



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος**

**Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας**



**Πτυχιακή Διατριβή**

**«Επίδραση του ξενιστή στη συμπεριφορά και ικανότητα  
παρασιτισμού του *Aganaspis daci* σε προσβεβλημένους με δάκο της  
ελιάς ελαιόκαρπους»**

**Παναγιωτοπούλου Διονυσία**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Παπαδόπουλος Νικόλαος**

**Βόλος, 2022**

**«Επίδραση του ξενιστή στη συμπεριφορά και ικανότητα παρασιτισμού του *Aganaspis daci* σε προσβεβλημένους με δάκο της ελιάς ελαιόκαρπους»**

**«Effect of the host insect on the behavior and parasitism rates of *Aganaspis daci* on olive fly infested olive fruit»**

**Τριμελής Επιτροπή:**

**Παπαδόπουλος Νικόλαος**, Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εντομολογίας,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Επιβλέπων)

**Αθανασίου Χρήστος**, Καθηγητής Εντομολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**Καρκάνης Ανέστης**, Επίκουρος Καθηγητής Ζιζανιολογίας, Πανεπιστήμιο  
Θεσσαλίας

## Δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με το Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΓΦΠΑΠ.

Ονοματεπώνυμο: Παναγιωτοπούλου Διονυσία

## Ευχαριστίες

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

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή αυτής της πτυχιακής διατριβής, κ. Ν. Θ. Παπαδόπουλο, για την άψογη συνεργασία και τις συμβουλές του. Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ στον μεταδιδάκτορα κ. Χ. Ιωάννου, για την πολύτιμη βοήθεια και την στήριξη που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διατριβής. Ακόμα, ευχαριστώ και τα υπόλοιπα μέλη του εργαστηρίου και ιδιαιτέρως την συνάδελφο και φίλη κ. Ε. Μ. Μαρκοπούλου, για την βοήθεια και τη συνεισφορά τους.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου, που με στηρίζει σε κάθε βήμα και επιλογή μου, από τη πρώτη στιγμή.

## Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT.....	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΔΑΚΟ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ <i>Bactrocera oleae</i> (Rossi, 1970).....	8
1.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ <i>Bactrocera oleae</i> .....	9
1.3 ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ <i>Bactrocera oleae</i> .....	12
1.3.1 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ <i>Bactrocera oleae</i> .....	12
1.3.2 ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΣΥΝΗΘΕΙΕΣ ΤΟΥ <i>Bactrocera oleae</i> .....	15
1.3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΠΡΟΣ ΩΟΤΟΚΙΑ ΚΑΡΠΩΝ ΑΠΟ ΤΟ <i>Bactrocera oleae</i> ..	16
1.3.4 ΑΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΩΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΤΟΥ <i>Bactrocera oleae</i> .....	17
1.3.5 ΔΙΑΧΕΙΜΑΝΣΗ ΤΟΥ <i>Bactrocera oleae</i> .....	20
1.3.6 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΤΟΥ <i>Bactrocera oleae</i> .....	20
1.4 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ <i>Bactrocera oleae</i> .....	21
1.4.1 ΜΑΖΙΚΗ ΠΑΓΙΔΕΥΣΗ <i>Bactrocera oleae</i> .....	22
1.4.2 ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΟΥ <i>Bactrocera oleae</i> .....	23
1.4.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΟΥ <i>Bactrocera oleae</i> .....	25
1.4.4 ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΤΟΥ <i>Bactrocera oleae</i> .....	28
1.5 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ <i>Aganaspis dasi</i> (Weld.).....	29
1.5.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ <i>Aganaspis dasi</i> .....	29
1.5.2 ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ <i>Aganaspis dasi</i> (Weld.) .....	32
2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ.....	34
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	35
3.1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ .....	35
3.2 ΕΚΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΔΑΚΟΥ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ <i>Bactrocera oleae</i> .....	35
3.3 ΕΚΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΠΑΡΑΣΙΤΟΕΙΔΟΥΣ <i>Aganaspis dasi</i> .....	37
3.4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	38
3.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	41
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	42
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	46
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	47
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	49

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διατριβή μελετήθηκε η επίδραση του ξενιστή (μύγα της Μεσογείου και δάκος της ελιάς) στον οποίο αναπτύσσεται το παρασιτοειδές *Aganaspis daci*, στη συμπεριφορά και στην ικανότητα των θηλυκών του να παρασιτούν προνύμφες του δάκου της ελιάς (*Bactrocera oleae*) σε ελαιόκαρπους της ποικιλίας Πηλίου. Για το σκοπό αυτό, θηλυκά του *A. daci* που αναπτύσσονταν αποκλειστικά επί σειρά ετών σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου αφέθηκαν να ωοτοκήσουν σε α) «γυμνές» προνύμφες της μύγας της Μεσογείου β) «γυμνές» προνύμφες του δάκου της ελιάς και γ) σε προνύμφες του δάκου της ελιάς που αναπτύσσονταν στο εσωτερικό ελαιόκαρπών της ποικιλίας Πηλίου. Συζευγμένα θηλυκά του *A. daci* προερχόμενα από τις τρεις αυτές μεταχειρίσεις, χωρίς προηγούμενη εμπειρία ωοτοκίας αφέθηκαν να παρασιτήσουν προνύμφες 3<sup>ης</sup> ηλικίας του δάκου της ελιάς που αναπτύσσονταν στο εσωτερικό ελαιόκαρπων της ποικιλίας Πηλίου για 48 ώρες. Για κάθε κατηγορία θηλυκών προσδιορίστηκαν α) η ανταπόκριση (επισκεψιμότητα) των θηλυκών του παρασιτοειδούς στους προσβεβλημένους ελαιόκαρπους β) η ικανότητά τους να παρασιτήσουν τις προνύμφες του δάκου που αναπτύσσονταν στο εσωτερικό τους και γ) η διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων του *A. daci* στις παρασιτισμένες νύμφες του δάκου της ελιάς. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο το είδος του ξενιστή όσο και η μέθοδος παρασιτισμού του («γυμνές» προνύμφες και προνύμφες εντός ελαιόκαρπων) δύνανται να επηρεάζουν σημαντικά τη συμπεριφορά (επισκεψιμότητα) των θηλυκών του *A. daci* στους προσβεβλημένους με δάκο της ελιάς ελαιόκαρπους. Αντιθέτως δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς την ικανότητα παρασιτισμού των προνυμφών του δάκου που αναπτύσσονταν εντός τους καθώς επίσης και ως προς τη διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων του *A. daci* στις προσβεβλημένες νύμφες του *Bactrocera oleae* που προέκυψαν. Τα στοιχεία αυτά αναμένεται να συμβάλλουν στην καλύτερη κατανόηση της επίδρασης του ξενιστή στη συμπεριφορά και την αποτελεσματικότητα των παρασιτοειδών της οικογένειας των Tephritidae.

## ABSTRACT

In the present dissertation we studied the effect of host (Mediterranean fruit fly and olive fruit fly) from which the parasitic wasp *Aganaspis daci* originates, on the behavior and the ability of its females to infest olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) larvae that develop in olive fruits of the Pelion variety. For this purpose, *A. daci* females that reared exclusively for years in Mediterranean fruit fly host, were allowed to oviposit in a) "bare" Mediterranean fruit fly larvae b) "bare" olive fruit fly larvae and c) olive fruit fly larvae that developed inside olives of the Pelion variety. Mated females of *A. daci* originated from these three treatments, without previous oviposition experience, were allowed to infest *Bactrocera oleae* 3<sup>rd</sup> instar larvae that grew inside olives of the Pelion variety for 48 hours. In each case we determined a) the response (visits) of female parasites to the infected olives b) their ability to parasitize the olive fruit fly larvae that developed inside them and c) the developmental duration of *A. daci* immature stages from the *Bactrocera oleae* parasitized pupae. Our results revealed that both the host species and its method of parasitism ("bare" larvae and larvae inside olives) are capable of significantly affect the behavior (visits) of *A. daci* females to the infected olive fruits. On the other hand, no significant differences were observed regarding the ability of the parasitoid females to infest *Bactrocera oleae* larvae inside the olive fruits as well as in the developmental duration of *A. daci* immature stages from the resulting parasitized pupae. These data are expected to contribute to a better understanding of the host's influence on the behavior and efficacy of parasites of the Tephritidae family.

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΔΑΚΟ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ *Bactrocera oleae* (Rossi, 1970)

Τα ελαιόδεντρα απειλούνται από ποικίλους εχθρούς και ασθένειες. Ένας από τους πιο σημαντικούς εχθρούς των καλλιεργούμενων ποικιλιών ελαιόδεντρων, αλλά και αυτών που υπάρχουν στη φύση (άγριες ποικιλίες), είναι το έντομο *Bactrocera oleae* (Rossi, 1790), που είναι γνωστό με την κοινή ονομασία δάκος της ελιάς και προσβάλλει μόνο τα ελαιόδεντρα. Το έντομο *Bactrocera oleae* ανήκει στην οικογένεια Tephritidae της τάξης Diptera, όπως αναγράφεται και στον Πίνακα 1.

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	
Βασίλειο	Animalia
Φύλο	Arthropoda
Υποφύλο	Hexapoda
Κλάση	Insecta
Υποκλάση	Pterygota
Τάξη	Diptera
Οικογένεια	Tephritidae
Γένος	Bactrocera
Είδος	<i>Bactrocera oleae</i>

Οι πρώτες καταγραφές του *B. oleae* ως εχθρό των ελαιόδεντρων είχαν πραγματοποιηθεί ήδη από την προ Χριστού περίοδο (Rice, 2000). Το πιθανότερο σενάριο για την προέλευση του εντόμου είναι πως εμφανίστηκε αρχικά στην Αφρική, σε κάποιες άγριες ποικιλίες ελιάς, και στη συνέχεια επεκτάθηκε στην υπόλοιπη Μεσόγειο, για την οποία αποτελεί μεγάλο πρόβλημα έως και σήμερα (Nolwazi, et al., 2008).

Οι προσβολές του *B. oleae* μπορούν να προκαλέσουν μεγάλα οικονομικά προβλήματα, τόσο στους παραγωγούς όσο και στους εμπόρους. Τα προβλήματα αυτά παρατηρούνται και στους ελαιόκαρπους των επιτραπέζιων ποικιλιών και σε αυτούς που προορίζονται για την παραγωγή ελαιόλαδου και αφορούν κυρίως τη σημαντική μείωση της παραγωγής και την υποβάθμιση της ποιότητας. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται αύξηση στο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας το οποίο απορροφάται, στο δείκτη του υπεροξειδίου, καθώς και στη οξύτητα του ελαιόλαδου (del Carmen Alcudia-León, et al., 2016). Το ποσοστό των απωλειών ελαιόκαρπων, λόγω προσβολής από το *B. oleae*, μπορεί να φτάσει έως και το 80% της παραγωγής. Επιπλέον, σε περίπτωση που δεν εφαρμοστεί καμία μέθοδος καταπολέμησης, το ποσοστό της παραγωγής που χάνεται ανέρχεται έως και 100% (Rice, 2000). Γενικότερα ισχύει ότι, όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό προσβολής των ιστών των ελαιόκαρπων από το *B. oleae*, τόσο περισσότερες και σοβαρότερες οι ζημιές που προκαλούνται τελικά. Τις κυριότερες ζημιές αποτελούν η πτώση των καρπών από το δέντρο, όταν αυτοί δεν είναι ακόμη ώριμοι και η αύξηση



της οξύτητας του ελαιόλαδου. Τέλος, εξίσου σημαντική είναι και η μόλυνση που μπορεί να εμφανιστεί στους προσβεβλημένους καρπούς, δευτερογενώς, από μύκητες και βακτήρια, αφού η προνύμφη του *B. oleae* τους διαρρηγνύει όλο και περισσότερο κατά την παραμονή της εντός τους, αλλά και κατά την έξοδό της από αυτούς (Garantonakis, et al., 2016).

## 1.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ *Bactrocera oleae*

Το *B. oleae*, ανήκει στην τάξη των Διπτέρων, όπως προαναφέρθηκε. Τα άτομα της τάξης αυτής είναι συνήθως μικρά έντομα και διαθέτουν ένα ζεύγος κανονικών, μεμβρανοειδών πτερύγων και ένα ζεύγος αλτήρων, οι οποίοι είναι ροπαλοειδή όργανα, που σχηματίστηκαν με τη διαφοροποίηση του δεύτερου ατροφικού ζεύγους πτερύγων (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

Τα ενήλικα άτομα (Εικόνα 1) έχουν μήκος, που κυμαίνεται περί τα 4 – 5 mm, και το άνοιγμα των πτερύγων τους μπορεί να φτάσει έως και τα 10 mm (Morgan et al., 2019). Αριστερά και δεξιά της κεφαλής βρίσκονται οι σύνθετοι οφθαλμοί του εντόμου, οι οποίοι καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της. Το χρώμα των οφθαλμών είναι κυρίως κοκκινωπό, ενώ διακρίνονται και μερικές κυανοπράσινες αποχρώσεις. Στην κεφαλή, επίσης, παρατηρούνται δύο κεραίες μικρού μεγέθους (Vossen, et al., 2006). Οι κεραίες του *B. oleae* χαρακτηρίζονται ως ροπαλοειδείς με σμήριγγα.



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

Ο θώρακας του εντόμου είναι καστανόχρωμος και στην περιοχή των νώτων διαθέτει 2-4 γκρι – μαύρες, επιμήκεις, κάθετες, σχετικά πεπαχυμένες ρίγες. Επιπλέον, στο μεταθώρακα εντοπίζεται μια σχεδόν τριγωνική κατασκευή, η οποία ονομάζεται

scutellum. Το χρώμα του scutellum προσδιορίζεται ως λευκό κρεμώδες ή και υποκίτρινο. Ακόμα αριστερά και δεξιά του προθώρακα και του μεσοθώρακα εντοπίζονται δύο κηλίδες, ίδιου χρώματος με το scutellum. Τα τρία ζεύγη ποδιών του *B. oleae* είναι προσκολλημένα στο θώρακα και πιο συγκεκριμένα εντοπίζεται ένα ζεύγος ποδιών ανά θωρακικό άρθρο. Το *B. oleae* διαθέτει βαδιστικού τύπου πόδια. Στο θώρακα, και πιο συγκεκριμένα στο μεσοθώρακα, είναι τοποθετημένο και το ζεύγος πτερύγων του εντόμου, καθώς επίσης και το ζεύγος των αλτήρων. Οι πτέρυγες είναι διαφανείς και ιριδίζουσες, ενώ στο άκρο της κάθε μίας παρατηρείται ένα σκουρόχρωμο στίγμα μεγάλου μεγέθους, το οποίο μπορεί να διακριθεί εύκολα με γυμνό μάτι. Επιπλέον, κατά μήκος των πτερύγων, είναι εφικτό να παρατηρηθούν και οι νευρώσεις τους, λόγω της σκουρόχρωμης απόχρωσης, που διαθέτουν. Τέλος, οι πτέρυγες των αρσενικών ατόμων του *B. oleae* έχουν μεγαλύτερο πλάτος από τις πτέρυγες των θηλυκών (Benelli, et al., 2012).

Η κοιλία του δάκου της ελιάς διαθέτει σκούρο καστανό χρωματισμό και χωρίζεται σε τμήματα, τα οποία ονομάζονται ουρομερή. Αριστερά και δεξιά, σε κάθε ουρομερές, εντοπίζονται μεγάλου μεγέθους βούλες, των οποίων ο χρωματισμός κυμαίνεται από πολύ σκούρος καφέ έως και μαύρος. Στα θηλυκά μόνο άτομα του εντόμου, στο άκρο της κοιλίας τους, στο τελευταίο ουρομερές, παρατηρείται μια οξύληκτη κατασκευή, που μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένας πολύ μικρός σωλήνας, ο οποίος καταλήγει σε ένα μυτερό άκρο. Η κατασκευή αυτή ονομάζεται ωσθέτης και τα θηλυκά τον χρησιμοποιούν, για να καταφέρουν να εναποθέσουν τα ωά τους εντός των ελαιόκαρπων, ανοίγοντας με αυτόν μια πολύ μικρή σε μέγεθος οπή στο φλοιό του καρπού (Morgan et al., 2019). Στις περισσότερες περιπτώσεις το μέγεθος της κοιλίας των θηλυκών ατόμων του εντόμου *B. oleae* είναι μεγαλύτερο από αυτό των αρσενικών ατόμων. Η ύπαρξη ή μη του ωσθέτη, καθώς και το μέγεθος της κοιλίας και του εντόμου, αποτελούν τα βασικότερα χαρακτηριστικά για την αναγνώριση του φύλου του, με γυμνό μάτι.

Τα ωά του εντόμου είναι στενόμακρα. Ο ένας πόλος του ωού έχει καμπυλωτό σχήμα, ενώ ο άλλος είναι λίγο πιο οξύληκτος (Τζανακάκης & Κωβαίος, 2018). Το χρώμα των ωών προσδιορίζεται ως υπόλευκο, αδιαφανές. Σε μέγεθος υπολογίζεται πως τα ωά μπορούν να φτάσουν τα 0,74 mm μήκος και τα 0,21 mm πλάτος. Η μορφή των ωών συνεχίζει να είναι η ίδια μέχρι το στάδιο της εκκόλαψης της προνύμφης πρώτης

ηλικίας, η οποία είναι ορατή διαμέσου της μεμβράνης που βρισκόταν γύρω από το ωό (χορίο) (Morgan et al., 2019).

Οι προνύμφες του εντόμου είναι σκωληκόμορφες, άποδες, ενώ δεν παρατηρείται κεφαλική κάψα (Εικόνα 2). Το χρώμα τους προσδιορίζεται στις αποχρώσεις του υπόλευκου έως και ανοικτού κίτρινου. Το μέγεθός τους μπορεί να φτάσει τα 8 mm σε μήκος και τα 1,5 mm σε πλάτος. Το ένα άκρο του σώματος των προνυμφών είναι στενότερο από το άλλο αποτελώντας το πρόσθιο τμήμα τους. Στο άκρο αυτό παρατηρείται σκούρος έως και μαύρος χρωματισμός, ο οποίος οφείλεται στα στοματικά άγκιστρα, καθώς και στον υπόλοιπο κεφαλοφαρυγγικό σκελετό τους. Οι προνύμφες του *B. oleae* εμφανίζουν τρία ηλικιακά στάδια κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους. Τα στάδια αυτά διακρίνονται βάσει του χρώματος των γναθικών αγκίστρων, αλλά και το μήκος τους. Στην πρώτη ηλικία το μήκος των προνυμφών είναι περίπου 0,7 – 1,6 mm και το χρώμα των γναθικών τους αγκίστρων υποκίτρινο, ενώ στη δεύτερη ηλικία το μήκος είναι περίπου 1,9 – 4,5 mm και τα γναθικά άγκιστρα έχουν πλέον σκούρο χρώμα. Τέλος οι προνύμφες τρίτης ηλικίας έχουν μήκος μεγαλύτερο από 4,5 mm και καθώς αναπτύσσονται αποκτούν το τελικό τους μέγεθος, ενώ το χρώμα των γναθικών αγκίστρων τους είναι ίδιο με εκείνο που παρατηρείται στις προνύμφες δεύτερης ηλικίας (Δεληγεωργίδης, 2019).



