν ένα λεπτό στρώμα (3 – 4 mm) αποστειρωμένης άμμου, για τη διευκόλυνση της νύμφωσης. Αμέσως μετά, τα τρυβλία τοποθετούνταν σε 4 σταθερές θερμοκρασίες, 15, 20, 25 και 30 °C, εντός κλιβάνων με σταθερή φωτοπερίοδο, 14Φ:10Σ. Για την κάθε θερμοκρασία και τον κάθε ξενιστή πραγματοποιήθηκαν 5 επαναλήψεις (παρασιτισμοί των 50 προνυμφών), αποφέροντας συνολικά 250 νύμφες, σε κάθε περίπτωση (Εικόνα 18 & 19). Επιπλέον, πραγματοποιήθηκαν δύο επαναλήψεις, σε κάθε θερμοκρασία και ξενιστή, αξιοποιώντας την ίδια ακριβώς μεθοδολογία, με τη διαφορά ότι, στα κυβικά κλουβιά δεν υπήρχαν παρασιτοειδή. Οι δύο αυτές επαναλήψεις λειτούργησαν ως μάρτυρες της επιβίωσης των δύο ξενιστών (δάκου της ελιάς και μύγας της Μεσογείου), στις διαφορετικές θερμοκρασίες. Σε κάθε περίπτωση, καταμετρήθηκε ο αριθμός των ενηλίκων των ξενιστών (δάκος της ελιάς και μύγα της Μεσογείου) και των παρασιτοειδών που εξήλθαν. Επίσης προσδιορίστηκε η διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων (ωό, προνύμφη, νύμφη) του *A.daci* σε κάθε θερμοκρασία, λαμβάνοντας υπόψη το διάστημα από την ημέρα του παρασιτισμού έως την εμφάνιση των ενηλίκων.



Εικόνα 18 & 19. Πενήντα παρασιτισμένες νύμφες, της μύγας της Μεσογείου (αριστερά) και του δάκου της ελιάς (δεξιά), από το *A. daci*.

Συνολικά, ο υπολογισμός της διάρκειας ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων (ωό, προνύμφη, νύμφη), της κάθε μεταχείρισεως (θερμοκρασία), προσδιορίστηκε από την ημερομηνία παρασιτισμού έως την έξοδο των ενηλίκων (αρσενικών και θηλυκών) των δύο ξενιστών. Όσον αφορά τον υπολογισμό του ποσοστού επιβίωσης των ανηλικών σταδίων του *A. daci* στους δύο ξενιστές, εκτιμήθηκε το ποσοστό παρασιτισμού βάσει του ποσοστού εξόδου των ενηλίκων, σε κάθε θερμοκρασία και σε ξενιστή. Επίσης, προσεγγίστηκε το ποσοστό θνησιμότητας του πληθυσμού, σε κάθε θερμοκρασία (μεταχείριση) βάσει του ποσοστού παρασιτισμού και της προκαλούμενης θνησιμότητας των νυμφών των ξενιστών λόγω του παρασιτοειδούς (χωρίς να υπάρχει έξοδος των ενηλίκων του παρασιτοειδούς), η οποία περιγράφεται από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Προκαλούμενη θνησιμότητα πληθυσμού (\%)} = \{(\text{Θνησιμότητα παρασιτισμού \%} - \text{Θνησιμότητα μάρτυρα \%}) / (100 - \text{Θνησιμότητα μάρτυρα \%})\} \times 100.$$

Τα ενήλικα που προέκυπταν από την κάθε θερμοκρασία και τον κάθε ξενιστή, κατά την ημέρα της εμφάνισής τους, θανατώνονταν σε αιθυλική αλκοόλη 96%, εντός φιαλιδίων, τύπου Eppendorf, χωρητικότητας 1.5 ml και καταψύχονταν στους -20°C , μέχρι τον προσδιορισμό των παραμέτρων της σωματομετρίας τους. Σε κάθε ενήλικο προσδιορίζονταν το μέγιστο πλάτος της αριστερής πτέρυγας, το μήκος της κνήμης του οπισθίου αριστερού ποδιού, ενώ στα θηλυκά προσδιορίζονταν και το μήκος του ωοθέτη. Το κάθε δείγμα μεταφέρονταν σε ένα γυάλινο τρυβλίο Petri, διαμέτρου 9 cm, εντός μίας σταγόνας νερού. Με τη χρήση δύο λεπτών λαβίδων γινόταν η έκπτυξη των

σωματικών μερών, που επρόκειτο να μετρηθούν κάτω από το στερεοσκόπιο (ZEIZZ Discovery, V12). Κατόπιν, το κάθε δείγμα φωτογραφίζονταν και η εκτίμηση των σωματομετρικών παραμέτρων γινόταν με την ψηφιακή επεξεργασία των φωτογραφιών, με το πρόγραμμα Image J (Rueden *et al.*, 2012). Στις θερμοκρασίες 25 και 20 °C καταγράφηκαν 32 – 40 ενήλικα, από το κάθε φύλο. Στους 15 °C, επειδή η επιβίωση των ενηλίκων του *A. daci* ήταν εξαιρετικά χαμηλή (2.8 και 15.2 σε ξενιστή δάκο της ελιάς και μύγα της Μεσογείου αντίστοιχα) χρησιμοποιήθηκαν 300 επιπλέον παρασιτισμένες προνύμφες στη συγκεκριμένη θερμοκρασία από κάθε ξενιστή. Αυτό συνέβη προκειμένου να αυξηθεί ο διαθέσιμος αριθμός των επαναλήψεων σε ότι αφορά, τόσο τη διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων όσο και των ενηλίκων, που ήταν διαθέσιμα για τον υπολογισμό των σωματομετρικών παραμέτρων τους.

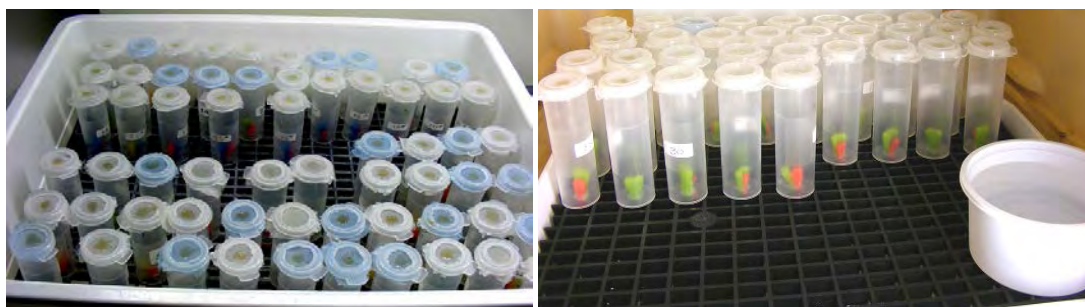
Τέλος, σε ότι αφορά τη θερμοκρασία των 30 °C, η επιβίωση των ανηλικών σταδίων του παρασιτοειδούς ήταν μηδενική και στους δύο ξενιστές με συνέπεια να μην υπάρχουν μετρήσεις της σωματομετρίας. Προκειμένου να υπάρξει απόλυτη βεβαιότητα ότι η ανάπτυξη στους 30 °C δεν επιτρέπει την επιβίωση των ανηλικών σταδίων του *A. daci* στους δύο ξενιστές, πραγματοποιήθηκαν δύο κύκλοι επαναλήψεων στη συγκεκριμένη θερμοκρασία που οδήγησαν στο ίδιο συμπέρασμα.

3.3. Διάρκεια ζωής των ενηλίκων του παρασιτοειδούς *A. daci*, που προήλθαν από ξενιστή μύγα της Μεσογείου και δάκο της ελιάς, σε τέσσερις σταθερές θερμοκρασίες (15, 20, 25 και 30 °C)

Υλικά και Μέθοδοι

Το κεφάλαιο αυτό αφορά τη διάρκεια ζωής των ενηλίκων του παρασιτοειδούς, που προήλθαν από τους ξενιστές, δάκο της ελιάς και μύγα της Μεσογείου, σε τέσσερις σταθερές θερμοκρασίες και συγκεκριμένα στους 15, 20, 25 και 30 °C. Για το σκοπό αυτό, ζεύγη αποτελούμενα από ένα αρσενικό και ένα θηλυκό *A. daci*, που μόλις είχαν εξέλθει από νύμφες τόσο του δάκου της ελιάς όσο και της μύγας της Μεσογείου, μεταφέρονταν σε μικρά κλουβιά και επιμερίζονταν, σε κλιβάνους των 4 διαφορετικών θερμοκρασιών. Η ανάπτυξη των ανηλικών σταδίων του παρασιτοειδούς στους δύο ξενιστές πραγματοποιήθηκε στους 25 °C. Το κάθε ζεύγος μεταφέρονταν σε ημιδιαφανή, πλαστικά, κυλινδρικά δοχεία διαμέτρου 3 cm και ύψους 8 cm. Στην οροφή του κάθε κλουβιού υπήρχε λεπτή οργαντίνα εμποτισμένη με

μέλι ως τροφή ενώ στον πυθμένα υπήρχε ένα φυτίλι, που έρχονταν σε επαφή με νερό (Εικόνες 20 & 21).



Εικόνα 20 & 21. Μικρά κλουβιά που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη της μακροζωίας των ενηλίκων του *Aganaspis daci*.

Σύμφωνα με το πλάνο εκτροφής του παρασιτοειδούς *A. daci*, καθώς και με την ως άνω περιγεγραφέα μεθοδολογία παρασιτισμού, διατέθηκαν περί των 1500 εξ ημισείας διηρημένων προνυμφών, δάκου της ελιάς και μύγας της Μεσογείου, με σκοπό τον παρασιτισμό τους και την εξασφάλιση του απαραίτητου πληθυσμού ενηλίκων παρασιτοειδών, για την παρακολούθηση της διάρκειας ζωής τους.

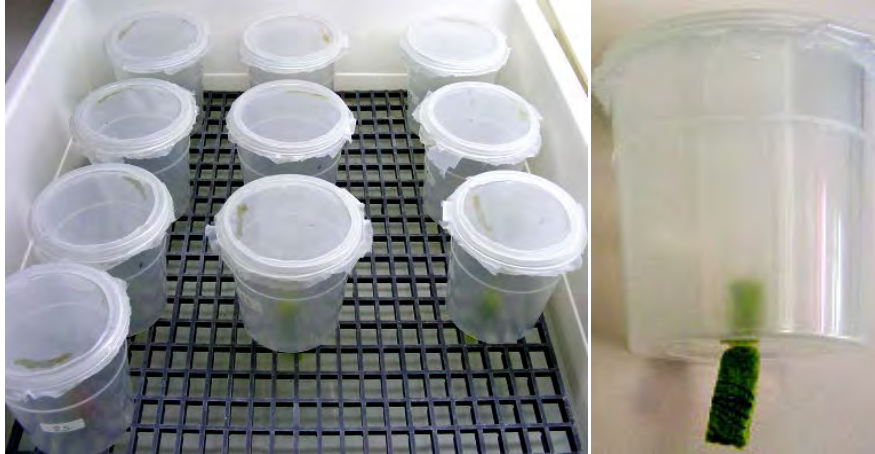
Αρχικά, λόγω πρωτανδρίας, μεταφέρονταν τα αρσενικά άτομα και στη συνέχεια, μετά από 1 – 2 ημέρες, τα θηλυκά. Η φωτόφαση ήταν κοινή σε όλες τις θερμοκρασιακές συνθήκες που μελετήθηκαν και είχε διάρκεια, 14Φ:10Σ. Καθημερινά καταγράφονταν η επιβίωση των δύο φύλων. Πραγματοποιήθηκαν 32 – 35 επαναλήψεις (ζεύγη ενηλίκων), σε κάθε περίπτωση.

3.4 Γονιμότητα των θηλυκών του παρασιτοειδούς *A. daci*, που προήλθαν από ξενιστή μύγα της Μεσογείου και δάκο της ελιάς, στους 25 °C

Υλικά και Μέθοδοι

Για την πραγματοποίηση των πειραμάτων, ένα θηλυκό και δύο αρσενικά του *A. daci*, αμέσως μετά την εμφάνισή τους από παρασιτισμένες νύμφες, τόσο του δάκου της ελιάς όσο και της μύγας της Μεσογείου, μεταφέρθηκαν σε μικρά κλουβιά. Ο αριθμός των δύο αρσενικών επιλέχθηκε προκειμένου να εξασφαλιστεί η πραγματοποίηση της σύζευξης, τουλάχιστον με ένα από αυτά. Όπως και στο προηγούμενο πείραμα, η ανάπτυξη των ενηλίκων σταδίων πραγματοποιήθηκε στους 25 °C. Τα ενήλικα μεταφέρονταν σε ημιδιαφανή, πλαστικά, περίπου κυλινδρικά δοχεία ύψους 9 cm, με διάμετρο βάσης και χείλους, 6.5 cm και 8 cm, αντίστοιχα.

Στην οροφή του κάθε κλουβιού υπήρχε λεπτή οργαντίνα εμποτισμένη με μέλι ως τροφή, ενώ στον πυθμένα υπήρχε ένα φυτίλι που έρχονταν σε επαφή με νερό (Εικόνα 22).



Εικόνα 22. Κλουβιά που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της γονιμότητας των ενηλίκων θηλυκών του *Aganaspis daci*. Διακρίνονται, το σύστημα των κλωβών πειραματισμού δια την εκτίμηση της γονιμότητας των θηλυκών (αριστερά) και το κλωβός μέτρησης της γονιμότητας των θηλυκών (δεξιά).

Από την 7^η ημέρα της ζωής τους και μέχρι να πεθάνουν, το κάθε θηλυκό είχε πρόσβαση, ανά δύο ημέρες, σε 10 ώριμες προνύμφες 3^{ης} ηλικίας της μύγας της Μεσογείου, για διάστημα 1.5 ώρας. Οι προνύμφες εγκλωβίζονταν με τη βοήθεια ενός πώματος τρυβλίου Petri (5 cm), στην οργαντίνα της οροφής. Στο επάνω μέρος του πώματος, τοποθετούνταν ένα πλαστικό κυλινδρικό δοχείο χωρητικότητας 120 ml γεμάτο νερό, που με το βάρος του δεν επέτρεπε στις προνύμφες να διαφύγουν (Εικόνα 23).



Εικόνα 23. Διαδικασία παρασιτισμού προνυμφών *C. capitata*, κατά τον έλεγχο γονιμότητας των ενηλίκων θηλυκών παρασιτοειδών, *A. daci*.

Μετά το πέρας της διαδικασίας του παρασιτισμού, οι προνύμφες που προσφέρονταν στο κάθε θηλυκό μεταφέρονταν σε πλαστικά τρυβλία Petri (διαμέτρου 5 cm), που περιείχαν ένα λεπτό στρώμα (3 – 4 mm) αποστειρωμένης άμμου, για τη διευκόλυνση της νύμφωσης (Εικόνα 24). Η ολοκλήρωση των πειραμάτων συνετελέσθη μετά το θάνατο και του τελευταίου θηλυκού. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 25 επαναλήψεις (θηλυκά), από τον κάθε ξενιστή.



Εικόνα 24. Τρυβλία νύμφωσης, παρασιτισμένων προνυμφών *C. capitata*, που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της γονιμότητας των θηλυκών του *A. daci*.

3.5 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων

Το μοντέλο ανάλογων κινδύνων του Cox (Cox proportional hazard model) χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστεί α) η επίδραση της θερμοκρασίας (15, 20, 25 και 30 °C), του φύλου (αρσενικό, θηλυκό) και του ξενιστή (δάκος της ελιάς και μύγα της Μεσογείου) στη διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του παρασιτοειδούς *A. daci*, β) η επίδραση της θερμοκρασίας (15, 20, 25 και 30 °C), του φύλου και του ξενιστή στη διάρκεια ζωής των ενηλικών του *A. daci* και γ) η επίδραση της θερμοκρασίας (15, 20, 25 και 30 °C) και του φύλου στη διάρκεια ζωής των ενηλικών του *A. daci* που αναπτύχθηκαν είτε σε προνύμφες του δάκου της ελιάς είτε σε προνύμφες της μύγας της Μεσογείου. Οι παράγοντες με σημαντική επίδραση εισήχθησαν σε πολύ – παραγοντικό μοντέλο ανάλογων κινδύνων (μοντέλο Cox). Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε σταδιακή διαδικασία επιλογής (forward stepwise) για την κατασκευή του τελικού μοντέλου. Οι παράγοντες που δεν είχαν σημαντική επίδραση (κριτήριο Wald) εξαιρέθηκαν από το τελικό μοντέλο.

Η επίδραση της θερμοκρασίας ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων (15, 20, 25 και 30 °C), του φύλου και του ξενιστή στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των

ενηλίκων του *A. daci* (πλάτος πρόσθιας πτέρυγας, μήκος κνήμης και μήκος ωοθήτη) εξετάστηκαν με το Γενικευμένο Γραμμικό Μοντέλο (Generalised linear Model).

Η ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστεί η επίδραση της θερμοκρασίας ανάπτυξης των ενηλίκων σταδίων (15, 20, 25 και 30 °C) στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ενηλίκων ατόμων (θηλυκών και των αρσενικών) του *A. daci* που αναπτύχθηκαν σε προνύμφες α) του δάκου της ελιάς και β) της μύγας της Μεσογείου. Σε περίπτωση σημαντικής επίδρασης, η σύγκριση των μέσων όρων έγινε βάσει του Tukey's HSD κριτηρίου.

Για να εξεταστεί εάν τα στοιχεία γονιμότητας των θηλυκών *A. daci* που αναπτύχθηκαν σε διαφορετικούς ξενιστές (δάκος της ελιάς, μύγα της Μεσογείου) ακολουθούν κανονική κατανομή, χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο Kolmogorov – Smirnov. Το t – κριτήριο για ανεξάρτητα δείγματα χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστεί αν ο ξενιστής έχει σημαντική επίδραση στις τιμές της μέσης ωοτοκίας, και το κριτήριο Mann – Whitney χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστεί η επίδραση του ξενιστή στις περιόδους προωοτοκίας, ωοτοκίας και στην περίοδο μετά την ωοτοκία. Το log – rank κριτήριο (Kaplan – Meier) χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστεί η επίδραση του ξενιστή (δάκος της ελιάς, μύγα της Μεσογείου) στη μακροζωία των θηλυκών του *A. daci*. Προκειμένου να εξεταστεί η επίδραση της ηλικίας των θηλυκών του *A. daci* που αναπτύχθηκαν σε διαφορετικούς ξενιστές (δάκος της ελιάς και μύγα της Μεσογείου) στο ποσοστό παρασιτισμού (σύνολο απογόνων) των προνυμφών 3^{ης} ηλικίας της μύγας της Μεσογείου χρησιμοποιήθηκε για κάθε ξενιστή η ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης (Linear Regression analysis) με εξαρτημένη μεταβλητή το ποσοστό παρασιτισμού και ανεξάρτητη μεταβλητή την ηλικία των θηλυκών *A. daci*.

Οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS 22.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA.).

3.6 Αποτελέσματα

3.6.1 Επιβίωση ανήλικων σταδίων του *A. daci*, σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου και δάκο της ελιάς, στους 15, 20, 25 και 30 °C

Ο αριθμός των ενηλίκων (θηλυκών και αρσενικών) ατόμων του *A. daci* και των ξενιστών που εξήλθαν από κάθε μεταχείριση δίνονται στον Πίνακα 1. Παρατηρείται ότι στους 30 °C δεν καταγράφηκε έξοδος ενηλίκων του *A. daci* ενώ η έξοδος των ενηλίκων στους 15 °C ήταν περιορισμένη, ανεξαρτήτως ξενιστή. Η επιβίωση των

ανήλικων σταδίων του παρασιτοειδούς *A. daci* ήταν μεγαλύτερη στους 25 °C, όπου καταγράφηκε η μεγαλύτερη έξοδος των αρσενικών και θηλυκών ατόμων, ακολουθούμενη από την θερμοκρασία των 20 °C, ανεξαρτήτως ξενιστή. Σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου, η αναλογία φύλου του *A. daci* ήταν υπέρ των θηλυκών, ειδικότερα στις χαμηλότερες θερμοκρασίες ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων, ενώ οριακή ήταν η διαφορά στους 25 °C. Σε ξενιστή δάκο της ελιάς, ενηλικιώθηκαν περισσότερα αρσενικά έναντι των θηλυκών στους 20 °C, ενώ οριακά περισσότερα θηλυκά άτομα εξήλθαν στους 25 °C.

Πίνακας 1. Αριθμός ενήλικων (αρσενικά και θηλυκά) του παρασιτοειδούς *A. daci* και των ξενιστών του δάκου της ελιάς και της μύγας της Μεσογείου, που προέκυψαν στους 15, 20, 25 και 30 °C. Για κάθε θερμοκρασία, πραγματοποιήθηκαν 5 επαναλήψεις των 50 νυμφών του κάθε ξενιστή (N=250 νύμφες/θερμοκρασία).

Ξενιστής	T (°C)	Αριθμός Νυμφών (N)	<i>A. daci</i> που εξήλθαν (N)				Ενήλικα ξενιστή που εξήλθαν (N)		
			♂	♀	Σύνολο	Αναλογία φύλου (♀/♂)	♂	♀	Σύνολο
<i>Bactrocera oleae</i>	15	250	4	3	7	0.75	11	7	18
	20	250	52	62	114	0.98	7	9	16
	25	250	81	79	160	1.19	8	6	14
	30	250	0	0	0		3	4	7
<i>Ceratitis capitata</i>	15	250	15	23	38	1.53	2	0	2
	20	250	58	69	127	1.19	15	11	26
	25	250	80	82	162	1.03	1	2	3
	30	250	0	0	0		3	4	7

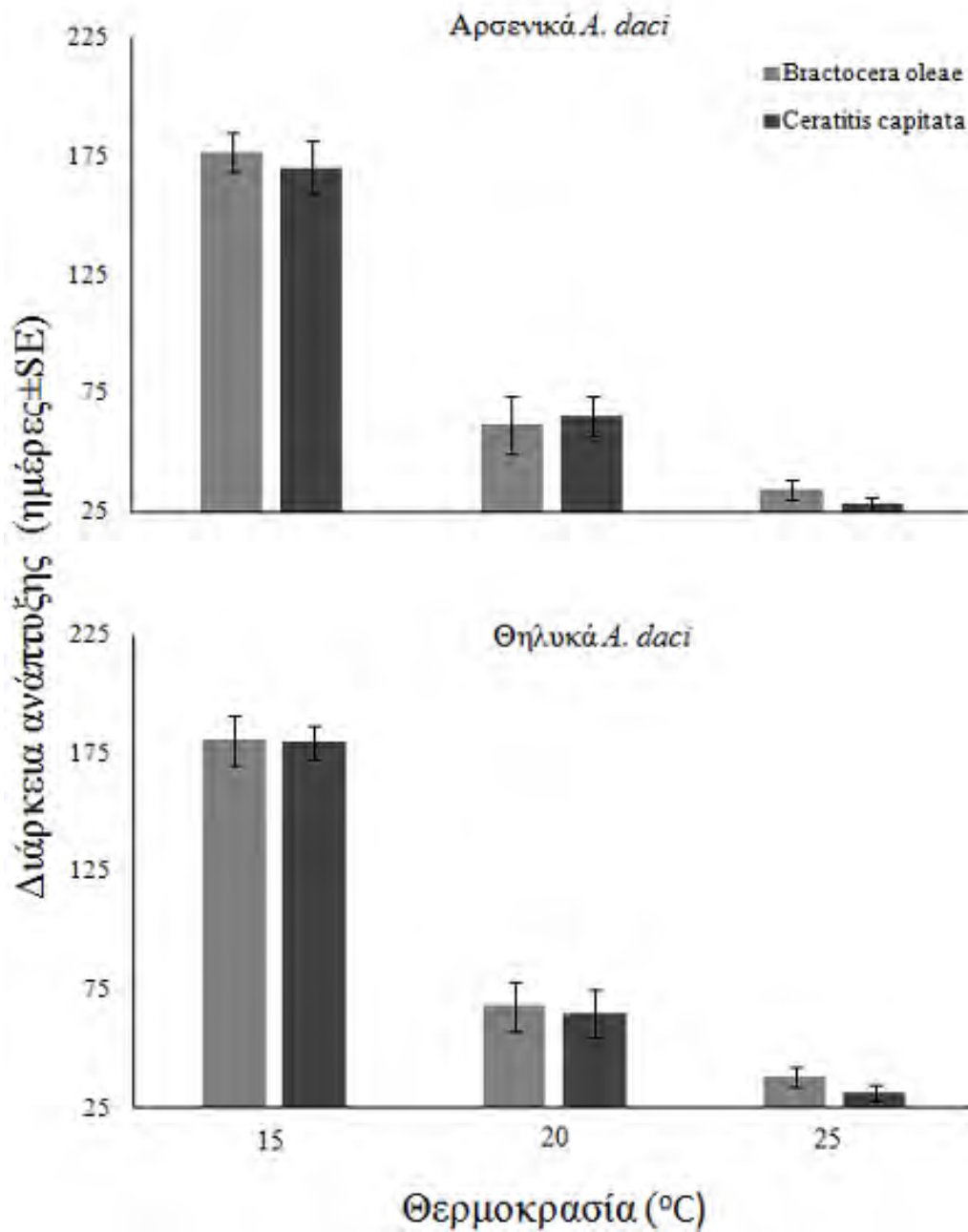
Τα ποσοστά παρασιτισμού των νυμφών του δάκου της ελιάς και της μύγας της Μεσογείου από το παρασιτοειδές *A. daci* στις 4 διαφορετικές θερμοκρασίες (15, 20, 25 και 30 °C) δίνονται στον Πίνακα 2. Στους 15 °C, το ποσοστό παρασιτισμού είναι χαμηλό (<15%), ειδικότερα όταν τα ανήλικα στάδια αναπτύχθηκαν σε ξενιστή δάκο της ελιάς (2.8%), ενώ η προκαλούμενη θνησιμότητα ήταν υψηλή (84 – 88%) περιορίζοντας την ανάπτυξη του πληθυσμού των δύο ξενιστών. Στους 30 °C, η προκαλούμενη θνησιμότητα του πληθυσμού του κάθε ξενιστή ήταν υψηλή (≈94%), παρότι δεν υπήρξε έξοδος ενηλίκων του *A. daci*. Τα μεγαλύτερα ποσοστά παρασιτισμού καταγράφηκαν στους 25 °C (≈64 – 65%) και στους 20 °C (46 – 51%). Στους μάρτυρες, το ποσοστό εξόδου των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου και του δάκου της ελιάς ήταν 84 – 99% και 83 – 87%, αντίστοιχα.

