

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Επίδραση της εφαρμογής αιθέριου ελαίου πορτοκαλιού στην  
επιβίωση, τη συμπεριφορά σεξουαλικού καλέσματος και την  
εκδήλωση ύπτιας συμπεριφοράς των αρσενικών της μύγας της  
Μεσογείου *Ceratitis capitata*, (Diptera : Tephritidae)

ΣΙΩΡΟΥ ΑΠΟΣΤΟΛΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΒΟΛΟΣ, 2018

**Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή**

**Παπαδόπουλος Νικόλαος (Επιβλέπων) Καθηγητής**

**Αθανασίου Χρήστος (Μέλος) Αναπληρωτής Καθηγητής**

**Βέλλιος Ευάγγελος (Μέλος) Επίκουρος Καθηγητής**

# Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	8
1 ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1 Η μύγα της Μεσογείου .....	8
1.1.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του εντόμου .....	8
1.2 Ξενιστές οικονομική σημασία του εντόμου .....	11
1.3 Καταγωγή και γεωγραφική εξάπλωση .....	12
1.4 Βιολογία του εντόμου και ζημιές .....	14
1.5 Καταπολέμηση .....	16
1.6 Σεξουαλική συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου.....	19
1.6.1 Σεξουαλική συμπεριφορά αρσενικών .....	19
1.6.2 Επίδραση φυτικών ουσιών στη σεξουαλική συμπεριφορά της μύγας Μεσογείου .....	21
1.6.3 Συμπεριφορά αρσενικών της μύγας της Μεσογείου μετά από έκθεση σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού.....	22
1.7 Εκδήλωση ύπτιας συμπεριφοράς (supine) .....	22
1.8 Σκοπός της παρούσας διατριβής.....	23
2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	24
2.1 Συνθήκες εργαστηρίου .....	24
2.2 Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν και μέθοδος εκτροφής τους.....	24
2.3 Πειραματική διαδικασία.....	26
2.4 Ανάλυση Δεδομένων .....	27
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	27
3.1 Επίδραση του αιθέριου ελαίου στη διάρκεια ζωής των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου .....	27

3.2	Επίδραση του αιθέριου ελαίου στη συγκρότηση του σεξουαλικού καλέσματος των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου.....	30
4	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	36
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	38

## **Ευχαριστίες**

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε κατά τα έτη 2017-1018 στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον καθηγητή κ. Ν. Παπαδόπουλο επιβλέποντα της πτυχιακής μου διατριβής για την υπόδειξη του θέματος, τη συνεχή καθοδήγηση και βοήθεια τόσο κατά την εκτέλεση του πειραματικού μέρους όσο και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Επίσης, την υποψήφια διδάκτορα Διονυσοπούλου Νίκη για τις συμβουλές και τις υποδείξεις της κατά την εκτέλεση του πειράματος και την παρουσίαση του κειμένου.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου, την αδελφή μου Μαρία-Έλενα Σιώρου και τον φίλο μου Χρήστο Ντάβαρο για τη θερμή και διαρκή συμπαράσταση καθόλη τη διάρκεια της εκτέλεσης και συγγραφής της πτυχιακής μου διατριβής.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διατριβή μελετήθηκε σε συνθήκες εργαστηρίου η επίδραση της εφαρμογής αιθέριου ελαίου πορτοκαλιού στην επιβίωση, τη συμπεριφορά σεξουαλικού καλέσματος και την εκδήλωση ύπτιας συμπεριφοράς των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου *Ceratitis capitata*, (Diptera : Tephritidae).

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Μία πρώτη παράμετρος του πειράματος που εξετάστηκε ήταν η επίδραση που είχε η εφαρμογή του αιθέριου ελαίου του πορτοκαλιού, σε συνδυασμό με την τροφή, στη διάρκεια ζωής των αρσενικών. Στη συνέχεια εξετάστηκε πόσο επηρέασε η εφαρμογή του αιθέριου ελαίου τη συχνότητα εκδήλωσης του σεξουαλικού καλέσματος κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Τέλος, καταγράφονταν η εκδήλωση ύπτιας συμπεριφοράς σε εκτεθειμένα στο αιθέριο έλαιο και μη αρσενικά της μύγας της Μεσογείου. Οι καταγραφές των εντόμων που εκδήλωσαν ύπτια συμπεριφορά ήταν πολύ λίγες σε σχέση με τον πληθυσμό που μελετήθηκε. Επίσης, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στην εκδήλωση του σεξουαλικού καλέσματος ως προς τα εκτεθειμένα και μη σε έλαιο, αλλά υπήρξε εμφανή διαφορά στην επίδραση της τροφής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα αρσενικά που τρέφονταν σε ένα πλούσιο διατροφικό περιβάλλον που αποτελούνταν από υδρολυμένη μαγιά και ζάχαρη εκδήλωναν σεξουαλικό κάλεσμα σε πολύ μεγαλύτερη συχνότητα από αυτά που τρέφονταν μόνο με ζάχαρη.