**Εικόνα 2:** Ανεπτυγμένες προνύμφες του δάκου της ελιάς

Οι νύμφες έχουν σχήμα κυλινδρικό και χρώμα καστανό – κίτρινο (Εικόνα 3). Το μήκος τους μπορεί να φτάσει έως και τα 5 mm. Το περίβλημα των νυμφών είναι το σκληροσμένο δερμάτιο των ανεπτυγμένων προνυμφών και είναι δυνατόν να

παρατηρηθούν πάνω σε αυτό κάποιοι δακτύλιοι, οι οποίοι δημιουργούν την εντύπωση πως οι νύμφες είναι χωρισμένες σε τμήματα (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).



**Εικόνα 3:** Νύμφες του δάκου της ελιάς

### **1.3 ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ *Bactrocera oleae***

Το *B. oleae* είναι ένα έντομο, το οποίο έχει τη δυνατότητα να εμφανίζει μεγάλη γενετική ποικιλομορφία. Η ποικιλομορφία αυτή οφείλεται κυρίως σε παράγοντες που σχετίζονται με το συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό του, τη ροή των γονιδίων σε αυτόν και την όλο και αυξανόμενη επέκταση των εκτάσεων που καλλιεργούνται με ελαιόδεντρα, στην περιοχή της Μεσογείου. Ο δάκος της ελιάς μπορεί να χαρακτηριστεί είτε ως μονοφάγο έντομο, είτε ως ολιγοφάγο (Genc, et al., 2008). Ο χαρακτηρισμός αυτός προέρχεται από τις διατροφικές συνήθειες των προνυμφών του, οι οποίες τρέφονται με το μεσοκάρπιο του ελαιόκαρπου των καλλιεργούμενων κυρίως ποικιλιών και σε ορισμένες περιπτώσεις και με αυτό των άγριων ποικιλιών (Marchini, et al., 2017).

#### **1.3.1 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ *Bactrocera oleae***

Το *B. oleae* δύναται να εμφανίζει αρκετές γενιές ανά έτος, ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, με κυριότερο το κλίμα. Σε πολλές περιοχές της Ελλάδας, λόγω του κλίματός τους, είναι δυνατόν να παρατηρηθούν 3 ή και 4 γενιές σε ένα έτος (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Σε ιδανικές θερμοκρασιακές συνθήκες (20 – 30°C) μπορεί να παρατηρηθεί ολοκλήρωση της ανάπτυξης και έξοδος των ενηλίκων ατόμων του *B. oleae* μέσα σε διάστημα 30 έως

και 35 ημερών. Σε αυτό το χρονικό διάστημα απαιτούνται 2 με 3 ημέρες για να εκκολαφθούν τα ωά, περίπου 20 ημέρες για την ανάπτυξη και των τριών προνυμφικών ηλικιών, ενώ για τις υπόλοιπες 8 έως 10 περίπου ημέρες τα άτομα του *B. oleae* παραμένουν νυμφωμένα (Vossen, et al., 2006). Τα ενήλικα άτομα του *B. oleae* υπολογίζεται πως μπορούν να ζήσουν από 2 έως και 6 μήνες. Το χρονικό διάστημα εξαρτάται κυρίως από τα αποθέματα τροφής που μπορούν να εντοπισθούν στο περιβάλλον αλλά και τις θερμοκρασιακές συνθήκες.

Στα θηλυκά άτομα του *B. oleae*, μετά τη σύζευξη, ακολουθεί η ωοτοκία, μια διαδικασία που έχει παρατηρηθεί πως ξεκινά περίπου κατά τους μήνες Ιούλιο με Αύγουστο, όταν αρχίζουν να ωριμάζουν οι ελαιόκαρποι επάνω στα δέντρα. Για την ωοτοκία τα θηλυκά διαθέτουν ωοθήτη, στο πίσω μέρος του σώματός τους. Χρησιμοποιώντας τον, ανοίγουν μια οπή στην επιδερμίδα του ελαιόκαρπου και εναποθέτουν το ωό τους εντός του. Συνήθως εναποθέτουν ένα ωό σε κάθε ελαιόκαρπο. Η επιλογή του καρπού, αλλά ακόμα και του σημείου επάνω στον καρπό, στο οποίο θα αποθέσουν το ωό τους, γίνεται πολύ προσεκτικά από τα θηλυκά, διότι προσπαθούν να εξασφαλίσουν το μέγιστο βαθμό προστασίας για το ωό και την προνύμφη, που θα προκύψει. Ο χρόνος που χρειάζονται τα θηλυκά για να ολοκληρώσουν την ωοτοκία τους, υπολογίζεται πως είναι περίπου 6 με 13 λεπτά. Το ωό εναποθέτεται από το θηλυκό ακριβώς κάτω από την επιδερμίδα του ελαιόκαρπου και παραμένει ενσωματωμένο σε αυτή μέχρι να εκκολαφθεί και να εξέλθει μία προνύμφη πρώτης ηλικίας. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία της ωοτοκίας, το θηλυκό, πριν αποσύρει τον ωοθήτη του, μυζά με τα στοματικά του μόρια χυμούς του ελαιόκαρπου που εξέρχονται από την οπή ωοτοκίας και εν συνεχεία τους χρησιμοποιεί για να «σημάνει» (marking) το καρπό, αποτρέποντας με τον τρόπο αυτό άλλα θηλυκά να εναποθέσουν τα ωά τους στον ίδιο ξενιστή (καρπό) (Fletcher, 1987)

Μετά την ωοτοκία, λαμβάνει χώρα η εμβρυογένεση η οποία διαρκεί 2 με 3 ημέρες και διακρίνεται σε 3 στάδια. Στο πρώτο στάδιο πραγματοποιείται αρχικά η ωρίμανση του ωού και εν συνεχεία ο σχηματισμός του ζυγωτού. Στο καμπυλωτό άκρο του ωού εντοπίζεται μία οπή, από την οποία εισέρχεται το σπέρμα στο ωό και ξεκινά η διαδικασία σχηματισμού του ζυγωτού. Κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου πραγματοποιούνται και οι πρώτες διαιρέσεις του ζυγωτού. Κατά το δεύτερο στάδιο σχηματίζεται το βλαστόδερμα και στη συνέχεια λαμβάνει χώρα η γαστρίωση. Οι δύο αυτές διαδικασίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τη δημιουργία των οργάνων του εντόμου. Στις 22 περίπου ώρες από την ωοτοκία ξεκινά και το τρίτο στάδιο της

εμβρυογένεσης, στη διάρκεια του οποίου πραγματοποιείται ο σχηματισμός των οργάνων του εμβρύου. Η συγκεκριμένη φάση είναι και η μεγαλύτερη σε χρονική διάρκεια. Στο τέλος αυτής της φάσης, στην καμπυλωτή κορυφή του ωού, είναι εφικτό να παρατηρηθεί η προνύμφη πρώτης ηλικίας που είναι έτοιμη να εξέλθει από αυτό (Genc, et al., 2013).

Μόλις η προνύμφη πρώτης ηλικίας εκκολαφθεί, αρχίζει να κινείται εντός του ελαιόκαρπου σε βαθύτερα στρώματα. Όσο η προνύμφη κινείται, ξεκινά να διαρρηγνύει κάποιες στοές εντός του ελαιόκαρπου, επειδή τρέφεται με το μεσοκάρπιό του. Οι στοές αυτές είναι εμφανείς με γυμνό μάτι, όταν ανοιχθεί ο καρπός. Πιο συγκεκριμένα η προνύμφη χρησιμοποιεί τα στοματικά της άγκιστρα για να κόψει κομμάτια του μεσοκαρπίου και να τραφεί κυρίως με τους χυμούς τους, αλλά και με τα ίδια τα κομμάτια σε περίπτωση που είναι αρκετά μικρά, ώστε να χωρέσουν στη στοματική της κοιλότητα (Tsitsipis, 1977). Οι στοές που δημιουργούνται από την προνύμφη καταστρέφουν τον καρπό και τον καθιστούν μη εμπορεύσιμο. Επιπροσθέτως, λόγω αυτών των στοών, αλλά και των οπών που δημιουργούνται, ο καρπός είναι ευάλωτος σε δευτερογενείς μολύνσεις από βακτήρια, ιούς, μύκητες ή ακόμα και από άλλους εχθρούς.

Όπως προαναφέρθηκε το προνυμφικό στάδιο του *B. oleae* διαρκεί περίπου 20 ημέρες και περιλαμβάνει 3 προνυμφικές ηλικίες. Τους καλοκαιρινούς μήνες η προνύμφη τρίτης ηλικίας σχηματίζει κάτι σα θάλαμο εντός του ελαιόκαρπου κι εκεί νυμφώνεται (Yousef, et al., 2013). Ωστόσο, πριν νυμφωθεί συνεχίζει να τρώει μέρος του καρπού και φτάνει έως την επιδερμίδα, όπου δημιουργεί ένα “παράθυρο”, από το οποίο θα εξέλθει το ενήλικο το οποίο θα προκύψει (Daane, et al., 2011). Αντίθετα, κατά το τέλος του καλοκαιριού και κυρίως το φθινόπωρο, παρατηρείται πως η προνύμφη τρίτης ηλικίας που αναπτύσσεται εντός του καρπού, λίγο πριν νυμφωθεί εγκαταλείπει τον καρπό, ανοίγοντας μία οπή σε αυτόν, και πέφτει στο έδαφος. Εκεί αρχίζει να “θάβει” τον εαυτό της, με σκοπό να νυμφωθεί στα πρώτα επιφανειακά στρώματα του εδάφους (Albertini, et al., 2018). Έχει υπολογισθεί πως το μεγαλύτερο ποσοστό προνυμφών δεν εισέρχονται σε ιδιαίτερα μεγάλο βάθος στο έδαφος. Συγκεκριμένα εκτιμάται πως φτάνουν μεταξύ των 1 cm και 4 cm εντός του εδάφους. Τέλος έχει υπολογισθεί επίσης, πως οι προνύμφες δεν περνούν περισσότερα από 5 λεπτά στην επιφάνεια του εδάφους μέχρι να αρχίσουν την προσπάθεια της εισόδου στο έδαφος (Picchi, et al., 2017).

Τους καλοκαιρινούς μήνες οι νύμφες του *B. oleae* βρίσκονται για όλο το χρονικό διάστημα μέχρι την έξοδο των ενηλίκων, εντός των ελαιόκαρπων. Αντίθετα τους χειμερινούς μήνες οι νύμφες εξέρχονται του καρπού και νυμφώνονται κυρίως στο έδαφος. Η διάρκεια αυτού του σταδίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες. Όπως έχει ήδη αναφερθεί το νυμφικό στάδιο το καλοκαίρι, κάτω από ιδανικές συνθήκες διαρκεί περίπου 8 με 10 ημέρες. Το χειμώνα όμως έχει παρατηρηθεί πως αυτό το στάδιο μπορεί να διαρκέσει έως και 6 μήνες, αφού οι νύμφες βρίσκονται στο έδαφος, το κλίμα δεν επιτρέπει την έξοδο των ενηλίκων και οι συνθήκες γενικότερα δεν είναι ιδανικές. Κατά τη διάρκεια των 6 αυτών μηνών το *B. oleae* εντοπίζεται κατά κόρον στο νυμφικό στάδιο είτε στο έδαφος, είτε εντός των καρπών που έχουν μείνει στο δέντρο ή έχουν πέσει στο έδαφος και με αυτό τον τρόπο διαχειμάζει. Οι πρώτες έξοδοι ενηλίκων από τις διαχειμάζουσες νύμφες παρατηρούνται κατά τον Μάρτιο με Απρίλιο, ωστόσο αυτός ο πληθυσμός που προκύπτει δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλος (Rice, 2000). Ακολουθεί η σύζευξη, η ωοτοκία και λαμβάνουν χώρα ξανά όλες οι διαδικασίες που περιεγράφηκαν.

### **1.3.2 ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΣΥΝΗΘΕΙΕΣ ΤΟΥ *Bactrocera oleae***

Στους ελαιώνες τα ενήλικα του *B. oleae*, εξασφαλίζουν την τροφή τους από διάφορες φυσικές πηγές θρεπτικών στοιχείων, όπως είναι για παράδειγμα τα μελιτώματα του εντόμου *Saissetia oleae* (Wang, et al., 2013). Τα απαραίτητα για το έντομο θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται επίσης και σε ποικιλία φυτικών ειδών, σε διαφορετικά ποσοστά. Τα θρεπτικά αυτά στοιχεία παίζουν σημαντικό ρόλο καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής των ενήλικων ατόμων του εντόμου, ενώ έχει παρατηρηθεί πως είναι ιδιαίτερος ωφέλιμα γι' αυτά, και στα στάδια της αναπαραγωγής και της ωοτοκίας. Οι προνύμφες του *B. oleae* που τρέφονται με το μεσοκάρπιο του ελαιόκαρπου, λαμβάνουν θρεπτικά στοιχεία από αυτό, τα οποία είτε συνεπικουρούν στην ανάπτυξη και την επιβίωσή τους κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου, είτε αποθηκεύονται και αξιοποιούνται, κατά το νυμφικό στάδιο (Garantonakis, et al., 2016).

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για την εργαστηριακή εκτροφή του *B. oleae*, είναι προτιμότερες οι τροφές οι οποίες διαθέτουν υγρή σύσταση, ενώ οι τροφές που διαθέτουν στερεή σύσταση αποφεύγονται λόγω του χαμηλού ποσοστού αποτελεσματικότητάς τους, σε σχέση με τον πρώτο τύπο τροφής. Τέλος, οι

ίδιες μελέτες προτείνουν ότι, οι τροφές στερεής σύστασης είναι λιγότερο αποτελεσματικές όταν χρησιμοποιούνται για την εκτροφή ατόμων του εντόμου που προέρχονται από περιοχές των οποίων το κλίμα εμφανίζει υψηλά ποσοστά υγρασίας. Αντίθετα, είναι περισσότερο αποτελεσματικές κατά την εκτροφή ατόμων του εντόμου που προέρχονται από περιοχές με σχετικά ξηρό κλίμα, και συχνά το ποσοστό αποτελεσματικότητας τους σε αυτή την περίπτωση μπορεί να φτάσει αυτό των τροφών υγρής σύστασης (Tsitsipis et al., 1983).

### 1.3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΠΡΟΣ ΩΟΤΟΚΙΑ ΚΑΡΠΩΝ ΑΠΟ ΤΟ *Bactrocera oleae*

Έχει παρατηρηθεί ότι το *B. oleae* εμφανίζει συγκεκριμένες προτιμήσεις σε σχέση με τους ελαιόκαρπους που επιλέγει να παρασιτήσει. Πιο συγκεκριμένα από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, φαίνεται πως τα άτομα του εντόμου προτιμούν τις μεγαλύτερες σε μέγεθος ποικιλίες ελιάς και επιπλέον όταν πρόκειται να επιλέξουν μεταξύ ελαιόκαρπων της ίδιας ποικιλίας προτιμούν και πάλι τους μεγαλύτερους σε μέγεθος (Garantonakis, et al., 2016). Γενικότερα πιο συχνά καταγράφονται επισκέψεις του δάκου για ωοτοκία σε ελαιόκαρπους μεγαλύτερου μεγέθους που διαθέτουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα νερού, και όχι σε καρπούς μικρού μεγέθους, των οποίων η περιεκτικότητα σε νερό είναι αρκετά μικρή. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί μέσα από πειράματα πως το *B. oleae* προτιμά τα αντικείμενα που διαθέτουν σφαιρικό σχήμα ή και σχήμα που είναι παρόμοιο με αυτό των ελαιόκαρπων (Katsoyannos, et al., 2001). Μέσα από έρευνες επίσης, έχει διαπιστωθεί πως οι προνύμφες και οι νύμφες, οι οποίες αναπτύσσονται εντός ποικιλιών ελαιόκαρπων μεγαλύτερου μεγέθους, έχουν μεγαλύτερο βάρος τελικά και απαιτείται μικρότερο χρονικό διάστημα για την έξοδο των ενηλίκων (Garantonakis, et al., 2016).

Ακόμα με την βοήθεια διαφόρων πειραμάτων, έχει παρατηρηθεί πως το *B. oleae* ελκύεται από τις αποχρώσεις που εκπέμπουν σε μέγιστα μήκη κύματος μεταξύ των 520 – 580 nm και σε ελάχιστα μήκη κύματος κάτω από τα 520 nm (Katsoyannos, et al., 2001). Αυτά τα μήκη κύματος μεταφράζονται ως οι αποχρώσεις από το ανοικτό πράσινο χρώμα έως και το κιτρινωπό. Είναι γνωστό πως το έντομο γενικότερα προτιμά να ωοτοκεί τους ελαιόκαρπους που δεν έχουν ωριμάσει εντελώς και διαθέτουν ακόμα το πράσινο χρώμα τους, και όχι τους ώριμους ελαιόκαρπους που διαθέτουν κοκκινωπό ή και ιώδες χρώμα. Αυτή του η προτίμηση αποδίδεται πιθανώς σε κάποια προσαρμογή του εντόμου κατά την εξέλιξη, η οποία είχε ως σκοπό την επιβίωση περισσότερων



προνυμφών, την νύμφωσή τους εντός των ελαιόκαρπων καθώς και την πραγματοποίηση της εξόδου των ενηλίκων, προτού ωριμάσει και συγκομισθεί ή πέσει στο έδαφος.

Λόγω της προσαρμοστικότητάς του στις συνθήκες του περιβάλλοντος ο δάκος της ελιάς δεν παρουσιάζει πολλές διαφορές στις προτιμήσεις του σε σχέση με τους ελαιόκαρπους που πρόκειται να ωοτοκήσει. Παραδείγματος χάρη έχει πραγματοποιηθεί καταγραφή ωοτοκίας κατά τους χειμερινούς μήνες. Ωστόσο, παρατηρούνται μετακινήσεις πληθυσμών στη διάρκεια αυτών των μηνών, σε περιοχές με πιο ευνοϊκές για την ωοτοκία συνθήκες. Γι' αυτό το λόγο οι αβιοτικοί παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία, επηρεάζουν γενικότερα τη συμπεριφορά και τη δραστηριότητα του δάκου της ελιάς, όμως ο ρόλος που παίζουν στη διαδικασία επιλογής των προς ωοτοκία καρπών, δεν είναι τόσο σημαντικός όσο τα χαρακτηριστικά των ελαιόκαρπων, που προαναφέρθηκαν (Vossen, et al., 2006).

Τέλος, συμπερασματικά το *B. oleae* διαθέτει μια ποικιλία κριτηρίων μέσα από τα οποία καταλήγει στην τελική επιλογή των ελαιόκαρπων που θα επισκεφθεί και θα ωοτοκήσει, τα οποία συμπεριλαμβάνουν κυρίως το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα του ελαιόκαρπου και δευτερευόντως αβιοτικούς παράγοντες, όπως τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία.