Πίνακας 2. Μέσο ποσοστό (\pm SE) παρασιτισμού και θνησιμότητα των νυμφών του δάκου της ελιάς και της μύγας της Μεσογείου από το παρασιτοειδές *A. daci*, στους 15, 20, 25 και 30 °C. Για κάθε θερμοκρασία, πραγματοποιήθηκαν 5 επαναλήψεις των 50 νυμφών του κάθε ξενιστή (N=250 νύμφες/θερμοκρασία).

Ξενιστής	Θερμοκρασία (°C)	<i>A. daci</i> παρασιτισμός (%)	Προκαλούμενη θνησιμότητα (%) (M.O. \pm SE)	Συνολική θνησιμότητα πληθυσμού (%) (M.O. \pm SE)
<i>Bactrocera oleae</i>	15	2.8 \pm 1.0	88.4 \pm 1.1	91.2 \pm 0.9
	20	45.6 \pm 1.7	40.2 \pm 2.8	85.8 \pm 1.3
	25	64.0 \pm 1.9	16.1 \pm 3.6	80.1 \pm 1.9
	30	0	94.1 \pm 3.2	94.1 \pm 3.2
<i>Ceratitis capitata</i>	15	15.2 \pm 3.9	83.8 \pm 3.8	99.0 \pm 0.5
	20	50.8 \pm 1.0	27.1 \pm 2.3	77.9 \pm 1.8
	25	64.8 \pm 2.3	26.7 \pm 3.0	91.5 \pm 1.0
	30	0	93.9 \pm 2.2	93.9 \pm 2.2

3.6.2 Διάρκεια ανάπτυξης ανηλικών σταδίων του *A.daci*, με ξενιστή μύγα της Μεσογείου και δάκο της ελιάς, στους 15, 20 και 25 °C

Η μέση διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του *A. daci* που αναπτύχθηκαν σε προνύμφες της μύγας Μεσογείου και του δάκου της ελιάς σε 3 διαφορετικές θερμοκρασίες (15, 20 και 25°C) δίνονται στο Διάγραμμα 1 και στον Πίνακα 3. Η διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων (ωό, προνύμφη, νύμφη) υπολογίζεται από την ημερομηνία παρασιτισμού μέχρι την έξοδο των ενηλικών (θηλυκών, αρσενικών). Παρατηρείται ότι η διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων στους 20 °C είναι σχεδόν διπλάσια από αυτήν στους 25 °C ενώ στους 15 °C είναι σχεδόν εξαπλάσια από αυτήν στους 25 °C, ανεξαρτήτως φύλου και ξενιστή.



Διάγραμμα 1. Διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων (αγό, προνύμφη, νύμφη) θηλυκών και αρσενικών ατόμων του *A. daci* που αναπτύχθηκαν σε ξενιστή δάκο της ελιάς και μύγα της Μεσογείου σε 3 διαφορετικές θερμοκρασίες.

Σημειώνεται ότι δεν καταγράφηκε έξοδος ενηλίκων του *A. daci* στους 30 °C, ανεξαρτήτως ξενιστή. Επίσης, κατά τον υπολογισμό της διάρκειας ανάπτυξης στους 15 °C, λόγω του χαμηλού ποσοστού επιβίωσης του *A. daci* που αναπτύχθηκε στους δύο ξενιστές, τα δεδομένα εμπλουτίστηκαν με τον αριθμό των θηλυκών και αρσενικών *A. daci* που προέκυψαν από 300 επιπλέον νύφες, προκειμένου να υπάρξει επαρκής αριθμός επαναλήψεων. Συγκεκριμένα, προστέθηκαν 5 θηλυκά και 21 αρσενικά του *A. daci* που αναπτύχθηκαν σε ξενιστή δάκο της ελιάς και 1 θηλυκό και 7 αρσενικά του *A. daci* που αναπτύχθηκαν σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου.

Πίνακας 3. Διάρκεια ανάπτυξης ανήλικων σταδίων των αρσενικών και θηλυκών ατόμων του *A. daci* που προήλθαν από προνύμφες της μύγας Μεσογείου και του δάκου της ελιάς στους 15, 20, 25 και 30 °C.

Ξενιστής	Θερμοκρασία (°C)	Διάρκεια ανάπτυξης (ημέρες)					
		Πλήθος αρσενικών (N)	Αρσενικά		Πλήθος θηλυκών (N)	Θηλυκά	
			M.O. ± SE	Εύρος τιμών		M.O. ± SE	Εύρος τιμών
<i>Bractocera oleae</i>	15	25	176.7 ± 1.7	(162, 196)	8	180.6 ± 3.7	(166, 191)
	20	52	61.6 ± 1.6	(46, 87)	62	68.0 ± 1.4	(50, 89)
	25	81	34.6 ± 0.5	(29, 46)	79	38.0 ± 0.4	(30, 47)
<i>Ceratitis capitata</i>	15	22	170.3 ± 2.4	(155, 195)	24	179.5 ± 1.5	(170, 205)
	20	58	65.3 ± 1.1	(44, 79)	69	65.2 ± 1.2	(48, 84)
	25	80	28.0 ± 0.4	(23, 40)	82	31.6 ± 0.4	(24, 42)

Το μοντέλο Cox έδειξε ότι ο ξενιστής ($\chi^2 = 0.461$, $df=1$, $P=0.497$) και το φύλο ($\chi^2 = 0.785$, $df=1$, $P=0.376$) δεν είχαν σημαντική επίδραση στη διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων του *A. daci*, σε αντίθεση με τη θερμοκρασία (Πίνακας 4).

Πίνακας 4. Μεταβλητές του μοντέλου Cox για την επίδραση της θερμοκρασίας στην διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων του *A. daci* σε ξενιστή δάκο της ελιάς και μύγα της Μεσογείου. Η θερμοκρασία των 25 °C αποτελεί θερμοκρασία αναφοράς.

Πηγή παραλλακτικότητας	B	SE	Exp (B)	Sig.
Θερμοκρασία (°C)				P<0.001
15	-18.903	35.298	0.000	P=0.592
20	-5.688	0.482	0.003	P<0.001

3.6.3 Σωματομετρία ενηλίκων του *A.daci*, που προήλθαν από ξενιστή μύγα της Μεσογείου και δάκο της ελιάς, στους 15, 20 και 25 °C

Στους Πίνακες 5, 6 και 7 και στο Διάγραμμα 2 δίνονται τα αποτελέσματα των σωματομετρικών παραμέτρων (πλάτος πρόσθιας πτέρυγας, μήκος κνήμης και μήκος ωοθέτη) των ενηλίκων στις διαφορετικές θερμοκρασίες ανάπτυξης.

Πίνακας 5. Μήκος κνήμης αρσενικών και θηλυκών ατόμων του *A. daci* που αναπτύχθηκαν στους 15, 20 και 25 °C, σε ξενιστή δάκο της ελιάς και μύγα της Μεσογείου.

Ξενιστής	Θερμοκρασία (°C)	Μήκος οπισθίας κνήμης (mm)					
		Πλήθος αρσενικών (N)	Αρσενικά		Πλήθος θηλυκών (N)	Θηλυκά	
			M.O. ± SE	Εύρος τιμών		M.O. ± SE	Εύρος τιμών
<i>Bractocera oleae</i>	15	24	1.12 ± 0.02	(0.92, 1.28)	8	1.03 ± 0.05	(0.86, 1.23)
	20	40	1.10 ± 0.02	(0.94, 1.27)	33	1.08 ± 0.01	(0.96, 1.25)
	25	36	1.14 ± 0.01	(0.98, 1.33)	35	1.13 ± 0.01	(0.99, 1.27)
<i>Ceratitis capitata</i>	15	20	1.10 ± 0.02	(0.96, 1.31)	25	1.02 ± 0.02	(0.77, 1.19)
	20	36	1.13 ± 0.01	(0.97, 1.27)	32	1.03 ± 0.02	(0.84, 1.22)
	25	36	1.12 ± 0.01	(0.97, 1.24)	33	1.12 ± 0.02	(0.94, 1.34)

Πίνακας 6. Πλάτος πρόσθιας πτέρυγας αρσενικών και θηλυκών ατόμων του *A. daci* που αναπτύχθηκαν στους 15, 20 και 25 °C, σε ξενιστή δάκο της ελιάς και μύγα της Μεσογείου.

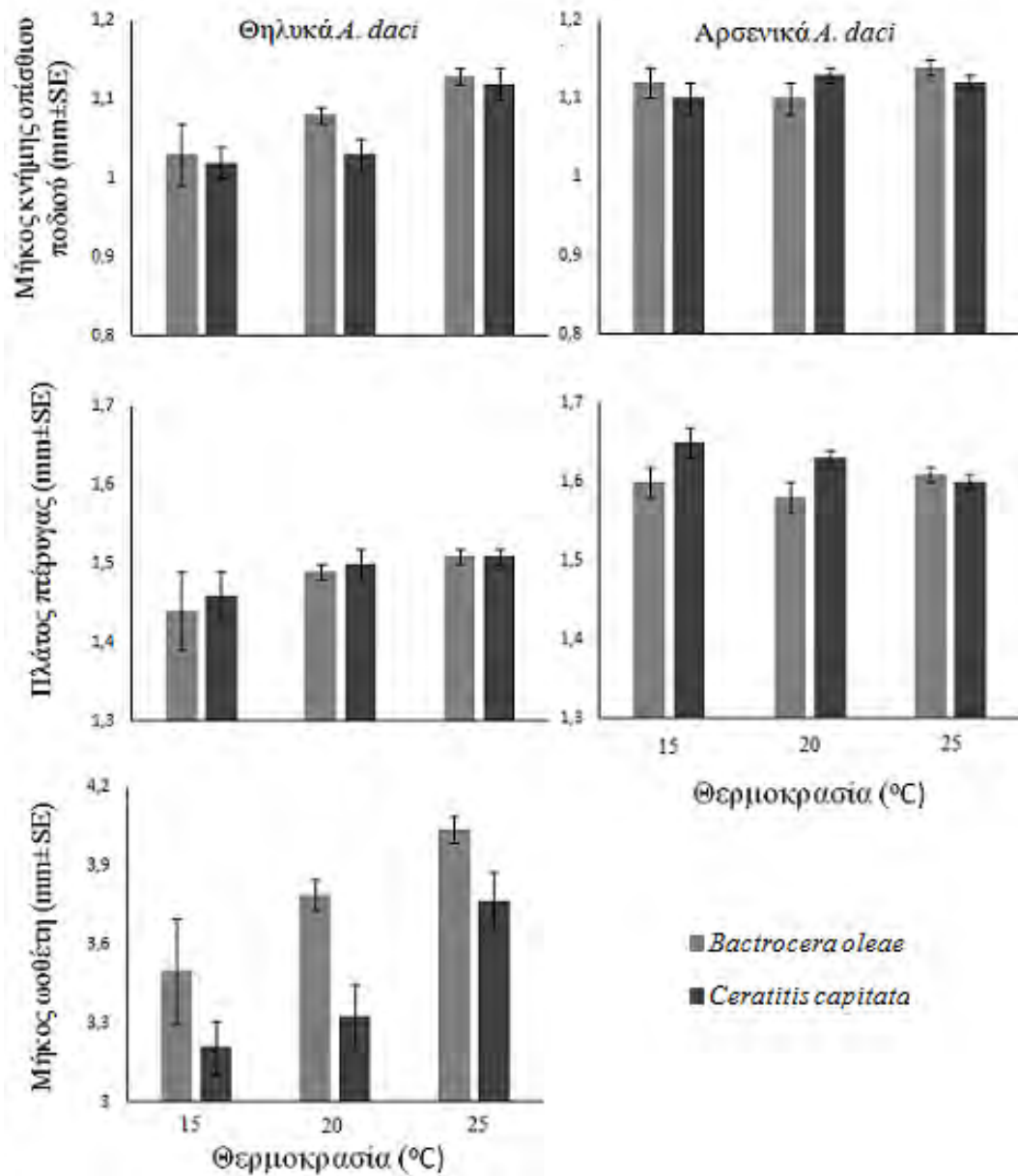
Ξενιστής	Θερμοκρασία (°C)	Πλάτος πρόσθιας πτέρυγας (mm)					
		Πλήθος αρσενικών (N)	Αρσενικά		Πλήθος θηλυκών (N)	Θηλυκά	
			M.O. ± SE	Εύρος τιμών		M.O. ± SE	Εύρος τιμών
<i>Bractocera oleae</i>	15	24	1.60 ± 0.02	(1.38, 1.85)	8	1.44 ± 0.05	(1.26, 1.62)
	20	40	1.57 ± 0.02	(1.17, 1.79)	33	1.49 ± 0.01	(1.26, 1.61)
	25	36	1.61 ± 0.01	(1.34, 1.74)	35	1.51 ± 0.01	(1.37, 1.67)
<i>Ceratitis capitata</i>	15	20	1.63 ± 0.01	(1.57, 1.66)	25	1.46 ± 0.03	(1.14, 1.68)
	20	36	1.64 ± 0.01	(1.46, 1.78)	32	1.50 ± 0.02	(1.20, 1.64)
	25	36	1.60 ± 0.01	(1.33, 1.74)	33	1.51 ± 0.01	(1.37, 1.59)

Πίνακας 7. Μήκος ωοθέτη θηλυκών του *A. daci* που αναπτύχθηκαν στους 15, 20 και 25 °C, σε ξενιστή δάκο της ελιάς και μύγα της Μεσογείου.

Ξενιστής	Θερμοκρασία (°C)	Μήκος ωοθέτη (mm)		
		Πλήθος θηλυκών (N)	M.O. ± SE	Εύρος τιμών
<i>Bractocera oleae</i>	15	8	3.50 ± 0.20	(2.43, 4.05)
	20	33	3.79 ± 0.06	(3.03, 4.56)
	25	35	4.04 ± 0.05	(3.20, 4.55)
<i>Ceratitis capitata</i>	15	25	3.21 ± 0.10	(2.03, 4.10)
	20	32	3.33 ± 0.11	(2.15, 4.33)
	25	33	3.77 ± 0.11	(2.64, 4.56)

Αναφορικά με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των ενηλίκων που αναπτύχθηκαν σε ξενιστή δάκο της ελιάς, η θερμοκρασία είχε σημαντική επίδραση στο μήκος της κνήμης ($F_{2,73}=8.133$, $P=0.001$) και στο μήκος του ωοθέτη των θηλυκών ($F_{2,73}=9.568$, $P<0.001$), ενώ δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στο πλάτος της πρόσθιας πτέρυγας των θηλυκών ατόμων ($F_{2,73}=2.817$, $P=0.066$). Σχετικά με τα αρσενικά άτομα, η θερμοκρασία δεν είχε σημαντική επίδραση στο μήκος της κνήμης ($F_{2,97}=1.912$, $P=0.153$) και στο πλάτος της πρόσθιας πτέρυγας ($F_{2,97}=0.991$, $P=0.375$). Το μήκος της κνήμης (1.13 ± 0.01) και το μήκος του ωοθέτη (4.04 ± 0.05) των θηλυκών ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στους 25 °C σε σχέση με τους 15 °C και 20 °C, ενώ δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκρασιών 15 °C και 20 °C (Tukey's HSD test: $P<0.05$).

Κατ' αντιστοιχία το μήκος της κνήμης ($F_{2,87}=9.907$, $P<0.001$) και το μήκος του ωοθέτη ($F_{2,87}=7.385$, $P=0.001$) των θηλυκών ατόμων που αναπτύχθηκαν σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου επηρεάστηκαν σημαντικά από τη θερμοκρασία. Αντίθετα, το πλάτος της πρόσθιας πτέρυγας των θηλυκών ($F_{2,87}=2.253$, $P=0.111$) και αρσενικών ($F_{2,89}=3.044$, $P=0.053$) ατόμων καθώς το μήκος της κνήμης των αρσενικών ατόμων ($F_{2,89}=1.733$, $P=0.183$) δεν επηρεάστηκε από τη θερμοκρασία ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων. Στους 25 °C παρατηρήθηκε σημαντικά μεγαλύτερο μήκος κνήμης (1.12 ± 0.02) και μήκος ωοθέτη (3.77 ± 0.11) των θηλυκών ατόμων ενώ δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χαμηλοτέρων θερμοκρασιών (15 °C, 20 °C) (Tukey's HSD test: $P<0.05$).



Διάγραμμα 2. Μήκος κνήμης και πλάτος πτέρυγας αρσενικών και θηλυκών και μήκος ωσθέτη θηλυκών ατόμων του *A. daci* που αναπτύχθηκαν σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες σε ξενιστή δάκο της ελιάς και μύγα της Μεσογείου.

Το Γενικευμένο Γραμμικό Μοντέλο (Generalised Linear Model) έδειξε ότι τόσο ο ξενιστής όσο και το φύλο είχαν σημαντική επίδραση στο πλάτος της πτέρυγας, ενώ επίσης σημαντική ήταν και η αλληλεπίδραση της θερμοκρασίας και του φύλου (Πίνακας 8). Αναφορικά με το μήκος της κνήμης, το μοντέλο έδειξε ότι τόσο η θερμοκρασία όσο και το φύλο είχαν σημαντική επίδραση στο συγκεκριμένο σωματομετρικό χαρακτηριστικό, ενώ επίσης σημαντική ήταν και η αλληλεπίδραση της θερμοκρασίας και του φύλου (Πίνακας 9). Τέλος, τόσο ο ξενιστής (Wald $\chi^2=14.792$, $df=1$, $P<0.001$) όσο και η θερμοκρασία (Wald $\chi^2=28.900$, $df=2$, $P<0.001$) επηρέασαν σημαντικά το μήκος του ωοθέτη των θηλυκών, χωρίς ωστόσο να υπάρξει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ τους (Wald $\chi^2=1.353$, $df=2$, $P=0.508$).

Πίνακας 8. Παράμετροι του Γενικευμένου Γραμμικού Μοντέλου (Generalised Linear Model) αναφορικά με την επίδραση του ξενιστή (δάκος της ελιάς και μύγα της Μεσογείου), της θερμοκρασίας (15, 20 και 25 °C) και του φύλου στο πλάτος της πτέρυγας των αρσενικών και θηλυκών ατόμων του *A. daci*.

Πηγή παραλλακτικότητας	Wald χ^2	df	Sig.
Ξενιστής	4.343	1	0.037
Θερμοκρασία	2.092	2	0.351
Φύλο	150.199	1	<0.001
Ξενιστής x θερμοκρασία	4.911	2	0.086
Ξενιστής x φύλο	1.244	1	0.265
Θερμοκρασία x φύλο	11.007	2	0.004

Πίνακας 9. Παράμετροι του Γενικευμένου Γραμμικού Μοντέλου (Generalised Linear Model) αναφορικά με την επίδραση του ξενιστή (δάκος της ελιάς και μύγα της Μεσογείου), της θερμοκρασίας (15, 20 και 25 °C) και του φύλου στο μήκος της κνήμης των αρσενικών και θηλυκών ατόμων του *A. daci*.

Πηγή παραλλακτικότητας	Wald χ^2	df	Sig.
Ξενιστής	3.214	1	0.073
Θερμοκρασία	27.356	2	<0.000
Φύλο	21.363	1	<0.000
Ξενιστής x θερμοκρασία	1,269	2	0.530
Ξενιστής x φύλο	1,538	1	0.215
Θερμοκρασία x φύλο	12,047	2	0.002

3.6.4 Μακροζωία ενηλίκων του *A. daci*, που προήλθαν από ξενιστές μύγα της Μεσογείου και δάκο της ελιάς, στους 15, 20, 25 και 30 °C

Για τα ενήλικα του *A. daci* που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες του δάκου της ελιάς (*Bactocera oleae*), η μέση διάρκεια ζωής των θηλυκών και αρσενικών ατόμων στις 4 διαφορετικές θερμοκρασίες ανάπτυξης δίνεται στον Πίνακα 10. Η μέση διάρκεια ζωής κυμάνθηκε από 57.6 ± 3.5 ημέρες μέχρι 15.4 ± 1.1 ημέρες και από 77.1 ± 4.1 μέχρι 17.1 ± 0.8 ημέρες για τα αρσενικά και θηλυκά άτομα του *A. daci*, αντίστοιχα. Η μέση διάρκεια ζωής μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας ενώ η μακροβιότητα των αρσενικών και θηλυκών ατόμων του *A. daci* στους 15 °C είναι σχεδόν διπλάσια από την αντίστοιχη στους 20 °C. Τα θηλυκά φαίνεται να είναι μακροβιότερα των αρσενικών ατόμων.

Πίνακας 10. Μακροβιότητα θηλυκών και αρσενικών ατόμων του *A. daci* που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες του δάκου της ελιάς, στους 15, 20, 25 και 30 °C.