## ABSTRACT

This dissertation explores and investigates the effects of orange essential oil (oo) on the survival, the frequency of sexual signalling and the 'supine' of male Mediterranean fruit flies *Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae) under laboratory conditions.

The study was conducted in the laboratory of Entomology and Agricultural Zoology at the University of Thessaly. We first explored the effects of orange essential oil, in different food regime (sugar only and yeast hydrolyzed and sugar). We established four treatments of males: a) exposed to orange essential oil feeding in sugar, b) exposed to orange essential oil feeding in sugar and yeast hydrolyzed, c) non

exposed feeding in sugar, d) non exposed feeding in yeast hydrolyzed . We recorded daily and through the life span of individuals, the frequency of sexual signaling and the supine behavior. We also, recorded the age of death for each individual. Our results showed than no significant differences were found for both exposed and unexposed to oil, but there was a clear difference in the effect of the food. Males fed in a rich nutritional environment consisting of yeast hydrolysed and sugar had a sexual signalling in a higher frequency than those who only fed with sugar. Recordings of insects exhibiting supine behavior were very few in relation to the population, so we can't conclude with certainty.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1 ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### 1.1 Η μύγα της Μεσογείου

Η μύγα της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), ανήκει στην οικογένεια Tephritidae των Διπτέρων και στο άθροισμα Ceratidini. Αποτελεί το πλέον γνωστό είδος του γένους *Ceratitis*, με ευρεία γεωγραφική κατανομή. Θεωρείται ένας από τους κυριότερους εχθρούς της παγκόσμιας παραγωγής φρούτων διότι, είναι εξαιρετικά πολυφάγο (Liquidó et al., 1991; Papadopoulos et al., 2001) και παρουσιάζει παγκόσμια γεωγραφική εξάπλωση λόγω της υψηλής ικανότητάς του να εισβάλλει σε νέες περιοχές (Diamantidis et al., 2010), η οποία είναι αποτέλεσμα του συνόλου των μορφολογικών, φυσιολογικών και δημογραφικών χαρακτηριστικών που διαθέτει (Diamantidis et al. 2011).

Η πλειονότητα των ειδών της οικογένειας Tephritidae είναι φυτοφάγα, λίγα είναι παρασιτοειδή (είδη της υποοικογένειας Tachiniscinae όπως το *Bibundia* sp.) και κάποια σαπροφάγα (είδη της υποοικογένειας Phytalmiinae κ.α) (Díaz -Fleischer et al., 2000).

Το έντομο προσβάλλει ημι-ώριμους και ώριμους καρπούς πολλών δέντρων, θάμνων και ποωδών φυτών. Ενδημεί σε φυτά τροπικών, υποτροπικών και εύκρατων περιοχών ενώ στην χώρα μας εμφανίζεται από την Κρήτη έως την Βόρεια Ελλάδα. Περισσότερα από 90 είδη του γένους *Ceratitis* έχουν βρεθεί με τη μύγα της Μεσογείου να κατέχει τη θέση του γνωστότερου και σημαντικότερου, από άποψη οικονομικής σημασίας, είδους (De Meyer, 2000).

##### 1.1.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του εντόμου

Οι διαστάσεις του ενήλικου όσον αφορά το μήκος είναι 4-6 mm, ενώ το πλάτος στο 1.2-2 mm. Ο θώρακας, η κοιλία και οι πτέρυγες του εντόμου φέρουν χαρακτηριστικό χρωματισμό με κίτρινες, καστανές, μαύρες και άσπρες κηλίδες (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 1998). Η κεφαλή είναι ελαφρώς κίτρινη ενώ το χρώμα σκουραίνει στις βάσεις των κεραιών, οι οποίες είναι καστανού χρωματισμού με μικρό αριθμό τριχών στο μέσο τους. Τα δύο βασικά άρθρα των κεραιών είναι ερυθροκάστανα και η 'arista' σχεδόν μαύρη. Η κεφαλή του εντόμου καταλαμβάνεται



στο μεγαλύτερο τμήμα της από τους σύνθετους οφθαλμούς που έχουν ιριδίζον πορφυρό έως σκούρο καστανέρυθρο χρώμα ενώ στις γωνίες του προσώπου στα χαμηλά τμήματα υπάρχουν λευκές ακίδες (Steck, 2006). Το μέτωπο του εντόμου μας βοηθά να διακρίνουμε τα αρσενικά από τα θηλυκά. Αυτό συμβαίνει λόγω ενός ζεύγους έμμισχων κερατοειδών αποφύσεων αργυρότεφρου χρώματος που διαθέτουν μόνο τα αρσενικά στο μέτωπό τους. Οι πτέρυγες του εντόμου είναι διαφανείς με κίτρινες, καστανές και μαύρες ζώνες και κηλίδες ενώ το μήκος τους είναι 4.5 mm. Το νωτιαίο τμήμα του θώρακα είναι μαύρο γυαλιστερό με λευκά στίγματα, ενώ το κοιλιακό είναι κιτρινωπό (Εικόνα 1).