#### **1.3.4 ΑΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΩΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΤΟΥ *Bactrocera oleae***

Αρκετοί είναι οι αβιοτικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη βιολογία και τη συμπεριφορά του *B. oleae*. Οι σημαντικότεροι από αυτούς φαίνεται πως είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία. Πολύ υψηλά ή και πολύ χαμηλά επίπεδα θερμοκρασίας, καθώς επίσης και οι ελλείψεις που μπορούν να προκύψουν σε νερό και τροφή, επηρεάζουν πολλές λειτουργίες και ικανότητες του εντόμου, συμπεριλαμβανομένης και της ικανότητας πτήσης του (Johnson, et al., 2011). Με βάση τη δραστηριότητα του *B. oleae* στις Ευρωπαϊκές χώρες, παρατηρείται πως οι περιοχές που παρουσιάζουν μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας είναι αυτές στις οποίες εμφανίζονται και οι μεγαλύτεροι πληθυσμοί του εντόμου. Ωστόσο, στον Ελλαδικό κυρίως χώρο οι πληθυσμοί του *B. oleae* είναι δυνατόν να εμφανιστούν και σε ξηρότερες περιοχές. Επιπροσθέτως, έχει καταγραφεί αρκετές φορές δραστηριότητα του εντόμου σε

περιοχές που εμφανίζουν μεταξύ τους υψομετρική διαφορά της τάξεως των 200 έως και των 4000 m (Rice, 2000).

Έχει παρατηρηθεί πως η θερμοκρασία δεν μπορεί να θεωρηθεί μόνη της παράγοντας θνησιμότητας για το *B. oleae*, αλλά σε συνδυασμό με τους υπόλοιπους αβιοτικούς παράγοντες που επηρεάζουν το έντομο, κατέχει ένα πολύ σημαντικό ρόλο για την επιβίωση του εντόμου. Μέσα από πειράματα, έχει διαπιστωθεί πως η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία μπορούν να επιβιώσουν οι νύμφες του εντόμου κυμαίνεται μεταξύ των 7<sup>0</sup>C και 11<sup>0</sup>C, ωστόσο τα επίπεδα θνησιμότητας σε αυτές τις θερμοκρασίες είναι αρκετά υψηλά (Neuenschwander, et al., 1981). Επιπλέον, από πειράματα εργαστηρίου, διαπιστώθηκε πως οι χαμηλότερες θερμοκρασίες στις οποίες μπορούν να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν οι προνύμφες του *B. oleae* κυμαίνονται μεταξύ των 10<sup>0</sup>C και 12,5<sup>0</sup>C, ενώ οι υψηλότερες μεταξύ των 30<sup>0</sup>C και 32<sup>0</sup>C. Τέλος, τα χαμηλότερα επίπεδα θερμοκρασίας, στα οποία τα ωά του εντόμου μπορούν να επιβιώσουν και να εκκολαφθούν, κυμαίνονται μεταξύ των 7,5<sup>0</sup>C και 10<sup>0</sup>C, ενώ τα υψηλότερα, μεταξύ των 30<sup>0</sup>C και των 32<sup>0</sup>C, όπως παρατηρείται και στις προνύμφες (Daane, et al., 2010). Τα ενήλικα άτομα του *B. oleae* αρχίζουν να εμφανίζουν φυσιολογικές δυσλειτουργίες όταν τα επίπεδα της θερμοκρασίας είναι πολύ υψηλά (38-41<sup>0</sup>C), ωστόσο λόγω της ικανότητάς τους να πετούν σπάνια βρίσκονται σε περιοχές που επικρατούν αυτές οι συνθήκες, αφού ψάχνουν διαρκώς πιο δροσερά μέρη, με περισσότερη υγρασία. Μια επιπλέον παρατήρηση που πραγματοποιήθηκε σε σχέση με τη θερμοκρασία είναι πως τις εποχές κατά τις οποίες καταγράφονται οι υψηλότερες θερμοκρασίες τα θηλυκά επιλέγουν να ωοτοκούν στους ελαιόκαρπους κατά τις πρωινές ώρες, όταν ακόμα η θερμοκρασία δεν έχει φτάσει τα ανώτερα για την ημέρα επίπεδα. Ακόμα, κατά τη διάρκεια της νύχτας τα ενήλικα δεν δραστηριοποιούνται λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών που επικρατούν, με αποτέλεσμα να μην έχουν πραγματοποιηθεί καταγραφές ωοτοκίας των ελαιόκαρπων τις νυχτερινές ώρες (Johnson, et al., 2011).

Η υγρασία, όπως έχει ήδη αναφερθεί, παίζει σημαντικό ρόλο στην επιβίωση του *B. oleae* και ιδιαίτερα στα ανήλικα στάδια. Συγκεκριμένα έχει παρατηρηθεί πως όταν πραγματοποιηθεί προσθήκη υγρασίας σε έδαφος, που είναι ξηρό και η θερμοκρασία του αυξημένη, η θερμοκρασία του θα μειωθεί και το έδαφος θα είναι ξανά κατάλληλο για την επιβίωση του *B. oleae* (Neuenschwander, et al., 1981). Η ιδιαίτερα αυξημένη υγρασία του εδάφους, ωστόσο, δε λειτουργεί πάντα ευεργετικά προς το έντομο. Συγκεκριμένα, παρατηρούνται μεγάλα ποσοστά θνησιμότητας των νυμφών,

λόγω υψηλών ποσοστών υγρασίας στο περιβάλλον. Είναι απαραίτητο να σημειωθεί όμως, ότι η υγρασία, όταν εξετάζεται σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία, μπορεί να εμφανίσει όλο και υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας ή το αντίθετο. Για παράδειγμα, από πειράματα που πραγματοποιήθηκαν παρατηρήθηκε πως όταν το ποσοστό της υγρασίας είναι πάρα πολύ υψηλό στο περιβάλλον της προνύμφης, αυτή θανατώνεται γρηγορότερα στους 25<sup>0</sup>C, λόγω πνιγμού, από ότι θανατώνεται στους 7,5<sup>0</sup>C (Neuenschwander, et al., 1981). Και στις δύο θερμοκρασιακές συνθήκες που αναφέρθηκαν στο παραπάνω παράδειγμα, η θανάτωση της προνύμφης είναι το πιθανότερο σενάριο. Αυτό συμβαίνει επειδή, όσο υψηλότερα είναι τα ποσοστά της υγρασίας και ταυτόχρονα όσο χαμηλότερα είναι τα επίπεδα της θερμοκρασίας, τόσο μεγαλύτερα είναι και τα ποσοστά θνησιμότητας του *B. oleae*. Έτσι, αυτό που παρατηρείται στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι ότι, στη δεύτερη περίπτωση, ο χρόνος που χρειάστηκε για να θανατωθεί η προνύμφη ήταν μεγαλύτερος.

Η νύμφη του *B. oleae*, εντοπίζεται κυρίως εντός του ξενιστή της, δηλαδή εντός του ελαιόκαρπου, ιδίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και τις αρχές του φθινοπώρου, όσο αυτός βρίσκεται ακόμα πάνω στο δέντρο. Από τα μέσα του φθινοπώρου, όμως, και μετά, που οι ελαιόκαρποι συγκομίζονται ή πέφτουν στο έδαφος, λόγω υπερωρίμανσης, παρατηρείται πως ο βιολογικός κύκλος του *B. oleae* συνεχίζεται στο έδαφος. Κατά το στάδιο αυτό, οι προνύμφες οι οποίες είναι έτοιμες να νυμφωθούν πέφτουν στο έδαφος και εισέρχονται εντός αυτού. Το βάθος στο οποίο μπορεί να φτάσει μια προνύμφη όταν πέσει στο έδαφος για να νυμφωθεί εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την υγρασία, το τύπο του εδάφους, καθώς και από άλλους αβιοτικούς παράγοντες. Από διάφορες μελέτες και εδαφολογικές αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους εδαφών (ασβεστούχα, αμμώδη και πηλώδη), το *B. oleae* φαίνεται πως έχει καλύτερη επιβίωση στα ασβεστούχα εδάφη. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα εδάφη αυτού του τύπου είναι πλούσια σε θρεπτικές ουσίες και οργανικά υλικά. Επιπλέον, διαθέτουν αρκετό χώρο μεταξύ των υλικών τους, έχουν δηλαδή λιγότερο συνεκτική δομή, γεγονός που διευκολύνει τις προνύμφες, στην κίνησή τους. Σε αυτού του τύπου τα εδάφη παρατηρείται πως μπορούν να εισχωρήσουν οι προνύμφες βαθύτερα, ώστε να νυμφωθούν και να προστατευθούν από τις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα και τυχόν εχθρούς. Τα αμμώδη εδάφη φαίνεται να είναι τα λιγότερο κατάλληλα για το *B. oleae*, καθώς αποτελούνται από υλικά τα οποία είναι ιδιαίτερα βαριά, ώστε να μην έχουν τη δυνατότητα οι προνύμφες να τα μετακινήσουν και να προχωρήσουν στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους (Dimou et al., 2001).

### 1.3.5 ΔΙΑΧΕΙΜΑΝΣΗ ΤΟΥ *Bactrocera oleae*

Το *B. oleae* διαχειμάζει στο στάδιο της νύμφης, είτε εντός των καρπών που δεν έχουν συγκομισθεί και έχουν παραμείνει στο δέντρο, είτε εντός αυτών που έχουν πέσει στο έδαφος και δεν έχουν συλλεχθεί, είτε και στο έδαφος θαμμένοι, όπως αναλύθηκε σε προηγούμενες παραγράφους. Τα πρώτα ενήλικα άτομα του *B. oleae* που προκύπτουν από τις διαχειμάζουσες νύμφες, παρατηρούνται εντός των ελαιώνων κατά το τέλος του χειμώνα και αρχές άνοιξης, αναλόγως το πότε είναι καταλληλότερες οι συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα. Λόγω της ικανότητάς του αυτής, το *B. oleae* έχει τη δυνατότητα να διατηρεί σε υψηλά επίπεδα τον αριθμό των ατόμων του πληθυσμού του, τους περισσότερους μήνες του έτους.

Εκτός από το στάδιο της νύμφης, το *B. oleae* μπορεί να διαχειμάζει και ως ενήλικο σε θέσεις στις οποίες μπορεί να προφυλάσσεται από τις δυσμενείς γι' αυτό συνθήκες του χειμώνα. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται ιδιαίτερα συχνά σε περιοχές της Ελλάδας που παρατηρούνται ηπιότεροι ως προς το κλίμα χειμώνες. Τα ενήλικα άτομα του εντόμου που διαχειμάζουν, κάτω από ήπιες καιρικές συνθήκες στη διάρκεια του χειμώνα, έχει παρατηρηθεί πως μπορούν να ζήσουν μέχρι και 6 μήνες, ωστόσο ο αριθμός του πληθυσμού τους είναι αρκετά μικρός κατά τον Φεβρουάριο με Μάρτιο (Vossen, et al., 2006).

### 1.3.6 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΤΟΥ *Bactrocera oleae*

Κατά τη διαδικασία σύζευξης του *B. oleae* διακρίνονται τρεις φάσεις. Η πρώτη είναι η φάση της προσέλκυσης, η δεύτερη της ερωτοτροπίας και η τρίτη της σύζευξης. Κατά της διάρκεια της πρώτης φάσης (προσέλκυση), τα έντομα αναζητούν το άτομο του αντίθετου φύλου με το οποίο εν τέλει θα συζευχθούν. Για την προσέλκυση των αρσενικών ατόμων, τα θηλυκά, απελευθερώνουν φερομόνες που ονομάζονται φερομόνες φύλου. Οι φερομόνες αυτές προκύπτουν από το συνδυασμό τεσσάρων διαφορετικών συστατικών με κυριότερο το 1,7-dioxaspiro(5.5)undercane (DSU). Σε ολόκληρη την οικογένεια Tephritidae μόνο τα θηλυκά του *B. oleae* μπορούν να παράγουν το DSU, ως βασική ουσία για την προσέλκυση των αρσενικών (Navarro Llopis, et al., 2011). Τα υπόλοιπα 3 στοιχεία των φερομονών φύλου είναι το  $\alpha$ -pinene, το n-nonanal και το ethyl-dodecanoate (Mazomenos & Haniotakis, 1985). Το συστατικό DSU παράγεται και από τα νεαρά αρσενικά μέχρι την όγδοη περίπου ημέρα της ζωής τους σε μεγάλο ποσοστό ενώ μέχρι την ενδέκατη η παραγόμενη ποσότητα

DSU μειώνεται και τελικά σταματά να παράγεται. Η παραγωγή της έχει κυρίως σκοπό τον αποπροσανατολισμό των σεξουαλικά ώριμων αρσενικών (Benelli, et al., 2013). Στη δεύτερη φάση (ερωτοτροπία), παρατηρούνται κάποιες ιδιαίτερες συμπεριφορές από το αρσενικό άτομο. Συγκεκριμένα το αρσενικό, για να ελέγξει εάν το θηλυκό είναι πρόθυμο για σύζευξη και για να το προσελκύσει, αρχίζει να κουνά με τέτοιο τρόπο της πτέρυγές του, που θυμίζει δονήσεις (Benelli, et al., 2012). Η διαδικασία της σύζευξης των ενηλίκων λαμβάνει χώρα 3 με 5 φορές κατά τη διάρκεια του έτους και τα μεγαλύτερα ποσοστά των ατόμων που αναζητούν ταίρι, ώστε να αναπαραχθούν, παρατηρούνται αργά την άνοιξη και το καλοκαίρι. Τέλος τόσο στο φυσικό του περιβάλλον όσο και σε συνθήκες εργαστηρίου έχει παρατηρηθεί ότι, το έντομο προτιμά να συζευγνύεται κυρίως κατά τις απογευματινές ώρες και το σούρουπο. (Benelli, et al., 2012).

Τα θηλυκά άτομα του *B. oleae*, επειδή συζευγνύονται 1-3 φορές καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους, χαρακτηρίζονται ως ολιγογαμικά. Αντιθέτως, τα αρσενικά άτομα έχουν τη δυνατότητα να συζευγνύονται σε καθημερινή βάση, όταν υπάρχουν διαθέσιμα θηλυκά για σύζευξη, και γι' αυτό το λόγο χαρακτηρίζονται ως πολυγαμικά. Το θηλυκό κατά τη διάρκεια της ζωής του επίσης, έχει τη δυνατότητα να εναποθέσει έναν πολύ μεγάλο αριθμό ωών (υπολογίζεται περί τα 50-400 αυγά) και συνήθως εναποθέτει ένα σε κάθε ελαιόκαρπο που επισκέπτεται (Vossen, et al., 2006). Μέσα στο χρόνο, είναι δυνατόν να παρατηρηθούν από 3 έως και 5 γενιές του εντόμου, με τα μεγαλύτερα ποσοστά εντόμων να παρατηρούνται περίπου τέλη Μαΐου με αρχές Ιουνίου και αρχές Σεπτεμβρίου, ανάλογα με τις συνθήκες (Marchini et al., 2017). Γενικά ισχύει ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ώριμων ελαιόκαρπων σε έναν ελαιώνα, τόσο περισσότερη αναπαραγωγική δραστηριότητα παρατηρείται.

#### **1.4 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ *Bactrocera oleae***

Ο δάκος της ελιάς μπορεί να προκαλέσει σημαντικές απώλειες στην ελαιοπαραγωγή, οι οποίες, όπως προαναφέρθηκε, μπορεί να φτάσουν και το 80%, λόγω των δραστηριοτήτων του, όπως για παράδειγμα η διάρρηξη οπών και η δημιουργία στοών εντός του ελαιόκαρπου από τις προνύμφες, αλλά και η δημιουργία οπών για την ωοτοκία από τα ενήλικα θηλυκά στην επιφάνειά τους. Επιπλέον είναι συχνό το φαινόμενο εμφάνισης δευτερογενών μολύνσεων, λόγω των πληγών που δημιουργούν τα έντομα στο καρπό. Στους καρπούς εν τέλει εμφανίζονται σήψεις ή παρατηρείται και

πρόωρη πτώση. Αποτέλεσμα όλων αυτών τελικά είναι η μείωση της ποσότητας, αλλά και της ποιότητας των προϊόντων, που συνεπάγεται την οικονομική ζημία των παραγωγών.

Γι' αυτούς τους λόγους ο έλεγχος και η καταπολέμηση του *B. oleae* κρίνεται απολύτως απαραίτητη. Προτείνεται γενικότερα η χρήση μεθόδων που θα λαμβάνουν υπόψη το στάδιο ανάπτυξης του εντόμου, ώστε να αυξηθεί το ποσοστό αποτελεσματικότητας της μεθόδου. Κατά καιρούς έχει υλοποιηθεί μία ποικιλία στρατηγικών και μεθόδων για τον έλεγχο και την καταπολέμησή του, οι περισσότερες εκ των οποίων βασίζονται σε χημικές μεθόδους αντιμετώπισης του εντόμου κατά το προνυμφικό στάδιο και όταν αυτές βρίσκονται εντός των ελαιόκαρπων. Επιπλέον εφαρμόζονται χημικές επεμβάσεις που αποσκοπούν στην θανάτωση των ενηλίκων, ώστε να παρεμποδιστεί η ωοτοκία των καρπών. Ωστόσο λόγω της συχνότητας εμφάνισης του *B. oleae* και της μεγάλης σημασίας του ως εχθρός της ελιάς, έχει παρατηρηθεί η αλόγιστη χρήση των διαθέσιμων χημικών μέσων για την καταπολέμησή του με συνέπεια το έντομο να εκδηλώνει αυξημένη ανθεκτικότητα σε πολλά από αυτά. Έτσι η ανάγκη για εύρεση και άλλων εναλλακτικών μεθόδων αντιμετώπισης του *B. oleae* κρίνεται επιτακτική (Picchi, et al., 2017).

#### **1.4.1 ΜΑΖΙΚΗ ΠΑΓΙΔΕΥΣΗ *Bactrocera oleae*.**

Η αντιμετώπιση του *B. oleae* μπορεί να γίνει με μαζική παγίδευση του εντόμου. Σε αυτή τη μέθοδο πραγματοποιείται χρήση σκευασμάτων που στοχεύουν στην προσέλκυση των ενήλικων θηλυκών, ωστόσο δε χρησιμοποιείται κάποιο χημικό σκεύασμα για τη θανάτωσή τους. Γενικά η παγίδευση των εντόμων ως μέθοδος έχει διπλή λειτουργία. Η μία είναι η παγίδευση των εντόμων όπως έχει επισημανθεί, ενώ η άλλη είναι η διαπίστωση της παρουσίας του στην καλλιέργεια, και ο προσδιορισμός του μεγέθους του πληθυσμού τους σε αυτήν.

Η απομάκρυνση των εντόμων από τον οπωρώνα επιτυγχάνεται με τη χρήση παγίδων που εντός τους περιέχουν την ελκυστική ουσία. Στη χώρα μας ευρέως διαδεδομένη είναι η χρήση δακοπαγίδων τύπου McPhail, εδώ και πολλά χρόνια. Πιο συγκεκριμένα, εντός της παγίδας συνήθως προστίθεται υδρολυμένη μαγιά, η οποία προέρχεται από το μύκητα *Cyberlindera jadinii* (Saccharomycetes) (Vossen, et al., 2006). Το *B. oleae* ελκύεται από το μίγμα που βρίσκεται στο εσωτερικό της παγίδας, εισέρχεται σε αυτή και στη συνέχεια αδυνατεί να εξέλθει. Με την ίδια λογική

λειτουργούν και κάποιες αυτοσχέδιες παγίδες. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται πλαστικά μπουκάλια, στα οποία διαρρηγνύονται οπές μικρής διαμέτρου στο επάνω μέρος τους και εντός τους τοποθετείται το ίδιο μίγμα μαγιάς, ώστε να προσελκυσθούν εντός του τα ενήλικα άτομα του εντόμου. Η μέθοδος αυτή προτιμάται, διότι δεν εφαρμόζονται χημικές ουσίες απ' ευθείας στους ελαιόκαρπους.