Θερμοκρασία (°C)	Πλήθος ζευγών (N)	Διάρκεια ζωής (ημέρες, M.O. \pm SE)		Εύρος τιμών	
		Αρσενικά	Θηλυκά	Αρσενικά	Θηλυκά
15	32	57.6 ± 3.5	77.1 ± 4.1	(15,102)	(18,118)
20	35	28.1 ± 1.4	34.7 ± 1.4	(10, 46)	(20, 57)
25	35	21.4 ± 1.1	25.7 ± 1.4	(10, 34)	(14, 47)
30	32	15.4 ± 1.1	17.1 ± 0.8	(6, 26)	(8, 26)

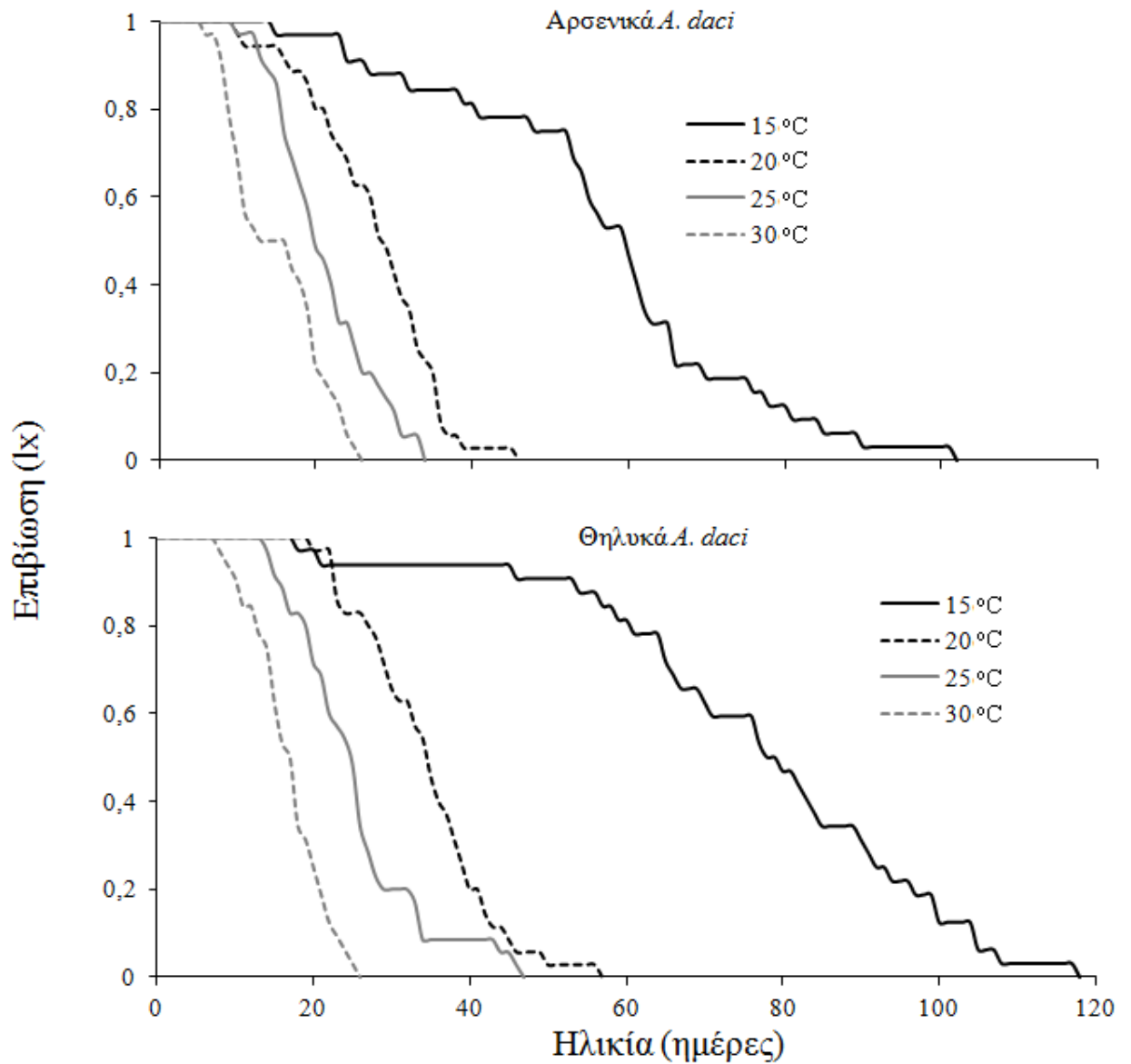
Το μοντέλο Cox έδειξε ότι τόσο η θερμοκρασία όσο και το φύλο έχουν σημαντική επίδραση στη διάρκεια ζωής των ενηλίκων του *A. daci* που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες του δάκου της ελιάς (Πίνακας 11).

Οι καμπύλες επιβίωσης σε σχέση με την ηλικία των αρσενικών και θηλυκών ατόμων του *A. daci* που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες του δάκου της ελιάς στις 4 διαφορετικές θερμοκρασίες ανάπτυξης δίνονται στο Διάγραμμα 3. Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται και ο ρυθμός θνησιμότητας για τα δύο φύλα. Ωστόσο, στους 15 °C ο ρυθμός θνησιμότητας μέχρι την 60^η ημέρα ζωής των αρσενικών και θηλυκών είναι σημαντικά μικρότερος σε σχέση με τις άλλες θερμοκρασίες ανάπτυξης.

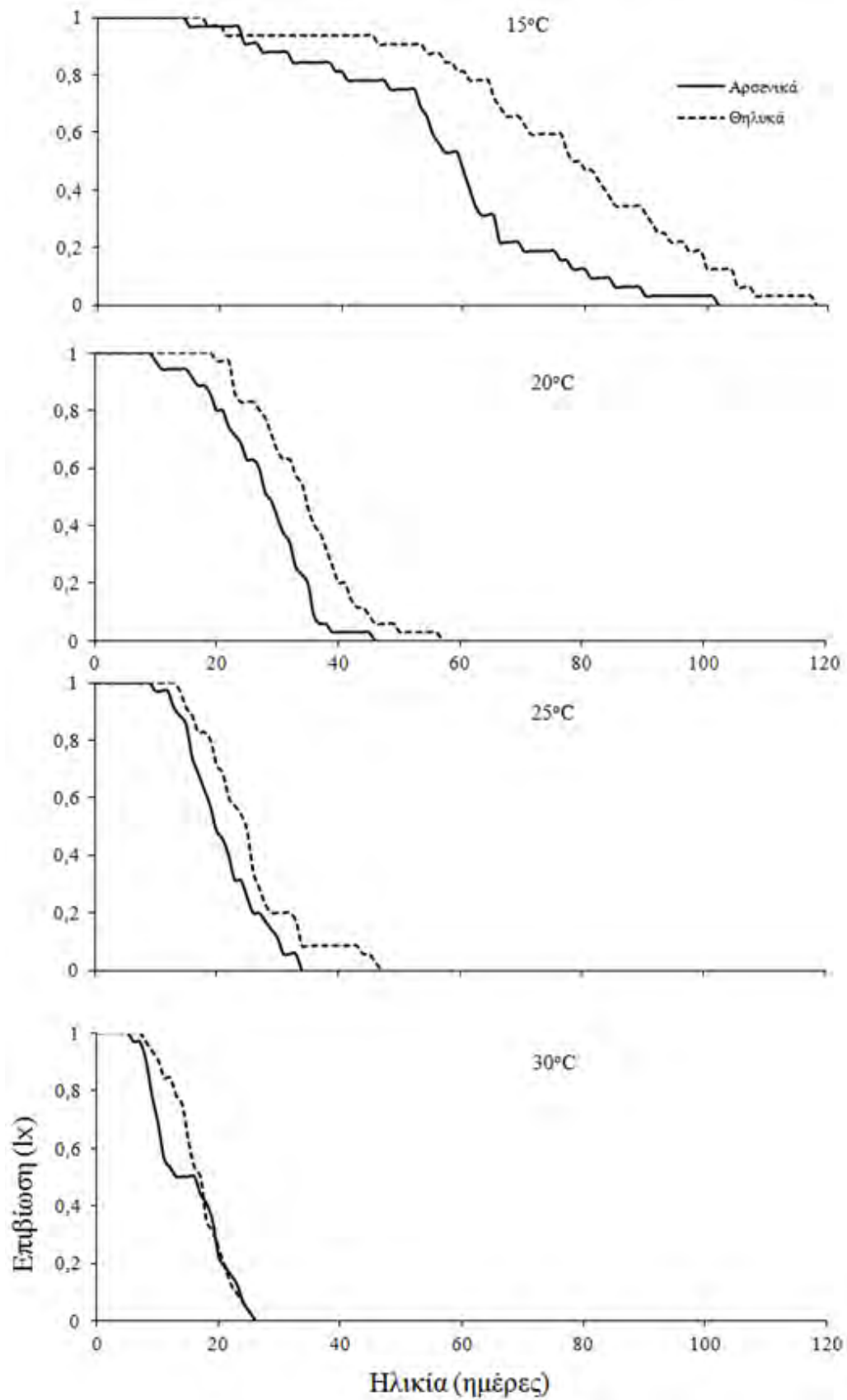
Πίνακας 11. Μεταβλητές του μοντέλου Cox για την μακροβιότητα των αρσενικών και θηλυκών ατόμων του *A. daci*, που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες του δάκου της ελιάς, στους 15, 20, 25 και 30 °C. Η θερμοκρασία των 30 °C και τα αρσενικά αποτελούν τη θερμοκρασία και το φύλο αναφοράς του *A. daci*.

Πηγή παραλλακτικότητας	B	SE	Exp (B)	Sig.
Θερμοκρασία				P<0.005
15°C	-4.802	0.353	0.008	P<0.005
20°C	-2.046	0.211	0.129	P<0.005
25°C	-1.175	0.190	0.309	P<0.005
Φύλο	-0.582	0.129	0.559	P<0.005

Για κάθε διαφορετική θερμοκρασία ανάπτυξης, οι καμπύλες επιβίωσης των αρσενικών και θηλυκών ατόμων δίνονται στο Διάγραμμα 4. Παρατηρείται ότι οι διαφορές στον ρυθμό θνησιμότητας μεταξύ των αρσενικών και θηλυκών ατόμων είναι εντονότερες στους 15 °C σε σχέση με τους 30 °C.



Διάγραμμα 3. Καμπύλες επιβίωσης των ενήλικων του *A. daci* που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες του δάκου της ελιάς σε 4 διαφορετικές θερμοκρασίες.



Διάγραμμα 4. Καμπύλες επιβίωσης μεταξύ αρσενικών και θηλυκών του *A. daci* που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες του δάκου της ελιάς σε 4 διαφορετικές θερμοκρασίες.

Για τα ενήλικα του *A. daci* που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες της μύγας της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*), η μέση διάρκεια ζωής των θηλυκών και αρσενικών ατόμων στις 4 διαφορετικές θερμοκρασίες ανάπτυξης δίνεται στον Πίνακα 12. Η μέση διάρκεια ζωής κυμάνθηκε από 52.5 ± 4.1 ημέρες μέχρι 20.4 ± 1.2 ημέρες και από 80.6 ± 5.0 μέχρι 19.8 ± 0.8 ημέρες για τα αρσενικά και θηλυκά άτομα του *A. daci*, αντίστοιχα. Η μέση διάρκεια ζωής μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Τα θηλυκά είναι μακροβιότερα των αρσενικών ατόμων, κυρίως στις χαμηλότερες θερμοκρασίες ανάπτυξης.

Πίνακας 12. Μακροβιότητα θηλυκών και αρσενικών ατόμων του *A. daci* που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες της μύγας της Μεσογείου, στους 15, 20, 25 και 30 °C.

Θερμοκρασία (°C)	Πλήθος ζευγών (N)	Διάρκεια ζωής (ημέρες, M.O ± SE)		Εύρος τιμών	
		Αρσενικά	Θηλυκά	Αρσενικά	Θηλυκά
15	32	52.5 ± 4.1	80.6 ± 5.0	(4, 100)	(14, 123)
20	32	31.0 ± 1.8	35.7 ± 1.8	(14, 54)	(7, 58)
25	32	22.9 ± 1.2	25.0 ± 1.7	(9, 35)	(3, 51)
30	32	20.4 ± 1.2	19.8 ± 0.8	(2, 33)	(8, 25)

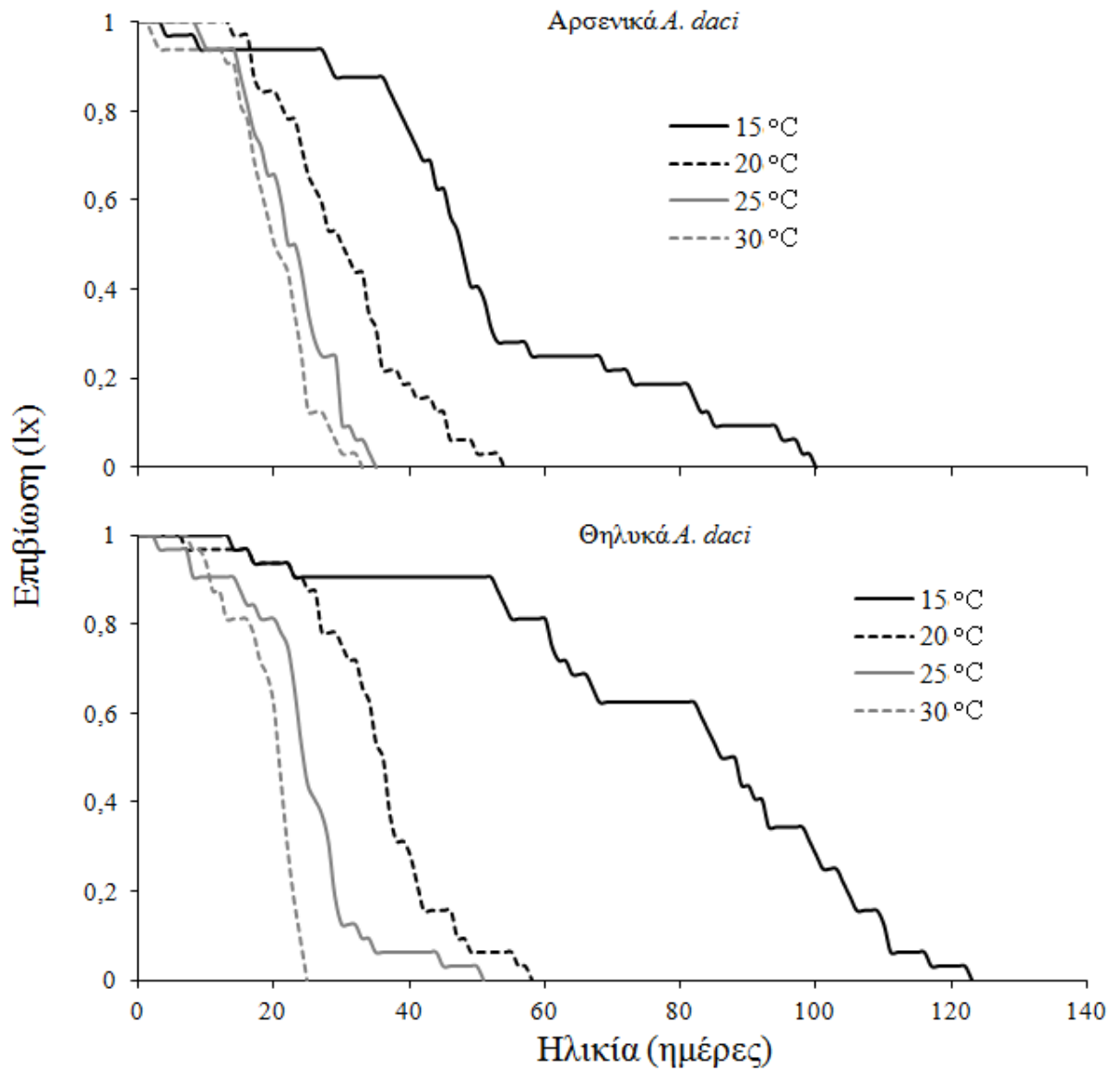
Το μοντέλο Cox έδειξε ότι τόσο η θερμοκρασία όσο και το φύλο έχουν σημαντική επίδραση στη διάρκεια ζωής των ενηλίκων του *A. daci* που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες της μύγας της Μεσογείου (Πίνακας 13).

Πίνακας 13. Μεταβλητές του μοντέλου Cox για την μακροβιότητα των αρσενικών και θηλυκών ατόμων του *A. daci* που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες της μύγας της Μεσογείου, στους 15, 20, 25 και 30 °C. Η θερμοκρασία των 30 °C και τα αρσενικά αποτελούν τη θερμοκρασία και το φύλο αναφοράς του *A. daci*.

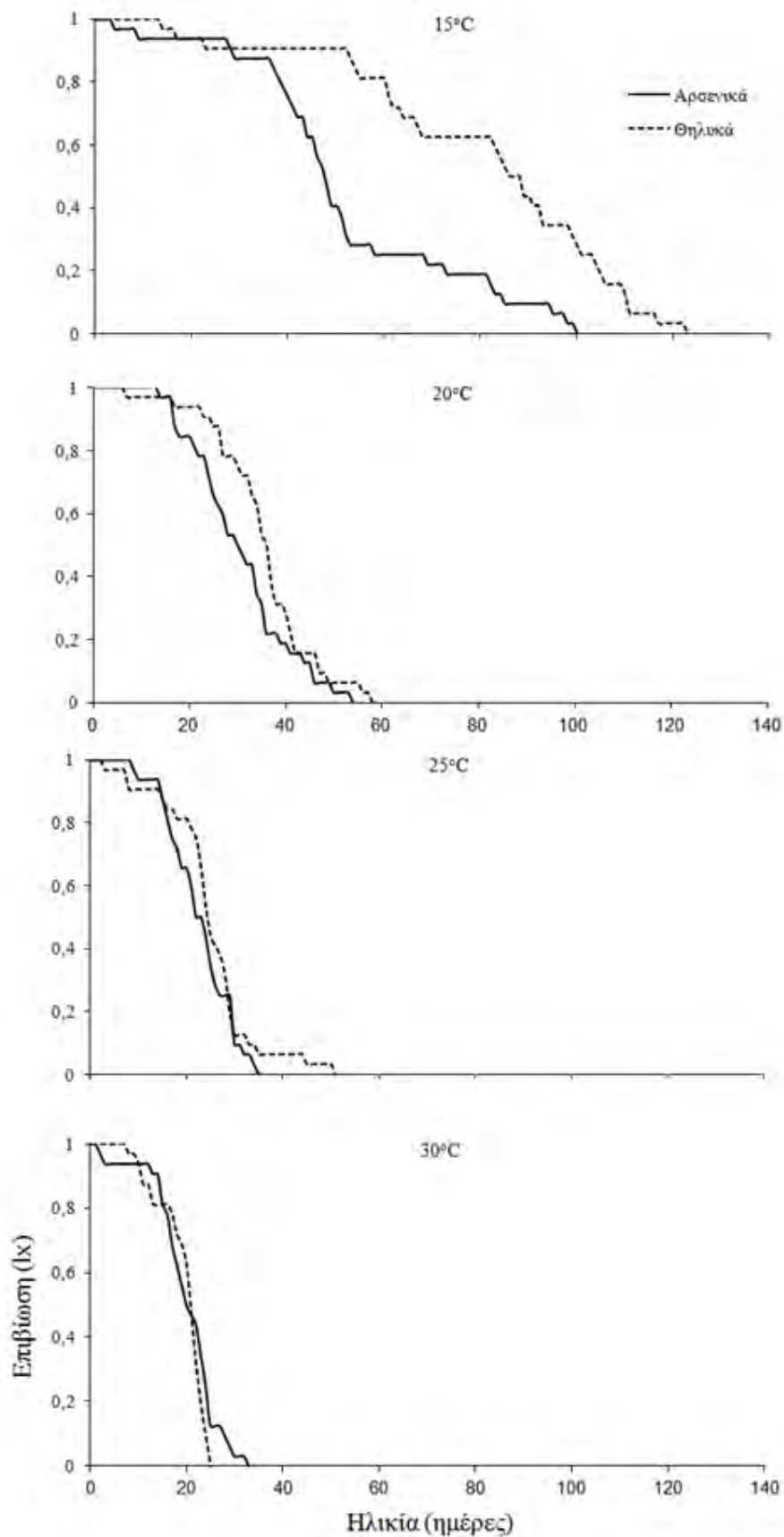
Πηγή παραλλακτικότητας	B	SE	Exp (B)	Sig.
Θερμοκρασία (°C)				P<0.005
15	-3.595	0.284	0.027	P<0.005
20	-1.721	0.212	0.179	P<0.005
25	-0.683	0.186	0.505	P<0.005
Φύλο	-0.400	0.133	0.671	P<0.005

Οι καμπύλες επιβίωσης σε σχέση με την ηλικία των αρσενικών και θηλυκών ατόμων του *A. daci* που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες της μύγας της Μεσογείου στις 4 διαφορετικές θερμοκρασίες ανάπτυξης δίνονται στο Διάγραμμα 5. Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται και ο ρυθμός θνησιμότητας και για τα δύο φύλα, παρότι η διαφορά είναι λιγότερο έντονη μεταξύ των θερμοκρασιών των 25 °C και 30 °C. Στους 15 °C, ο ρυθμός θνησιμότητας μέχρι την 60^η ημέρα ζωής των θηλυκών είναι σημαντικά μικρότερος σε σχέση με τις άλλες θερμοκρασίες ανάπτυξης αλλά και των αρσενικών ατόμων που αναπτύχθηκαν στην ίδια θερμοκρασία.

Για κάθε διαφορετική θερμοκρασία ανάπτυξης, οι καμπύλες επιβίωσης των αρσενικών και θηλυκών ατόμων δίνονται στο Διάγραμμα 6. Παρατηρείται ότι οι διαφορές στον ρυθμό θνησιμότητας μεταξύ των αρσενικών και θηλυκών ατόμων είναι εντονότερες στους 15 °C ενώ σχεδόν εξαλείφονται στους 25 °C και 30 °C.



Διάγραμμα 5. Καμπύλες επιβίωσης των ενήλικων του *A. daci* που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες της μύγας της Μεσογείου σε 4 διαφορετικές θερμοκρασίες.



Διάγραμμα 6. Καμπύλες επιβίωσης μεταξύ αρσενικών και θηλυκών του *A. daci* που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες της μύγας της Μεσογείου σε 4 διαφορετικές θερμοκρασίες.

Λαμβάνοντας υπόψη και τον πληθυσμό προέλευσης του *A. daci* (μύγα Μεσογείου vs δάκος της ελιάς) στους παράγοντες που επιδρούν στην μακροβιότητα των ενήλικων του *A. daci*, το μοντέλο Cox έδειξε ότι τόσο ο πληθυσμός προέλευσης όσο και η θερμοκρασία και το φύλο έχουν σημαντική επίδραση στην διάρκεια ζωής των ενήλικων του παρασιτοειδούς (Πίνακας 14).

Πίνακας 14. Μεταβλητές του μοντέλου Cox για την μακροβιότητα των αρσενικών και θηλυκών ατόμων του *A. daci* που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες της μύγας της Μεσογείου και του δάκου της ελιάς, στους 15, 20, 25 και 30 °C. Ο πληθυσμός από τη μύγα της Μεσογείου, η θερμοκρασία των 30 °C και τα αρσενικά αποτελούν τον πληθυσμό προέλευσης, τη θερμοκρασία και το φύλο αναφοράς του *A. daci*.

Πηγή παραλλακτικότητας	B	SE	Exp (B)	Sig.
Ξενιστής	0.281	0.089	1.325	P=0.002
Θερμοκρασία (°C)				P<0.005
15	-4.163	0.222	0.016	P<0.005
20	-1.848	0.148	0.158	P<0.005
25	-0.903	0.133	0.405	P<0.005
Φύλο	-0.489	0.192	0.613	P<0.005

3.6.5 Γονιμότητα θηλυκών *A. daci*, που αναπτύχθηκαν σε προνύμφες της μύγας της Μεσογείου και του δάκου της ελιάς, στους 25 °C

Στον Πίνακα 15 δίνονται ο αριθμός των απογόνων, η περίοδος προωτοκίας (πρώτος παρασιτισμός που έδωσε απογόνους για το κάθε θηλυκό), η περίοδος εξόδου των απογόνων (περίοδος ωοτοκίας) και η περίοδος από την τελευταία έξοδο των απογόνων μέχρι το θάνατο του θηλυκού ατόμου (περίοδος μετά την ωοτοκία). Οι θηλυκοί απόγονοι ήταν σημαντικά περισσότεροι από τους αρσενικούς, ανεξαρτήτως ξενιστή.

Πίνακας 15. Παράμετροι γονιμότητας των θηλυκών *A. daci* που προήλθαν από ξενιστές προνύμφες του δάκου της ελιάς και της μύγας της Μεσογείου και είχαν πρόσβαση για ωοτοκία σε προνύμφες της μύγας της Μεσογείου.

Ξενιστής	Απόγονοι	N	Μέση γονιμότητα (απόγονου/θηλυκό) ± SE	Μέση διάρκεια περιόδου (ημέρες ± SE)		
				Προωτοκία	Ωοτοκία	Μετά την ωοτοκία
<i>Bactrocera oleae</i>	Σύνολο	389	15.6 ± 1.4	12.4 ± 0.3	6.5 ± 1.1	10 ± 1.4
	Αρσενικά	140	5.6 ± 0.8			
	Θηλυκά	249	10.0 ± 1.0			
<i>Ceratitis capitata</i>	Σύνολο	245	9.8 ± 1.8	9.6 ± 0.9	7.4 ± 1.2	6.0 ± 1.0
	Αρσενικά	105	4.2 ± 0.8			
	Θηλυκά	140	5.6 ± 1.2			

Για το σύνολο των απογόνων (θηλυκών και αρσενικών), ο ξενιστής έχει σημαντική επίδραση στην γονιμότητα των θηλυκών (αριθμός απογόνων/θηλυκό) (t – test: $t=2.507$, $df=48$, $P=0.016$) (τα δεδομένα έχουν κανονική κατανομή βάσει Kolmogorov – Smirnov test). Τα θηλυκά που προήλθαν από ξενιστή δάκο της ελιάς έδωσαν περισσότερους απογόνους. Ειδικότερα, έδωσαν (σχεδόν) διπλάσιους σε αριθμό θηλυκούς απογόνους (Mann – Whitney: $U=164.000$, $N=50$, $P=0.004$) ενώ δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των αρσενικών απογόνων (Mann – Whitney: $U=244.500$, $N=50$, $P=0.183$).