**Εικόνα 1 :** Ζωγραφική απεικόνιση της μύγας της Μεσογείου.

Το scutellum είναι μαύρου χρώματος με μια κυματοειδή λευκή γραμμή στο πρόσθιο τμήμά του. Η κοιλιά έχει δύο καστανέρυθρες εγκάρσιες ζώνες και έχει χρώμα πορτοκαλοκίτρινο. Στο τελευταίο κοιλιακό τμήμα, στα θηλυκά, εξέχει ο ωοθέτης που είναι κιτρινέρυθρου χρώματος και μήκους 0.9-1.3 mm. Επίσης, τα πόδια έχουν κίτρινο-ερυθρό χρωματισμό και διαθέτουν κίτρινες σκληρές τρίχες στο οπίσθιο τμήμα της κνήμης (Papadopoulos, 2004). Για να μπορεί να στέκεται σε θέση ανάπαυσης το ενήλικο έχει τις πτέρυγες μισάνοιχτες και με κάποια κλίση της οπίσθιας παρυφής προς το υπόστρωμα (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003).

Τα αυγά του εντόμου είναι λευκά, λεία επιμήκη με ελλειπτικό σχήμα μήκους 0.9-1.1 mm και διάμετρο 0.2-0.3 mm.

Η προνύμφη είναι ακέφαλη (Εικόνα 2), άποδη υπόλευκου χρώματος με στενότερο το πρόσθιο μέρος και κυλινδρικό το οπίσθιο. Οι προνυμφικές ηλικίες είναι τρεις και διακρίνονται μεταξύ τους με βάση το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα των στοματικών αγκίστρων (White & Elson-Harris, 1992) .



**Εικόνα 2:** Προνύμφες σε εργαστηριακή εκτροφή σε νεότερη προνυμφική ηλικία στο αριστερό τμήμα της εικόνας και σε τελευταίου σταδίου στο δεξιό τμήμα.

Το νυμφικό περίβλημα (Εικόνα 3) έχει ελλειψοειδές (βαρελόμορφο) σχήμα και χρώμα ανάλογο με τον ξενιστή από υπόλευκο έως σκούρο καστανό (Papadopoulos, 2004).