Ακόμα, στο εμπόριο εντοπίζονται και αυτοκόλλητες παγίδες κίτρινου χρώματος. Οι παγίδες αυτές είναι εμποτισμένες με φερομόνη και κάποιο άλλο ελκυστικό υλικό, συνήθως κάποιο που να υποδηλώνει την ύπαρξη τροφής σε εκείνο το σημείο. Χρησιμοποιούνται δύο τύπων ελκυστικά σκευάσματα για τον εμποτισμό της παγίδας, με σκοπό να προσελκύνονται σε αυτή και τα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα του εντόμου (Vossen, et al., 2006). Η φερομόνη με την οποία είναι εμποτισμένες οι παγίδες είναι η φερομόνη φύλου 1,7-dioxaspiro(5.5)undecane (DSU). Όπως προαναφέρθηκε η φερομόνη αυτή, σε συνδυασμό με τρεις ακόμα φερομόνες, εκλύεται κυρίως από τα θηλυκά του *B. oleae*, με σκοπό να προσελκύσει τα αρσενικά προς σύζευξη (Mazomenos & Haniotakis, 1985). Οπότε, οι εμποτισμένες με DSU παγίδες προσελκύουν τα αρσενικά άτομα του εντόμου και έχει αποδειχθεί μέσω πειραμάτων πως είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές, για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Jones, et al., 1983). Οι παγίδες τοποθετούνται σχετικά αραιά εντός του ελαιώνα και μπορούν να παραμείνουν κρεμασμένες στα δέντρα από 1 έως και 8 εβδομάδες (Vossen, et al., 2006). Η παγίδευση του *B. oleae* με αυτά τα μέσα, έχει αποδειχθεί ως η πιο φιλική προς τη γλωρίδα και την πανίδα του αγροοικοσυστήματος.

#### **1.4.2 ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΟΥ *Bactrocera oleae*.**

Οι χημικές μέθοδοι αντιμετώπισης του *B. oleae* χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια για την καταπολέμησή του και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, αναλόγως με το πότε εφαρμόζονται και με ποιο σκοπό. Έτσι προκύπτουν οι προληπτικές μέθοδοι αντιμετώπισης, που συμπεριλαμβάνουν τους δολωματικούς ψεκασμούς και οι θεραπευτικές μέθοδοι, που συμπεριλαμβάνουν τους ψεκασμούς κάλυψης.

Οι δολωματικοί ψεκασμοί βασίζονται στην καταπολέμηση των θηλυκών ατόμων του *B. oleae* πριν αυτά προλάβουν να ωτοκίσουν στους ελαιόκαρπους. Κατά τους δολωματικούς ψεκασμούς πραγματοποιείται χρήση κάποιου χημικού σκευάσματος, συνήθως οργανοφωσφορικού, σε συνδυασμό με κάποιο σκεύασμα, το

οποίο έχει την ιδιότητα να προσελκύει τα θηλυκά του εντόμου, συνήθως κάποια υδρολυμένη πρωτεΐνη. Επίσης, η αμμωνία και το στυρόλιο μπορούν να λειτουργήσουν ως ελκυστικές ουσίες για το *B. oleae*, με εξίσου καλά αποτελέσματα (Scarpati, et al., 1996). Οι ψεκασμοί αυτοί πραγματοποιούνται πλέον μόνο από το έδαφος και δεν είναι απαραίτητη η κάλυψη ολόκληρης της κόμης με το ψεκαστικό υγρό. Κάτι που είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη όταν χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη τεχνική είναι το χρονικό διάστημα που θα πραγματοποιηθεί ο ψεκασμός, το οποίο προσεγγίζεται κατά τα μέσα Ιουνίου με αρχές Ιουλίου. Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη για τη θανάτωση των ενηλίκων.

Τα πρώτα χρόνια για τους δολωματικούς ψεκασμούς ήταν διαδεδομένη η χρήση οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων, όπως το dimethoate. Αργότερα άρχισαν να χρησιμοποιούνται και τα πυρεθρινοειδή, όπως το deltamethrin, για την καταπολέμηση του δάκου, ενώ πιο πρόσφατα, σε σχέση με όλα τα χημικά σκευάσματα που χρησιμοποιούνται, εντάχθηκε και το spinosad στη λίστα των εγκεκριμένων και αποτελεσματικών για καταπολέμηση του *B. oleae* χημικών σκευασμάτων (Daane, et al., 2010). Τέλος, ένα άλλο οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο, του οποίου η χρήση είναι επίσης ευρέως διαδεδομένη είναι το phosmet.

Στις θεραπευτικές μεθόδους αντιμετώπισης του *B. oleae* ανήκουν όλες οι μέθοδοι που συμπεριλαμβάνουν τη χρήση των χημικών ουσιών, οι οποίες αναφέρθηκαν και στους δολωματικούς ψεκασμούς, όπως το phosmet, σε διαφορετική ωστόσο ποσότητα, ώστε να θανατωθούν οι προνύμφες εντός των ελαιόκαρπων. Σε αυτή την περίπτωση, οι ψεκασμοί πραγματοποιούνται από το έδαφος με τη βοήθεια ψεκαστήρων υψηλού όγκου και επιδιώκεται η κάλυψη του μεγαλύτερου ποσοστού της κόμης των δέντρων. Κρίνεται απαραίτητο να τηρούνται αυστηρά τα προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα τα οποία απαιτείται να έχουν περάσει από την ημέρα που πραγματοποιήθηκε ο ψεκασμός μέχρι και την ημέρα συγκομιδής, διότι ειδικά το dimethoate, εμφανίζει μεγάλη υπολειμματικότητα. Το dimethoate είναι το πιο αποτελεσματικό σκευάσμα για τη θανάτωση των προνυμφών του *B. oleae*, όταν αυτές βρίσκονται εντός του ελαιόκαρπου, ωστόσο τα τελευταία χρόνια είτε δεν εγκρίνεται η χρήση του, είτε εγκρίνεται σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας.

Η εκτεταμένη χρήση σκευασμάτων όπως του dimethoate και του spinosad έχει οδηγήσει στην εμφάνιση ανθεκτικών στελεχών του *B. oleae* ως προς αυτά τα εντομοκτόνα, σε κάποιες περιοχές. Επιπροσθέτως η μη ορθή χρήση των διαθέσιμων εντομοκτόνων, εμφανίζει δυσμενείς επιδράσεις ως προς το περιβάλλον, αλλά ακόμα



και ως προς τους ωφέλιμους για την καλλιέργεια οργανισμούς. Ακόμα μία πιθανή επίπτωση από την αλόγιστη χρήση των συγκεκριμένων εντομοκτόνων είναι η εμφάνιση πολύ μεγάλου αριθμού πληθυσμών άλλων ειδών εντόμων, γεγονός που καθιστά την αντιμετώπισή τους αρκετά δυσκολότερη (Alberola, et al., 1999). Τέλος όταν το dimethoate, που είναι το πιο διαδεδομένο από τα εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση του *B. oleae*, χρησιμοποιείται εσφαλμένα, μπορεί να προκαλέσει φυτοτοξικότητα και αφήσει υπολείμματα στο τελικό προϊόν, το οποίο εμπορεύεται ο παραγωγός, καταλήγοντας και πάλι στην οικονομική ζημία. Για τους παραπάνω λόγους, προτείνεται η δημιουργία προγραμμάτων που έχουν ως στόχο την ορθότερη χρήση και διαχείριση των εντομοκτόνων όπως το spinosad, ώστε να αποκατασταθεί το πρόβλημα της ανθεκτικότητας. Επίσης λαμβάνουν χώρα πολλές προσπάθειες για την εύρεση μεθόδων αντιμετώπισης που θα βασίζονται στη βιολογική καταπολέμηση του *B. oleae*.

#### **1.4.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΟΥ *Bactrocera oleae***

Για όλους τους λόγους που προαναφέρθηκαν, κρίνεται απαραίτητο να μειωθεί η χρήση των συμβατικών χημικών σκευασμάτων. Έτσι, πραγματοποιούνται όλο και περισσότερες έρευνες, οι οποίες έχουν ως στόχο την εύρεση βιολογικών μεθόδων καταπολέμησης του *B. oleae*, εξίσου αποτελεσματικών με τις χημικές μεθόδους καταπολέμησης που χρησιμοποιούνται επί του παρόντος. Η διατήρηση της συνοχής της τροφικής αλυσίδας του αγροοικοσυστήματος είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό αποτέλεσμα που προκύπτει με την εφαρμογή βιολογικών μεθόδων αντιμετώπισης, για την καταπολέμηση του εντόμου. Γι' αυτό και η γνώση της γενικότερης δομής του τοπίου του αγροοικοσυστήματος, μπορεί να αποτελέσει σύμμαχο στις έρευνες αυτές (Boccaccio, et al., 2009).

Οι μέθοδοι που μέχρι στιγμής είχαν τα σημαντικότερα αποτελέσματα στην καταπολέμηση του *B. oleae* συμπεριλαμβάνουν την απελευθέρωση στερημένων εντόμων στο περιβάλλον, τη χρήση ορισμένων φυσικών εχθρών του εντόμου, όπως για παράδειγμα κάποιων παρασιτοειδών, τη μαζική παγίδευση του εντόμου, καθώς και την δημιουργία σκευασμάτων πιο φιλικών προς το περιβάλλον, για την πραγματοποίηση ψεκασμών.

Η μέθοδος της απελευθέρωσης στερημένων εντόμων *B. oleae* στο περιβάλλον, από τις διάφορες δοκιμές φαίνεται πως είναι αρκετά αποτελεσματική και θεωρείται ως

μια από τις πιο φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους. Βασίζεται στην απελευθέρωση μεγάλου πληθυσμού στείρωμένων αρσενικών ατόμων στο περιβάλλον, τα οποία θα ανταγωνιστούν τα μη στείρωμένα αρσενικά που προϋπήρχαν, ώστε να συζευχθούν με τα θηλυκά άτομα που επίσης προϋπήρχαν (Ant, et al., 2012). Από τα θηλυκά που έχουν συζευχθεί με τα στείρωμένα αρσενικά προκύπτουν αυγά τα οποία, όταν εναποθεθούν εντός του ελαιόκαρπου από τα θηλυκά, δεν εκκολάπτονται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των πληθυσμών που προκύπτουν μετά από την απελευθέρωση των στείρωμένων αρσενικών. Αξίζει να αναφερθεί πως η συγκεκριμένη μέθοδος αντιμετώπισης του *B. oleae* δεν επηρεάζει τους οργανισμούς μη στόχους. Επιπροσθέτως προσφέρει αρκετά γρήγορα αποτελέσματα. Ωστόσο, η μέθοδος δεν έχει χρησιμοποιηθεί μέχρι στιγμής σε εκτεταμένες καλλιέργειες, λόγω προβλημάτων που έχουν προκύψει κατά την προετοιμασία και την απελευθέρωση των στείρωμένων εντόμων. Επιπλέον ένα μειονέκτημα της μεθόδου είναι πως δεν εμποδίζονται τα θηλυκά από την δημιουργία νηγμάτων στους ελαιόκαρπους, άρα δεν εμποδίζεται και η εμφάνιση δευτερογενών μολύνσεων (Byron, et al., 2016). Τέλος μπορεί η μέθοδος να μην έχει τελειοποιηθεί ακόμα, η επιτυχημένη εφαρμογή της όμως, για άλλους οργανισμούς της οικογένειας Tephritidae, την καθιστά ως μία πολλά υποσχόμενη μέθοδο καταπολέμησης του *B. oleae*.

Μία ακόμη μέθοδος που μελετάται είναι αυτή της χρήσης φυσικών εχθρών του *B. oleae*, για την καταπολέμησή του. Η μέθοδος αυτή εμφανίζει πολλές προοπτικές εξέλιξης, διότι τα είδη της οικογένειας Tephritidae γενικότερα διαθέτουν μεγάλη ποικιλία φυσικών εχθρών (Ali, et., 2015). Μέσα από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, έχει αναφερθεί ότι το *B. oleae* διαθέτει ποικιλία φυσικών εχθρών, οι οποίοι μπορεί να είναι άλλα έντομα που λειτουργούν ως παράσιτα, αλλά και ως θηρευτές του, ή ακόμα και μικροοργανισμοί όπως μύκητες και βακτήρια.

Από τα έντομα που έχουν αναφερθεί ως παράσιτα του *B. oleae* τα πιο αποτελεσματικά εναντίον του φαίνεται πως είναι κάποια είδη της οικογένειας Braconidae. Μερικά από αυτά είναι το *Psytalia lounsburyi* (Silvestry), το *Psytalia concolor*, το *Psytalia ponerophaga*, το *Utetes africanus* και το *Bracon celer* (Byron, et al., 2016). Τα έντομα αυτά έχουν την ικανότητα να παρασιτούν το δάκο, όταν αυτός βρίσκεται ακόμα εντός του καρπού σε προνυμφικό στάδιο. Τα περισσότερα από αυτά μπορούν να παρασιτούν τις ανεπτυγμένες προνύμφες τρίτης ηλικίας κυρίως, το *Bracon celer* ωστόσο έχει τη δυνατότητα να παρασιτεί προνύμφες και των τριών ηλικιών του *B. oleae* (Δεληγεωργίδης, 2019). Άλλα παρασιτοειδή που επίσης ανήκουν στην

οικογένεια Braconidae και παρασιτούν το *B. oleae* είναι το *Fopius arisanus* (Sonan) το *Diachasmimorpha kraussii* Viereck και το *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead), ωστόσο το ποσοστό επιτυχίας του παρασιτισμού από αυτά τα έντομα είναι αρκετά μικρότερο σε σχέση με αυτά που αναφέρθηκαν προηγουμένως (Wang, et al., 2013). Υπάρχουν και κάποια εκτοπαρασιτοειδή, που εντοπίζονται κυρίως στην περιοχή της Μεσογείου, από την οποία και προέρχονται. Αυτά είναι το *Euphelmus urozonus* Dalm. (Eupelmidae), το *Pnigalio mediterraneus* Walk. (Eulophidae) και το *Eurytoma martellii* Dom. (Daane et al., 2015). Τέλος τα τελευταία χρόνια λαμβάνουν χώρα έρευνες και για την χρήση του παρασίτου *Aganaspis daci* (Weld) ενάντια στο *B. oleae*.

Γενικά τα περισσότερα παρασιτοειδή εμφανίζουν την τάση να παρασιτούν το *B. oleae* κατά τις προνυμφικές ηλικίες. Από τις νύμφες που προκύπτουν από παρασιτισμένες προνύμφες, εξέρχονται ενήλικα του εκάστοτε παρασίτου. Με βάση μια σειρά μελετών διαπιστώθηκε πως το ποσοστό επιτυχούς παρασιτισμού των προνυμφών εξαρτάται ιδιαίτερα από τις συνθήκες του περιβάλλοντος και την αντοχή των παρασίτων, όταν αυτές διαφοροποιούνται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδανικές γι' αυτά συνθήκες. Γι' αυτό το λόγο και τα πειράματα που πραγματοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις εμφανίζουν διαφορές στα αποτελέσματα που λαμβάνονται σε συνθήκες εργαστηρίου σε σχέση με αυτά που λαμβάνονται όταν διεξάγονται σε συνθήκες περιβάλλοντος (Daane et al., 2015).

Τα παρασιτοειδή όμως, δεν είναι οι μόνοι φυσικοί εχθροί του *B. oleae*. Στη φύση εντοπίζονται και άλλοι οργανισμοί εντομοφάγοι, αρπακτικά του εντόμου *B. oleae*. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι τα εντομοφάγα είδη της οικογένειας Formicidae, τα οποία είναι το *Formica aerate* Foster, το *Tetramorium caespitum* L., το *Tapinoma nigerrimum* Nylander και το *Messor barbarous* L.. Τα δύο τελευταία έντομα είναι εδαφόβια (Δεληγεωργίδης, 2019). Οι εδαφόβιοι φυσικοί εχθροί του *B. oleae* αποτελούν σημαντικό κομμάτι των ερευνών για την καταπολέμησή του. Το χαρακτηριστικό που έχουν οι οργανισμοί αυτοί είναι ότι μπορούν να εντοπίσουν τις νύμφες που βρίσκονται εντός του εδάφους και διαχειμάζουν και να τραφούν με αυτές. Μερικοί ακόμα εδαφόβιοι οργανισμοί που χαρακτηρίζονται ως άρπαγες του *B. oleae*, είναι κάποια είδη των οικογενειών Staphylinidae, Carabidae και Dermaptera, καθώς και κάποια αραχνίδια και μυριάποδα (Albertini, et al., 2018). Οι θηρευτές του *B. oleae* στοχεύουν κυρίως τις προνύμφες και τις νύμφες του εντόμου.

Τέλος, στις μεθόδους βιολογικής αντιμετώπισης του *B. oleae* εντάσσεται και η χρήση του χημικού σκευάσματος spinosad, διότι το spinosad ως ουσία έχει απομονωθεί

από το βακτήριο *Saccharopolyspora spinosa* (Vossen, et al., 2006). Επιπλέον, φαίνεται πως τα ποσοστά τοξικότητας της ουσίας spinosad, είναι πολύ χαμηλά για τους υπόλοιπους ωφέλιμους οργανισμούς και οργανισμούς μη στόχους του ελαιώνα και της γύρω περιοχής, αλλά και για τα θηλαστικά που μπορεί να εντοπισθούν εκεί (Shi, et al., 2011). Το spinosad είναι εντομοκτόνο επαφής και στομάχου και επηρεάζει με τη δράση του το νευρικό σύστημα των εντόμων, με αποτέλεσμα την υπερδιέγερσή του και τελικά τη θανάτωσή του (Yao, et al., 2021). Η εφαρμογή του πραγματοποιείται με ψεκασμούς από εδάφους.