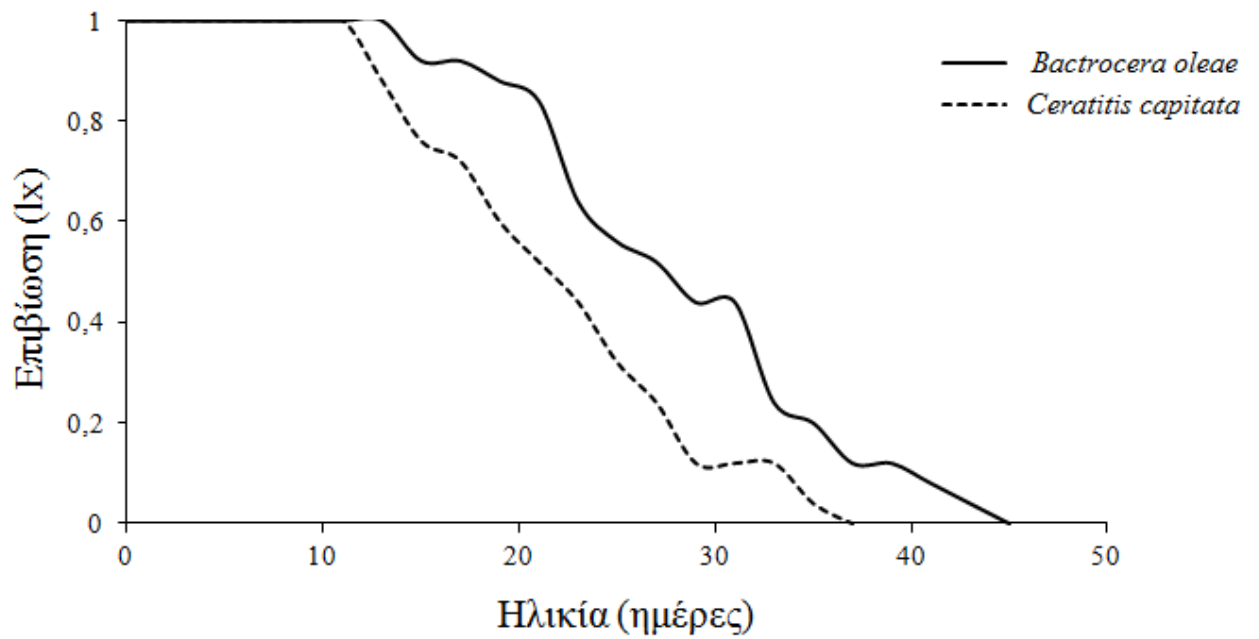
Ο ξενιστής είχε σημαντική επίδραση στην περίοδο προωτοκίας των θηλυκών του *A.daci*, με εκείνα που αναπτύχθηκαν σε προνύμφες της μύγας της Μεσογείου να έχουν σημαντικά μικρότερη περίοδο προωτοκίας (Mann – Whitney: $U=166.500$, $N=50$, $P=0.003$). Από την άλλη, η μέση διάρκεια της περιόδου ωοτοκίας δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των θηλυκών που αναπτύχθηκαν στους δύο ξενιστές (Mann – Whitney: $U=292.500$, $N=50$, $P=0.695$) και κυμάνθηκε μεταξύ 5.5 και 7.5 ημέρες.

Η διάρκεια της περιόδου μετά την ωοτοκία κυμάνθηκε στις 10 – 11 ημέρες και 6 – 7 ημέρες για τα θηλυκά που προήλθαν από προνύμφες του δάκου της ελιάς και της μύγας της Μεσογείου, αντίστοιχα. Ο ξενιστής είχε σημαντική επίδραση στην περίοδο μετά την ωοτοκία των θηλυκών (Mann – Whitney: $U=197.500$, $N=50$, $P=0.025$).

Επιπρόσθετα, δίνονται τα δεδομένα σχετικά με τη μακροβιότητα των θηλυκών του *A. daci* που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα γονιμότητας, καθώς και οι καμπύλες επιβίωσης ανά ξενιστή (Πίνακας 16 και Διάγραμμα 7). Ο ξενιστής είχε (οριακά) σημαντική επίδραση στη μακροβιότητα των θηλυκών ατόμων του *A. daci* (Kaplan Meier (log rank test): $\chi^2 = 4.010$, d.f. = 1, P = 0.045). Μετά τις πρώτες δέκα ημέρες ο ρυθμός θνησιμότητας των θηλυκών που αναπτύχθηκαν σε προνύμφες της μύγας της Μεσογείου ήταν μεγαλύτερος από αυτών που είχαν ως ξενιστή προνύμφες του δάκου της ελιάς (Διάγραμμα 7).

Πίνακας 16. Διάρκεια ζωής του θηλυκών ατόμων του *A. daci* που προήλθαν από ξενιστές προνύμφες του δάκου της ελιάς και της μύγας της Μεσογείου.

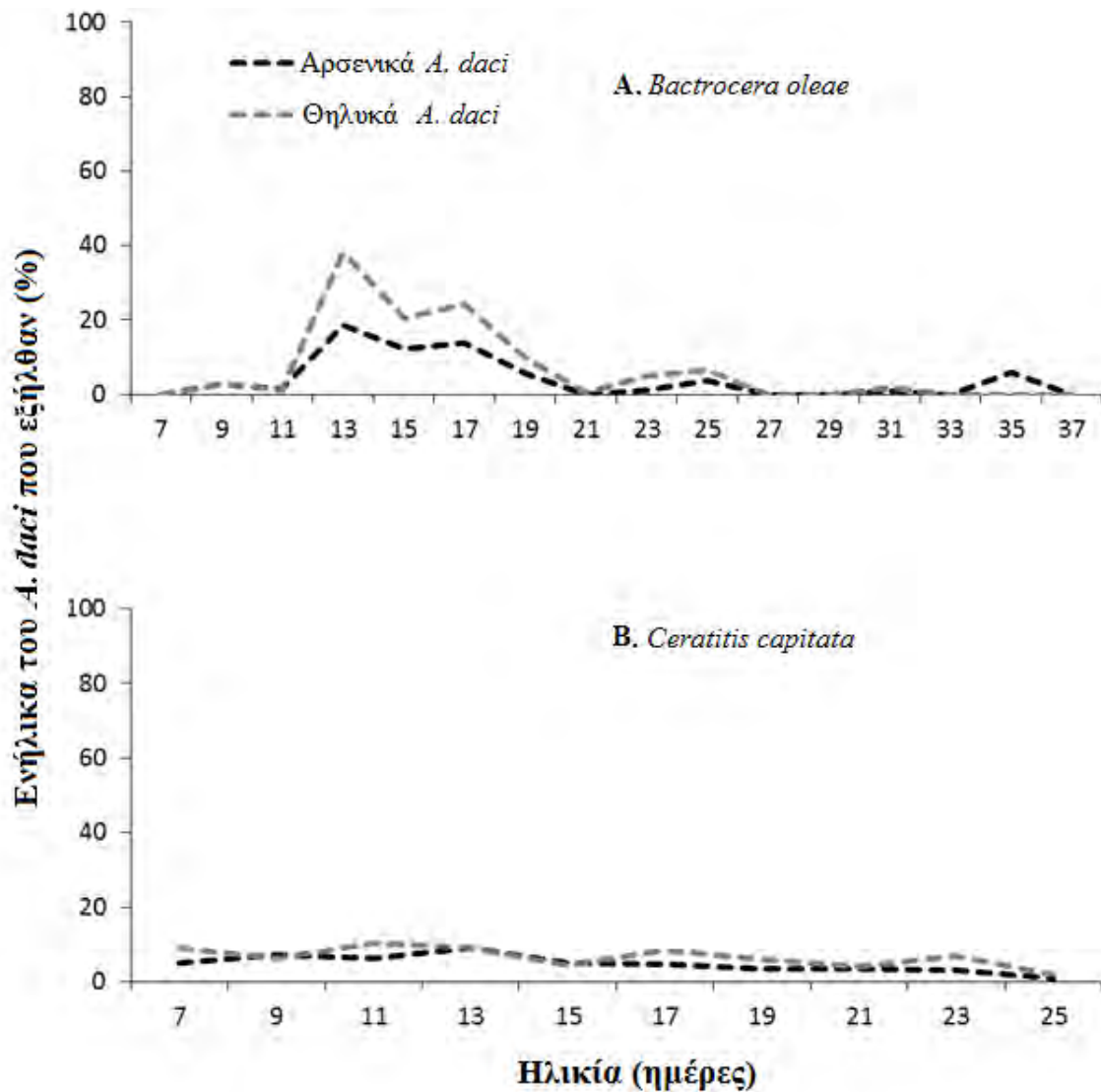
Ξενιστής	Πλήθος θηλυκών (N)	Διάρκεια ζωής (ημέρες)	
		M.O. ± SE	Εύρος τιμών
<i>Bractocera oleae</i>	25	28.9 ± 1.6	(15, 45)
<i>Ceratitis capitata</i>	25	24.8 ± 1.4	(15, 39)



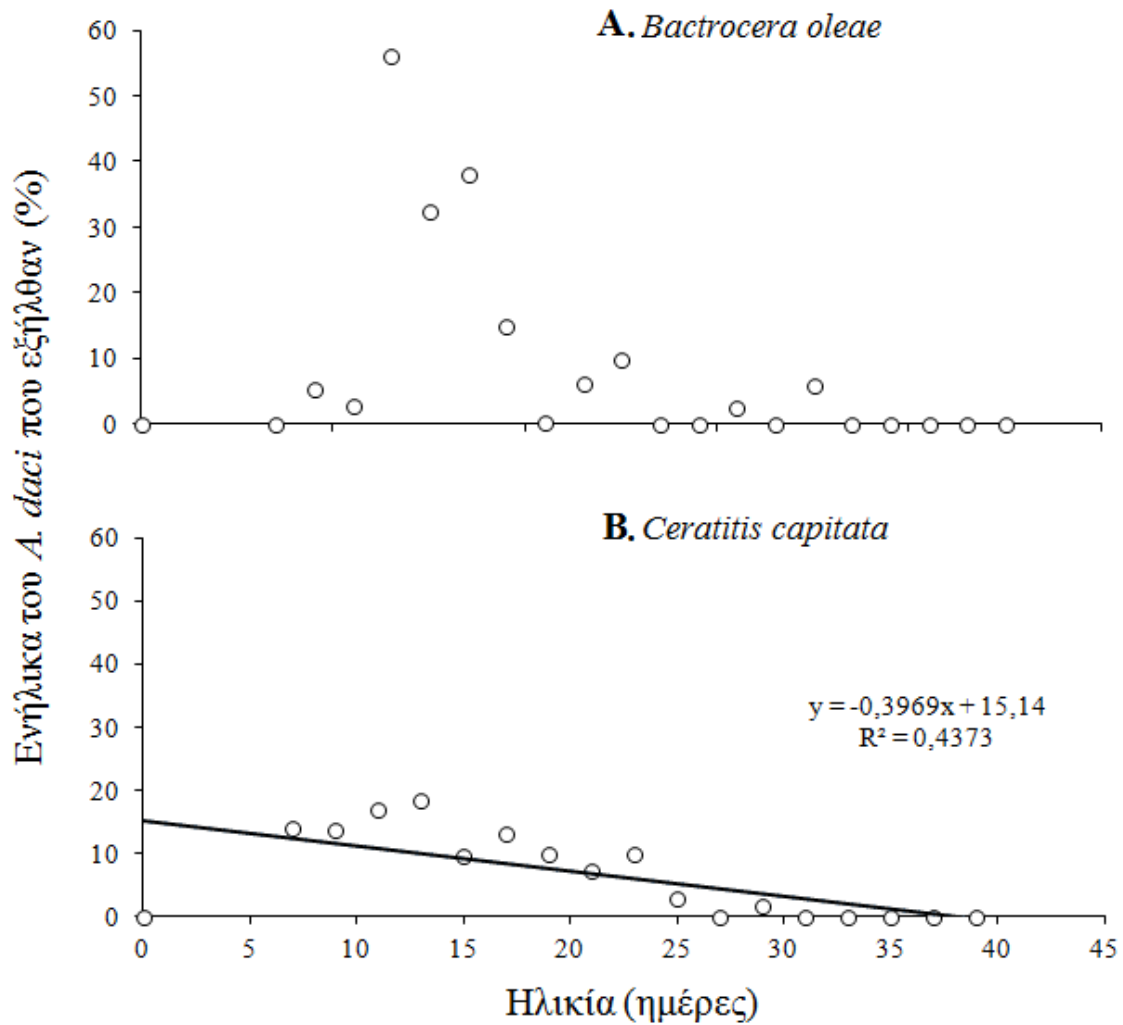
Διάγραμμα 7. Καμπύλες επιβίωσης σε σχέση με την ηλικία για τα θηλυκά του *A. daci* που προήλθαν από ξενιστές δάκο της ελιάς (συμπαγής γραμμή) και μύγα της Μεσογείου (διακεκομμένη γραμμή) και είχαν πρόσβαση για ωοτοκία σε προνύμφες της μύγας της Μεσογείου.

Στο Διάγραμμα 8 δίνεται το ποσοστό εξόδου των δύο φύλων του παρασιτοειδούς σε σχέση με την ηλικία των θηλυκών που προήλθαν από προνύμφες του δάκου της ελιάς και της μύγας της Μεσογείου. Παρατηρείται ότι μεταξύ της 10^{ης} και 17^{ης} περίπου ημέρας ζωής των θηλυκών του *A. daci* που προήλθαν από ξενιστή δάκο της ελιάς δίνουν τους περισσότερους απογόνους (μέγιστο εξόδου) και σταθερά περιορισμένος εμφανίζεται ο αριθμός των εξερχόμενων ενήλικων της μύγας της Μεσογείου. Αντίθετα, ο αριθμός των απογόνων (θηλυκών και αρσενικών) των θηλυκών του *A. daci* που προήλθαν από μύγα της Μεσογείου είναι σχετικά σταθερός μέχρι την 25^η ημέρα ζωής των θηλυκών και στη συνέχεια μηδενίζεται.

Παρατηρείται ότι υπάρχει σημαντική επίδραση της ηλικίας των θηλυκών που αναπτύχθηκαν σε προνύμφες της μύγας Μεσογείου με το ποσοστό παρασιτισμού (της μύγας Μεσογείου) ($F_{1, 16}=12.421$, $P = 0.003$; $R^2=0.44$), καθώς όσο αυξάνεται η ηλικία του θηλυκού μειώνεται το ποσοστό παρασιτισμού (Διάγραμμα 9). Αντίθετα, για τα θηλυκά που προήλθαν από προνύμφες του δάκου της ελιάς το ποσοστό παρασιτισμού (της μύγας Μεσογείου) δεν επηρεάζεται σημαντικά από την ηλικία του θηλυκού *A. daci* ($F_{1, 19}=2.870$, $P = 0.107$; $R^2=0.13$).



Διάγραμμα 8. Ποσοστό παρασιτισμού σε σχέση με την ηλικία θηλυκών του *A. daci* που αναπτύχθηκαν σε προνύμφες του δάκου της ελιάς (Α) και της μύγας της Μεσογείου (Β). Κάθε θηλυκό του *A. daci* είχε πρόσβαση σε 10 προνύμφες 3^{ης} ηλικίας της μύγας της Μεσογείου για 1.5 ώρες ανά δύο ημέρες από την 7^η έως την τελευταία ημέρα της ζωής του.



Διάγραμμα 9. Σχέση μεταξύ του ποσοστού παρασιτισμού και της ηλικίας των θηλυκών του *A. daci* που αναπτύχθηκαν σε προνύμφες του δάκου της ελιάς (Α) και της μύγας της Μεσογείου (Β). Κάθε θηλυκό του *A. daci* είχε πρόσβαση σε 10 προνύμφες 3^{ης} ηλικίας της μύγας της Μεσογείου για 1.5 ώρες ανά δύο ημέρες από την 7^η έως την τελευταία ημέρα της ζωής του.

3.7 Συζήτηση

3.7.1 Επίδραση του ξενιστή των ανηλικών σταδίων και της θερμοκρασίας ανάπτυξης στην επιβίωση των ανηλικών σταδίων του *A.daci*

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής διαπιστώνεται, για πρώτη φορά, η ικανότητα του συγκεκριμένου παρασιτοειδούς να αναπτύσσεται και να επιβιώνει σε ξενιστή δάκο της ελιάς. Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία καθώς ανοίγει το δρόμο για περαιτέρω μελέτες αναφορικά με την αξιοποίησή του ως φυσικού εχθρού έναντι του συγκεκριμένου εντόμου. Επιπλέον το γεγονός ότι τα ποσοστά επιβίωσης στους 20 και 25 °C ήταν παραπλήσια με εκείνα που διαπιστώθηκαν σε ξενιστή μυγα της Μεσογείου, υποδηλώνει την καλή προσαρμοστικότητα του *A. daci* ως προς το “νέο” ξενιστή του, το δάκο της ελιάς. Αντιθέτως, στους 15 °C, η επιβίωση του παρασιτοειδούς ήταν περίπου πενταπλάσια στη μυγα της Μεσογείου σε σχέση με το δάκο της ελιάς (15.2% και 2.8% αντίστοιχα). Η διαφοροποίηση αυτή ενδεχομένως να οφείλεται στην καλύτερη προσαρμογή του στον εν λόγω ξενιστή, εξαιτίας του γεγονότος ότι, η συγκεκριμένη χρησιμοποιηθείσα φυλή του παρασιτοειδούς εκτρέφεται για αρκετά χρόνια, σε προνύμφες της μύγας της Μεσογείου. Έτσι, σε θερμοκρασίες που προσεγγίζουν την κάτω ουδό ανάπτυξης του *A. daci*, ο βαθμός προσαρμογής ως προς τον ξενιστή ίσως να είναι καθοριστικής σημασίας για την επιβίωσή του.

Τα αποτελέσματα σχετικά με την επιβίωση των ανηλικών σταδίων του *A. daci* σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου, στις διαφορετικές θερμοκρασίες, είναι παραπλήσια με εκείνα των de Pedro *et al.* (2016). Ωστόσο, στη συγκεκριμένη μελέτη αναφέρεται επιβίωση των ανηλικών σταδίων σε ποσοστό περίπου 7%, στους 30 °C, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με τα μηδενικά ποσοστά που διαπιστώθηκαν στην περίπτωση της παρούσας μελέτης. Μάλιστα, στη συγκεκριμένη θερμοκρασία, τα πειράματά της παρούσας εργασίας επαναλήφθηκαν για δεύτερη φορά, δίνοντας το ίδιο ακριβώς, μηδενικό αποτέλεσμα. Η παραπάνω διαφοροποίηση θα πρέπει πιθανότατα να αποδοθεί στο διαφορετικό στάδιο ανάπτυξης του ξενιστή, που χρησιμοποιήθηκε στις δύο μελέτες. Ειδικότερα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, κατά τον παρασιτισμό χρησιμοποιήθηκαν ώριμες προνύμφες 3^{ης} ηλικίας, οι οποίες είχαν ολοκληρώσει την ανάπτυξή τους στο τεχνητό υπόστρωμα ανάπτυξης και ήταν έτοιμες προς νύμφωση. Αντιθέτως, οι de Pedro *et al.* (2016) χρησιμοποίησαν προνύμφες που ολοκλήρωσαν

την ανάπτυξή τους 2 – 3 ημέρες, μετά τον παρασιτισμό. Επομένως, δεν αποκλείεται σε θερμοκρασίες που προσεγγίζουν την άνω ουδό ανάπτυξης του *A. daci*, το στάδιο ανάπτυξης του ξενιστή να παίζει καθοριστικό ρόλο, στην ικανότητα επιβιώσής του.

Επίσης, οι de Pedro *et al.* (2017b) αναφέρουν μεγαλύτερο ποσοστό παρασιτισμού προνυμφών μύγας της Μεσογείου, σε θερμοκρασιακό εύρος 23 – 25 °C, το οποίο ποσοστό παρασιτισμού κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα, με το αντίστοιχο της παρούσας εργασίας, ενώ σε υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρείται ότι, το ποσοστό παρασιτισμού βρίσκεται σε χαμηλότερα επίπεδα. Ωστόσο μια πιθανή εξήγηση για τα παραπάνω αποτελέσματα είναι η σημαντική επίδραση της θερμοκρασίας επί των αναπτυσσομένων ανηλικών σταδίων του παρασιτοειδούς, της οποίας οι ακραίες τιμές δύνανται να προκαλέσουν δυσκολία και καθυστέρηση ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του, καθώς επίσης και θνησιμότητα. Επιπροσθέτως, παρατηρείται ότι, κατά τη διενέργεια της παρούσας μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν παρασιτοειδή χωρίς προηγούμενη αναπαραγωγική εμπειρία, γεγονός το οποίο ενδέχεται να συμβάλλει τόσο στην επιβίωση όσο και στο ποσοστό παρασιτισμού. Δηλαδή, αυτά τα παρασιτοειδή λόγω της αναπαραγωγικής απειρίας τους, αρχικά λειτουργούσαν ανιχνευτικά, προσεγγίζοντας και αλληλεπιδρώντας με τις προνύμφες των ξενιστών (Αποστολίδης, 2003). Η αλληλεπίδραση αυτή, καθώς και οι αποτυχημένες προσπάθειες παρασιτισμού, δημιουργούν καταπόνηση στις προνύμφες των ξενιστών, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη θνησιμότητα τους, το μειωμένο ποσοστό παρασιτισμού και επιβίωσης των ανηλικών σταδίων του παρασιτοειδούς.

Σε διενεργηθείσα μελέτη, στους 25 °C, με ξενιστή προνύμφες δεύτερης ηλικίας του *B. zonata*, το παρασιτοειδές εμφάνισε ποσοστό επιβίωσης της τάξης του 44.7% (Hosni *et al.*, 2011), που είναι μικρότερο κατά 20% περίπου, σε σχέση με το αντίστοιχο του δάκου της ελιάς της παρούσας μελέτης. Επίσης, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, που αποδεικνύουν τη μη σημαντική επίδραση του είδους του ξενιστή στην επιβίωση των ανηλικών σταδίων του *A. daci*, στους 25 °C, οι Soomro *et al.* (2016), επισημαίνουν τον σημαντικό ρόλο του είδους και της ηλικίας του ξενιστή στον παρασιτισμό και στην επιβίωση του παρασιτοειδούς, στην ίδια θερμοκρασία, ενώ επισημαίνουν ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες ενδέχεται να προκαλούν θνησιμότητα στα ανήλικα στάδια ανάπτυξης του παρασιτοειδούς.

Όσον αφορά την αναλογία φύλου, προκύπτει ότι σχεδόν σε όλες τις θερμοκρασίες, ο αριθμός των θηλυκών του παρασιτοειδούς υπερτερεί ελαφρώς έναντι

των αρσενικών (Πίνακας 1). Για την αναλογία φύλου υπάρχουν διαφορετικά αποτελέσματα, τα οποία αναφέρουν ότι υπερτερεί σε βαθμό διπλάσιο έως και τριπλάσιο ο αριθμός των θηλυκών έναντι των αρσενικών παρασιτοειδών (Αποστολίδης, 2003), αλλά αναφέρονται και αποτελέσματα τα οποία δείχνουν μια μεγαλύτερη αναλογία φύλου, υπέρ των αρσενικών *A. daci* (Papadopoulos and Katsoyannos, 2003; Ali et al., 2016), με ξενιστή προνύμφες της μύγας της Μεσογείου. Γενικά, σύμφωνα με τους Vinson και Iwantsch (1980), οι διαφορές στην αναλογία φύλου δύνανται να καθοριστούν από το φύλο και το μέγεθος του ξενιστή, τον υπερπαρασιτισμό, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την ηλικία του παρασιτοειδούς.