**Εικόνα 3:** Νύμφες σε τρυβλίο petri αμέσως μετά την συλλογή τους από το υπόστρωμα νύμφωσης.

## 1.2 Ξενιστές οικονομική σημασία του εντόμου

Ως ένα εξαιρετικά πολυφάγο είδος, η μύγα της Μεσογείου προσβάλλει διάφορους ξενιστές που ανήκουν σε περισσότερες από 67 οικογένειες φυτών (Papadopoulos, 2004). Ο Liquido και οι συνεργάτες του (1991) κατέγραψαν μία λίστα στην οποία ο συνολικός αριθμός των ξενιστών του εντόμου ανέρχεται στους 353. Βέβαια για ορισμένους ξενιστές της παραπάνω λίστας δεν υπάρχουν στοιχεία που να επιβεβαιώνουν την προσβολή τους στο ύπαιθρο. Από τους 353 ξενιστές που αναφέρονται το 40% ανήκει στις οικογένειες Myrtaceae (6%), Rosaceae (10%), Rutaceae (9%), Spotaceae (9%) και Solanaceae (6%). Αργότερα στην περιοχή της Θεσσαλονίκης αναφέρθηκαν δυο επιπλέον ξενιστές το *Malus floridunda* της οικογένειας Rosaceae και το *Carya illinoensis* της οικογένειας Juglandaceae (Papadopoulos, 1999). Σε άλλες περιοχές με τροπικό και υποτροπικό κλίμα η μύγα της Μεσογείου αποτελεί σημαντικό εχθρό καλλιεργειών καφέ, μάνγκο, παπάγιας, αβοκάντο, γκουάβας κ.α. (Papadopoulos, 2004). Στις εύκρατες περιοχές, καλλιέργειες εσπεριδοειδών αποτελούν τους κύριους ξενιστές του εντόμου, ενώ σύκα, πυρηνόκαρπα και γιγαρτόκαρπα προσβάλλονται σε υψηλά ποσοστά (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 1998). Στις Μεσογειακές περιοχές το *C. capitata* θεωρείται από τους σημαντικότερους εχθρούς των καρποφόρων δέντρων (Fimiani, 1989). Στη χώρα μας προκαλεί σημαντικές ζημιές σε εσπεριδοειδή, αχλάδια, μήλα, ροδάκινα, βερίκοκα, σύκα και άλλα φρούτα (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 1998). Στις παραλιακές περιοχές του νομού Μαγνησίας εκτός από τα γιγαρτόκαρπα και τα πυρηνόκαρπα το έντομο προσβάλλει νεράτζια, πορτοκάλια και μανταρίνια, ενώ στις αρχές του καλοκαιριού σημαντικός ξενιστής είναι τα βερίκοκα (Παπαδόπουλος και συνεργάτες, 2012). Συνήθως προτιμώνται από το έντομο οι ώριμοι και οι ζουμεροί καρποί με λεπτό φλοιό (Steck, 2006). Όπως φαίνεται υπάρχει ένας 'ισχυρός δεσμός' μεταξύ της μύγας της Μεσογείου και κάποιων ξενιστών που δεν ταυτίζεται μόνο με την ωστοκία και την ανάπτυξη προνυμφών. Έχει τεκμηριωθεί ότι σχεδόν όλες οι δραστηριότητες των ενηλίκων, συμπεριλαμβανομένης και της εκδήλωσης σεξουαλικής συμπεριφοράς, της ανάπαυσης και της διατροφής λαμβάνουν χώρα σε συγκεκριμένα φυτά ξενιστές (Papadopoulos et al., 2015).

Όσον αφορά την οικονομική σημασία της προσβολής του εντόμου στην Ευρώπη οι απώλειες εκτιμάται ότι ανέρχονται σε 12 δις ευρώ το χρόνο (Weldon et al., 2016). Η μύγα της Μεσογείου λόγω του μεγάλου εύρους των ξενιστών, της

τεράστιας αναπαραγωγικής της ικανότητας και της μεγάλης προσαρμοστικότητας σε νέα περιβάλλοντα θεωρείται ο πιο καταστροφικός εχθρός για την παραγωγή φρούτων παγκοσμίως, έχοντας τη δυνατότητα να προκαλέσει ζημιά δισεκατομμυρίων ευρώ μέσα σε λίγους μήνες σε εθνικό επίπεδο (Salvemini et al., 2014). Η διασπορά και μεταφορά της μύγας της Μεσογείου σε νέες περιοχές πραγματοποιείται μέσω τοπικών πωλήσεων ή εξαγωγών φρούτων και έχει τη δυνατότητα να διασπαρεί μέσω πτήσης τουλάχιστον 20km, γεγονός που περιπλέκει τις προσπάθειες για την αντιμετώπιση του εντόμου (Ordax, 2015). Έτσι το *C. capitata* κατάφερε να εξαπλωθεί σε περισσότερες από 70 χώρες και να αποτελέσει εχθρό των καλλιεργειών σε πολλές από αυτές (EPPO, 1981). Η παρουσία και μόνιμη εγκατάσταση της μύγας της Μεσογείου σε μία περιοχή συνεπάγεται σημαντικές οικονομικές συνέπειες για την προστασία της παραγωγής. Η μύγα της Μεσογείου θεωρείται έντομο “καραντίνας” σε χώρες που δεν έχει εγκατασταθεί ακόμη, και το γεγονός αυτό, δυσκολεύει πολύ το εμπόριο προς τέτοιες χώρες, καθώς και τη μεταφορά φρούτων από περιοχές όπου το έντομο ενδημεί. Σε αυτές τις περιοχές απαιτούνται αυστηρά μέτρα απεντόμωσης που αυξάνουν σημαντικά το κόστος (Mitchell & Saul, 1990). Η “καραντίνα” είναι υποχρεωτική για να μην εξαπλωθεί μέσω του εμπορίου και σε άλλες περιοχές που δεν έχει ακόμα εμφανιστεί ή έχει τεθεί υπό έλεγχο ή εξαλειφθεί (Joint FAO/IAEA Programme, 2013).

Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες η μύγα της Μεσογείου προκαλεί σημαντικές ζημιές στην παραγωγή των φρούτων σε περιοχές της Ηπείρου (Αρτα), Πελοποννήσου (Αχαΐα, Αργολίδα), Κρήτης (Ηράκλειο, Χανιά) και Θεσσαλίας (Λάρισα, Μαγνησία) ενώ υπάρχουν αναφορές για την παρουσία του εντόμου σε όλες σχεδόν τις παραθαλάσσιες περιοχές της χώρας (Παπαδόπουλος και συνεργάτες, 2010). Στη χώρα μας, η εγκατάστασή της σε βορειότερες φρουτοπαραγωγικές περιοχές θα δημιουργεί προβλήματα τόσο στην παραγωγή όσο και στο εμπόριο και την εξαγωγή φρούτων βλάπτοντας έτσι την τοπική και εθνική οικονομία (Παπαδόπουλος και συνεργάτες, 2012).

### **1.3 Καταγωγή και γεωγραφική εξάπλωση**

Το *capitata*, σύμφωνα με μια σειρά από γενετικές μελέτες σε πληθυσμούς από διαφορετικές ηπείρους, κατάγεται από την Αφρική και συγκεκριμένα από περιοχές

νότια της ερήμου Σαχάρα (Kourti et al., 1992, Malacrida et al., 1998, Kourti, 2002). Η εξάπλωση και εγκατάσταση του εντόμου σε νέες περιοχές φαίνεται να ξεκίνησε από τη Μεσόγειο, με πρώτη καταγραφή του είδους το 1842 στην Ισπανία και αργότερα το 1898 στην Πορτογαλία (Fimiani, 1989).

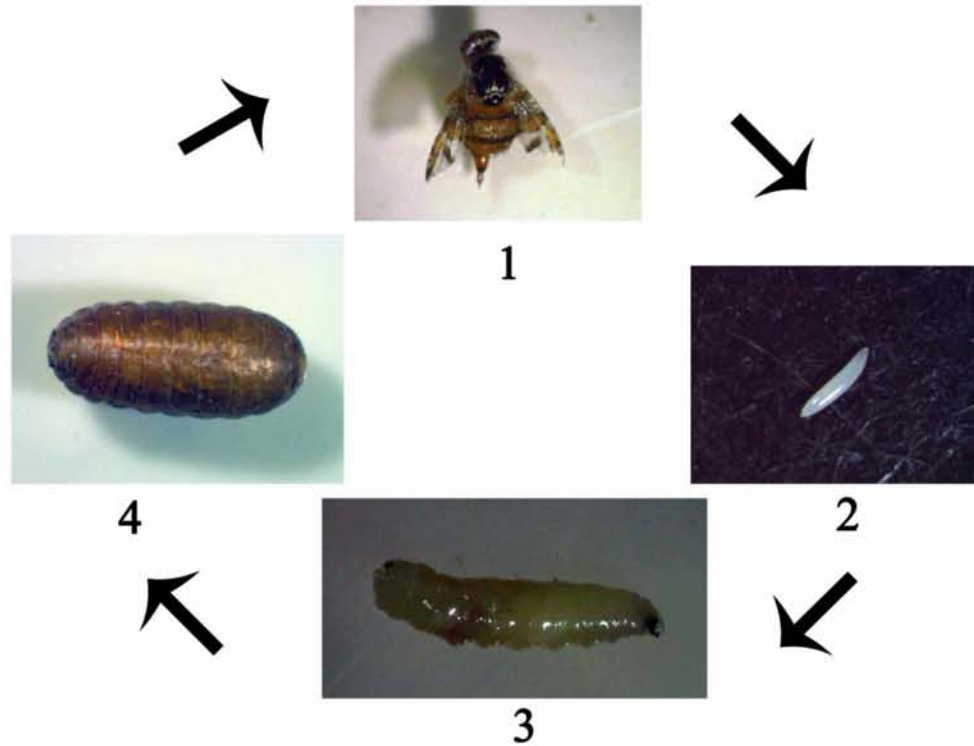
Ο εποικισμός της Μεσογείου πραγματοποιήθηκε, είτε μέσω της κοιλάδας του Νείλου και στη συνέχεια από τα παράλια της Μέσης Ανατολής στις λοιπές Μεσογειακές χώρες, είτε μέσω των παράλιων της Δυτικής Αφρικής αρχικά στην Ισπανία και έπειτα στις υπόλοιπες χώρες της Μεσογείου (Papadopoulos, 1999). Στις περιοχές του Νέου Κόσμου (Λατινική Αμερική) η εισβολή πραγματοποιήθηκε από την Ισπανία μέσω του εμπορίου φρούτων. Σε όλες τις χώρες της νότιας και κεντρικής Αμερικής το έντομο ενδημεί εκτός από το Μεξικό απ'όπου εξαλείφθηκε ύστερα από συντονισμένες προσπάθειες (White & Elson-Harris, 1992). Η παρουσία της μύγας της Μεσογείου έχει επιβεβαιωθεί στη βόρεια Αμερική, με πρώτη καταγραφή το 1926 στην κεντρική Φλόριντα (Hagen et al., 1981). Προγράμματα εξάλειψης απέτρεψαν την εγκατάσταση στις περισσότερες περιπτώσεις με μοναδική εξαίρεση την πολιτεία της Καλιφόρνιας όπου είναι βέβαιο ότι έχει εγκατασταθεί η μύγα της Μεσογείου όσο και άλλα είδη της οικογένειας Tephritidae (Papadopoulos et al., 2013). Επίσης, το έντομο ενδημεί στη δυτική Αυστραλία, τη Μέση Ανατολή, σε νησιά του Ατλαντικού, Ειρηνικού και Ινδικού ωκεανού (White & Elson-Harris, 1992). Η περιστασιακή εμφάνιση του εντόμου στο Βέλγιο, τη Γερμανία, την Ουγγαρία και τη Σουηδία θα πρέπει να αποδοθεί στη μεταφορά προσβεβλημένων καρπών από άλλες χώρες καθώς το έντομο δεν ενδημεί σε τόσο μεγάλα γεωγραφικά πλάτη (Papadopoulos, 2004).