#### **1.4.4 ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΤΟΥ *Bactrocera oleae***

Η χρήση σκευασμάτων, όπως ο χαλκός, η πρόπολη και ο καολίνης, αποτελεί μία ακόμη μέθοδος καταπολέμησης του *B. oleae*. Ο καολίνης είναι ίσως το πιο γνωστό και το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο σκεύασμα και έχει πιστοποιηθεί ως σκεύασμα που δύναται να χρησιμοποιηθεί και κατά την εφαρμογή βιολογικών μεθόδων αντιμετώπισης του δάκου της ελιάς και άλλων εχθρών. Ο καολίνης ψεκάζεται στα δέντρα με τη βοήθεια ψεκαστικού μηχανήματος υψηλής πίεσης, διαλυμένος σε νερό. Πραγματοποιούνται ψεκασμοί που στοχεύουν στην κάλυψη του μεγαλύτερου μέρους του φυλλώματος και των καρπών. Αφού το μίγμα ψεκασθεί στα ελαιόδεντρα, το νερό απορροφάται και πάνω στα φύλλα και τους καρπούς μένει μόνο ο καολίνης. Ο καολίνης παραμένει στα δέντρα με τη μορφή λευκής σκόνης, η οποία δρα αποθητικά για τα άτομα του *B. oleae*. Ο χαλκός δρα περισσότερο παρεμποδιστικά παρά αποθητικά, όπως ο καολίνης, αφού εμποδίζει τη συμβίωση του *B. oleae* με άλλα απαραίτητα γι' αυτό βακτήρια που αναπτύσσονται στη φυλλόσφαιρα. Ο χαλκός ωστόσο δε προτιμάται όσο ο καολίνης, διότι είναι βαρύ μέταλλο και καθώς παραμένει στο έδαφος για μεγάλα διαστήματα, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στα εδαφικά στρώματα (Iannotta, et al., 2007).

## 1.5 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ *Aganaspis dasi* (Weld.)

Το *Aganaspis dasi* (Weld.) είναι ένα ενδοπαρασιτοειδές, το οποίο εμφανίστηκε για πρώτη φορά στη Μαλαισία. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε στη Χαβάη ως φυσικός εχθρός του *Bactrocera dorsalis* (Tephritidae) (Andleeb, et al., 2010). Στην Ελλάδα η πρώτη φορά που καταγράφηκε δραστηριότητα του *Aganaspis dasi* ήταν

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	
Βασίλειο	Animalia
Φύλο	Arthropoda
Υποφύλο	Hexapoda
Κλάση	Insecta
Υποκλάση	Pterygota
Τάξη	Hymenoptera
Οικογένεια	Figitidae
Υποοικογένεια	Eucoilinae
Γένος	Aganaspis
Είδος	<i>Aganaspis dasi</i>

Πίνακας 2 Ταξινόμηση του *Aganaspis dasi* (Weld.)

στη Χίο το 2003 και παρατηρήθηκε πως για την επιβίωσή του παρασιτούσε τις προνύμφες της μύγας της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*, Tephritidae) (Papadopoulos & Katsoyannos, 2003). Το παρασιτοειδές *Aganaspis dasi* έχει παρατηρηθεί πως μπορεί να παρασιτήσει 9 είδη του γένους *Bactrocera*, ενώ επίσης, εξίσου αποτελεσματικά, μπορεί να παρασιτήσει και τη μύγα της Μεσογείου. Η ικανότητά του να παρασιτεί συγκεκριμένα έντομα της οικογένειας Tephritidae, το καθιστά έναν ιδιαίτερα σημαντικό σύμμαχο για τη βιολογική αντιμετώπιση των συγκεκριμένων εχθρών των φρούτων. Το *A. dasi* ανήκει στην οικογένεια των Figitidae και στην υποοικογένεια Eucoilinae, η οποία παλαιότερα αποτελούσε μια διαφορετική οικογένεια, την Eucoilidae.

### 1.5.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ *Aganaspis dasi*.

Τα είδη που ανήκουν στην οικογένεια Figitidae είναι μικρά σε μέγεθος και το μήκος τους φτάνει περίπου 1 – 6 mm. Τα ενήλικα του *A. dasi* διαθέτουν κυρίως μαύρο χρώμα, γυαλιστερό, ή και σκούρο καφέ, ενώ τα πόδια τους, η κάτω γνάθος και μερικά σημεία της κοιλίας τους, κυρίως στην κάτω πλευρά, είναι ελαφρώς πιο κοκκινωπά (Εικόνα 4). Η κεφαλή τους είναι σχετικά πεπλατυσμένη και διαθέτουν οφθαλμούς, στους οποίους μπορούν να εντοπισθούν μικρές τρίχες. Η μορφή των κεραιών τους μπορεί να χαρακτηριστεί κομβολογοειδής, αφού τα άρθρα τους είναι σχετικά σφαιρικά σε σχήμα (el-Haidani, et al., 2018). Οι κεραιές των θηλυκών διαθέτουν 13 άρθρα, ενώ αυτές των αρσενικών 15, χαρακτηριστικό που βοηθά στην αναγνώριση του φύλου τους.



**Εικόνα 4:** Ενήλικο θηλυκό (αριστερά) και αρσενικό (δεξιά) του *Aganaspis daci*

Ο θώρακας του *A. daci* χωρίζεται σε τρία τμήματα, με το τρίτο να είναι το scutellum και να είναι το μεγαλύτερο από όλα. Σε αυτό το τμήμα μπορούν να εντοπισθούν μικρές τρίχες, ενώ παρατηρούνται και σε μερικά σημεία εμβυθύνσεις. Ο θωρακικός δίσκος είναι ελαφρώς υπερυψωμένος σε σχέση με τον υπόλοιπο θώρακα και το άκρο του είναι λείο και καμπυλωτό. Οι πτέρυγες βρίσκονται προσκολλημένες στο δεύτερο θωρακικό νότο. Είναι σχετικά διαφανείς, με καστανού σκούρου χρώματος νευρώσεις και διαθέτουν λέπια (Δεληγεωργίδης, 2019). Προσκολλημένα στο θώρακα βρίσκονται και τα πόδια του παρασίτου, τα οποία είναι βαδιστικού τύπου. Η κοιλία του *A. daci* είναι πεπλατυσμένη και φέρει αραιό τρίχωμα. Στα θηλυκά άτομα στο τέλος της κοιλίας εντοπίζεται ο ωοθέτης. Ο ωοθέτης έχει αρκετά μεγάλο μήκος και όταν δε λαμβάνει χώρα η ωοτοκία, βρίσκεται αναδιπλωμένος εντός της κοιλίας του θηλυκού (Δεληγεωργίδης, 2019). Το μήκος των ενήλικων θηλυκών είναι μεγαλύτερο από εκείνο των αρσενικών.

Τα ωά του *A. daci* διαθέτουν σχεδόν οβάλ σχήμα και στο ένα άκρο τους εντοπίζεται ένας ποδίσκος. Ο ποδίσκος αυτός είναι χαρακτηριστικός για τα ωά όλων των ειδών της οικογένειας Figitidae, στο *A. daci* όμως, εμφανίζει μια ιδιαίτερη διαφορά σε σχέση με όλα τα άλλα παρασιτοειδή, και αυτή είναι ότι το μήκος του είναι μικρότερο από το μήκος του ωού, κάτι που δεν συμβαίνει με τα ωά των άλλων ειδών (el-Haidani, et al., 2018). Τα ωά εξωτερικά καλύπτονται από το χορίον, το οποίο είναι ημιδιαφανές και λείο. Το μέγεθος το οποίο θα έχουν τα ωά ποικίλει και σχετίζεται άμεσα με το μέγεθος του εντόμου ξενιστή. Όταν τα ωά έχουν γονιμοποιηθεί στο εμπρόσθιο τμήμα τους εντοπίζεται το ζυγωτό, ενώ στο οπίσθιο εντοπίζεται ένας πόρος μέσω του οποίου τα ωά δέχονται υγρό κι αέρια που μεταφέρουν θρεπτικά υλικά από τον ξενιστή τους, για να αρχίσει να αναπτύσσεται η προνύμφη (el-Haidani, et al., 2018). Αφού παρέλθουν 3 ημέρες από την ωοτοκία τα ωά αρχίζουν να αποκτούν μερικές περιοχές σκουρότερου χρώματος (Δεληγεωργίδης, 2019).

Στο *A. daci* παρατηρείται το φαινόμενο της μεταμόρφωσης των προνυμφών μετά από ένα ορισμένο στάδιο ανάπτυξης. Συγκεκριμένα στο *A. daci* εμφανίζει 4 προνυμφικές ηλικίες. Οι προνύμφες της πρώτης και της δεύτερης ηλικίας μοιάζουν αρκετά μεταξύ τους. Οι τρίτης ηλικίας προνύμφες όμως, μεταμορφώνονται σε αυτή τη φάση και διαφοροποιούνται αρκετά από τις προνύμφες των δύο προηγούμενων ηλικιών. Οι τέταρτης ηλικίας προνύμφες μεταμορφώνονται και αυτές και προκύπτουν εν τέλει ανεπτυγμένες προνύμφες που δε θυμίζουν σχεδόν καθόλου αυτές της πρώτης ηλικίας.

Οι προνύμφες πρώτης ηλικίας είναι επιμήκεις, έχουν σχήμα σχεδόν κυλινδρικό και είναι ημιδιαφανείς. Το σώμα τους αποτελείται από 13 τμήματα. Το πρώτο από αυτά είναι η κεφαλή, η οποία είναι επιμήκης και λίγο πιο στενευμένη στο άκρο της και διαθέτει κάτω γνάθο. Η κάτω γνάθος αποτελείται από εξαρτήματα, τριγωνικού περιπού σχήματος, του θυμίζουν άγκιστρα και χρησιμεύουν στη διάσπαση του χορίου, όταν αυτό απαιτηθεί. Το τελευταίο τμήμα του σώματος των προνυμφών διαθέτει μία κατασκευή που θυμίζει ουρά. Το ουραίο αυτό μέρος είναι αρκετά μεγάλο σε μήκος και ακανθώδες. Αυτό το χαρακτηριστικό πιθανολογείται πως το διαθέτει, για την διάρρηξη του χορίου, επίσης (el-Haidani, et al., 2018). Τέλος στις πρώτης ηλικίας προνύμφες είναι ήδη εμφανές ποια τμήματα του σώματός τους θα διαφοροποιηθούν ώστε να σχηματισθεί ο θώρακας και η κοιλία (Δεληγεωργίδης, 2019).

Οι προνύμφες δεύτερης ηλικίας έχουν και αυτές σχεδόν κυλινδρικό σχήμα, ελάχιστα συμπιεσμένο πλευρικά, το χρώμα τους είναι ανοιχτό κίτρινο ή και λευκό και δεν είναι εμφανή πλέον τα 13 τμήματα του σώματός τους. Η κεφαλή δε διακρίνεται τόσο εύκολα όσο στις προνύμφες πρώτης ηλικίας, ενώ το ουραίο τμήμα είναι πολύ μικρότερο σε μήκος. Το τμήμα της κάτω γνάθου είναι ελάχιστα σκληρωτισμένο, σε σχέση με τη μορφή του στις προνύμφες πρώτης ηλικίας (el-Haidani, et al., 2018). Τέλος στις προνύμφες δεύτερης ηλικίας δε διακρίνονται οι διαφοροποιήσεις του κοιλιακού και του θωρακικού τμήματος, όπως στο προηγούμενο στάδιο.

Στις προνύμφες τρίτης ηλικίας παρατηρείται το φαινόμενο της μεταμόρφωσης που προαναφέρθηκε. Οι προνύμφες πλέον έχουν αρχίσει να θυμίζουν τις τυπικές προνύμφες των υμενοπτέρων. Είναι καμποδεόμορφες και διαθέτουν πιο έντονο κίτρινο χρώμα σε σχέση με αυτές του δευτέρου σταδίου. Επιπλέον στις προνύμφες τρίτης ηλικίας εντοπίζονται κάποιες οπές που βοηθούν στην αναπνοή (el-Haidani, et al., 2018). Τέλος σε αυτή την ηλικία γίνονται ακόμα πιο εμφανή τα στοματικά μόρια.

Οι προνύμφες τέταρτης ηλικίας είναι και αυτές κιτρινωπές προς λευκές και κυλινδρικές. Η κεφαλή τους είναι αρκετά διακριτή και σε αυτήν έχουν πλέον αναπτυχθεί και είναι εμφανή τα εξαρτήματα της κάτω γνάθου. Στην κοιλότητα της κοιλίας και του θώρακα διακρίνονται κάποια μικρά σφαιρικά σωματίδια (el-Haidani, et al., 2018). Στη θωρακική κοιλότητα πλέον εντοπίζονται 2 οπές, που έχουν αναπνευστικό ρόλο, σε κάθε πλευρά της, ενώ εντοπίζονται άλλες 7 στην κοιλία. Τέλος στην κεφαλή εντοπίζονται σε αυτό το στάδιο 2 θηλοειδή εξαρτήματα, μέσω των οποίων σχηματίζονται οι κεραίες (Δεληγεωργίδης, 2019).

Τέλος, οι νύμφες του *A. daci* όταν πρωτοσχηματίζονται είναι ανοιχτόχρωμες, λευκές, και όσο αναπτύσσονται αρχίζουν να γίνονται πιο σκουρόχρωμες. Το τελικό χρώμα που μπορούν να αποκτήσουν οι παρασιτησμένες νύμφες είναι σκούρο καφέ. Ένα χαρακτηριστικό αυτού του σταδίου ανάπτυξης του *A. daci* είναι τα εξογκώματα που εμφανίζονται στην κοιλία των νυμφών (Δεληγεωργίδης, 2019).

### **1.5.2 ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ *Aganaspis daci* (Weld.)**

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του *A. daci*, είναι η αρρενοτόκος παρθενογένεση. Συγκεκριμένα έχει παρατηρηθεί πως από τα ωά του *A. daci* που δεν έχουν γονιμοποιηθεί, προκύπτουν αρσενικά άτομα, ενώ από αυτά που έχουν γονιμοποιηθεί προκύπτουν θηλυκά. Από αυτά τα δεδομένα προκύπτει και το συμπέρασμα πως μόνο όσα θηλυκά έχουν συζευχθεί με κάποιο αρσενικό άτομο μπορούν να δώσουν ωά από τα οποία θα προκύψουν ενήλικα και των δύο φύλων. Έχουν, ωστόσο, καταγραφεί περιπτώσεις μη γονιμοποιημένων ωών από τα οποία προέκυψαν θηλυκά άτομα, αλλά είναι ελάχιστες (de Pedro, et al., 2018). Σημειώνεται ότι τα θηλυκά που έχουν συζευχθεί με αρσενικό δίνουν πολύ μεγάλο ποσοστό θηλυκών απογόνων.

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό της βιολογίας του *A. daci*, είναι ο υπερπαρασιτισμός του ξενιστή. Αυτό το φαινόμενο λαμβάνει χώρα όταν, στο ίδιο άτομο του ξενιστή εναποθέτουνται 2 ή και περισσότερα ωά. Ο υπερπαρασιτισμός μπορεί να προκύψει είτε όταν ένα θηλυκό εναποθέτει περισσότερα από ένα ωά σε ένα άτομο, είτε όταν 2 ή και περισσότερα θηλυκά εναποθέτουν από ένα ωά το κάθε ένα στο ίδιο άτομο.

Ένα επιπλέον φαινόμενο που λαμβάνει χώρα στους πληθυσμούς του *A. daci* είναι το φαινόμενο της πρωτανδρίας, δηλαδή της εξόδου των ενήλικων αρσενικών ατόμων



του παρασίτου νωρίτερα από αυτή των θηλυκών (Papadopoulos & Katsoyannos, 2003). Πιο συγκεκριμένα μέσα από μελέτες έχει καταγραφεί πως τα αρσενικά άτομα του *A. daci* χρειάζονται περίπου 26 με 28 ημέρες μέχρι να αναπτυχθούν πλήρως και να εξέλθουν τα ενήλικα, όταν η θερμοκρασία είναι σταθερά στους 25°C. Στην ίδια θερμοκρασία τα θηλυκά άτομα χρειάζονται για την ανάπτυξή τους περίπου 28 με 30 ημέρες. Η διαφορά αυτή των 2 ημερών οφείλεται στο ότι τα αρσενικά δεν είναι αμέσως μετά την έξοδό τους έτοιμα για σύζευξη με τα θηλυκά (el-Haidani, et al., 2018).

Αμέσως μετά την έξοδό τους τα ενήλικα θηλυκά συζευγνύονται με τα αρσενικά άτομα που είναι πλέον σεξουαλικά ώριμα. Τα γονιμοποιημένα πλέον θηλυκά, αρχίζουν να ψάχνουν ξενιστές, ώστε να λάβει χώρα η ωοτοκία. Μόλις βρεθεί ο κατάλληλος ξενιστής τα θηλυκά, με τη βοήθεια του ωοθέτη τους, ωοτοκούν την προνύμφη του. Εναποθέτεται ένα ωό ανά προνύμφη κατά κανόνα. Αφού πραγματοποιηθεί η ωοτοκία ξεκινά η εμβρυική φάση του παρασίτου. Η διάρκειά της είναι περίπου 3 με 4 ημέρες. Σε αυτό το διάστημα παρατηρείται η δημιουργία του ζυγωτού και πραγματοποιούνται οι πρώτες κυτταροδιαιρέσεις στη συνέχεια. Επιπροσθέτως σε αυτή τη φάση παρατηρείται πως ο ποδίσκος του ωού γίνεται όλο και πιο μικρός σε μήκος, διότι αυξάνεται το μέγεθος του ωού, λόγω της ανάπτυξης του εμβρύου. Περίπου 4 ημέρες μετά την ωοτοκία εκκολάπτεται η προνύμφη πρώτης ηλικίας, καθώς ο ξενιστής έχει νυμφωθεί. Μετά από περίπου 3 ημέρες παρατηρείται και η δεύτερης ηλικίας προνύμφη του *A. daci*. Με το πέρας άλλων 2 ημερών εμφανίζεται η τρίτης ηλικίας προνύμφη, η οποία όσο είναι ακόμα νεαρή ηλικιακά τρέφεται με το εσωτερικό του ξενιστή της (ενδοπαρασιτική φάση του *A. daci*), ενώ καθώς αναπτύσσεται εξέρχεται από το σώμα του ξενιστή και αρχίζει να τρέφεται με όποια θρεπτικά υλικά υπάρχουν γι' αυτήν, εντός του νυμφικού περιβλήματος (εκτοπαρασιτική φάση του *A. daci*) (el-Haidani, et al., 2018). Αφού περάσουν 3 με 4 ημέρες από την εμφάνιση της προνύμφης τρίτης ηλικίας, μπορεί πλέον να εντοπισθεί η προνύμφη τέταρτης ηλικίας εντός του νυμφικού περιβλήματος, η οποία τρέφεται εντός του με ό,τι έχει απομείνει από τον ξενιστή της. Περίπου 5 με 6 ημέρες μετά την εμφάνισή της ξεκινά η διαδικασία της νύμφωσης, η πρώτη φάση της οποίας μπορεί να διαρκέσει από 1 έως και 3 ημέρες. Κατά τη φάση αυτή πραγματοποιείται η δημιουργία των διαφόρων τμημάτων του *A. daci*, όπως η κεφαλή, ο θώρακας, η κοιλία, τα πόδια και οι κεραίες (el-Haidani, et al., 2018). Τέλος, λαμβάνει χώρα η νύμφωση και το *A. daci* παραμένει στο στάδιο της νύμφης για περίπου 10 με 12 ημέρες. Με το πέρας αυτών των ημερών το ενήλικο που έχει αναπτυχθεί διαρρηγνύει το νυμφικό περίβλημα του ξενιστή του και εξέρχεται από αυτό.