Τέλος, διάφοροι επιπλέον παράμετροι όπως το είδος και η θέση του προσβεβλημένου καρπού, η πληθυσμιακή πυκνότητα των προνυμφών του ξενιστή (υπερπαρασιτισμός), το είδος και η ηλικία του ξενιστή, καθώς επίσης και οι κλιματικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία), ενδέχεται να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο κυρίως στον φυσικό παρασιτισμό, στην αναλογία φύλου, καθώς και στην επιβίωση των ανηλικών σταδίων του *A. daci* (Nunez – Bueno, 1982; Papadopoulos and Katsoyannos, 2003; Hosni et al., 2011; Ali et al., 2016; de Pedro et al., 2017a,b; de Pedro et al., 2018a).

3.7.2 Επίδραση του ξενιστή των ανηλικών σταδίων και της θερμοκρασίας ανάπτυξης στη διάρκεια ανάπτυξης ανηλικών σταδίων του *A.daci*

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα παρατηρείται ότι, η διάρκεια ανάπτυξης στους 20 °C είναι σχεδόν διπλάσια από τους 25 °C, ενώ στους 15° C περίπου εξαπλάσια από τους 25 °C, ανεξάρτητα από τον ξενιστή και το φύλο. Γενικότερα, εύκολα αντιληπτή γίνεται, η αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και χρονικής διάρκειας ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του παρασιτοειδούς. Βέβαια, το παραπάνω, ενδέχεται να συμβαίνει διότι με τη μείωση της θερμοκρασίας μειώνονται οι μεταβολικοί ρυθμοί των αναπτυσσόμενων ανηλικών σταδίων του παρασιτοειδούς, εντός των νυμφών του ξενιστή και επομένως, να αυξάνεται η χρονική διάρκεια εξόδου των ενηλικών παρασιτοειδών. Επιπροσθέτως, σε χαμηλές θερμοκρασίες (15, 20 °C), προκαλείται αργή εξέλιξη μετατροπής των παρασιτισμένων προνυμφών σε νύμφες και επομένως, επιμηκύνεται η διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του *A. daci* (Tormos et al., 2013). Επιπλέον, ενδιαφέρον αποκτάει το γεγονός των σχεδόν πανομοιότυπων αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με άλλες έρευνες, ιδίως στην

περίπτωση των 25 °C και για τα δύο φύλα του *A. daci*, με ξενιστή τη μύγα της Μεσογείου. Έτσι λοιπόν, στους 25 °C, η διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων (από ωό έως ενήλικο) του *A. daci* είναι, 28.23 ημέρες και 32.08 ημέρες, για τα αρσενικά και τα θηλυκά, αντίστοιχα (Tormos *et al.*, 2013). Επίσης, σύμφωνα με τους de Pedro *et al.* (2016) επισημαίνεται σχεδόν πλήρης ταύτιση αποτελεσμάτων για την διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων των δύο φύλων του παρασιτοειδούς, σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου, στους 25° C, δηλαδή για τα μεν αρσενικά είναι 28.24 ημέρες και για τα δε θηλυκά 31.89 ημέρες, ενώ στις λοιπές θερμοκρασίες παρατηρείται σημαντική διαφορά και για τα δύο φύλα. Συνεπώς, σημαντικές διαφορές στη διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων εντοπίζονται στις θερμοκρασίες 15 και 20 °C. Επίσης, η διάρκεια ανάπτυξης στους 15 °C (ανεξαρτήτως φύλου) είναι σχεδόν τριετήμιση φορές μεγαλύτερη από εκείνη των 25° C, ενώ στην παρούσα εργασία, η διαφορά υπολογίζεται εξήμιση φορές μεγαλύτερη. Στην έρευνα των de Pedro *et al.* (2016), στους 15 °C, η διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων προσεγγίζεται κατά μέσο όρο, για τα μεν αρσενικά, στις 100.75 ημέρες και για τα δε θηλυκά, στις 102.40 ημέρες, ενώ σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, η ίδια χρονική διάρκεια σχεδόν διπλασιάζεται τόσο με ξενιστή τη μύγα της Μεσογείου όσο και με το δάκο της ελιάς, για τα δύο φύλα. Παρόμοια αναλογική διαφορά εντοπίζεται και στους 20 °C, μεταξύ των δύο μελετών. Αναλυτικότερα, στους 20 °C, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας για την διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του παρασιτοειδούς, τόσο με ξενιστή τη μύγα της Μεσογείου όσο και με το δάκο της ελιάς, ανεξαρτήτως φύλου, χαρακτηρίζονται από αναλογία σχεδόν 1.5 έως 2 φορές μεγαλύτερη από τα αντίστοιχα αποτελέσματα των de Pedro *et al.* (2016), κατά τα οποία τα αρσενικά παρουσιάζουν, μέση διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων, 38.39 ημέρες και τα θηλυκά, 38.18 ημέρες. Στην συνέχεια παρατιθενται κάποιες πιθανές αιτίες, σχετικά με τις σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο ερευνών, κυρίως όσον αφορά τα αποτελέσματα της μύγας της Μεσογείου. Επομένως, στο πείραμα των de Pedro *et al.* (2016) χρησιμοποιούνται προνύμφες μύγας της Μεσογείου, οι οποίες ολοκληρώνουν την ανάπτυξή τους 2 – 3 ημέρες μετά τον παρασιτισμό τους, ενώ στην παρούσα εργασία, οι προνύμφες που εκτίθενται στα παρασιτοειδή είναι έτοιμες προς νύμφωση. Επιπλέον, η διαφορετική, φυλή της μύγας της Μεσογείου καθώς και η μέθοδος εκτροφής της, που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε πείραμα δύνανται να επηρέασαν σημαντικά τη διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του παρασιτοειδούς, *A. daci*.

Από την άλλη, υπάρχουν έρευνες οι οποίες παρουσιάζουν διαφορετικά αποτελέσματα για την διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του παρασιτοειδούς, σε σχέση με αυτά της παρούσας διατριβής. Συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι, η περίοδος ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του *A. daci* είναι, για τα αρσενικά 31 ημέρες ενώ για τα θηλυκά 34.32 ημέρες, στους 25 °C, με ξενιστή τη μύγα της Μεσογείου, η οποία περίοδος εμφανίζεται ελαφρώς υπέρτερη από εκείνη της παρούσας μελέτης (Αποστολίδης, 2003). Επίσης, οι Papadopoulos και Katsoyannos (2003) αναφέρουν ότι η διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του παρασιτοειδούς είναι 33.8 ημέρες για τα αρσενικά και 37.1 ημέρες για τα θηλυκά, βάσει των οποίων παρατηρείται μια ελαφρώς μεγαλύτερη διάρκεια σε σχέση με την παρούσα εργασία, στους 25 °C και με ξενιστή τη μύγα της Μεσογείου. Παρ' όλα αυτά αποδεικνύεται ότι, στους 25 °C και σε ξενιστή *B. zonata*, τα αρσενικά και τα θηλυκά του *A. daci* εμφάνισαν διάρκεια ανάπτυξης ανηλικών σταδίων, περίπου 10 – 12 ημέρες, δηλαδή μικρότερη διάρκεια ανάπτυξης από τα ευρήματα της παρούσας εργασίας (Andleeb *et al.*, 2010). Επομένως, τόσο ο παράγων ξενιστής όσο και το είδος της τροφής του ενδέχεται να επηρεάζουν την διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του παρασιτοειδούς, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, κατά τα οποία, ο ξενιστής δεν εμφανίζεται ως παράγοντας επίδρασης. Σε πείραμα, για το *A. daci* με ξενιστή τη δεύτερη προνυμφική ηλικία του *A. suspensa*, στους 27.5 °C, τα στοιχεία δείχνουν ότι το παρασιτοειδές έχει ελάχιστα μικρότερη διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του συγκριτικά με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, καταγράφοντας έτσι, περίοδο ανάπτυξης για τα αρσενικά, 26 – 27 ημέρες και για τα θηλυκά, 28 ημέρες (Nunez – Bueno, 1982), επομένως η περίοδος ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του παρασιτοειδούς ενδέχεται να επηρεάζεται από την ηλικία ανάπτυξης της προνύμφης του εκάστοτε ξενιστή. Επιπλέον, οι Hosni *et al.* (2011) αναφέρουν ότι, σε εργαστηριακά πειράματα, στους 25 °C, η διάρκεια ανάπτυξης των αρσενικών του *A. daci*, επί των προνυμφών δεύτερης ηλικίας του *B. zonata*, κυμαίνεται από 26 έως 28 ημέρες, ενώ για τα θηλυκά 28 έως 30 ημέρες, δηλαδή μικρότερο χρονικό διάστημα εξόδου των ανηλικών του παρασιτοειδούς σε σχέση με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, γεγονός το οποίο δηλώνει την επίδραση της ηλικίας και του είδους του ξενιστή στην διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του *A. daci*.

Τέλος, παρατηρείται σε όλα τα πειράματα, μικρότερη διάρκεια ανάπτυξης των αρσενικών συγκριτικά με εκείνη των θηλυκών. Σε κάθε περίπτωση, όπως και στην

παρούσα έρευνα, το γεγονός της πρωτανδρίας, κατά το οποίο έχουμε πρωταρχική έξοδο αρσενικών, ενώ έπειτα, από σχεδόν 2 – 3 ημέρες, εμφανίζονται τα θηλυκά παρασιτοειδή, ενδεχομένως να συμβάλλει στην άμεση σύζευξη των παρασιτοειδών (Nunez – Bueno, 1982; Papadopoulos and Katsoyannos, 2003). Παράλληλα, σύμφωνα με τους Vinson και Iwantsch (1980), η διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων ενός είδους παρασιτοειδούς επηρεάζεται από, την ηλικία του ξενιστή, το είδος και την ηλικία του παρασιτοειδούς, την θρεπτική καταλληλότητα του ξενιστή για το παρασιτοειδές και τις περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία).

3.7.3 Επίδραση του ξενιστή των ανηλικών σταδίων και της θερμοκρασίας ανάπτυξης στο μέγεθος των ενηλικών του *A.daci*

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το μήκος της κνήμης του οπίσθιου αριστερού ποδιού των παρασιτοειδών δεν επηρεάστηκε από τον ξενιστή που αναπτύχθηκαν τα ανήλικα στάδια. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι το μήκος της κνήμης αυξάνεται με την άυξηση της θερμοκρασίας. Κάτι αντίστοιχο ισχύει και για το μήκος του ωοθήτη. Το γεγονός αυτό μοιάζει κάπως παράδοξο με δεδομένο ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες επιβραδύνουν τους ρυθμούς ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων των εντόμων, με συνέπεια να παρατείνεται η διάρκειά της που οδηγεί στην εμφάνιση πιο μεγαλόσωμων ενηλικών. Μια πιθανή εξήγηση για το συγκεκριμένο φαινόμενο θα μπορούσε να είναι το γεγονός ότι εξαιτίας της βραδείας ανάπτυξης των προνυμφών του παρασιτοειδούς στις χαμηλότερες θερμοκρασίες (15, 20 °C), ένα μέρος των τροφικών αποθεμάτων της νεκρής νύμφης του ξενιστή να υπόκειται σε οποιαδήποτε αλλοίωση (σήψη, ξήρανση), πριν προλάβει να αξιοποιηθεί. Το επιχείρημα αυτό ισχυροποιείται ιδιαίτερα και από το γεγονός ότι η διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών σταδίων του *A. daci*, στους 20 °C, ήταν σχεδόν διπλάσια από ότι τους 25 °C, ενώ στους 15 °C περίπου εξαπλάσια από ότι τους 25 °C, ανεξαρτήτως ξενιστή. Συνεπώς, ιδιαίτερα σημαντική επίδραση είναι της θερμοκρασίας και του φύλου, ενώ ο παράγων ξενιστής δεν επιδράει σημαντικά, στη διαμόρφωση του μήκους της κνήμης των παρασιτοειδών.

Επίσης ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι τα θηλυκά που αναπτύχθηκαν σε ξενιστή δάκο της ελιάς εμφάνισαν μεγαλύτερο μήκος ωοθήτη σε σχέση με εκείνα που αναπτύχθηκαν σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου. Η Nunez – Bueno (1982) καταγράφει ότι, το μήκος του ωοθήτη δεν επηρεάζεται από το μέγεθος

και την ηλικία του ξενιστή. Ωστόσο, αυτή η διαπίστωση αντίκειται στα ευρήματα της παρούσας μελέτης, κατά τα οποία στις προνύμφες του δάκου της ελιάς αναπτύσσονται θηλυκά παρασιτοειδή με μεγαλύτερο μεσο μήκος ωοθήτη σε σχέση με τα αντίστοιχα των προνυμφών της μύγας της Μεσογείου. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Hosni *et al.* (2011), ενδέχεται το μέγεθος της νύμφης του ξενιστή να επηρεάζει αναλογικά, το μέγεθος των ενηλίκων του παρασιτοειδούς *A. daci*, επομένως δε και των επιμέρους μορφολογικών χαρακτήρων τους. Παρ' όλα αυτά, δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία και καταγεγραμμένες αναφορές σχετικές με την επίδραση διαφορετικών ξενιστών στη συγκεκριμένη παράμετρο.

Με δεδομένο ότι ο ξενιστής δεν επηρέασε σημαντικά κάποιο από τα άλλα σωματομετρικά χαρακτηριστικά (μήκος κνήμης, πλάτος πτέρυγας) του *A. daci* που μελετήθηκαν, το μεγαλύτερο μέγεθος του ωοθήτη στα συγκεκριμένα θηλυκά δε φαίνεται να σχετίζεται και με μεγαλύτερο γενικά σωματικό μέγεθος. Πιθανότατα, ενδέχεται ο επιτυχής παρασιτισμός του συγκεκριμένου ξενιστή, υπό των υφισταμένων συνθηκών του πειράματος, να συνδέεται με αυξημένο μήκος ωοθήτη των θηλυκών, το οποίο αντικατοπτρίζεται και στους αναπτυσσόμενους απογόνους. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να σημειωθεί ότι γενικά το μήκος του ωοθήτη των παρασιτοειδών του δάκου της ελιάς παίζει καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία παρασιτισμού του εντός των ελαιοκάρπων όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως.

3.7.4 Επίδραση του ξενιστή των ανηλικών σταδίων και της θερμοκρασίας ανάπτυξης στη μακροζωία των ενηλίκων *A. daci*

Η μακροζωία των δύο φύλων του *A. daci* που προήλθαν από τους δύο ξενιστές στις διαφορετικές θερμοκρασίες κυμάνθηκε σε παραπλήσια περίπου επίπεδα, αποδεικνύοντας ότι ο δάκος της ελιάς μπορεί να υποστηρίξει επαρκώς σημαντικές βιολογικές παραμέτρους του συγκεκριμένου παρασιτοειδούς. Με δεδομένο ότι η μετάβαση γενικά πολυφάγων εντόμων (είτε φυτοφάγων, είτε σαρκοφάγων) από τον ένα ξενιστή σε έναν άλλο συχνά συνοδεύεται με κάποιο κόστος στην αρμοστικότητα τους, τα αποτελέσματα που προέκυψαν αναφορικά με τη μακροζωία του *A. daci* σε ξενιστή δάκο της ελιάς είναι πράγματι ενθαρρυντικά για την αξιοποίησή του ως φυσικό εχθρό.

Παρόμοια πειράματα για τη διάρκεια ζωής των ενηλίκων του *A. daci* δείχνουν ότι, με ξενιστή τη μύγα της Μεσογείου, η μακροζωία των αρσενικών και θηλυκών παρασιτοειδών είναι σημαντικά μικρότερη από τα αποτελέσματα της παρούσας

εργασίας. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι, στην έρευνα των de Pedro *et al.* (2016), η μέση διάρκεια ζωής των ενηλίκων παρασιτοειδών και των δύο φύλων, είναι υποδιπλάσια έως και υποτριπλάσια σε σχέση με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, στους 15, 25 και 30 °C, με εξαίρεση τους 20 °C, στην οποία η διαφορά είναι μικρότερη. Οι διαφορές αυτές θα πρέπει να αποδοθούν στο γεγονός ότι, στην έρευνα των de Pedro *et al.* (2016), η μελέτη της μακροζωίας πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ομάδες των δέκα ατόμων του ίδιου φύλου σε κυλινδρικά κλουβιά 15 x 20 cm. Έτσι, τόσο οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ατόμων όσο και ο αυξημένος χώρος δραστηριότητας ενδεχομένως να επηρέασαν δυσμενώς τη διάρκεια ζωής των ενηλίκων. Οι Papadopoulos και Katsoyannos (2003) αναφέρουν ότι, τα αρσενικά παρσιτοειδή *A. daci*, από μύγα της Μεσογείου, έχουν μεγαλύτερη μέση διάρκεια ζωής από τα θηλυκά, είτε άγρια ή εργαστηριακά εκτρεφόμενα στους 25 °C, γεγονός το οποίο αντίκειται στα ευρήματα της παρούσας μελέτης. Επίσης, οι ίδιοι ερευνητές καταγράφουν μικρότερη μέση διάρκεια ζωής για τα παρασιτοειδή και των δύο φύλων (άγρια, εργαστηριακά), σε σχέση με την υψηλότερη μέση διάρκεια ζωής της παρούσας εργασίας.

Επιπλέον, πειράματα μακροβιότητας του παρασιτοειδούς *A. daci* αναφέρουν ότι, η διάρκεια ζωής των αρσενικών (4 – 5 ημέρες) είναι μικρότερη από εκείνη των θηλυκών (8 – 9 ημέρες), με ξενιστή το *B. zonata*, στους 24 – 26 °C, αποδεικνύοντας τον σημαντικό ρόλο τόσο του ξενιστή όσο και του φύλου, στη μακροβιότητα του παρασιτοειδούς (Andleeb *et al.*, 2010). Την σημαντικότητα του ξενιστή καταδεικνύει και το πείραμα των Soomro *et al.* (2016), παρουσιάζοντας ότι, η διάρκεια ζωής του παρασιτοειδούς *A. daci* επηρεάζεται σημαντικά από τους διαφορετικούς ξενιστές ανάπτυξης του (*B. zonata*, *B. dorsalis*, *B. curcubitae*, *Carpomya vesuviana*), καταγράφοντας δηλαδή, διαφορετική διάρκεια ζωής στον καθένα από αυτούς.

Η θερμοκρασία, ως παράγοντας ρύθμισης της διάρκειας ζωής σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, δύναται να επηρεάσει άμεσα τους μεταβολικούς ρυθμούς των παρασιτοειδών και κατ' επέκταση τη μακροβιότητα τους. Δηλαδή, στις χαμηλές θερμοκρασίες (15 °C), τα παρασιτοειδή, των δύο φύλων και ξενιστών, μειώνουν τη μεταβολική τους δραστηριότητα σε οριακά επίπεδα επιβίωσης, εμφανιζόμενα νοχελικά, μειωμένης κινητικότητας και σχεδόν αδρανή (οπτικές παρατηρήσεις), με αποτέλεσμα την επιμήκυνση της διάρκειας ζωής τους. Το αντίθετο συμβαίνει με τις υψηλές θερμοκρασίες (30 °C), στις οποίες τα παρασιτοειδή εμφανίζουν εντονότερη μεταβολική δραστηριότητα, μεγαλύτερη κατανάλωση οξυγόνου και μικρότερη

διάρκεια ζωής (Clark and Rockstein, 1964). Η Nunez – Bueno (1982), επιβεβαιώνει τη μικρότερη διάρκεια ζωής του παρασιτοειδούς *A. daci* σε ξενιστή *A. suspensa* στις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ στις χαμηλές παρατείνεται. Στο ίδιο πείραμα τονίζεται ότι, στους 29 °C, το παρασιτοειδές έχει μικρότερη διάρκεια ζωής, προκαλούμενη από τους έντονους μεταβολικούς ρυθμούς και την υψηλή θερμοκρασία, σε αντίθεση με τους 20 °C, στους οποίους το παρασιτοειδές σχεδόν αδρανοποιείται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Πιθανότατα στο παραπάνω πείραμα, εκτός της θερμοκρασίας, σημαντική επίδραση να παίζει και ο ξενιστής στη μακροβιότητα, αρσενικών και θηλυκών, *A. daci*. Επιπλέον, πολλοί ερευνητές αναφέρουν ότι υπάρχουν ιδανικά όρια, θερμοκρασίας και υγρασίας, για τη φυσιολογική επιβίωση και μακροβιότητα των φυσικών εχθρών, πέρα από τα οποία, επιβαρύνεται η επιβίωση τους (Wysoki et al., 1988; Jervis, 2005). Ένας πιθανός λόγος που καθιστά τον ξενιστή προέλευσης των παρασιτοειδών *A. daci* σημαντικό παράγοντα για τη μακροβιότητα τους ενδέχεται να είναι το μέγεθος του. Ειδικότερα, όσο μεγαλύτερο το μέγεθος του ξενιστή ανάπτυξης των παρασιτοειδών τόσο μεγαλύτερο απόθεμα τροφής και ενέργειας για τα αναπτυσσόμενα παρασιτοειδή και άρα, πιθανώς μια μεγαλύτερη διάρκεια ζωής για τα ενήλικα. Όπως αναφέρουν τα αποτελέσματα του παρόντος πειράματος, μακροβιότερα είναι τα ενήλικα παρασιτοειδή *A. daci* που αναπτύχθηκαν σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου, της οποίας η προνύμφη έχει μεγαλύτερο μέγεθος από την αντίστοιχη του δάκου της ελιάς. Επιπροσθέτως, υπάρχουν και άλλοι αβιοτικοί και βιοτικοί παράγοντες, που επηρεάζουν τη μακροβιότητα (Jervis, 2005; Tormos et al., 2012).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, το φύλο επιδράει σημαντικά στη διάρκεια ζωής των ενηλίκων παρασιτοειδών *A. daci*. Κυρίως δε τα θηλυκά παρασιτοειδή, τα οποία ενδεχομένως λόγω έμφυτης γενετικής προδιάθεσης, για αναπαραγωγή και ωοτοκία, παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής έναντι των αρσενικών παρασιτοειδών. Έτσι λοιπόν, ενώ το ζεύγος συζεύγνυται (εντός του δοχείου μέτρησης της μακροζωίας), το θηλυκό δεν δύναται να ωοτοκήσει, εξαιτίας της απουσίας καταλλήλου ξενιστή. Επόμενως, η επιβίωση του θηλυκού παρασιτοειδούς παρατείνεται, αναμένοντας την εμφάνιση του καταλλήλου ξενιστή, με σκοπό την ωοτοκία και την απόδοση απογόνων οι οποίοι θα διαιωνίσουν το είδος. Παρόμοια θεώρηση προβάλλεται από τους Ruberson *et al.* (1988), κατά τους οποίους, σε φυσικές συνθήκες όπου η διαθεσιμότητα και η πληθυσμιακή πυκνότητα των ξενιστών είναι χαμηλή, ενδέχεται να επιμηκύνεται η διάρκεια ζωής του

παρασιτοειδούς, ώστε ευρισκόμενος ο κατάλληλος ξενιστής, το παρασιτοειδές να ωοτοκήσει έντονα επ' αυτού, ακόμα και σε μεγάλη ηλικία.

3.7.5 Επίδραση του ξενιστή των ανηλικών σταδίων και της θερμοκρασίας ανάπτυξης στη γονιμότητα θηλυκών *A. daci*

Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης προέκυψε ότι τα θηλυκά του *A. daci* που προήλθαν από ξενιστή δάκο της ελιάς εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερη γονιμότητα (ποσοστά επιτυχούς παρασιτισμού) στη διάρκεια της ζωής τους σε σχέση με εκείνα που προέκυψαν από ξενιστή μύγα της Μεσογείου. Ειδικότερα, η γονιμότητα τους συνοδεύτηκε από σχεδόν διπλάσιο αριθμό θηλυκών απογόνων. Επιπλέον, πέρα από την υψηλότερη γονιμότητά τους, εμφάνισαν επίσης και μεγαλύτερη μακροζωία. Έτσι, προκύπτει ότι, ο δάκος της ελιάς αποτελεί έναν ιδιαίτερα ευνοικό ξενιστή για το συγκεκριμένο παρασιτοειδές καθώς οι συγκεκριμένες παράμετροι είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την υψηλή αρμοστικότητα.