Στην Ελλάδα η μύγα της Μεσογείου εντοπίστηκε για πρώτη φορά σε οπωρώνες εσπεριδοειδών της Αττικής και της Αίγινας το 1915. Αργότερα έκανε την εμφάνισή της στην ηπειρωτική Ελλάδα και σε άλλα νησιά (Fimiani, 1989). Από τότε έχει καταγραφεί στις περισσότερες παραλιακές περιοχές αλλά και σε ηπειρωτικές περιοχές των νοτιότερων γεωγραφικών διαμερισμάτων. Τις τελευταίες όμως δεκαετίες έχει παρατηρηθεί διασπορά του εντόμου και σε βορειότερες και ψυχρότερες περιοχές της χώρας (Παπαδόπουλος, 1999, Παπαδόπουλος και συνεργάτες, 2010). Στην κεντρική και νότια πλευρά η παρουσία της μύγας της Μεσογείου έχει καταγραφεί στην Αττική, την Πάτρα, τη Χίο και την Κρήτη. Στη βόρεια Ελλάδα η παρουσία της μύγας της Μεσογείου σημειώθηκε στην περιοχή της Θεσσαλονίκης το 1959 (Παπαδόπουλος και συνεργάτες, 2012). Μελέτες τα τελευταία

20 χρόνια στην περιοχή της Θεσσαλονίκης έδειξαν ότι το έντομο είναι σοβαρός εχθρός των καρποφόρων δέντρων των οποίων οι καρποί ωριμάζουν στο τέλος του καλοκαιριού και φθινοπώρου (Papadopoulos et al., 1996, 1998, 2001a). Τη βορειότερη ζώνη εξάπλωσης της μύγας της Μεσογείου φαίνεται να αποτελούν και ορισμένες παραθαλάσσιες περιοχές της Κροατίας και του Μαυροβούνιου όπου καλλιεργούνται εσπεριδοειδή (Παπαδόπουλος, 1999, Randonjic et al., 2013).

#### **1.4 Βιολογία του εντόμου και ζημιές**

Η μύγα της Μεσογείου συμπληρώνει αρκετές γενιές το έτος καθώς είναι πολυκυκλικό, ομοδυναμικό είδος. Τον αριθμό των γενεών ανά έτος καθορίζει η γεωγραφική περιοχή, οι κλιματικές συνθήκες (κυρίως η θερμοκρασία) και η διαθεσιμότητα ξενιστών (Fletcher, 1989). Θεωρείται πως στη χώρα μας συμπληρώνει 3-7 γενεές το έτος (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 1998). Στις νότιες περιοχές της Μεσογείου καθώς και σε τροπικές, υποτροπικές περιοχές το έντομο αναπτύσσεται σε όλη τη διάρκεια του έτους χωρίς καμία διακοπή (Mavrikakis et al., 2000). Αντίθετα σε βορειότερες περιοχές (Θεσσαλονίκη) όπου οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές, το χειμώνα η επιβίωση των ενηλίκων είναι δύσκολη, έτσι το έντομο διαχειμάζει ως προνύμφη σε προσβεβλημένους καρπούς στα δέντρα ή σε αυτούς που έχουν πέσει στο έδαφος (Papadopoulos et al., 1996, Katsoyannos et al., 1998). Οι προνύμφες περνούν το μεγαλύτερο μέρος της ψυχρής περιόδου προστατευμένες στο εσωτερικό των καρπών. Την άνοιξη γίνεται η πρώτη εμφάνιση των ενηλίκων ατόμων τα οποία διασπείρονται για αναζήτηση τροφής. Στην αναζήτηση τροφής έχει παρατηρηθεί ότι τα θηλυκά φτάνουν σε πιο απομακρυσμένες αποστάσεις, σε σχέση με τα αρσενικά, όπου ορισμένες φορές αποικίζουν νέα ενδιαίτηματα (Hendrichs et al., 1991). Τα ενήλικα τρέφονται με πρωτεϊνούχα και ζαχαρούχα θρεπτικά υποστρώματα προκειμένου να ωριμάσουν αναπαραγωγικά (Christenson & Foote, 1960). Τέτοιες ουσίες είναι το νέκταρ, μελλιτώδη απεκκρίματα κοκκοειδών ή σε περίπτωση ανάγκης στερεές ουσίες που το σάλιο τους έχει τη δυνατότητα να ρευστοποιεί ώστε να τις καταπιούν με την σπογγίζουσα προβοσκίδα τους (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003).