Κρίνεται απαραίτητο να σημειωθεί πως τα χρονικά διαστήματα που αναφέρονται δεν είναι απόλυτα, διότι εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες με τους σημαντικότερους από αυτούς να είναι ο ξενιστής που θα φιλοξενήσει το παράσιτο και οι συνθήκες του περιβάλλοντος. Από αυτούς τους παράγοντες εξαρτώνται και η διάρκεια ζωής των ενηλίκων, το ποσοστό επιτυχίας του παρασιτισμού και η αναλογία αρσενικών: θηλυκών ατόμων που θα προκύψουν. Επιπλέον παρατηρήθηκε πως όσο μεγαλύτερες σε μέγεθος είναι οι νύμφες, τόσο μεγαλύτερα θα είναι και τα ενήλικα που θα προκύψουν και αντίστοιχα όσο μικρότερες σε μέγεθος οι νύμφες του ξενιστή, τόσο μικρότερα και τα ενήλικα. Τέλος έχει αποδειχθεί πως για τις νύμφες από τις οποίες δε προκύπτουν ούτε ενήλικα του ξενιστή, ούτε ενήλικα του *A. daci*, υπεύθυνο είναι το παράσιτο. Το ποσοστό εμφάνισης τέτοιων νυμφών μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ του 2,6% και του 6,25% (Ali, et al., 2015).

## 2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία το *A. daci* είναι ευρέως διαδεδομένο στη λεκάνη της Μεσογείου, υποδηλώνοντας την επιτυχημένη προσαρμογή του στις συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες (de Pedro, et. al., 2017). Στη χώρα μας, πέρα από τη Χίο όπου εντοπίστηκε πρώτη φορά και συνεχίζει έκτοτε να απαντάται σε υψηλούς πληθυσμούς, το *A. daci* εντοπίζεται πλέον συστηματικά στους Νομούς Μαγνησίας και Αττικής σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου από προσβεβλημένα εσπεριδοειδή (μανταρίνια και νεράντζια) ενώ προσφάτως ανακτήθηκε και από νύμφες της μύγα της κερασιάς, *Rhagoletis cerasi* (Linnaeus), στην ευρύτερη περιοχή της Λάρισας (Moraiti, et. al., 2020). Η ευρεία εξάπλωση στον ελλαδικό χώρο και γενικότερα στη Μεσόγειο καθιστούν το συγκεκριμένο παρασιτοειδές ως ένα ιδιαίτερα ελκυστικό υποψήφιο φυσικό εχθρό για την αντιμετώπιση ειδών της οικογένειας Tephritidae, συμπεριλαμβανομένου και του δάκου της ελιάς. Σε πρόσφατες εργασίες μελετήθηκαν τόσο η βιολογία του *A. daci* σε ξενιστή δάκο της ελιάς (Δεληγεωργίδης, 2019) όσο και η επίδραση της ποικιλίας και του μεγέθους του ελαιόκαρπου στη ικανότητα παρασιτισμού του συγκεκριμένου εχθρού (Moraiti, et. al., 2020). Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η μελέτη της επίδρασης του ξενιστή (μύγα της Μεσογείου και δάκος της ελιάς) στον οποίο αναπτύσσεται το παρασιτοειδές στην συμπεριφορά και την

ικανότητά του να προσβάλει προνύμφες του δάκου που αναπτύσσονται στο εσωτερικό των ελαιόκαρπων.

### 3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 3.1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ

Η πειραματική διαδικασία έλαβε χώρα στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι συνθήκες που επικρατούσαν σε ειδικά διαμορφωμένα δωμάτια και θαλάμους του εργαστηρίου όπου διατηρούνταν και αναπτύσσονταν τα έντομα, ήταν θερμοκρασία  $25 \pm 1$  °C, Σχετική υγρασία  $60 \pm 10$  % και φωτοπερίοδος 14Φ:10Σ.

#### 3.2 ΕΚΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΔΑΚΟΥ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ *Bactrocera oleae*.

Η αποικία του δάκου της ελιάς που χρησιμοποιήθηκε για τις πειραματικές ανάγκες της παρούσας διατριβής προήλθε από προσβεβλημένους ελαιόκαρπους που συλλέχθηκαν από ελαιώνες της ευρύτερης περιοχής του νομού Μαγνησίας. Χρησιμοποιήθηκαν ξύλινα κλουβιά, διαστάσεων 30×30×30 cm, μέσα στα οποία διατηρούνταν τα ενήλικα του εντόμου σε πυκνότητα 300 – 350 ατόμων ανά κλουβί (Εικόνα 5). Για την κάλυψη των διατροφικών τους αναγκών, χρησιμοποιήθηκε ως



Εικόνα 5: Κλουβιά διατήρησης αποικιών ενήλικων ατόμων του δάκου της ελιάς.

τροφή μείγμα υδρολυμένης μαγιά μύρας (πρωτεΐνη) και ζάχαρης σε αναλογία 4 : 1. Το μείγμα παρέχονταν με τη μορφή στερεοποιημένων σταγόνων σε πλαστικά τρυβλία Petri διαμέτρου 9 cm. Εκτός από την τροφή, στο εσωτερικό των κλουβιών υπήρχαν πλαστικά φιαλίδια χωρητικότητας 120 ml με νερό στο οποίο είχαν πρόσβαση τα ενήλικα με τη βοήθεια φυτιλιού. Τόσο το νερό όσο και η τροφή ανανεώνονταν σε τακτά χρονικά διαστήματα (5-7 ημέρες) σε κάθε κλουβί και ήταν πάντα σε επάρκεια καθ' όλη τη διάρκεια ζωής των ενηλίκων.

Για τη διατήρηση των αποικιών, χρησιμοποιήθηκαν ελαιόκαρποι των ποικιλιών Χαλκιδικής και Πηλίου. Μετά τη συλλογή τους, οι ελαιόκαρποι τοποθετήθηκαν σε υάλινα βάζα εντός ψυκτικού θαλάμου στους 6-7 °C, ώστε να είναι δυνατή η διατήρησή τους για επαρκές χρονικό διάστημα. Πριν προσφερθούν για ωοτοκία, οι καρποί εγκλιματίζονταν στους 25 °C για διάστημα 2-3 ωρών ώστε να αποκτήσουν κατάλληλη θερμοκρασία. Οι ελαιόκαρποι παρέμεναν στα κλουβιά μέχρι να λάβουν 2-3 νύγματα ωοτοκίας στο σύνολό τους και εν συνεχεία μεταφέρονταν σε πλαστικές λεκάνες, το εσωτερικό των οποίων ήταν καλυμμένο με λινάτσα ελαφρώς εμποτισμένη με νερό (Εικόνα 6). Στη συνέχεια, οι λεκάνες καλύπτονταν με πλαστικά καπάκια για τη



**Εικόνα 6:** Ελιές εντός λεκάνης με βρεγμένη λινάτσα.

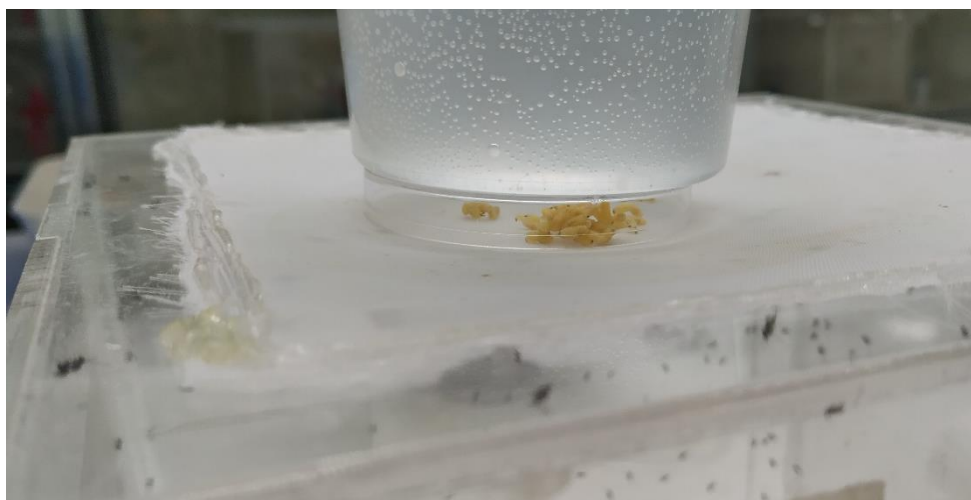
διαμόρφωση υψηλής σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό τους ώστε να αποφεύγεται η αφυδάτωση των ελαιόκαρπων και κατ' επέκταση η θνησιμότητα των εμβρύων εντός των αυγών. Οι λεκάνες παρέμεναν στους 25 °C και επιθεωρούνταν ανά τακτά χρονικά

διαστήματα (2-3 ημέρες) για τη διαπίστωση επαρκούς υγρασίας στο εσωτερικό τους που εξασφαλίζονταν με τη χρήση ψεκαστήρα χειρός εφόσον κρίνονταν απαραίτητο.

Δώδεκα με 15 ημέρες από τη συλλογή των παρασιτισμένων ελαιόκαρπων και την τοποθέτησή τους στις λεκάνες ξεκινούσε η έξοδος των προνυμφών του δάκου. Οι προνύμφες και οι νύμφες συλλέγονταν και τοποθετούνταν σε τρυβλία Petri, διαμέτρου 9 cm, στα οποία είχε προστεθεί ένα λεπτό στρώμα αποστειρωμένης άμμου. Μετά το πέρασ 10 περίπου ημερών στους 25°C ξεκινούσε η έξοδος των ενηλίκων, οπότε και τα τρυβλία μεταφέρονταν εντός των ξύλινων κλουβιών προκειμένου να ξεκινήσει εκ νέου η διαδικασία της εκτροφής που περιγράφηκε.

### 3.3 ΕΚΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΠΑΡΑΣΙΤΟΕΙΔΟΥΣ *Aganaspis daci*.

Η αποικία του *A. daci* προήλθε από το Valencian Institute of Agrarian Research της Ισπανίας, όπου διατηρείται από το 2010, σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου. Τα ενήλικα διατηρούνταν σε πυκνότητα 200-300 ατόμων σε κλουβιά Plexiglas, διαστάσεων 20×20×20 cm, που είχαν τις τρεις πλευρές τους καλυμμένες με λεπτή οργαντίνη έχοντας πρόσβαση σε νερό και τροφή (ανθόμελο). Η διατήρηση του παρασιτοειδούς γινόταν σε ξενιστή μύγα της Μεσογείου της φυλής Μπενακείου. Για το σκοπό αυτό, ώριμες προνύμφες 3<sup>ης</sup> ηλικίας (έτοιμες προς νύμφωση) εγκλωβίζονταν στην οργαντίνη της οροφής των κλουβιών εντός ενός πώματος τρυβλίου Petri διαμέτρου 9 cm. Επάνω από το πώμα του τρυβλίου τοποθετούνταν ένα γυάλινο κυλινδρικό δοχείο διαμέτρου 8,5 cm και ύψους 8 cm με νερό που με το βάρος του δεν επέτρεπε στις προνύμφες να διαφύγουν (Εικόνα 7). Τα θηλυκά του *A. daci* που



**Εικόνα 7:** Παρασιτισμός ώριμων προνυμφών 3<sup>ης</sup> ηλικίας, που βρίσκονται εγκλωβισμένες στην οργαντίνη της οροφής του κλουβιού, από τα ενήλικα του *Aganaspis daci*.

βρίσκονταν εντός των κλουβιών εισχωρούσαν τον ωοθήτη τους στην οργανίνα και παρασιτούσαν τις προνύμφες της μύγας που δραστηριοποιούνταν στο εσωτερικό των τρυβλίων. Ανάλογα με τον αριθμό των διαθέσιμων προνυμφών στα τρυβλία ο παρασιτισμός διαρκούσε 1-1.5 ώρες. Μετά το πέρας της διαδικασίας, οι παρασιτισμένες προνύμφες μεταφέρονταν σε πλαστικά δοχεία με αποστειρωμένη άμμο προκειμένου να νυμφωθούν. Στη συνέχεια, η άμμος κοσκινιζόταν και οι νύμφες μεταφέρονταν σε τρυβλία Petri διαμέτρου 9 cm (Εικόνα 8). Δέκα περίπου ημέρες από τη συλλογή των νυμφών, ξεκινούσε η έξοδος των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου που δεν είχαν παρασιτιστεί και περίπου ένα μήνα μετά λάμβανε χώρα η έξοδος του παρασιτοειδούς με τα αρσενικά να εμφανίζονται 2-3 ημέρες νωρίτερα από τα θηλυκά.



**Εικόνα 8:** Παρασιτισμένες προνύμφες και νύμφες εντός τρυβλίου με αποστειρωμένη άμμο.

### 3.4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Για την πραγματοποίηση των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές κατηγορίες ενηλίκων του *A. daci*. Η πρώτη αφορούσε άτομα τα οποία προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες της μύγας της Μεσογείου με βάση τη διαδικασία που αναφέρθηκε προηγουμένως. Η δεύτερη αφορούσε άτομα τα οποία προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες του δάκου της ελιάς. Για το σκοπό αυτό ελαιόκαρποι της ποικιλίας Πηλίου προσφέρθηκαν σε θηλυκά του δάκου της ελιάς ώστε να λάβουν 2-3 νύγματα ωοτοκίας και εν συνεχεία μεταφέρθηκαν σε λεκάνες για την

ανάπτυξη των προνυμφών (Εικόνα 9 & 10). Κατά την έξοδο των προνυμφών από τους καρπούς, αυτές συλλέγονταν και προφέρονταν στα παρασιτοειδή με την ίδια ακριβώς



Εικόνα 9 & 10: Παρασιτισμός ελαιόκαρπων Πηλίου από θηλυκά του δάκου της ελιάς (αριστερά) και νύγματα ωοτοκίας δάκου (δεξιά)

μεθοδολογία που περιγράφηκε στην περίπτωση στις μύγας της Μεσογείου. Η τρίτη κατηγορία αφορούσε άτομα του *A. daci* που προήλθαν από προνύμφες του δάκου της ελιάς οι οποίες παρασιτίστηκαν εντός ελαιοκάρπων. Για το σκοπό αυτό ελαιόκαρποι της ποικιλίας Πηλίου τοποθετήθηκαν σε κλουβιά εκτροφής προκειμένου να λάβουν 2-3 νύγματα ωοτοκίας και εν συνεχεία μεταφέρθηκαν σε λεκάνες για την ανάπτυξη των προνυμφών του *B. oleae*. Περίπου 10 ημέρες μετά και αφού διαπιστώθηκε από δειγματοληπτικό έλεγχο ότι το πλείστο των προνυμφών είχαν φτάσει στην 3<sup>η</sup> ηλικία, οι καρποί μεταφέρθηκαν σε κλουβιά Plexiglas 20 x 20 x 20 cm (80-100 καρποί ανά κλουβί) που περιείχαν 50 συζευγμένα θηλυκά του *A. daci* ηλικίας 5-10 ημερών χωρίς προηγούμενη εμπειρία ωοτοκίας. Οι καρποί παρέμειναν στα κλουβιά για 48 ώρες προκειμένου να λάβει χώρα ο παρασιτισμός των προνυμφών του *B. oleae* από το *A. daci* και στη συνέχεια μεταφέρθηκαν σε λεκάνες για τη συλλογή των νυμφών. Οι παρασιτισμένες νύμφες μεταφέρθηκαν σε τρυβλία Petri (9 cm διαμέτρου) για την έξοδο τόσο των ενηλίκων του δάκου που δεν παρασιτίστηκαν όσο και εκείνων του *A. daci* που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία.

Για τις τρεις διαφορετικές κατηγορίες των ενηλίκων του *A. daci* που προέκυψαν προσδιορίστηκε:

α) Η ανταπόκριση (επισκεψιμότητα) των θηλυκών του παρασιτοειδούς σε ελαιόκαρπους της ποικιλίας Πηλίου, που ήταν προσβεβλημένοι με προνύμφες 3<sup>ης</sup> ηλικίας του δάκου της ελιάς.

β) Η ικανότητά τους να παρασιτήσουν τις προνύμφες του δάκου που αναπτύσσονταν στο εσωτερικό των καρπών.

γ) Η διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων του *A. daci* στις παρασιτισμένες νύμφες του δάκου της ελιάς.

Για κάθε μεταχείριση (κατηγορία ενηλίκων), 10 προσβεβλημένοι ελαιόκαρποι της ποικιλίας Πηλίου που έφεραν 1-2 προνύμφες του δάκου της ελιάς 3<sup>ης</sup> ηλικίας εκτέθηκαν σε 5 συζευγμένα θηλυκά του *A. daci* ηλικίας 5-10 ημερών, χωρίς προηγούμενη εμπειρία ωοτοκίας για 48 ώρες (2 ημέρες). Τα πειράματα έλαβαν χώρα σε κλουβιά Plexiglas 15×15×15 cm, που είχαν τις τρεις πλευρές τους καλυμμένες οργαντίνα. Τα θηλυκά του παρασιτοειδούς είχαν πρόσβαση σε νερό και τροφή (μέλι) καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων αυτών. Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν 10 τέτοιες επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση (κατηγορία θηλυκών του *A. daci*) (Εικόνα 11). Επίσης, σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες 5 επαναλήψεις των 10 προσβεβλημένων με δάκο καρπών (συνολικά 50 καρποί) όπου τοποθετήθηκαν σε κλουβιά για 48 ώρες χωρίς την παρουσία του παρασιτοειδούς.



**Εικόνα 11:** Κλουβιά, στα οποία πραγματοποιήθηκε η διαδικασία παρασιτισμού των προνυμφών του δάκου της ελιάς που βρισκόταν εντός ελαιόκαρπων, από τα θηλυκά του *Aganaspis daci*.