Γενικά, η διαδικασία της ωοτοκίας και η γονιμότητα σε σχέση με την ηλικία ενός παρασιτοειδούς καθορίζεται από ποικίλους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες. Οι βιοτικοί σχετίζονται με την αλληλεπίδραση μεταξύ των θηλυκών παρασιτοειδών, τη διαθέσιμη πληθυσμιακή πυκνότητα του ξενιστή για το παρασιτοειδές, την ηλικία του ξενιστή, την ποιότητα της τροφής, το μέγεθος του θηλυκού και τη σύζευξη, ενώ οι σημαντικότεροι αβιοτικοί παράγοντες με τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία και το φωτισμό (Nunez – Bueno, 1982; Jervis and Kidd, 1996; de Pedro et al., 2017b; de Pedro et al., 2018a).

Η αναλογία φύλου υπέρ των θηλυκών στην παρούσα έρευνα συμφωνεί με αντίστοιχες των εργαστηριακές μελέτες των de Pedro *et al.* (2018b). Μάλιστα, το παραπάνω γνώρισμα θεωρείται ιδιαίτερα επιθυμητό σε προγράμματα βιολογικής καταπολέμησης καθώς τα θηλυκά είναι εκείνα που συνεισφέρουν στον παρασιτισμό. Αντίθετα, σε φυσικό παρασιτισμό μύγας της Μεσογείου από *A. daci*, αποδείχτηκε ότι, ο αριθμός των αρσενικών υπερτερεί κατ' ελάχιστο εκείνου των θηλυκών, σε αναλογία 1:1.1 (Papadopoulos and Katsoyannos, 2003). Παρόμοια αποτελέσματα, από φυσικό παρασιτισμό της μύγας της Μεσογείου, κατά τα οποία εμφανίζεται μεγαλύτερος ο αριθμός των αρσενικών παρασιτοειδών *A. daci* έναντι των θηλυκών, παρουσιάζονται και στην έρευνα των Ali *et al.* (2015), με αναλογία φύλου 1:1.2 (θηλυκά: αρσενικά). Για την αναλογία φύλου του παρασιτοειδούς *A. daci*, υψηλότερος επανεμφανίζεται ο αριθμός των αρσενικών έναντι των θηλυκών, με

εύρος από 0:1 έως 1:6.5 (θηλυκά: αρσενικά), σε φυσικό παρασιτισμό της μύγας της Μεσογείου, με συλλογή νυμφών της από διάφορες καλλιέργειες (Ali *et al.*, 2016). Παρ' όλα τα παραπάνω στοιχεία, το θέμα της γονιμότητας των θηλυκών *A. daci*, αναπτυσσομένων επί προνυμφών δάκου της ελιάς, χρήζει εκτενέστερης και ενδελεχούς μελέτης, ώστε τεκμηριωμένα να επιβεβαιωθεί η αναπαραγωγική δυναμική τους.

Ολοκληρώνοντας, τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής δημιουργούν ενθαρρυντικό κλίμα, για την περαιτέρω μελέτη του παρασιτοειδούς *A. daci*, με ξενιστή το δάκο της ελιάς. Τα πειραματικά δεδομένα της παρούσας εργασίας κρίνονται ικανοποιητικά τόσο για την συνέχιση των μελετών όσο και για την, υπό συνθήκες, αξιοποίηση του παρασιτοειδούς ως παράγοντα βιολογικού ελέγχου του δάκου της ελιάς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

- Αποστολίδης, Ν. Β. (2003). *Στοιχεία βιολογίας και συμπεριφοράς του παρασιτοειδούς *Aganaspis daci* με ξενιστή τη μύγα της Μεσογείου*. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελίδες 91.
- Γιαμβριάς, Χ. (1998). *Εντομολογικοί εχθροί ελιάς*. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα, σελίδες 81 – 101.
- Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), (2018). Τμήμα Δελτίων Τύπου. *Αποτελέσματα έρευνας οπωροφόρων του έτους 2017*.
- Πελεκάσης, Κ. Ε. Δ. (1991). *Μαθήματα γεωργικής εντομολογίας. Ειδική Εντομολογία*. Έκδοση Ανωτάτης Γεωργικής Σχολής Αθηνών, Τόμος Β, σελίδες 554.
- Τζανακάκης, Μ. Ε. και Κατσογιαννος, Β. Ι. (2003). *Έντομα καρποφόρων δένδρων και αμπέλου*. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα, σελίδες 360.
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥπΑΑΤ), (2018). Τμήμα Κοινοβουλευτικού Ελέγχου. *Εφαρμογή προγράμματος δακοκτονίας του έτους 2018*.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Ahmad, S., Haq, I., Caceres, C., Tomas, U. S., Dammalage, T., Gembinsky, K., Paulus, H., Vreysen, M. J. B. and Rempoulakis, P. (2018). One for all mating compatibility among various populations of olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) for application of the sterile insect technique. *PLoS ONE*, **13** (11), 1 – 11.
- Alberola, T. M., Aptosoglou, S., Arsenakis, M., Bel, Y., Delrio, G., Ellar, D. J., Ferre, J., Granero, F., Guttman, D. M., Koliais, S., Martinez – Sebastian, M. J., Prota, R., Rubino, S., Satta, A., Scarpellini, G., Sivropoulou A. and Vasara, E. (1999). Insecticidal activity of strains of *Bacillus thuringiensis* on larvae and adults of *Bactrocera oleae* Gmelin (Dipt. Tephritidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, **74**, 127 – 136.
- Albertini, A., Marchi, S., Ratti, C., Burgio, G., Petacchi, R. and Magagnoli, S. (2018). *Bactrocera oleae* pupae predation by *Ocypus olens* detected by molecular gut content analysis. *BioControl*, **63**, 227 – 239.
- Alford, D. V. (2007). *Pest of fruit crops. A colour handbook*. Publishing Manson, United Kingdom, London, pp. 461.
- Ali, Y. A., Ahmad, M. A. and Amar, A. J. (2015). Hymenopteran parasitoids (Figitidae and Pteromalidae) of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) on loquat and guava in Tartous, Syria. *Biocontrol Science and Technology*, **25** (2), 223 – 228.
- Ali, Y. A., Ahmad, M. A., Amar, A. J., Darwish, Y. R., Izzo, M. A. and Al – Ahmad, A. S. (2016). Field parasitism levels of *Ceratitis capitata* larvae (Diptera: Tephritidae) by *Aganaspis daci* on different host fruit species in the coastal region of Tartous, Syria. *Biocontrol Science and Technology*, **26** (12), 1617 – 1625.

- Allmuca, F., Dano, S. and Uka, R. (2013). Olive fly (*Bactrocera oleae* Gmelin) management with new allowed formulations, satisfying the olive oil quality requirements. *International Refereed Journal of Engineering and Science*, **2** (5), 9 – 13.
- Aluja, M. and Norrbom, A. L. (2000). *Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution behavior*. Edition 1st, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, pp. 963.
- Andleeb, S., Shahid, M. S. and Mehmood, R. (2010). Biology of parasitoid *Aganaspis daci* (Weld) (Hymenoptera: Eucoilidae). *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, **53** (4), 201 – 204.
- Arbab, A. and Mirphakhar, F. (2016). Spatial distribution pattern and sequential sampling plans for *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Dip: Tephritidae) in olive orchards. *Journal of Entomological and Acarological Research*, **48** (1), 23 – 28.
- Argov, Y. and Gazit, Y. (2008). Biological control of Mediterranean fruit fly in Israel: introduction and establishment of natural enemies. *Biological Control*, **46**, 502 – 507.
- Argov, Y., Blanchet, A. and Gazit, Y. (2011). Biological control of Mediterranean fruit fly in Israel: biological parameters of imported parasitoid wasps. *Biological Control*, **59**, 209 – 214.
- Asfers, A., Joutei, B. A., Boughdad, A., Blenzar, A., Lahlali, R. and Houssa, A. A. (2018). Comparative efficacy of mass trapping and attract – and – kill technique in the control of medfly (*Ceratitis capitata*, Wiedemann) in Central Moroccan peach orchards. *Journal Pesticides and Phytomedicine*, **33** (1), 53 – 63.
- Bakri, A., Mehta, K. and Lance, D. R. (2005). Sterilizing insects with ionizing radiation, pp. 233 – 268. In Dyck, V. A., Hendrichs, J. & Robinson, A. S. (editors), *Sterile insect techniques: principles and practice in area – wide integrated pest management*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

- Baranowski, R., Glenn, H. and Sivinski, J. (1993). Biological control of the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, **76**, 245 – 251.
- Baskurt, S., Dogac, E., Taskin, V. and Taskin, B. G. (2011). Frequencies of organophosphate resistance – associated mutations in the acetylcholinesterase gene of field collected olive fly (*Bactrocera oleae*) populations under different insecticide regimes. *Acta Biologica Hungarica*, **62** (1), 22 – 33.
- Benelli, G., Canale, A., Flamini, G., Cioni, P. L., Demi, F., Ceccarini, L., Macchia, M. and Conti, B. (2013). Biototoxicity of *Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae) essential oil against the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), and its parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). *Industrial Crops and Products*, **50**, 596 – 603.
- Bengochea, P., Budia, F., Vinuela, E. and Medina, P. (2014). Are kaolin and copper treatments safe to the olive fruit fly parasitoid *Psytalia concolor*? *Journal of Pest Science*, **87**, 351 – 359.
- Bento, A., Torres, L., Lopes, J. and Sismeiro, R. (1999). A contribution to the knowledge of *Bactrocera oleae* (Gmel) in Tras – os – Montes region (northeastern Portugal): phenology, losses and control, pp. 541 – 544. In Metzidakis, I. T. & Voyiatzis, D. G. (editors), Proceedings of 3rd International Symposium on Olive Growing, Greece, Chania, 22 September 1997.
- Beris, E. I., Papachristos, D. P., Fytrou, A., Antonatos, S. A. and Kontodimas, D. C. (2013). Pathogenicity of three entomopathogenic fungi on pupae and adults of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Pest Science*, **86**, 275 – 284.
- Bohonak, A. J., Davies, N., Villablanca, F. X. and Roderick, G. K. (2001). Invasion genetics of New World medflies: testing alternative colonization scenarios. *Biological Invasions*, **3**, 103 – 111.

- Bokonon – Ganta, A. H., Wang, X. and Messing, R. H. (2007). Biological control of tephritid fruit flies in Hawaii with special reference to the newly discovered egg – larval parasitoid, *Fopius ceratitivorus* (Wharton). *Proceedings from the Hawaiian Entomological Society*, **39**, 87 – 94.
- Bon, M. C., Hoelmer, K. A., Pickett, H. C., Kirk, A. A., He, Y., Mahmood, R. and Daane, K. M. (2016). Populations of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) and its parasitoids in Himalayan Asia. *Annals of the Entomological Society of America*, **109** (1), 81 – 91.
- Bonizzoni, M., Zheng, L., Guglielmino, C. R., Haymer, D. S., Gasperi, G., Gomulski, L. M. and Malacrida, A. R. (2001). Microsatellite analysis of medfly bioinfestations in California. *Molecular Ecology*, **10**, 2515 – 2524.
- Bonnemaison, L. (1969). Οι ζωικοί εχθροί των καλλιεργούμενων φυτών και των δασών. Εκδόσεις Γεωργιάδη, Θεσσαλονίκη, Τόμος III, σελίδες 552.
- Bouagga, S., Nayem, H., Kamel, M. B. H., Adel, J., Khaled, D. and Al – Zaidi, S. (2014). Evaluation of an "attract and kill" system to combat *Ceratitis capitata* on peach trees in Tunisia. *Journal of Agricultural Science and Technology*, **4**, 612 – 619.
- Broughton, S. and Rahman, T. (2017). Evaluation of lures and traps for male and female monitoring of Mediterranean fruit fly in pome and stone fruit. *Journal of Applied Entomology*, **141**, 441 – 449.
- Broumas, T. and Haniotakis, G. E. (1994). Comparative field studies of various traps and attractants of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae*. *Entomologia Experimentatis et Applicata* **73**, 145 – 150.
- Broumas, T., Haniotakis, G. E., Liaropoulos, C., Tomazou, T. and Ragoussis, N. (2002). The efficacy of an improved form of the mass – trapping method, for the control of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae): pilot – scale feasibility studies. *Journal of Applied Entomology*, **126**, 217 – 223.

- Burrack, H. J., Connell, J. H. and Zalom, F. G. (2008). Comparison of olive fruit fly (*Bactrocera oleae* (Gmelin)) (Diptera: Tephritidae) captures in several commercial traps in California. *International Journal of Pest Management*, **54** (3), 227 – 234.
- Canale, A., Benelli, G., Conti, B., Lenzi, G., Flamini, G., Francini, A. and Cioni, P. L. (2013). Ingestion toxicity of three Lamiaceae essential oils incorporated in protein baits against the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae). *Natural Product Research*, **27** (22), 1 – 15.
- Carey, J. R. (1984). Host – specific demographic studies of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata*. *Ecological Entomology*, **9**, 261 – 270.
- Carmichael, A. E., Wharton, R. A. and Clarke, A. R. (2005). Opiine (Hymenoptera: Braconidae) parasitoids of tropical fruit flies (Diptera: Tephritidae) of the Australian and South Pacific region. *Bulletin of Entomological Research*, **95** (6), 545 – 69.
- Chardonnet, F., Blanchet, A., Hurtrel, B., Marini, F. and Smith, L. (2018). Mass – rearing optimization of the parasitoid *Psytalia lounsburyi* for biological control of the olive fruit fly. *Journal of Applied Entomology*, 1 – 12.
- Chueca, P., Monton, H., Ripolles, J. L., Castanera, P., Molto, E. and Urbaneja, A. (2007). Spinosad bait treatments as alternative to malathion to control the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in the Mediterranean Basin. *Journal of Pesticide Science*, **32** (4), 407 – 411.
- Clark, A. M. and Rockstein, M. (1964). Aging in insects, pp. 230 – 271. In Rockstein, M. (editor), *The Physiology of Insects*, Academic Press, New York.
- Clausen, C. P., Clancy P. W. and Chock, Q. C. (1965). Biological control of the oriental fruit fly (*Dacus dorsalis*, Hendel) and other tropical fruit flies in Hawaii. *United States Department of Agriculture Technical Bulletin*, **1322**, 1 – 102.

- Cobourn, K. M., Goodhue, R. E. and Williams, J. C. (2009). The role of harvest timing in pest management: grower response to infestation by the California olive fruit fly, pp. 1 – 33. *In* Selected paper prepared for presentation at the Agricultural & Applied Economics Association, AAEA & ACCI, Joint Annual Meeting, Milwaukee, Wisconsin, 26 – 29 July 2009.
- Cosse, A. A., Todd, J. L., Millar, J. G., Martinez, L. A. and Baker, T. C. (1995). Electroantennographic and coupled gas chromatographic – electroantennographic responses of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*, to male – produced volatiles and mango odor. *Journal of Chemical Ecology*, **21** (1), 1823 – 1836.
- Couso – Ferrer, F., Arouri, R., Beroiz, B., Perera, N., Cervera, A., Navarro – Llopis, V., Castanera, P., Hernandez – Crespo, P. and Ortego, F. (2011). Cross – resistance to insecticides in a malathion – resistant strain of *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, **104** (4), 1349 – 1356.
- Cowley, J. M., Page, F. D., Nimmo, P. R. and Cowley, D. R. (1990). Comparison of the effectiveness of two traps for *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae) and implications for quarantine surveillance systems. *Journal of entomology Australian Entomological Society*, **29**, 171 – 176.
- Daane, K. M., Sime, K. R., Wang, X. G., Nadel, H., Johnson, M. W., Walton, V. M., Kirk, A. and Pickett, C. H. (2008). *Psytalia lounsburyi* (Hymenoptera: Braconidae), potential biological control agent for the olive fruit fly in California. *Biological Control*, **44**, 79 – 89.
- Daane, K. M., Johnson, M. W., Pickett, C. H., Sime, K. R., Wang, X. G., Nadel, H., Andrews, J. W and Hoelmer, K. A. (2011). Biological controls investigated to aid management of olive fruit fly in California. *California Agriculture*, **65** (1), 21 – 28.

- Daane, K. M., Wang, X. G., Nieto, D. J., Pickett, C. H., Hoelmer, K. A., Blanchet, A. and Johnson, M. W. (2015). Classic biological control of olive fruit fly in California, USA: release and recovery of introduced parasitoids. *BioControl*, **60**, 317 – 330.
- Dantas, L. and Andrade, J. (2007). Evaluation of different bait stations systems for use in Mediterranean fruit fly sterile insect technique (SIT) programmes, pp. 67–72. *In* Proceedings of a final research coordination meeting held in Vienna, 5 – 7 May 2005, International Atomic Energy Agency (IAEA) – Technical Documents No 1574, Austria, Vienna.
- de Aquino, J. C., Souza, C. F. C., Santos, J. R. J. and Joachim – Bravo, I. S. (2016). Adding guarana powder to medfly diets: an alternative for improving the Sterile. *Journal of Agricultural Science*, **73** (3), 294 – 298.
- de Meyer, M. (2000). Phylogeny of the genus *Ceratitis* (Dacine: Ceratitidini), pp. 409 – 428. *In* Aluja, M. & Norrbom, A. L (editors), Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- de Meyer, M., Copeland, R. S., Wharton, R. A. and McPheron, B. A. (2004). On the geographical origin of the medfly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), pp. 45 – 53. *In* Barnes, B. (editor), Proceedings of the 6th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, Stellenbosch, South Africa, 6 – 10 May 2002, Isteg Scientific Publications, Irene, South Africa.
- de Meyer, M., Robertson, M. P., Peterson, A. T. and Mansell, M. W. (2008). Ecological niches and potential geographical distributions of Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) and Natal fruit fly (*Ceratitis rosa*). *Journal of Biogeography*, **35**, 270 – 281.
- de Pedro, L., Beitia, F., Sabater – Munoz, B., Asis, D. J. and Tormos, J. (2016). Effect of temperature on the developmental time, survival of immature and adult longevity of *Aganaspis daci* (Hymenoptera : Figitidae), a natural enemy of *Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae). *Crop Protection*, **85**, 17 – 22.

- de Pedro, L., Beitia, F., Sabater – Munoz, B., Harbi, A., Ferrara, F., Polidori, C., Asis, D. J. and Tormos, J. (2017a). Parasitism of *Aganaspis daci* against *Ceratitidis capitata* under Mediterranean climate conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **163**, 287 – 295.
- de Pedro, L., Beitia, F., Ferrara, F., Asis, D. J., Sabater – Munoz, B. and Tormos, J. (2017b). Effect of host density and location on the percentage parasitism, fertility and induced mortality of *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Figitidae), a parasitoid of *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Crop Protection*, **92**, 160 – 167.
- de Pedro, L., Tormos, J., Harbi, A., Ferrara, F., Sabater – Munoz, B., Asis, D. J. and Beitia, F. (2018a). Combined use of the larvo – pupal parasitoids *Diachasmimorpha longicaudata* and *Aganaspis daci* for biological control of the medfly. *Annals of Applied Biology*, 1 – 11.
- de Pedro, L., Tormos, J., Asis, D. J., Sabater – Munoz, B. and Beitia, F. (2018b). Biology of *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Figitidae), parasitoid of *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae): Mode of reproduction, biological parameters and superparasitism. *Crop Protection*, **108**, 54 – 61.
- Della Beffa G. (1962). *Γεωργική Εντομολογία*. Εκδόσεις Γκιούρδα, Αθήνα, Τόμος Β, σελίδες 1492.
- Diaz, N. B., Guimaraes, J. A. and Gallardo, F. E. (2006). Systematic review of species of the genus *Aganaspis* Lin (Hymenoptera: Figitidae: Eucoilinae). *Transactions of the American Entomological Society*, **132**, 271 – 277.
- Dimou, I., Koutsikopoulos, C., Economopoulos, A. P. and Lykakis, J. (2003). Depth of pupation of the wild olive fruit fly, *Bactrocera (Dacus) oleae* (Gmel.) (Dipt., Tephritidae), as affected by soil abiotic factors. *Journal of Applied Entomology*, **127**, 12 – 17.

- Dinis, A. M., Pereira, J. A., Pimenta, M. C., Oliveira, J., Benhadi - Marin, J., and Santos S. A. P. (2016a). Suppression of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) pupae by soil arthropods in the olive grove. *Journal of Applied Entomology*, **140**, 677 – 687.
- Dinis, A. M., Pereira, J. A., Benhadi - Marin, J. and Santos S. A. P. (2016b). Feeding preferences and functional responses of *Calathus granatensis* and *Pterostichus globosus* (Coleoptera: Carabidae) on pupae of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Bulletin of Entomological Research*, **106**, 701 – 709.
- Doitsidis, L., Fouskitakis, G. N., Varikou, K. N., Rigakis, I. I., Chatzichristofis, S. A., Papafilippaki, A. K. and Birouraki, A. E. (2017). Remote monitoring of the *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae) population using an automated McPhail trap. *Computers and Electronics in Agriculture*, **137**, 69 – 78.
- Duan, J. J. and Messing, R. H. (1999). Effects of origin and experience on patterns of host acceptance by the opiine parasitoid *Diachasmimorpha tryoni*. *Ecological Entomology*, **24**, 284 – 291.
- Dyck, V. A., Flores, J. R., Vreysen, M. J. B., Regidor Fernandez, E. E., Teruya, T., Barnes, B., Gomez Riera, P., Lindquist, D. and Loosjes, M. (2005). Management of area – wide integrated pest management programmes that integrate the sterile insect technique, pp. 525 – 545. In Dyck, V. A., Hendrichs, J. & Robinson, A. S. (editors), *Sterile insect techniques: principles and practice in area – wide integrated pest management*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Economopoulos, A. P., Raptis, A., Stavropoulou – Delivoria, A. and Papadopoulos, A. (1986). Control of *Dacus oleae* by yellow sticky traps combined with ammonium acetate slow – release dispensers. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **41**, 11 – 16.

- El – Heneidy, H. A., Hosny, E. M. and Ramadan, M. M. (2016). Adaption and first release of *Aganaspis daci* (Weld), a larval parasitoid of the peach fruit fly *Bactrocera zonata* (Saund.), in Egypt, pp. 395 – 400. In Sabater – Munoz, B., Vera, T., Pereira, R. & Orankanok, W. (editors), Proceedings 9th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, Thailand, Bangkok, 12 – 16 May 2014.
- Elaini, R. and Mazih, A. (2018). Current status and future prospects of *Ceratitidis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) control in Morocco. *Journal of Entomology*, **15** (1), 47 – 55.
- Eliopoulos, P. A. (2007) Evaluation of commercial traps of various designs for capturing the olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: ephritidae). *International Journal of Pest Management*, **53** (3), 245 – 252.
- Elleuch, J., Tounsi, S., Hassen, B. B. N., Lacoix, N. M., Chandre, F., Jaoua, S. and Zghal, Z. R. (2015). Characterisation of novel *Bacillus thuringiensis* isolates against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) and *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 124, 90 – 97.
- Enkerlin, W. R., Gutiérrez – Ruelas, J. M., Cortes, A. V., Roldan, E. C., Midgarden, D., Lira, E., López, J. L. Z., Hendrichs, J., Liedo, P. and Arriaga, F. J. T. (2015). Area freedom in Mexico from Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae): a review of over 30 years of a successful containment program using an integrated area – wide SIT. *Approach. Florida Entomologist*, **98** (2), 665 – 681.
- Enkerlin, W. R., Ruelas, J, M, G., Pantaleon, R., Litera, C. S., Cortes, A. V., Lopez, J. L. Z., Davila, D. O., Gerardo, P. M., Villarreal, L. S., Roldan, E. C., Lopez, F. H., Castillo, A. A., Dominguez, D. C., Mora, A. V., Arana, P. R., Barrios, C. C., Midgarden, D., Villatoro, C. V., Prera, E. L., Estrad, O. Z., Aldana, R. C., Culajay, J. L., Ramrez, F. R., Fernandez, P. L., Moreno, G. O., Flores, J. R. and Hendrichs, J. (2017). The Moscamed Regional Programme: review of a success story of area-wide sterile insect technique application. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **164**, 188 – 203.