**Σχήμα 1 :** Βιολογικός κύκλος της μύγας της Μεσογείου: 1. Ενήλικο, 2 Αυγά, 3. Προνύμφη, 4.Νύμφη.

Αφού ολοκληρωθεί η αναπαραγωγική ωρίμανση και στα δύο φύλα ακολουθεί η σύζευξη. Τα αρσενικά συγκροτούν χαλαρές συναθροίσεις τύπου "lek" στην κάτω επιφάνεια των φύλλων ξενιστών με σκοπό να προσελκύσουν παρθένα θηλυκά (Eberhard, 2000). Τα θηλυκά έλκονται από τα αρσενικά και θεωρείται ότι επιλέγουν το «καλύτερο» αρσενικό για να συζευχθούν (Papadopoulos et al., 2015). Στη συνέχεια ακολουθεί μια αλληλουχία συμπεριφορών (ερωτοτροπία) και από τα δύο φύλα που συνήθως οδηγεί στη σύζευξη (Feron, 1962).

Μετά τη σύζευξη τα θηλυκά ωοτοκούν σε ημιώριμους ή ώριμους καρπούς, διατρυπώντας με τον ωοθέτη τους στο περικάρπιο ή το μεσοκάρπιο των καρπών και τοποθετούν στο βάθος της οπής από 1 έως 10 αυγά (Prokopy et al., 1978). Η οπή ωοτοκίας στα εσπεριδοειδή ή αλλιώς το νύγμα ωοτοκίας είναι συνήθως ευδιάκριτο, με χρώμα μαύρο ή σκοτεινό καστανό διαμέτρου 1 mm. Όταν οι καρποί είναι ακόμα πρασινωποί το νύγμα ωοτοκίας περιβάλλεται από μία γλωρωτική κηλίδα διαμέτρου 10-20 mm, η οποία δεν είναι ευδιάκριτη σε καρπούς ώριμους που το τελικό τους

χρώμα είναι κίτρινο ή πορτοκαλί (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Ο αριθμός των αυγών σε κάθε ωοτοκία κυμαίνεται και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες αλλά κυρίως από το είδος του καρπού (Papadopoulos et al., 2002, Papachristos et al., 2008). Στη συνέχεια αφού ολοκληρώσει την ωοτοκία το θηλυκό περνάει τον ωοθέτη γύρω από την επιφάνεια της οπής ωοτοκίας αλλά και στον υπόλοιπο καρπό αποθέτοντας φερομόνη. Η φερομόνη αυτή αποτρέπει άλλα θηλυκά να ωοτοκήσουν στον ίδιο καρπό (Prokopy et al., 1978). Βέβαια το θηλυκό συχνά ωοτοκεί σε οπές ωοτοκίας άλλων θηλυκών του ίδιου είδους (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003), ακόμα και αν έχουν ήδη εναποτεθεί εκεί 75 ή και περισσότερα αυγά (Steck, 2006). Οι προνύμφες είναι κοντά η μία στην άλλη και καθώς αναπτύσσονται καταστρέφουν τον καρπό που μπορεί να είναι ώριμος ή σχεδόν ώριμος (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003).