Για κάθε ημέρα έκθεσης (1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> ημέρα) των προσβεβλημένων με δάκο ελαιόκαρπων στο *A. daci*, πραγματοποιήθηκαν οπτικές παρατηρήσεις σε ωριαία βάση από τις 9:00 έως τις 16:00 που αφορούσαν στην καταγραφή των θηλυκών που βρίσκονταν επάνω στους καρπούς. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας (48 ώρες), οι καρποί από το κάθε κλουβί/επανάληψη μεταφέρονταν σε ατομικά δοχεία για τη



συλλογή των νυμφών του δάκου. Οι νύμφες που συλλέγονταν τοποθετούνταν σε τρυβλία Petri των 5.5 cm προκειμένου να προσδιοριστεί η έξοδος των ενηλίκων τόσο του δάκου της ελιάς όσο και του παρασιτοειδούς. Η ικανότητα παρασιτισμού των θηλυκών του *A. daci* στις διαφορετικές μεταχειρίσεις προσδιορίστηκε βάσει του ποσοστού εξόδου των ενηλίκων *A. daci* και του ποσοστού της επαγόμενης θνησιμότητας η οποία υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\text{Επαγόμενη θνησιμότητα (\%)} = \{(\text{Θνησιμότητα μεταχείρισης\%} - \text{Θνησιμότητα μάρτυρα\%}) / (100 - \text{θνησιμότητα μάρτυρα\%})\} * 100.$$

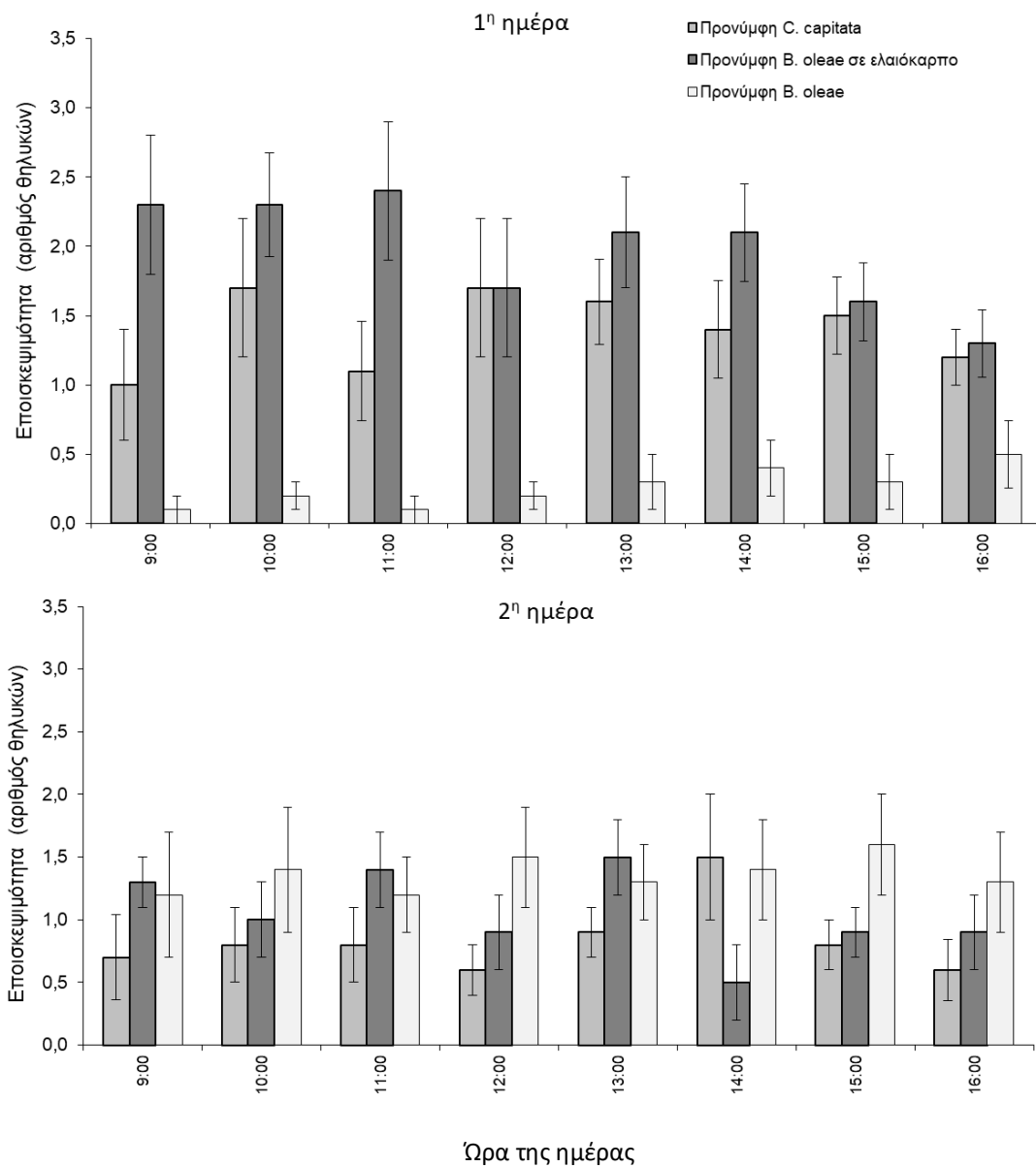
Τέλος, η διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων (αυγό, προνύμφη και νύμφη) του *A. daci* στις νύμφες του δάκου της ελιάς, υπολογίστηκε από την ημερομηνία παρασιτισμού των θηλυκών της κάθε μεταχείρισης μέχρι την έξοδο των ενηλίκων (θηλυκών, αρσενικών).

### 3.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Σε ότι αφορά τα δεδομένα των οπτικών παρατηρήσεων κατά την 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> ημέρα, εφαρμόστηκε Ανάλυση Παραλλακτικότητας επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (Repeated Measures Analysis of Variance) προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση της προέλευσης («γυμνές» προνύμφες μύγας Μεσογείου, «γυμνές» προνύμφες δάκου ελιάς και αναπτυσσόμενες εντός των ελαιόκαρπων) των θηλυκών του *A. daci* (παράγοντας) στην επισκεψιμότητα των προσβεβλημένων ελαιόκαρπων που έφεραν προνύμφες του δάκου 3<sup>ης</sup> ηλικίας χρησιμοποιώντας την ώρα παρατήρησης ως επαναλαμβανόμενο παράγοντα. Τα ποσοστά εξόδου των ενηλίκων του *A. daci* και η επαγόμενη θνησιμότητα στις παρασιτισμένες νύμφες του δάκου της ελιάς που συλλέχθηκαν μετά την έκθεση των ελαιόκαρπων στα θηλυκά των τριών διαφορετικών μεταχειρίσεων συγκρίθηκαν με το μη-παραμετρικό κριτήριο Kruskal-Wallis καθώς δεν κατέστη δυνατό να εξισωθούν οι παραλλακτικότητές τους. Τέλος, το μοντέλο ανάλογων κινδύνων του Cox (Cox proportional hazard model) χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστεί η επίδραση της προέλευσης των θηλυκών του *A. daci* (μεταχειρίσεις) και του φύλου (αρσενικό, θηλυκό) στη διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων του παρασιτοειδούς στις νύμφες του δάκου της ελιάς που συλλέχθηκαν.

## 4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι κατανομές των συχνοτήτων των επισκέψεων στους ελαιόκαρπους ανά ώρα για κάθε μεταχείριση (προέλευση) των θηλυκών κατά την 1η και 2η ημέρα δίνονται στα Διάγραμμα 1. Κατά την 1η ημέρα, η επισκεψιμότητα των ελαιόκαρπων από θηλυκά του *A. daci* που προήλθαν από προνύμφες του δάκου της ελιάς εκτός καρπών ήταν μικρότερη σε σχέση με τις αντίστοιχες από προνύμφες εντός ελαιόκαρπων και από μύγα της Μεσογείου. Αντίθετα, κατά την 2η ημέρα του παρασιτισμού, ο αριθμός των επισκέψεων είναι μικρότερος σε σχέση με την 1η ημέρα και δεν φαίνεται να διαφέρει μεταξύ των μεταχειρίσεων. Η Ανάλυση Παραλλακτικότητας επαναλαμβανόμενων μετρήσεων έδειξε ότι η μεταχείριση είχε σημαντική επίδραση στον ημερήσιο ρυθμό επισκεψιμότητας κατά την 1η ημέρα παρασιτισμού αλλά όχι την 2η ημέρα. Η ώρα της ημέρας δεν επηρέασε τη συχνότητα των επισκέψεων, ανεξάρτητα των μεταχειρίσεων (Πίνακας 3). Η έξοδος ενηλίκων του *A. daci* και η επαγόμενη θνησιμότητα στις παρασιτισμένες νύμφες του δάκου της ελιάς που ανακτήθηκαν μετά το πέρας της έκθεσης των ελαιόκαρπων στα θηλυκά του παρασιτοειδούς των διαφορετικών μεταχειρίσεων δίνονται στον Πίνακα 4. Η έξοδος του παρασιτοειδούς κυμάνθηκε από 11% έως 17% στις διάφορες μεταχειρίσεις με τα μεγαλύτερα ποσοστά να καταγράφονται στα θηλυκά που προήλθαν από προνύμφες του δάκου της ελιάς εκτός ελαιόκαρπου. Η Kruskal-Wallis ανάλυση έδειξε ότι η μεταχείριση δεν είχε σημαντική επίδραση στην έξοδο ενηλίκων του *A. daci* ( $\chi^2= 3,597$ ,  $df=2$ ,  $P=0,166$ ) και στην επαγόμενη θνησιμότητα ( $\chi^2= 0,250$ ,  $df=2$ ,  $P=0,882$ ).



**Διάγραμμα 1.** Ημερήσιος ρυθμός επισκεψιμότητας (μέσος όρος επισκέψεων + SE) τους προσβεβλημένους με 3ης ηλικίας προνύμφες ελαιόκαρπους από τα θηλυκά του *A. daci* που αναπτύχθηκαν σε προνύμφες 3<sup>ης</sup> ηλικίας της μύγας της Μεσογείου και του δάκου της ελιάς εντός και εκτός ελαιόκαρπων.

**Πίνακας 3.** Ανάλυση παραλλακτικότητας επαναλαμβανόμενων μετρήσεων αναφορικά με την επίδραση της μεταχείρισης (προέλευση θηλυκών: προνύμφες μύγας της Μεσογείου, προνύμφες δάκου της ελιάς, προνύμφες δάκου της ελιάς εντός ελαιόκαρπων) και της ώρας της ημέρας (επαναλαμβανόμενος παράγοντας) στην επισκευσιμότητα των προσβεβλημένων με δάκο της ελιάς ελαιόκαρπων από τα θηλυκά του *A. daci* κατά την 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> ημέρα παρασιτισμού.

Πηγή παραλλακτικότητας	df	MS	F	P
<i>1<sup>η</sup> ημέρα</i>				
Μεταχείριση	2	60,723	17,451	<0,001
Σφάλμα (μεταξύ των μεταχειρίσεων)	27	3,482	-	-
Ωρα	7	0,495	0,644	0,719
Ωρα *Μεταχείριση	14	1,005	1,31	0,205
Σφάλμα (Ωρα)	189	0,768	-	-
<i>2<sup>η</sup> ημέρα</i>				
Μεταχείριση	2	5,579	1,243	0,304
Σφάλμα (μεταξύ των μεταχειρίσεων)	27	4,488	-	-
Ωρα	7	0,248	0,453	0,807
Ωρα *Μεταχείριση	14	0,932	1,706	0,057
Σφάλμα (Ωρα)	189	0,546	-	-

**Πίνακας 4.** Έξοδος ενηλίκων *A. daci* και επαγόμενη θνησιμότητα στις παρασιτισμένες νύμφες του δάκου της ελιάς που ανακτήθηκαν μετά το πέρας της έκθεσης των ελαιόκαρπων στα θηλυκά του παρασιτοειδούς των διαφορετικών μεταχειρίσεων.

Μεταχείριση (προέλευση ♀♀ του <i>A. daci</i> )	Έξοδος παρασιτοειδών (%) (μ.ο. ± SE)	Επαγόμενη θνησιμότητα* (%) (μ.ο. ± SE)
Προνύμφες <i>C. capitata</i>	10,6 ± 2,6	26 ± 5,5
Προνύμφες <i>B. oleae</i>	16,5 ± 2,7	23 ± 9,3
Προνύμφες <i>B. oleae</i> σε ελαιόκαρπο	12,7 ± 3,6	19,3 ± 9,0

\*Επαγόμενη θνησιμότητα (%) = [(θνησιμότητα μεταχείρισης – θνησιμότητα μάρτυρα) / (100 – θνησιμότητα μάρτυρα)] x 100%.

Η διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων του *A. daci* στις παρασιτισμένες νύμφες του δάκου της ελιάς που προέκυψαν από θηλυκά του παρασιτοειδούς διαφορετικής προέλευσης κυμάνθηκε από  $32,3 \pm 0,7$  έως  $35,5 \pm 0,8$  ημέρες για τα αρσενικά και από  $36,7 \pm 1,2$  έως  $37,3 \pm 0,4$  στα θηλυκά (Πίνακας 5). Το μοντέλο Cox έδειξε ότι ο ξενιστής προέλευσης των θηλυκών δεν είχε σημαντική επίδραση στη διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων, σε αντίθεση με το φύλο (Πίνακας 6).

**Πίνακας 5.** Διάρκεια ανάπτυξης ανήλικων σταδίων του *A. daci* σε νύμφες του δάκου της ελιάς που προήλθαν από θηλυκά του παρασιτοειδούς διαφορετικών μεταχειρίσεων.

Μεταχείριση (προέλευση ♀♀ του <i>A. daci</i> )	Αρσενικά		Θηλυκά	
	N	Διάρκεια ανάπτυξης (μ.ο. ± SE)	N	Διάρκεια ανάπτυξης (μ.ο. ± SE)
Προνύμφες <i>C. capitata</i>	11	$32,3 \pm 0,7$	6	$36,7 \pm 1,2$
Προνύμφες <i>B. oleae</i>	13	$35,5 \pm 0,8$	5	$37,2 \pm 0,8$
Προνύμφη <i>B. oleae</i> σε ελαιόκαρπο	10	$33,4 \pm 0,3$	6	$37,3 \pm 0,4$

**Πίνακας 6.** Μεταβλητές του μοντέλου Cox αναφορικά με τη διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων του *A. daci* σε νύμφες του δάκου της ελιάς που προήλθαν από θηλυκά του παρασιτοειδούς διαφορετικών μεταχειρίσεων. Τα θηλυκά του *A. daci* που προήλθαν από προνύμφες του δάκου της ελιάς που αναπτύσσονταν εντός των ελαιόκαρπων και τα αρσενικά που προέκυψαν αποτελούν τη μεταχείριση και το φύλο αναφοράς.

Πηγή παραλλακτικότητας	B	SE	Exp (B)	Sig.
Μεταχείριση (προέλευση ♀♀ του <i>A. daci</i> )				$P=0,059$
Προνύμφες <i>C. capitata</i>	0,118	0,368	1,125	$P=0,749$
Προνύμφες <i>B. oleae</i>	-0,712	0,385	0,490	$P=0,064$
Φύλο	-1,259	0,356	0,284	$P<0,001$

## 5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η προέλευση των θηλυκών του *A. daci* («γυμνές» προνύμφες μύγας Μεσογείου, «γυμνές» προνύμφες δάκου ελιάς και αναπτυσσόμενες εντός των ελαιόκαρπών) επηρέασε σημαντικά την ανταπόκρισή τους (επισκεψιμότητα) ως προς τους προβεβλημένους ελαιόκαρπους κατά την πρώτη ημέρα του πειράματος. Η υψηλότερη ανταπόκριση παρατηρήθηκε στα θηλυκά τα οποία προήλθαν από προνύμφες του δάκου της ελιάς που παρασιτίστηκαν εντός ελαιόκαρπων. Το γεγονός αυτό είναι πιθανό να αντανακλά κάποιου είδους γενετικής προδιάθεσης ως αποτέλεσμα της επιλογής που έλαβε χώρα κατά την προηγούμενη γενεά. Δηλαδή τα συγκεκριμένα άτομα εμφανίζουν αυξημένη ανταπόκριση ως προς τους προσβεβλημένους ελαιόκαρπους διότι απλά προέρχονται από εκείνα τα θηλυκά του πληθυσμού που έχουν εντονότερη εγγενή τάση να αναζητούν πιθανούς ξενιστές τους σε ελαιόκαρπους. Η άποψη αυτή ενισχύεται από το γεγονός ότι οπτικές παρατηρήσεις κατά το μαζικό παρασιτισμό των ελαιόκαρπων που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία της συγκεκριμένης μεταχείρισης, διαπιστώθηκε ότι ένα πολύ μικρό μέρος (10-15) από το σύνολο των 50 θηλυκών που υπήρχαν στα κλουβιά δραστηριοποιούνταν επάνω στις ελιές.

Η δραστηριότητα των θηλυκών του *A. daci* που προήλθαν από προνύμφες της μύγας της Μεσογείου και προνύμφες του δάκου της ελιάς που αναπτύσσονταν εντός ελαιόκαρπων ήταν υψηλότερη κατά την πρώτη ημέρα των παρατηρήσεων σε σχέση με τη δεύτερη. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι τα θηλυκά υφίστανται ένα υψηλό κόστος κατά την προσπάθεια παρασιτισμού των προνυμφών του δάκου που δραστηριοποιούνται εντός των ελαιόκαρπων. Είναι γνωστό ότι το *A. daci* έχει τη δυνατότητα να εισέρχεται στο εσωτερικό διαφόρων καρπών, εκμεταλλευόμενο την ιδιαίτερη μορφολογία του σώματός του, προκειμένου να παρασιτίσει τους ξενιστές του (Moraiti et al. 2020). Η συμπεριφορά αυτή εκδηλώνεται κυρίως σε καρπούς που η σάρκα έχει μικρή συνεκτικότητα όπως για παράδειγμα τα εσπεριδοειδή, με συνέπεια να διευκολύνεται η είσοδος του παρασιτοειδούς. Ωστόσο, αυτό δεν ισχύει στην περίπτωση των ελαιόκαρπων, με συνέπεια τα θηλυκά να είναι αναγκασμένα να διατρήσουν με τον ωοθέτη τους τόσο το φλοιό όσο και τη σάρκα προκειμένου να φτάσουν τις προνύμφες του δάκου, γεγονός που συνεπάγεται μια ιδιαίτερα κοστοβόρα διαδικασία για το έντομο.

Σε αντίθεση με τις δύο προηγούμενες περιπτώσεις, τα θηλυκά που προήλθαν από τις «γυμνές» προνύμφες του δάκου, επέδειξαν ιδιαίτερα μειωμένη ανταπόκριση ως προς του ελαιόκαρπους κατά την πρώτη ημέρα διεξαγωγής των πειραμάτων η οποία παρουσίασε αύξηση κατά τη δεύτερη. Η διαφοροποίηση αυτή στη συμπεριφορά των θηλυκών συνοδεύτηκε και από υψηλότερα ποσοστά επιτυχούς παρασιτισμού (έξοδος ενηλίκων *A. daci*) σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις (16,5 % έναντι 12,7 % και 10,6 % για τα θηλυκά που προήλθαν από προνύμφες του δάκου που αναπτύσσονταν εντός ελαιόκαρπων και προνύμφες της μύγας της Μεσογείου αντίστοιχα). Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται πιθανότατα στο ότι η αυξημένη δραστηριότητα των θηλυκών του παρασιτοειδούς κατά τη δεύτερη ημέρα συνέπεσε με την επίσης αυξημένη παρουσία των προνυμφών του δάκου στην επιφάνεια των ελαιόκαρπων προκειμένου να διαμορφώσουν τις οπές εξόδου με αποτέλεσμα να καθίστανται πολύ πιο ευάλωτες. Το επιχείρημα αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι ενώ κατά την πρώτη ημέρα του πειράματος οι ελαιόκαρποι εμφάνιζαν ελάχιστα σημάδια προσβολής από τις προνύμφες του δάκου, τη δεύτερη ημέρα ήταν εμφανείς έντονες διαβρώσεις και στοές κάτω από το φλοιό των καρπών. Σε ότι αφορά την επαγόμενη θνησιμότητα στις νύμφες του δάκου, αυτή ήταν παραπλήσια για τα θηλυκά των τριών μεταχειρίσεων και συμφωνεί με προγενέστερες μελέτες που αφορούν τη συγκεκριμένη παράμετρο στην ποικιλία Πηλίου (19,4 %) (Μαρκοπούλου, 2020). Η επαγόμενη θνησιμότητα είναι συνήθως το αποτέλεσμα της καταπόνησης που υφίστανται οι προνύμφες κατά τη δραστηριότητα των διαφόρων παρασιτοειδών. Το γεγονός ότι η ιδιαίτερα αυξημένη δραστηριότητα κατά την πρώτη ημέρα του πειράματος των θηλυκών του *A. daci* που προήλθαν από προνύμφες του δάκου που αναπτύσσονταν σε ελαιόκαρπους δεν συνδέθηκε με αυξημένα επίπεδα επαγόμενης θνησιμότητας θα πρέπει να αποδοθεί στο ότι οι προνύμφες βρίσκονταν μακριά από την επιφάνεια των καρπών αποφεύγοντας με τον τρόπο αυτό τις όποιες μορφής καταπονήσεις.