- Epsky, N. D., Espinoza, H. R., Kendra, P. E., Abernathy, R., Midgarden, D. and Heath, R. R. (2010). Effective sampling range of a synthetic protein – based attractant for *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, **103** (5), 1886 – 1895.
- Epsky, N. D., Midgarden, D., Rendon, P. and Heath, R. R. (2012). Efficacy of wax matrix bait stations for Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, **105** (2), 471 – 479.
- Estes, A. M., Nestel, D., Belcari, A., Jessup, A., Rempoulakis, P. and Economopoulos, A. P. (2012). A basis for the renewal of sterile insect technique for the olive fly, *Bactrocera oleae* (Rossi). *Journal of Applied Entomology*, **136**, 1 – 16.
- Eti, C. N., Dogac, E., Taskin, B. G., Gokdere, G. and Taskin, V. (2018) Population structure and patterns of geographic differentiation of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) in Eastern Mediterranean Basin. *Mitochondrial DNA Part A*, **29** (7), 1051 – 1062.
- Flores, S., Campos, S., Villasenor, A., Valle, A., Enkerlin, W., Toledo, J., Liedo, P. and Montoya, P. (2013). Sterile males of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) as disseminators of *Beauveria bassiana* conidia for IPM strategies. *Biocontrol Science and Technology*, **23** (10), 1186 – 1198.
- Furtado, C., Belo, A. F., Nunes, F. M., Ganhao, E., Muller, C. T., Torres, L. and Rei, F. T. (2016). Evaluating potential olive orchard sugar food sources for the olive fly parasitoid *Psytallia concolor*. *BioControl*, **61**, 473 – 483.
- Garantonakis, N., Varikou, K. and Birouraki, A. (2017). Parasitism of *Psytallia concolor* (Hymenoptera: Braconidae) on *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) infesting different olive varieties. *Phytoparasitica*, **45**, 461 – 469.

- Gazit, Y., Rossler, Y. and Glazer, I. (2010). Evaluation of entomopathogenic nematodes for the control of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Biocontrol Science and Technology*, **10**, 157 – 164.
- Genc, H. (2014). Embryonic development of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* Rossi (Diptera: Tephritidae), in vivo. *Turkish Journal of Zoology*, **38**, 598 – 602.
- Giunti, G., Benelli, G., Messing, R. H. and Canale, A. (2016). Early adult learning affects host preferences in the tephritid parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Pest Science*, **89**, 529 – 537.
- Goncalves, F. M., Rodrigues, M. C., Pereira, J. A., Thistlewood, H. and Torres, L. M. (2012). Natural mortality of immature stages of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) in traditional olive groves from north – eastern Portugal. *Biocontrol Science and Technology*, **22** (7), 837 – 854.
- Gonzalez, J. and Troncoso, P. (2007) The fruit fly exclusion programme in Chile, pp. 641 – 651. In Vreysen, M. J. B., Rhobinson, A. S. & Hendrichs, J. (editors), Area – wide control of insect pests. From research to field implementation, Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Guillen, D. and Sanchez, R. (2007). Expansion of the national fruit fly control programme in Argentina, p 653 – 660. In Vreysen, M. J. B., Rhobinson, A. S. & Hendrichs, J. (editors), Area – wide control of insect pests. From research to field implementation, Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Hafsi, A., Harbi, A., Rahmouni, R. and Chermiti, B. (2015a). Evaluation of the efficiency of mass trapping of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) in Tunisian citrus orchards using two types of traps: Ceratrap and Tripack. *Acta horticulturae*, **1065**, 1049 – 1056.

- Hafsi, A., Abbes, K., Harbi, A., Duyck, P. F. and Chermiti, B. (2015b). Attract – and – kill systems efficiency against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and effects on non – target insects in peach orchards. *Journal of Applied Entomology*, **140**, 28 – 36.
- Harbi, A., de Pedro, L., Ferrara, F. A., Tormos, J., Beitia, F. and Sabater – Munoz, B. (2016) Parasitism activity of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and *Aganaspis daci* (Weld) (Hymenoptera: Figitidae) against *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) under Mediterranean climatic conditions, pp. 401 – 410. In Sabater – Munoz, B., Vera, T., Pereira, R. & Orankanok, W. (editors), Proceedings of the 9th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, Bangkok, Thailand, 12 – 16 May 2014.
- Harbi, A., Abbes, K., Sabater – Munoz, B., Beitia, F. and Chermiti, B. (2017). Residual toxicity of insecticides used in Tunisian citrus orchards on the imported parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae): implications for IPM program of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Spanish Journal of Agricultural Research*, **15** (3), 1 – 10.
- Hendrichs, J., Katsoyannos, B. I., Papaj, D. R. and Prokopy, R. J. (1991). Sex differences in movement between natural feeding and mating sites and tradeoffs between food consumption, mating success and predator evasion in Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Oecologia*, **86**, 223 – 231.
- Hendrichs, J., Vreysen, M. J. B., Enkerlin, W. R. and Cayol, J. P. (2005). Strategic options in using sterile insects for area - wide integrated pest management, pp. 563 – 600. In Dyck, V. A., Hendrichs, J. & Robinson, A. S. (editors), *Sterile insect techniques: principles and practice in area – wide integrated pest management*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Hladnik, M. (2017). A review of plant protection against the olive fly (*Bactrocera oleae* (Rossi, 1790) Gmelin) and molecular methods to monitor the insecticide resistance alleles. *Acta agriculturae Slovenica*, **109** (1), pp. 135 – 146.

- Hoelmer, K. A., Kirk, A. A., Pickett, C. H., Daane, K. M. and Johnson, M. W. (2011). Prospects for improving biological control of olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae), with introduced parasitoids (Hymenoptera). *Biocontrol Science and Technology*, **21** (9), 1005 – 1025.
- Hosni, M. E., El – Hussieni, M. M., El – Heneidy, A. and Atalla, F. (2011). Biological aspects of the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saund.) (Diptera: Tephritidae) and its parasitoid species, *Aganaspis daci* Weld. (Hymenoptera: Eucoilidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, **21** (2), 137 – 142.
- Iannotta, N., Noce, M. A., Ripa, V., Scalercio, S. and Vizzarri, V. (2007). Assessment of susceptibility of olive cultivars to the *Bactrocera oleae* (Gmelin, 1790) and *Camarosporium dalmaticum* (Thüm.) Zachos & Tzav. – Klön. attacks in Calabria (Southern Italy), *Journal of Environmental Science and Health*, **42** (7), 789 – 793.
- Imoulan A, Alaoui A. and El – Meziane, A. (2011) Natural occurrence of soil – borne entomopathogenic fungi in the Moroccan endemic forest of *Argania spinosa* and their pathogenicity to *Ceratitis capitata*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **27**, 2619 – 2628.
- Imoulan, A. and Elmeziane, A. (2014). Pathogenicity of *Beauveria bassiana* isolated from Moroccan Argan forests soil against larvae of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in laboratory conditions. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **30**, 959 – 965.
- Jacas, J. A. and Vinuela, E. (1994). Analysis of a laboratory method to test the effects of pesticides on adult females of *Opius concolor* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Biocontrol Science and Technology*, **4** (2), 147 – 154.
- James, M., Malan, A. P. and Addison, P. (2018). Surveying and screening South African entomopathogenic nematodes for the control of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann). *Crop Protection*, **105**, 41 – 48.

- Jang, E. B., Light, D. M., Binder, R. G., Flath, R. A. and Carvalho, L. A. (1994). Attraction of female Mediterranean fruit flies to the five major components of male – produced pheromone in laboratory flight tunnel. *Journal of Chemical Ecology*, **20** (1), 9 – 20.
- Jang, E. B. (1995). Effects of mating and accessory gland injections on olfactory – mediated behavior in the female Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*. *Journal of Insect Physiology*, **41** (8), 705 – 710.
- Jang, E. B., Raw, A. S. and Carvalho, L. A. (2001). Field attraction of Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) to synthetic stereoselective enantiomers of the ceralure bisomer. *Journal of Chemical Ecology*, **27** (2), 235 – 242.
- Jervis, M. A. (2005). *Insects as natural enemies: a practical perspective*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 748.
- Jervis, M. A. and Kidd, N. (1996). *Insect natural enemies. Practical approaches to their study and evaluation*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 491.
- Jimenez – Jimenez, E. (1956). Las moscas de la fruta y sus enemigos naturales. *Fitofilo*, **16**, 4 – 11.
- Johnson, M. W., Wang X. G., Nadel, H., Opp, S. B., Lynn – Patterson, K., Stewart – Leslie, J. and Daane, K. M. (2011). High temperature affects olive fruit fly populations in California’s Central Valley. *California Agriculture*, **65** (1), 29 – 33.
- Kakani, E. G., Ioannides, I. M., Margaritopoulos, J. T., Seraphides, N. A., Skouras, P. J., Tsitsipis, J. A. and Mathiopoulos, K. D. (2008). A small deletion in the olive fly acetylcholinesterase gene associated with high levels of organophosphate resistance. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, **38**, 781 – 787.

- Kakani E. G., Zygouridis, N. E., Tsoumani, T. K., Seraphides, N. A., Zalom, G. F. and Mathiopoulos, K. D. (2010). Spinosad resistance development in wild olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) populations in California. *Pest Management Science*, **66**, 447 – 453.
- Kampouraki, A., Stavrakaki, M., Karataraki, A., Katsikogiannis, G., Pitika, E., Varikou, K., Vlachaki, A., Chrysargyris, A., Malandraki, E., Sidiropoulos, N., Paraskevopoulos, A., Gkilpathi, D., Roditakis, E. and Vontas, J. (2018). Recent evolution and operational impact of insecticide resistance in olive fruit fly *Bactrocera oleae* populations from Greece. *Journal of Pest Science*, **91**, 1429 – 1439.
- Kapaun, T., Nadel, H., Headrick, D. and Vredevoe, L. (2010). Biology and parasitism rates of *Pteromalus* nr. *myopitae* (Hymenoptera: Pteromalidae), a newly discovered parasitoid of olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) in coastal California. *Biological Control*, **53**, 76 – 85.
- Katsoyannos, B. I. (1994). Mediterranean fruit – fly traps for use in sterile – insect – technique programmes. *Journal of Applied Entomology*, **118**, 442 – 452.
- Katsoyannos, B. I., Heath, R. R., Papadopoulos, N. T., Epsky, N. D. and Hendrichs, J. (1999). Field evaluation of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) female selective attractants for use in monitoring programs. *Journal of Economic Entomology*, **92**, 583 – 589.
- Klassen, W. (2005). Area – wide integrated pest management and the sterile insect technique, pp. 39 – 68. In Dyck, V. A., Hendrichs, J. & Robinson, A. S. (editors), *Sterile insect techniques: principles and practice in area – wide integrated pest management*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Konstantopoulou, M. A. and Mazomenos, B. E. (2005). Evaluation of *Beauveria bassiana* and *B. brongniartii* strains and four wild-type fungal species against adults of *Bactrocera oleae* and *Ceratitis capitata*. *BioControl*, **50**, 293 – 305.

- Kouloussis, N. A., Papadopoulos, N. T., Muller, H. G., Wang, J. L., Mao, M., Katsoyannos, B. I., Duyck, P. F. and Carey, J. R. (2009). Life table assay of field – caught Mediterranean fruit flies, *Ceratitis capitata*, reveals age bias. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **132**, 172 – 181.
- Kounatidis, I., Papadopoulos N. T., Mavragani – Tshipidou, P., Cohen, Y., Tertivanidis, K., Nomikou, M. and Nestel, D. (2008). Effect of elevation on spatio – temporal patterns of olive fly (*Bactrocera oleae*) populations in northern Greece. *Journal of Applied Entomology*, **132**, 722 – 733.
- Kourti, A. (2002). Estimates of heterozygosity and patterns of geographic differentiation in natural populations of the medfly (*Ceratitis capitata*). *Hereditas*, **137**, 173-179.
- Krainacker, D. A., Carey, J. R. and Vargas, R. J. (1987). Effect of larval host on life history traits of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. *Oecologia*, **73**, 583 – 590.
- Kyriakidis, N. B. and Dourou, E. (2002). Effect of storage and *Dacus* infection of olive fruits on the quality of the produced virgin olive oil. *Journal of Food Lipids*, **9**, 47 – 55.
- La – Spina, M., Pickett, C., Daane, K. M., Hoelmer, K., Blanchet, A. and Williams, L. (2018). Effect of exposure time on mass - rearing production of the olive fruit fly parasitoid, *Psytalia lounsburyi* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Applied Entomology*, **142**, 319 – 326.
- Lance D.R., Woods W.M. and Stefan M. (2014). Invasive insects in plant biosecurity: case study – Mediterranean fruit fly, pp. 447 – 484. In Gordh G., McKirdy S. (editors), *The handbook of plant biosecurity*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

- Leonel, F. L., Zucchi, R. and Wharton, R. A. (1995). Distribution and tephritid hosts (Diptera) of braconid parasitoids (Hymenoptera) in Brazil. *International Journal of Pest Management*, **41** (4), 208 – 213.
- Lin, K. S. (1987). *Aganaspis*, a new genus of Eucoilidae (Hymenoptera, Cynipoidea). *Taiwan Agricultural Research Institute*, **22**, 67 – 79.
- Loni, A. (1997). Developmental rate of *Opius concolor* (Hym.: Braconidae) at various constant temperatures. *Entomophaga*, **42** (3), 359 – 366.
- Lopes, D. J., Pimentel, R., Macedo, N., Martins, J. T., Zorman, M., Ventura, L. B., Aguiar, M. H., Silva, M. L. O., Mexia, A. M. M. and Mumford, J. (2011). Olive fruit fly (*Bactrocera oleae* Gmelin) population dynamics in Terceira olive groves (Portugal). *Acta Horticulturae*, **924**, 161 – 166.
- Malacrida, A. R., Marinoni, F., Torti, C., Gomulski, L. M., Sebastiani, F., Bonvicini, C., Gasperi, G. and Guglielmino, C. R. (1998). Genetic aspects of the worldwide colonization process of *Ceratitis capitata*. *Journal of Heredity*, **89**, 501 – 507.
- Malacrida, A. R., Gomulski, L. M., Bonizzoni, M., Bertin, S., Gasperi, G. and Guglielmino, C. R. (2007). Globalization and fruit fly invasion and expansion: the medfly paradigm. *Genetica*, **131**, 1 – 9.
- Malheiro, R., Casal, S., Cunha, S. C., Baptista P. and Pereira, J. A. (2015). Olive volatiles from Portuguese cultivars Cobrançosa, Madural and Verdeal, Transmontana: role in oviposition preference of *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae). *PLoS ONE*, **10** (5), 1 – 11.
- Manrakhan, A. and Addison, P. (2014). Assessment of fruit fly (Diptera: Tephritidae) management practices in deciduous fruit growing areas in South Africa. *Pest Management Science*, **70** (4), 651 – 660.

- Manrakhan, A., Daneel, J. H., Virgilio, M. and de Meyer, M. (2017). Sensitivity of an enriched ginger oil based trapping system for *Ceratitis* fruit fly pests (Diptera: Tephritidae). *Crop Protection*, **99**, 26 – 32.
- Marchi, S., Guidotti, D., Ricciolini, M. and Petacchi, R. (2016). Towards understanding temporal and spatial dynamics of *Bactrocera oleae* (Rossi) infestations using decade-long agrometeorological time series. *International Journal of Biometeorology*, **60**, 1681 – 1694.
- Marchini, D., Petacchi, R. and Marchi, S. (2017). *Bactrocera oleae* reproductive biology: new evidence on wintering wild populations in olive groves of Tuscany (Italy). *Bulletin of Insectology*, **70** (1). 121 – 128.
- Margaritopoulos, J. T., Skavdis, G., Kalogiannis, N., Nikou, D., Morou, E., Skouras, P. J., Tsitsipis, J. A. and Vontas, J. (2008). Efficacy of the pyrethroid alpha – cypermethrin against *Bactrocera oleae* populations from Greece and improved diagnostic for an iAChE mutation. *Pest Management Science*, **64**, 900 – 908.
- Mau, R. F. L., Jang, E. B. and Vargas, R. I. (2007). The Hawaii area – wide fruit fly pest management programme, pp. 671 – 683. In Vreysen, M. J. B., Rhobinson, A. S. & Hendrichs, J. (editors.), Area – wide control of insect pests. From research to field implementation, Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Mazomenos, E. B., Mazomenou – Pantazi, A. and Stefanou, D. (2002). Attract and kill of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae*, in Greece as a part of integrated control system. *West Palaearctic Regional Section (WPRS) of the International Organisation for Biological and Integrated Control (IOBC)*, **25**, 1 – 11.
- Mazor, M., Gothilf, S. and Galun, R. (1987). The role of ammonia in the attraction of females of the Mediterranean fruit fly to protein hydrolysate baits. *Entomologia Experimentalis Applicata*, **43**(1), 25 – 29.

- Meats, A. and Smallridge, C. J. (2007). Short- and long-range dispersal of medfly, *Ceratitis capitata* (Dipt., Tephritidae), and its invasive potential. *Journal of Applied Entomology*, **131** (8), 518 – 523.
- Mediouni Ben Jemaa, J., Bachrouch, O. Allimi, E. and Dhouibi, M. H. (2010). Field evaluation of Mediterranean fruit fly mass trapping with Tripack as alternative to malathion bait – spraying in citrus orchards. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **8** (2), 400 – 408.
- Medjkouh, L., Costa, A., Tamendjari, A., Bekdouche, F., Bouarroudj, K. and Oliveira, M. B. P. P. (2018). Susceptibility of eight Algerian olive cultivars to *Bactrocera oleae* infestation – a pomological and nutritional quality perspective. *Phytoparasitica*, **46**, 595 – 605.
- Meixner, M. D., Mcpherson, B. A., Silva, J. G., Gasparich, G. E. and Sheppard, W. S. (2002). The Mediterranean fruit fly in California: evidence for multiple introductions and persistent populations based on microsatellite and mitochondrial DNA variability. *Molecular Ecology*, **11**, 891 – 899.
- Meza, J. S., ul Haq I., Vreysen, M. J. B., Bourtzis, K., Kyritsis, G. A. and Caceres, C. (2018). Comparison of classical and transgenic genetic sexing strains of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) for application of the sterile insect technique. *PLoS ONE*, **13** (12), 1 – 18.
- Miranda, M. A., Miquel, M., Terrassa, J., Melis, N. and Monerris, M. (2008). Parasitism of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) by *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae) in the Balearic Islands (Spain). *Journal of Applied Entomology*, **132**, 798 – 805.
- Mkize, N., Hoelmer, K. A. and Villet, M. H. (2008). A survey of fruit – feeding insects and their parasitoids occurring on wild olives, *Olea europaea* ssp. *cuspidata*, in the Eastern Cape of South Africa. *Biocontrol Science and Technology*, **18** (10), 991 – 1004.

- Montiel Bueno, A. and Jones, O. (2002). Alternative methods for controlling the olive fly, *Bactrocera oleae*, involving semiochemicals. *West Palaearctic Regional Section (WPRS) of the International Organisation for Biological and Integrated Control (IOBC)*, **25 (9)**, 147 – 156.
- Montoya, P., Cancino, J., Zenil, M., Gomez, E. and Villasenor, A. (2005). Parasitoid releases in the control of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) outbreaks, in coffee growing zones in Chiapas, Mexico. *Vedalia*, **12 (1)**, 85 – 89.
- Mraicha, F., Ksantini, M., Zouch, O., Ayadi, M., Sayadi, S. and Bouaziz, M. (2010). Effect of olive fruit fly infestation on the quality of olive oil from Chemlali cultivar during ripening. *Food and Chemical Toxicology*, **48**, 3235 – 3241.
- Muhammad, S. (2015). Biological control program to manage fruit fly pests and related tephritids (Diptera: Tephritidae) in backyard, landscape and garden. *International Journal of Animal Biology*, **1 (4)**, 118 – 123.
- Mwatawala, M., Virgilio, M., Quilici, S., Dominic, M. and de Meyer, M. (2013). Field evaluation of the relative attractiveness of enriched ginger root oil (EGO) lure and trimedlure for African *Ceratitis* species (Diptera: Tephritidae). *Journal of Applied Entomology*, **137**, 392 – 397.
- Nardi, F., Carapelli, A., Dallai, R., Roderick, G. K. and Frati, F. (2005). Population structure and colonization history of the olive fly, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Molecular Ecology*, **14**, 2729 – 2738.
- Navarro – Llopis, V., Alfaro, F., Dominguez, J., Sanchis, J. and Primo, J. (2008). Evaluation of traps and lures for mass trapping of Mediterranean fruit fly in citrus groves. *Journal of Economic Entomology*, **101 (1)**, 126 – 131.
- Navarro – Llopis, V., Alfaro, C., Primo, J. and Vacas, S. (2011). Response of two tephritid species, *Bactrocera oleae* and *Ceratitis capitata*, to different emission levels of pheromone and parapheromone. *Crop Protection*, **30**, 913 – 918.

- Navarro – Llopis, V., Primo, J. and Vacas, S. (2012). Efficacy of attract – and – kill devices for the control of *Ceratitis capitata*. *Pest Management Science*, **69**, 478 – 482.
- Navarro – Llopis, V. and Vacas, S. (2014). Mass trapping for fruit fly control, pp. 513 – 555. In Shelly, T., Epsky, N., Jang, E. B., Reyes – Flores, J. & Vargas, R. (editors), *Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Neuenschwander, P., Michelakis, S. and Kapatso, E. (1986). Tephritidae (Gmel), pp. 115 – 159. In Arambourg Y. (editor), *Traite d' entomologie oleicole*. Conseil Oleicole International, Spain, Madrid.
- Noce, M. E., Belfiore, T., Scalercio, S., Vizzarri, V. and Iannotta, N. (2009). Efficacy of new mass – trapping devices against *Bactrocera oleae* (Diptera: tephritidae) for minimizing pesticide input in agroecosystems. *Journal of Environmental Science and Health Part B*, **44** (5), 442 – 448.
- Nunez – Bueno, L. (1982). *Trybliographa daci* Weld (Hymenoptera: Cynipoidae): *Biology and aspects of the relationship with its host Anastrepha suspense* (Loew) (Diptera: Tephritidae). Ph.D. Thesis, Department of Entomology and Nematology, University of Florida, pp. 153.
- Ordano, M., Engelhard, I., Rempoulakis, P., Nemny – Lavy, E., Blum, M., Yasin, S., Lensky, I. M., Papadopoulos, N. T. and Nestel, D. (2015). Olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) population dynamics in the eastern Mediterranean: influence of exogenous uncertainty on a monophagous frugivorous insect. *PLoS ONE*, **10** (5), 1 – 18.
- Orsini, M. M., Daane, K. M., Sime, K. R. and Nelson, E. H. (2007). Mortality of olive fruit fly pupae in California. *Biocontrol Science and Technology*, **17** (8), 797 – 807.

- Ovruski, S. M., Aluja, M., Sivinski, J. and Wharton, R. (2000). Hymenopteran parasitoids on fruit – infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the southern United States: diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. *Integrated Pest Management Reviews*, **5** (2) 81 – 107.
- Ovruski, S. M. and Schliserman, P. (2012). Biological control of tephritid fruit flies in Argentina: historical review, current status and future trends for developing a parasitoid mass – release program. *Insects*, **3**, 870 – 888.
- Paiga, P., Meneses, C., Lopes, D. H., Correia, M. and Delerue – Matos, C. (2016). Assessment of dimethoate residues in olives at the time of harvest and after brine using QuEChERS extraction. *Food Analytical Methods*, **9**, 3170 – 3178.
- Papachristos, D. P., Papadopoulos, N. T. and Nanos, G. D. (2008). Survival and development of immature stages of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in citrus fruit. *Journal of Economic Entomology*, **101** (3), 866 – 872.
- Papachristos, D. P. and Papadopoulos, N. T. (2009). Are citrus species favorable hosts for the Mediterranean fruit fly? A demographic perspective. *Experimentalis et Applicata*, **132**, 1 – 12.
- Papachristos, D. P., Papadopoulos, N. T., Maglaras, E., Michaelakis, A. and Antonatos, S. A. (2014). Susceptibility of kiwifruit (*Actinidia* spp.) cultivars to *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) infestation. *Journal of Applied Entomology*, **138**, 433 – 440.
- Papadopoulos, N. T., Katsoyannos, B. I., Kouloussis, N. A., Economopoulos, A. P. and Carrey, J. R. (1998). Effect of adult age, food, and time of day on sexual calling incidence of wild and mass – reared *Ceratitis capitata* males. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **89**, 175 – 182.
- Papadopoulos, N. T., Katsoyannos, B. I., Kouloussis, N. A. and Hendrichs, J. (2001). Effect of orange peel substances on mating competitiveness of male *Ceratitis capitata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **99**, 253 – 261.