## 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προέλευση των θηλυκών του *A. daci* είχε επίδραση στη δραστηριότητα κατά τη 1<sup>η</sup> ημέρα παρασιτισμού, αλλά όχι κατά τη 2<sup>η</sup>, ενώ η ώρα της ημέρας δεν είχε καμία επίδραση. Η αυξημένη δραστηριότητα της πρώτης ημέρας οφείλεται στο ότι η διαδικασία παρασιτισμού των προνυμφών εντός του ελαιόκαρπου είναι

κοστοβόρα για το *A. daci*. Επιπλέον η αυξημένη δραστηριότητα των θηλυκών, που προήλθαν από «γυμνές» προνύμφες δάκου, κατά τη 2<sup>η</sup> ημέρα, πιθανώς να οφείλεται στην αυξημένη παρουσία των προνυμφών του δάκου στην επιφάνεια των ελαιόκαρπων, για τη παρουσία της εξόδου τους. Μεγαλύτερη ανταπόκριση παρατηρήθηκε από τα θηλυκά που προήλθαν από παρασιτισμένες προνύμφες του δάκου που βρίσκονταν εντός ελαιόκαρπων, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στη γενετική προδιάθεση των συγκεκριμένων θηλυκών. Τέλος το ποσοστό θνησιμότητας που παρατηρείται συνήθως οφείλεται στη καταπόνηση που δέχονται οι προνύμφες κατά το παρασιτισμό τους από τα θηλυκά του *A. daci*.

Συμπερασματικά, από την παρούσα διατριβή προκύπτει ότι τόσο ο ξενιστής (μύγα Μεσογείου, δάκος της ελιάς) όσο και ο τρόπος παρασιτισμού του («γυμνές» προνύμφες και προνύμφες εντός ελαιόκαρπων) δύναται να επηρεάσει σημαντικές παραμέτρους της συμπεριφοράς του *A. daci*. Τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για τη βελτίωση της αποδοτικότητας του συγκεκριμένου παρασιτοειδούς ως φυσικού εχθρού τόσο του δάκου της ελιάς όσο και άλλων ειδών της οικογένειας Tephritidae. Επιπλέον μελέτες στο συγκεκριμένο πεδίο, χρησιμοποιώντας πρόσφατα εγκατεστημένους στο εργαστήριο πληθυσμούς του *A. daci* ενδέχεται να ανοίξουν το δρόμο για αξιοποίηση του συγκεκριμένου παρασιτοειδούς ως αποτελεσματικού παράγοντα ελέγχου των πληθυσμών του δάκου της ελιάς.



## 7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahmed, H., E., Marwa, E., H., & Moshen, M., R., (2016). Adaptation and first field release of *Aganaspis daci* (Weld), a larval parasitoid of the peach fruit fly *Bactrocera zonata* (Saund.), in Egypt. Proceedings of the 9thISFFEI - ISBN: 978-616-358-207-2 El-Heneidy et al. (2016) 395-400
- Alberola, T., M., Aptosoglou, S., Arsenakis, M., Bel, Y., Delrio, G., Ellar, D., J., Ferre, J., et al., (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 (1999)
- Albertini, A., Marchi, S., Ratti, C., Burgio, G., Petacchi, R., Magagnoli, S., (2018). *Bactrocera oleae* pupae predation by *Ocypus olens* detected by molecular gut content analysis. International Organization for Biological Control (IOBC) 2017, BioControl (2018) 63:227–239
- Ali, A., Y., Ahmad A., M., Amar, J., A., (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, A., Y., Ahmad A., M., Amar, J., A., Darwish, R., Y., Izzo, A., M., Al-Ahmad, S., A., (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,
- Andleeb, S., Shahid, M. S., & Mehmood, R. (2010). Biology of parasitoid *aganaspis daci* (Weld) (Hymenoptera: Eucoilidae). *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 53(4), 201-204.
- Ant, T., Koukidou, M., Rempoulakis, P., Gong, H., F., Economopoulos, A., Vontas, J., Alphey, L., (2012). Control of the olive fruit fly using geneticsenhanced sterile insect technique. Ant et al. BMC Biology 2012, 10:51
- Augustinos, A., A., Stratikopoulos, E., E., Zacharopoulou, A., Mathiopoulos, K., D., (2002). Polymorphic microsatellite markers in the olive fly, *Bactrocera oleae*. Molecular Ecology Notes. 2002 Sep;2(3):278-280.
- Benelli, G., Bonsignori, G., Stefanini, C., Raspi, A. and Canale, A. (2013), The production of female sex pheromone in *Bactrocera oleae* (Rossi) young males does not influence their mating chances. Entomological Science, 16: 47-53. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8298.2012.00538.x>

- Benelli, G., Canale, A., Bonsignori, G. et al., (2012) Male Wing Vibration in the Mating Behavior of the Olive Fruit Fly *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae). *J Insect Behav* 25, 590–603 (2012).
- Boccaccio, L., Petacchi, R., (2009). Landscape effects on the complex of *Bactrocera oleae* parasitoids and implications for conservation biological control. *BioControl* (2009) 54:607–616
- Byron, M., A., Gillett-Kaufman, J., L., (2016) Olive Fruit Fly *Bactrocera oleae* (Rossi) (Insecta: Diptera: Tephritidae). *University of Florida, Publication Number: EENY-645*
- Daane, K., M., Johnson, M., W., (2010). Olive fruit fly: managing an ancient pest in modern times. *Annu Rev Entomol.* 2010;55:151-69.
- Daane, K., M., Johnson M., W., Pickett, C., H., Sime K., R., Wang X., G., Nadel, H., Andrews J., W., Jr., Hoelmer K., A., (2011). Biological controls investigated to aid management of olive fruit fly in California. Article in *California Agriculture*, January 2011, *California Agriculture*, Volume 65, Number 1
- Daane, K., M., Wang X., Nieto, D., J., Pickett, C., H., Hoelmer, K., A., Blanchet, A., Johnson, M., W., (2015). Classic biological control of olive fruit fly in California, USA: release and recovery of introduced parasitoids. *BioControl Journal of the International Organization for Biological Control*, ISSN 1386-6141
- de Pedro, L., Beitia, F., Ferrara, F., Asís, J., D., Sabater-Muñoz, B., Tormos, J., (2017). Effect of host density and location on the percentage parasitism, fertility and induced mortality of *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Figitidae), a parasitoid of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Crop Protection*, Volume 92, 2017, Pages 160-167, ISSN 0261-2194, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.007>.
- de Pedro, L., Tormos, J., Asís, J., D., Beitia, F., Sabater, B., Beitia, F., (2018). Biology of *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Figitidae), parasitoid of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): Mode of reproduction, biological parameters and superparasitism. *Crop Protection*, Volume 108, 2018, Pages 54-61, ISSN 0261-2194
- del Carmen Alcudia-León, M., Lucena, R., Cárdenas, S., Valcárcel, M., (2016). Selective extraction of *Bactrocera oleae* sexual pheromone from olive oil by dispersive magnetic microsolid phase extraction using a molecularly imprinted

nanocomposite. Journal of Chromatography A, Volume 1455, 2016, Pages 57-64, ISSN 0021-9673, <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2016.05.088>.

- Dimou, I., Koutsikopoulos, C., Economopoulos, A., P., Lykakis, J., (2001). Depth of pupation of the wild olive fruit fly, *Bactrocera* (*Dacus*) *oleae* (Gmel.) (Dipt., Tephritidae), as affected by soil abiotic factors. J. Appl. Ent. 127, 12–17 (2003) 2003 Blackwell Verlag, Berlin ISSN 0931-2048
- El Haidani, A., Chakri, M., Mostakim, M., El Mzibri, M., Boudouma, J., et al. (2008). Isolation and characterisation of yeast strains for the olive fly *Bactrocera oleae* biological control. Moroccan Journal of Biology 07-2008/N 4-5
- El Haidani, A., Honsi, M., E., Ramadan M., M., (2018). Identity and biology of *Aganaspis daci* (Weld) (Hymenoptera: Figitidae), recently introduced to Egypt for biological control of *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae). Entomologist's Monthly Magazine 155: 17–37
- Eti, C., N., Dogac, E., Taskin, B., G., Gokdere, G., 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
- Fletcher, B.S. 1987. The biology of dacine fruit flies. Ann. Rev. Entomol. 32:115-144.
- Fontal-Cazalla, F., M., Buffington, M., L., Nordlander, G., Liljeblad, J., Ros-Farré, P., Nieves-Aldrey, J., L., Pujade-Villar, J., Ronquist, F., (2002). Phylogeny of the Eucoilinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae). Cladistics, Volume 18, Issue 2, 2002, Pages 154-199, ISSN 0748-3007
- Garantonakis, N., Varikou, K., Birouraki, A., (2016). Influence of olive variety on biological parameters of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). Appl Entomol Zool (2017) 52:189–196
- Genc, H., (2013). Embryonic development of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* Rossi (Diptera: Tephritidae), in vivo. Turk J Zool (2014) 38: 598-602
- Genc, H., Nation, J., L., (2008). Maintaining *Bactrocera oleae* (Gmelin.) (Diptera: Tephritidae) colony on its natural host in the laboratory. J Pest Sci (2008) 81:167–174
- Hepdurgun, B., Turanli, T., Zümreolu, A., (2009). Control of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae*, (Diptera: Tephritidae) through mass trapping and mass releases

of the parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae) reared on irradiated Mediterranean fruit fly. *Biocontrol Science and Technology*, 19:1,211 —224

- Iannotta, N., Belfiore T., Noce, M., E., Scalercio, S., Vizzarr, V., (2007). *Bactrocera oleae* (Gmelin) control in organic olive farming. B-Economic aspects, *Ecoliva* 2007, VI Jornadas Internacionales de Olivar Ecologico, Puente de Génave (Jaén), España, 22-25 marzo 2007
- Johnson, M., W., Wang, X., Nadel, H., Opp, S., B., Patterson, K., L., Stewart-Leslie, J., Daane, K., M., (2011). High temperature affects olive fruit fly populations in California's Central Valley *California Agriculture*, Volume 65, Number 1
- Jones, O., T., Lisk, J., C., Longhurst, C., Howse, P., E., Ramos, P., & Campos, M. (1983). Development of a monitoring trap for the olive fly, *Dacus oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae), using a component of its sex pheromone as lure. *Bulletin of Entomological Research*, 73(01), 97. doi:10.1017/s0007485300013833
- Jose, P., A., Ben-Yosef, M., Jurkevitch, E., Yuval, B., (2019). Symbiotic bacteria affect oviposition behavior in the olive fruit fly *Bactrocera oleae*, *Journal of Insect Physiology*, Volume 117, 2019, 103917, ISSN 0022-1910,
- Katsoyannos, B., I., Kouloussis, N., A., (2001). Captures of the olive fruit fly *Bactrocera oleae* on spheres of different colours. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 100: 165–172, 2001
- Esther, L., Beatriz M., P., Ochando, M., D., Pascual, S., Callejas C., H., (2017) Specific and sensitive primers for the detection of predated olive fruit flies, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15 (2). ISSN 1695-971X
- Marchini, D., Petacchi, R., 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, 2017 ISSN 1721-8861
- Mazomenos, B., E., Haniotakis, G., E., (1985). Male olive fruit fly attraction to synthetic sex pheromone components in laboratory and field tests. *J Chem Ecol.* 1985 Mar;11(3):397-405. doi: 10.1007/BF01411425. PMID: 24309970.
- Moraiti, C.A., Kyritsis, G.A., Papadopoulos, N.T., (2020). Effect of the olive fruit size on the parasitism rates of (Diptera: Tephritidae) by the figitid wasp (Hymenoptera: Figitidae), and first field releases of adult parasitoids in olive grove.

Hellenic Plant Protection Journal, vol.13, no.2, 2020, pp.66-77. <https://doi.org/10.2478/hppj-2020-0007>

- Mostakim, M., El abed, S., Iraqui, M., Benbrahim, K., F., Houari, A., Gounni, A., S., Ibsouda, S., K., (2011). Biocontrol potential of a *Bacillus subtilis* strain against *Bactrocera oleae*. *Ann Microbiol* (2012) 62:211–216
- Navarro Llopis, V., Alfaro Cañamás, C., Primo Millo, J., Vacas González, S., (2011). Response of two tephritid species, *Bactrocera oleae* and *Ceratitis capitata*, to different emission levels of pheromone and parapheromone. *Crop Protection*. 30(7):913-918. doi:10.1016/j.cropro.2011.03.007
- Nardi, F., Carapelli, A., Dallai, R., Frati, F., (2003). The mitochondrial genome of the olive fly *Bactrocera oleae*: two haplotypes from distant geographical locations. *Insect Mol Biol*. 2003 Dec;12(6):605-11.
- Neuenschwander, P., Michelakis, S., Bigler, F., (1981). Abiotic factors affecting mortality of *Dacus oleae* larvae and pupae in the soil. *Ned. Entomol. Ver. Amsterdam, Ent. exp. & appl.* 30 (1981) 1-9
- Nolwazi, M., Kim, A., H. & Martin, H., V., (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
- Papadopoulos, N., Katsoyannos, B., (2002). Parasitization of the Mediterranean fruit fly by *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Eucolidae) in Greece. *Proceedings of the 6th International Symposium on fruit flies of economic importance, Stellenbosch, South Africa, 6-10 May 2002* 2004 pp.451-456 ref.18
- Papadopoulos, N., Katsoyannos, B., (2003). Field parasitism of *Ceratitis capitata* larvae by *Aganaspis daci* in Chios, Greece. *BioControl* 48: 191-195, 2003 Kluwer Academic Publishers
- Picchi, M., S., Marchi, S., Albertini, A., Petacchi, R., (2017). Organic management of olive orchards increases the predation rate of overwintering pupae of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Biological Control*, Volume 108, 2017, Pages 9-15, ISSN 1049-9644,
- Rice, R., E., (2000). Bionomics of the olive fruit fly *Bactrocera (Dacus) oleae*. *U.C. Kearney Agricultural Center*, Volume 10, Number 3

- Rice, R. E, Phillips, P. A, Stewart-Leslie, J., & Sibbett, G. S. (2003). Olive fruit fly populations measured in Central and Southern California. *California Agriculture*, 57(4).
- Scarpati, M., L., Lo Scalzo, R., Vita, G., Gambacorta, A., (1996). Chemotropic behavior of female olive fly (*Bactrocera oleae* Gmel.) on *Olea europaea* L., *Journal of Chemical Ecology*, Vol 22, No. 5, 1996
- Shi, J., Zhang, L., Gao, X., (2011). Characterisation of spinosad resistance in the housefly *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Pest Manag Sci.* 2011 Mar;67(3):335-40, doi: 10.1002/ps.2073, Epub 2011 Jan 11. PMID:21308959.
- Tormos, J., de Pedro, L., Beitia, F., Sabater, B., Asís, J., D., Polidori, C., (2013). Development, preimaginal phases and adult sensillar equipment in *Aganaspis* parasitoids (Hymenoptera: Figitidae) of fruit flies. *Microsc Microanal.* 2013 Dec;19(6):1475-89.
- Tsitsipis, J., (1977). Larval diets for *Dacus oleae*: The effect on inert materials cellulose and agar. *Ent. exp. & appl.* 22 (1977) 221-235. North-Holland Publ. Co. Amsterdam
- Tsitsipis, J., & Kontos, A. (1983). Improved solid adult diet for the olive fruit fly, *Dacus oleae*. *ENTOMOLOGIA HELLENICA*, 1, 24-29.
- Varikou, K., Garantonakis, N., Marketaki, M., Charalampous, A., Anagnostopoulos, C., Bempelou, E., (2018). Residual degradation and toxicity of insecticides against *Bactrocera oleae*. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2018 Jan;25(1):479-489.
- Varikou, K., Garantonakis, N., Birouraki, A., (2014). Response of olive fruit fly *Bactrocera oleae* to various attractant combinations, in orchards of Crete. *Bulletin of Insectology* 67 (1): 109-114, 2014 ISSN 1721-8861
- Vossen, P., Varela, L., Devarenne, A., (2006). Olive fruit fly. University of California Cooperative Extension September 2006
- Wang, X., Levy, K., Nadel, H., Johnson, M., W., Blanchet, A., Argov, Y., Pickett, C., H., Daane, K., M., (2013). Overwintering Survival of Olive Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) and Two Introduced Parasitoids in California, *Environmental Entomology*, Volume 42, Issue 3, 1 June 2013,
- Watson, L., Dallwitz, M.J. (2003 onwards). *Insects of Britain and Ireland: the families of Hymenoptera*. Version: 27th July 2019.

- Yao, S., Yang, Y., Xue, Y., Zhao, W., Liu, X., Du, M., Yin, X., Guan, R., Wei, J., An, S., (2021). New insight on the effects of spinosad on the development of *Helicoverpa armigera*. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2021 Sep 15;221:112452. doi: 10.1016/j.ecoenv.2021.112452. Epub 2021 Jun 29. PMID: 34198186.
- Yokoyama, V., Y., Miller, G., T., Stewart-Leslie, J., Rice, R., E., Phillips, P., A., (2006). Olive Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Populations in Relation to Region, Trap Type, Season, and Availability of Fruit, *Journal of Economic Entomology*, Volume 99, Issue 6, 1 December 2006, Pages 2072–2079
- Yousef, M., Lozano-Tovar, M., D., Garrido-Jurado, I., & Quesada-Moraga, E., (2013). Biocontrol of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) With *Metarhizium brunneum* and Its Extracts. *J. Econ. Entomol.* 106(3): 1118–1125 (2013)
- Βασιλακάκης, Β., Δ., (2016). Γενική και Ειδική Δενδροκομία. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γαρταγάνης
- Δεληγεωργίδης, Π., Ν., (2019). Βιολογία του παρασιτοειδούς *Aganaspis daci* σε προνύμφες και νύμφες του δάκου της ελιάς και της μύγας της Μεσογείου σε σταθερές συνθήκες στο εργαστήριο. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Copyright ΔΕΛΗΓΕΩΡΓΙΔΗΣ Π. ΝΙΚΟΛΑΟΣ, 2019.
- Μαρκοπούλου, Ε. (2020). Επίδραση της ποικιλίας και του μεγέθους του ελαιοκάρπου στην ικανότητα παρασιτισμού του *Aganaspis daci* σε προνύμφες του δάκου της ελιάς. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Πτυχιακή διατριβή.
- Τζανακάκης, Μ., Ε., Κατσόγιαννος Β., Ι., (2003). Έντομα Καρποφόρων Δέντρων και Αμπέλου. Αθήνα: Εκδόσεις ΑγροΤύπος, 360 σελ. (Επανεκτύπωση 2017)
- Τζανακάκης, Μ., Ε., Κωβαίος, Δ., Σ., (2018). Εντομολογία. Αθήνα: Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών (Δεύτερη Έκδοση)