- Papadopoulos, N. T., Katsoyannos, B. I. and Carey, J. R. (2002). Demographic parameters of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) reared in apples. *Annals of the Entomological Society of America*, **95** (5), 564 – 569.
- Papadopoulos, N. T. and Katsoyannos, B. I. (2003). Field parasitism of *Ceratitis capitata* larvae by *Aganaspis daci* in Chios, Greece. *BioControl*, **48**, 191-195.
- Papadopoulos, N. T., Shelly, T. E., Niyazi, N. and Jang, E. (2006). Olfactory and behavioral mechanisms underlying enhanced mating competitiveness following exposure to ginger root oil and orange oil in males of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Insect Behavior*, **19** (3), 403 – 418.
- Papadopoulos, N. T. (2008). Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae), pp. 2318 – 2322. In Capinera, J. L. (editor), *Encyclopedia of Entomology III*. Springer, Heidelberg.
- Papadopoulos, N. T., Plant, R. E. and Carey, J. R. (2013). From trickle to flood: the large – scale, cryptic invasion of California by tropical fruit flies. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, **280**, 1 – 10.
- Papadopoulos, N. T. (2014). Fruit fly invasion: historical, biological, economic aspects and management, pp. 219 – 252. In Shelly, T., Epsky, N., Jang, E. B., Reyes – Flores, J. & Vargas, R. (editors), *Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Pappas, M. L., Broufas, G. D., Koufali, N., Pieri, P. and Koveos, D. S. (2011). Effect of heat stress on survival and reproduction of the olive fruit fly *Bactocera (Dacus) oleae*. *Journal of Applied Entomology*, **135**, 359 – 366.
- Parker, A. G. (2005). Mass – rearing for sterile insect release, pp. 209 – 232. In Dyck, V. A., Hendrichs, J. & Robinson, A. S. (editors), *Sterile insect techniques: principles and practice in area – wide integrated pest management*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

- Pascual, S., Cobos, G., Seris, E., Sanchez – Ramos, I. and González – Núñez, M. (2014). Spinosad bait sprays against the olive fruit fly (*Bactrocera oleae* (Rossi)): effect on the canopy non-target arthropod fauna. *International Journal of Pest Management*, **60** (4), 258 – 268.
- Pavlidis, N., Dermauw, W., Rombants, S., Chrisargiris, A., van Leeuwen, T. and Vontas, J. (2013). Analysis of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae*, transcriptome and phylogenetic classification of the major detoxification gene families. *PLoS ONE*, **8** (9), 1 – 15.
- Pavlidis, N., Kampouraki, A., Tseliou, V., Wybouw, N., Dermauw, W., Roditakis, E., Nauen, R., van Leeuwen, T. and Vontas, J. (2018). Molecular characterization of pyrethroid resistance in the olive fruit fly *Bactrocera oleae*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **148**, 1 – 7.
- Perovic, T. and Hrcic, S. (2013). Population dynamics of pre – imaginal stages of olive fruit fly, *Bactrocera oleae* Gmel (Diptera: Tephritidae) in region of Bar (Montenegro). *Journal Pesticides and Phytomedicines*, **28** (1), 23 – 29.
- Picchi, M. S., Bocci, G., Petacchi, R. and Entling, M. H. (2016). Effects of local and landscape factors on spiders and olive fruit flies. *Agriculture Ecosystems and Environment*, **222**, 138 – 147.
- Potamitis, I., Rigakis, I. and Fysarakis, K. (2014). The electronic McPhail trap. *Sensors*, **14**, 22285 – 22299.
- Potamitis, I., Rigakis, I. and Fysarakis, K. (2015). Insect biometrics: optoacoustic signal processing and its applications to remote monitoring of McPhail type traps. *PLoS ONE*, **10** (11), 1 – 32.
- Prokopy, R. J., Ziegler, J. R. and Wong, T. T. Y. (1978). Deterrence of repeated oviposition by fruit – marking pheromone in *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Chemical Ecology*, **4** (1), 55 – 63.

- Prokopy, R. J. and Vargas, R. I. (1996). Attraction of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) flies to odor of coffee fruit. *Journal of Chemical Ecology*, **22** (4), 807 – 820.
- Quesada – Moraga, E., Santiago – Alvarez, C., Cubero – González, S., Casado – Mármol, G., Ariza – Fernández, A. and Yousef, M. (2018). Field evaluation of the susceptibility of mill and table olive varieties to egg – laying of olive fly. *Journal of Applied Entomology*, **142**, 765 – 774.
- Quilici, S., Atiama – Nurbel, T. and Brevault, T. (2014). Plant odors as fruit fly attractants, pp. 119 – 144. In Shelly, T., Epsky, N., Jang, E. B., Reyes – Flores, J. & Vargas, R. (editors), *Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Rahman, T. and Broughton, S. (2016). Suppressing Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) with an attract-and-kill device in pome and stone fruit orchards in Western Australia. *Crop Protection*, **80**, 108 – 117.
- Raga, A. and Sato, M. E. (2011). Toxicity of neonicotinoids to *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Plant Protection Research*, **51** (4), 413 – 419.
- Ramezani, S., Blibech, I., Rei, T. F., van Asch, B. and da Costa, T. L. (2015). *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) in Iran: an invasion from the Middle West. *European Journal of Entomology*, **112** (4), 713 – 721.
- Razov, J., Franin, K. and Toth, M. (2010). Comparison of sticky and non – sticky trap designs baited with the pheromone for catching the olive fly *Bactrocera (Dacus) oleae* Gmelin. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, **45** (2), 313 – 321.

- Rehman, J., Wang, X. G., Johnson, M. W., Daane, K. M., Jilani, G., Khan, M. A. and Zalom, F. G. (2009). Effects of *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) seed extract on the olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) and its larval parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Economic Entomology*, **102** (6), 2233 – 2240.
- Reyes, J., Carro, X., Hernadez, J., Mendez, W., Campo, C., Esquivel, H., Salgado, E. and Enkerlin, W. R. (2007). A multi-institutional approach to create fruit fly-low and fly – free areas in Central America, pp. 627 – 640. *In* Vreysen, M. J. B., Rhobinson, A. S. & Hendrichs, J. (editors), Area – wide control of insect pests. From research to field implementation, Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Rice, R. E., Phillips, P. A., Stewart – Leslie, J. and Sibbett G. S. (2003): Olive fruit fly populations measured in Central and Southern California. *California Agriculture*, **57** (4), 122 – 127.
- Rizzo, R., Caleca, V. and Lombardo, A. (2012). Relation of fruit color, elongation, hardness and volume to the infestation of olive cultivars by the olive fruit fly, *Bactrocera oleae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **145**, 15 – 22.
- Rohde, C., Moino, A., Carvalho, D. F. and Silva, T. A. M. (2012). Selection of entomopathogenic nematodes for the control of the fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Revista Brasileira de Ciencias Agrarias*, **7**, 797 – 802.
- Rousse, P., Gourdon, F. and Quilici, S. (2006). Host specificity of the egg pupal parasitoid *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) in La Reunion. *Biological Control*, **37**, 284 – 290.
- Ruberson, J. R., Tauber, M. J and Tauber, C. A. (1988). Reproductive biology of two biotypes of *Edovum puttleri*, a parasitoid of Colorado potato beetle eggs. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **46**, 211 – 219.

- Rueden, C. T.; Schindelin, J., Hiner, M. C., DeZonia, B. E., Walter, A. E., Arena, E. T. & Eliceiri, K. W. (2017). Image J 2: image J for the next generation of scientific image data. *BMC Bioinformatics*, **18** (529), PMID 29187165, doi:10.1186/s12859-017-1934-z.
- San Andres, V., Ortego, F. and Castanera, P. (2007). Effects of gamma – irradiation on midgut proteolytic Activity of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, **65**, 11 – 19.
- Sanchez – Ramos, I., Fernandez, C. E., Gonzalez – Nunez, M. and Pascual, S. (2013). Laboratory tests of insect growth regulators as bait sprays for the control of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Pest Management Science*, **69**, 520 – 526.
- Sanchez, G., Murua, F., Suarez, L., van Nieuwenhove, G., Taret, G., Pantano, V., Bilbao, M., Schliserman, P. and Ovruski, S. M. (2016). Augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) for *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) control in a fruit-growing region of Argentina. *Biological Control*, **103**, 101 – 107.
- Saour, G. and Makee, H. (2004). A kaolin based particle film for suppression of the olive fruit fly *Bactrocera oleae* Gmelin (Diptera: Tephritidae) in olive groves. *Journal of Applied Entomology*, **128**, 28 – 31.
- Sarango, G. and Manuel, V. (2009). *Monitoring and pest control of Fruit flies in Thailand : new knowledge for integrated pest management*. Institutionen for ekologi, Uppsala, pp. 42.
- Segura, M. D., Callejas, C. and Ochando, M. D. (2008). *Bactrocera oleae*: a single large population in northern Mediterranean basin. *Journal of Applied Entomology*, **132** (9/10), 706 – 713.

- Shah, S. M. M., Ahmad, N., Sarwar, M. and Tofique, M. (2014). Rearing of *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae) for parasitoids production and managing techniques for fruit flies in mango orchards. *International Journal of Tropical Insect Science*, **34** (1), 108 – 113.
- Shaked, B., Amore, A., Ioannou, C., Valdes, F., Alorda, B., Papanastasiou, S., Goldshtein, E., Shenderey, C., Leza, M., Pontikakos, C., Perdakis, D., Tsiligiridis, T., Tabilio, M. R., Sciarretta, A., Barcelo, C., Athanassiou, C., Miranda, M. A., Alchanatis, V., Papadopoulou, N. and Nestel, D. (2017). Electronic traps for detection and population monitoring of adult fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Journal of Applied Entomology*, **142**, 43 – 51.
- Shelly, T. E., McInnis, D. O. and Rendon, P. (2005). The sterile insect technique and the Mediterranean fruit fly: assessing the utility of aromatherapy in large field enclosures. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **116**, 199 – 208.
- Sime, K. R., Daane, K. M., Andrews, J. W., Hoelmer, K., Pickett, C. H., Nadel, H., Johnson, M. W. and Messing, R. H. (2006a). The biology of *Bracon celer* as a parasitoid of the olive fruit fly. *BioControl*, **51**, 553 – 567.
- Sime, K. R., Daane, K. M., Nadel, H., Funk, C. S., Messing, R. H., Andrews, J. W., Johnson, M. W. and Pickett, C. H. (2006b). *Diachasmimorpha longicaudata* and *D. kraussii* (Hymenoptera: Braconidae), potential parasitoids of the olive fruit fly. *Biocontrol Science and Technology*, **16** (2), 169 – 179.
- Sime, K. R., Daane, K. M., Kirk, A., Andrews, J. W., Johnson, M. W. and Messing, R. H. (2007). *Psytalia ponerophaga* (Hymenoptera: Braconidae) as a potential biological control agent of olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) in California. *Bulletin of Entomological Research*, **97**, 233 – 242.
- Sime, K. R., Daane, K. M., Wang, X. G., Johnson, M. W. and Messing, R. H. (2008). Evaluation of *Fopius arisanus* as a biological control agent for the olive fruit fly in California. *Agricultural and Forest Entomology*, **10**, 423 – 431.

- Sirjani, F. O., Lewis, E. E. and Kaya, H. K. (2009). Evaluation of entomopathogenic nematodes against the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Biological Control*, **48**, 274 – 280.
- Siskos, E. P., Mazomenos, B. E. and Konstantopoulou, M. A. (2008a). Isolation and identification of insecticidal components from *Citrus aurantium* fruit peel extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **56**, 5577 – 5581.
- Siskos, E. P., Mazomenos, B. E. and Konstantopoulou, M. A. (2008b). Insecticidal activity of *Citrus aurantium* peel extract against *Bactrocera oleae* and *Ceratitis capitata* adults (Diptera: Tephritidae). *Journal of Applied Entomology*, **132** (2), 108 – 116.
- Sivropoulou, A., Haritidou, L., Vasara, E., Aptosoglou, S. and Koliais, S. (2000). Correlation of the insecticidal activity of the *Bacillus thuringiensis* A4 strain against *Bactrocera oleae* (Diptera) with the 140 – kDa crystal polypeptide. *Current Microbiology*, **41**, 262 – 266.
- Skouras, P. J., Margaritopoulos, J. T., Seraphides, N. A., Ioannides, I. M., Kakani, E. G., Mathiopoulos, K. D. and Tsitsipis, J. A. (2007). Organophosphate resistance in olive fruit fly, *Bactrocera oleae*, populations in Greece and Cyprus. *Pest Management Science*, **63**, 42 – 48.
- Soomro, A. F., Nehal, K. B., Ali, A., Shah, H. A. S., Baloch, U. S., Baloch, K. S., Ullah, Z., Baloch, Q. A., Bashir, W., Baloch, N. H., Anwar, S. and Khetran, R. M. A. (2016). Effect of different hosts on the biology of *Trybliographa daci* (Hymenoptera: Brachonidae) under lab conditions. *Journal of Natural Sciences Research*, **6** (11), 95 – 103.
- Stark, J. D. and Vargas, R. (2009). An evaluation of alternative insecticides to diazinon for control of tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) in soil. *Journal of Economic Entomology*, **102** (1), 139 – 143.

- Steck, G. J., Gilstrap, F. E., Wharton, R. A. and Hart, W. G. (1986). Braconid parasitoids of Tephritidae (Diptera) infesting coffee and other fruits in west – central Africa. *Entomophaga*, **31** (1), 59 – 67.
- Tabic, A., Yunis, H., Wali, M. A., Haddadin, J., Hijawi, T. and Feina, E. Z. (2011). The use of olipe traps as a part of regional effort towards olive fly (*Bactrocera oleae* Gmelin) control. *Israel Journal of Plant Sciences*, **59**, 53 – 58.
- Tamendjari, A., Angerosa, F., Mettouchi, S. and Bellal, M. M. (2009). The effect of fly attack (*Bactrocera oleae*) on the quality and phenolic content of Chemlal olive oil. *Grasas y Aceites*, **60** (5), 507 – 513.
- Tan, K. H., Nishida, R., Jang, E. B. and Shelly, T. E. (2014). Pheromones, male lures, and trapping of tephritid fruit flies, pp. 15 – 74. In Shelly, T., Epsky, N., Jang, E. B., Reyes – Flores, J., & Vargas, R. (editors), Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Tormos, J., Asis, J. D., Sabater – Munoz, B., Banos, L., Gayubo S. F. and Beitia, F. (2012). Superparasitism in laboratory rearing of *Spalangia cameroni* (Hymenoptera: Pteromalidae) a parasitoid of med fly (Diptera: Tephritidae). *Bulletin of Entomological Research*, **102**, 51 – 61.
- Tormos, J., de Pedro, L., Beitia, F., Sabater, B., Asís, D. J. and Polidori C. (2013). Development, preimaginal phases and adult sensillar equipment in *Aganaspis* parasitoids (Hymenoptera: Figitidae) of fruit flies. *Microscopy and Microanalysis*, **19**, 1475 – 1489.
- Torrini, G., Mazza, G., Benvenuti, C. and Roversi, P. F. (2017). Susceptibility of olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) pupae to entomopathogenic nematodes. *Journal of Plant Protection Research*, **57** (3), 318 – 320.
- Tzanakakis, E. M. (2008). Olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Rossi) (= *Dacus oleae*) (Diptera: Tephritidae), pp. 2665 – 2669. In Capinera, J. L. (editor), Encyclopedia of Entomology III. Springer, Heidelberg.

- Uchoa, M. A. (2012). Fruit flies (Diptera: Tephritoidea): biology, host plants, natural enemies and the implications to their natural control, pp. 272 – 300. In Soloneski, S. (editor), *Integrated Pest Management and Pest Control Current and Future Tactics*. Croatia Rijeka, In Tech.
- Urbaneja, A., Garcia – Mari, T., Tortosa, D., Navarro, C., Vanaclocha, P., Vargues, L. and Castanera, P. (2006). Influence of ground predators on the survival of the mediterranean fruit fly pupae, *Ceratitis capitata*, in Spanish citrus orchards. *Biocontrol*, **51**, 611 – 626.
- Urbaneja, A., Chueca, P., Monton, H., Pascual – Ruiz, S., Dembilio, O., Vanaclocha, P., Abad – Moyano, R., Pina, T. and Castanera, P. (2009). Chemical alternatives to malathion for controlling *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and their side effects on natural enemies in spanish citrus orchards. *Journal of Economic Entomology*, **102** (1), 144 – 151.
- Vargas, R. I., Leblanc, L., Pinero, J. C. and Hoffman, K. M. (2014). Male annihilation, past, present, and future, pp. 493 – 511. In Shelly, T., Epsky, N., Jang, E. B., Reyes – Flores, J., & Vargas, R. (editors), *Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Vargas, R. I., Pinero, J. C. and Leblanc, L. (2015). An overview of pest species of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) and the integration of biopesticides with other biological approaches for their management with a focus on the pacific region. *Insects*, **6** (2), 297 – 318.
- Varikou, K., Alexandrakis, V., Gika, V., Birouraki, A., Marnelakis, C. and Sergentani, C. (2013). Estimation of fly population density of *Bactrocera oleae* in olive groves of Crete. *Phytoparasitica*, **41**, 105 – 111.
- Varikou, K., Garantonakis, N. and Birouraki, A. (2014). Comparative field studies of *Bactrocera oleae* baits in olive orchards in Crete. *Crop Protection*, **65**, 238 – 243.

- Varikou, K., Garantonakis, N. and Birouraki, A. (2015). Residual attractiveness of various bait spray solutions to *Bactrocera oleae*. *Crop Protection*, **68**, 60 – 66.
- Varikou, K., Garantonakis, N., Birouraki, A., Ioannou, A. and Kapogia, E. (2016). Improvement of bait sprays for the control of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Crop Protection*, **81**, 1 – 8.
- Varikou, K., Garantonakis, N., Birouraki, A., Gkilpathi, D. and Kapogia, E. (2017). Refreshing bait spots in an olive orchard for the control of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Crop Protection*, **92**, 153 – 159.
- Varikou, K., Garantonakis, N., Marketaki, M., Charalampous, A., Anagnostopoulos, C. and Bempelou, E. (2018). Residual degradation and toxicity of insecticides against *Bactrocera oleae*. *Environmental Science and Pollution Research*, **25**, 479 – 489.
- Vinson, S. B. and Iwantsch, G. F. (1980). Host Suitability for Insect Parasitoids. *Annual Review of Entomology*, **25** (1), 397 – 419.
- Voudouris, C. C., Mavridis, K., Kalaitzaki, A., Skouras, P. J., Kati, A. N., Eliopoulos, P. A., Vontas, J. and Margaritopoulos, J. T. (2018). Susceptibility of *Ceratitis capitata* to deltamethrin and spinosad in Greece. *Journal of Pest Science*, **91**, 861 – 871.
- Wang, X. G. and Messing, R. H. (2002). Potential interactions between pupal and egg – or larval – pupal parasitoids of tephritid fruit flies. *Environmental entomology*, **33** (5), 1313 – 1320.
- Wang, X. G., Johnson, M. W., Daane, M. K. and Yokoyama, V. Y. (2009). Larger olive fruit size reduces the efficiency of *Psytalia concolor*, as a parasitoid of the olive fruit fly. *Biological Control*, **49**, 45 – 51.

- Wang, X. G., Johnson, M. W., Yokoyama, V. Y., Pickett, H. C. and Daane M. K. (2011). Comparative evaluation of two olive fruit fly parasitoids under varying abiotic conditions. *BioControl*, **56**, 283 – 293.
- Wang, X. G., Levy, K., Son, Y., Johnson, M. W. and Daane, K. M. (2012). Comparison of the thermal performance between a population of the olive fruit fly and its co – adapted parasitoids. *Biological control*, **60**, 247 – 254.
- Warthen, J. D. Schmidt, W. F., Cunningham, R. T., Demilo, A. B. and Fritz, G. L. (1993). Quantitative structure – activity relationships (QSAR) of trimedlure isomers. *Journal of Chemical Ecology*, **19** (7), 1323 – 1335.
- Weld, L. H. (1951). A new species of *Trybliographa* (Hymenoptera: Cynipidae). *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, **14**, 331 – 332.
- Wharton, R. A., Gilstrap, F. E., Rhodei, R. H., Fischel, M. M. and Hart, W. G. (1981). Hymenopterous egg-pupal and larval – pupal parasitoids of *Ceratitis capitata* and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in Costa Rica. *Entomophaga*, **26**, 285 – 290.
- Wijesuriya, S. R. and de Lima, C. P. F. (1995). Comparison of two types of traps and lure dispensers for *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *Journal of Entomology Australian Entomological Society*, **34**, 273 – 275.
- Williams, L., Deschodt, P., Pointurier, O. and Wyckhuys, K. A. G. (2015). Sugar concentration and timing of feeding affect feeding characteristics and survival of a parasitic wasp. *Journal of Insect Physiology*, **79**, 10 – 18.
- Winqvist, C., Bengtsson, J., Ockinger, E., Aavik, T., Berendse, F., Clement, L. W., Fischer, C., Flohre, A., Geiger, F., Liira, J., Thies, C., Tschardtke, T., Weisser, W. W. and Bommarco, R. (2014). Species traits influence ground beetle responses to farm and landscape level agricultural intensification in Europe. *Journal of Insect Conservation*, **18**, 837 – 846.

- Wong, T. T. Y., Ramadan, M. M., McInnis, D. O., Mochizuki, N., Nishimoto, J. A. and Herr, J. C. (1991). Augmentative releases of *Diachasmimorpha tryoni* (Hymenoptera: Braconidae) to suppress a Mediterranean fruit fly population in Kula, Maui, Hawaii. *Biological Control*, **1**, 2 – 7.
- Wysoki, M. de Long, M. and Rene, S. (1988). *Trichogramma platneri* Nagarkatti (Hymenoptera: Trichogrammatidae), its biology and ability to search for eggs of two lepidopterous avocado pests, *Boarmia (Ascotis) selenaria* (Schifferrmuller) (Geometridae) and *Cryptoblabes gnidiella* (Milliere) (Phycitidae) in Israel. *Colloques de l' INRA*, **43**, 295 – 301.
- Yasin, S., Rempoulakis, P., Nemny – Lavy, E., Levi – Zada, A., Tsukada, M., Papadopoulou, N. T. and Nestel, D. (2014). Assessment of lure and kill and mass – trapping methods against the olive fly, *Bactrocera oleae* (Rossi), in desert – like environments in the eastern Mediterranean. *Crop Protection*, **57**, 63 – 70.
- Yokoyama, V. Y., Rendon, P. A. and Sivinski, J. (2008). *Psytalia cf. concolor* (Hymenoptera: Braconidae) for biological control of olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) in California. *Environmental Entomology*, **37** (3), 764 – 773.
- Yokoyama, V. Y., Rendon, P. A., Wang, X. G., Opp, S. B., Johnson, M. W. and Daane, K. M. (2011). Response of *Psytalia humilis* (Hymenoptera: Braconidae) to olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) and conditions in California olive orchards. *Environmental Entomology*, **40** (2), 315 – 323.
- Yokoyama, V. Y. (2012). Olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) in California: longevity, oviposition, and development in canning olives in the laboratory and greenhouse. *Journal of Economic Entomology*, **105**, 186 – 195.
- Yokoyama, V. Y. (2014). Olive fruit fly adult response to attract – and – kill bait stations in greenhouse cages with weathered bait spray and a commercial table olive orchard. *Journal of Asia – Pacific Entomology*, **17**, 717 – 721.

- Yokoyama, V. Y. (2015). Olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) in California table olives, USA: invasion, distribution, and management implications. *Journal of Integrated Pest Management*, **6** (1), 1 – 18.
- Yousef, M., Lozano – Tovar, D. M., Garrido – Jurado, I. and Quesada – Moraga, E. (2013). Biocontrol of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) with *Metarhizium brunneum* and its extracts. *Biological and Microbial Control*, **106** (3), 1118 – 1125.
- Yousef, M., Alba – Ramirez, C., Jurado, I. G., Mateu, J., Diaz, S. R., Valverde – García, P. and Quesada – Moraga, E. (2018). *Metarhizium brunneum* (Ascomycota: Hypocreales) treatments targeting olive fly in the soil for sustainable crop production. *Frontiers in Plant Science*, **9** (1), 1 – 11.
- Zapata, N., Budia, F., Vifiuela, E. and Medina, P. (2006). Laboratory evaluation of natural pyrethrins, pymetrozine and triflumuron as alternatives to control *Ceratitis capitata* adults. *Phytoparasitica*, **34** (4), 420 – 427.
- Zygouridis, N. E., Augustinos, A. A., Zalom, F. G. and Mathiopoulos, K. D. (2009). Analysis of olive fly invasion in California based on microsatellite markers. *Heredity*, **102**, 402 – 412.