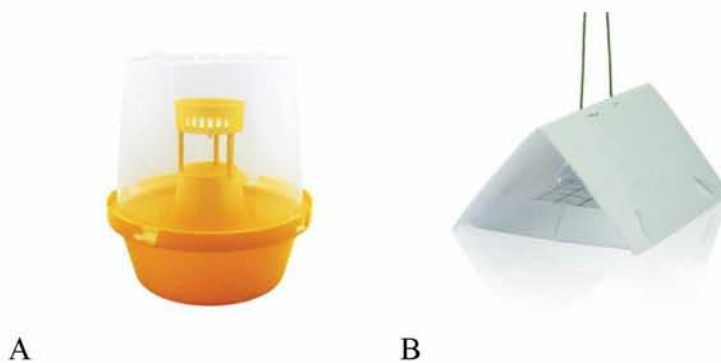
Η ποικιλία και το είδος των καρπών που αναπτύσσονται οι προνύμφες παίζει σημαντικό ρόλο σε παραμέτρους που σχετίζονται με τη γονιμότητα και τη μακροζωία των ατόμων που προκύπτουν (Carey, 1984, Krainacker et al., 1987, Papachristos & Papadopoulos, 2009). Στους καρπούς των ξενιστών εκτός από την άμεση καταστροφή της σάρκας δημιουργείται γόνιμο έδαφος για την ανάπτυξη δευτερογενών μυκήτων αλλά και βακτηρίων που οδηγούν σε επιπλέον ζημιά. Αν ο καρπός σαπίσει βρίσκουν καταφύγιο και άλλα έντομα που εναποθέτουν τα αυγά τους σε αυτόν και επιτείνουν τη ζημιά. Μετά την ολοκλήρωση της ανάπτυξης οι προνύμφες εγκαταλείπουν τον καρπό, πέφτουν στο έδαφος και νυμφώνονται σε βάθος μικρότερο από 5cm (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 1998).

## **1.5 Καταπολέμηση**

Για την αντιμετώπιση της μύγας της Μεσογείου χρησιμοποιούνται συνήθως δολωματικοί ψεκασμοί ή ψεκασμοί πλήρους κάλυψης με οργανοφωσφορικά ή πυρεθροειδή κυρίως εντομοκτόνα. Όσον αφορά στους δολωματικούς ψεκασμούς, όταν γίνονται από το έδαφος καλύπτουν ένα μέρος της κόμης κάθε δέντρου ή κάθε 2ου δέντρου ή 3ου δέντρου. Εκτός από το εντομοκτόνο γίνεται και προσθήκη ελκυστικής ουσίας, η οποία είναι συνήθως υδρόλυμα πρωτεϊνών, ή φυσικό ή συνθετικό προϊόν αποσύνθεσης πρωτεϊνικών ουσιών (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003).



Ο πληθυσμός των εντόμων καλό είναι να παρακολουθείται με τροφικές και φερομονικές παγίδες (τύπου McPhail και Jackson αντίστοιχα). Αν δεν πραγματοποιείται παρακολούθηση, τότε θα πρέπει να προστατεύονται οι καρποί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 1998). Τα τροφικά ελκυστικά που χρησιμοποιούνται συνήθως στις παγίδες τύπου McPhail είναι οξικό αμμώνιο, πουτρεσκίνη και τριμεθυλαμίνη. Αντίστοιχα στις παγίδες τύπου Jackson εφαρμόζεται η παραφερομόνη trimedlure που προσελκύει τα αρσενικά (Katsoyannos et al., 1999α, Katsoyannos et al., 1999β, Papadopoulos, 2004).



**Εικόνα 4:** Πλαστική παγίδα (A) McPhail. Παγίδα Δέλτα (B)

(Διαδίκτυο - Peggy Greb, USDA).

Άλλα μέτρα που εφαρμόζονται για την καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου είναι η εξαπόλυση στείρων εντόμων, η μαζική παγίδευση, η βιολογική καταπολέμηση και η εφαρμογή καλλιεργητικών και νομοθετικών μέτρων (Mitchell & Saul, 1990). Η μέθοδος στείρωσης και εξαπόλυσης στείρων εντόμων ή αλλιώς SIT (Sterile Insect Release Technique) έχει ευρεία έκταση και εφαρμόζεται σε πολλές χώρες με αρκετά καλά αποτελέσματα. Στόχος της μεθόδου είναι τα στείρωμένα αρσενικά να συζευχθούν με τα άγρια θηλυκά έτσι ώστε αυτά να εναποθέσουν άγονα αυγά (Dyck et al., 2005). Βέβαια για να θεωρηθεί η μέθοδος αποτελεσματική θα πρέπει τα στείρωμένα αρσενικά να ανταγωνίζονται με επιτυχία τα άγρια σε όλα τα στάδια της σεξουαλικής συμπεριφοράς (προσέλκυση, ερωτοτροπία και σύζευξη) (Prokopy & Hendrichs, 1979). Τα στείρωμένα άτομα με τη χρήση ακτινοβολίας, κατά κανόνα εμφανίζουν μειωμένη σεξουαλική ανταγωνιστικότητα σε σχέση με τα άγρια αρσενικά (Shelly et al., 1994, Shelly & Whittier, 1996, Hendrichs et al., 1996). Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί αύξηση της σεξουαλικής

ανταγωνιστικότητας των στερωμένων αρσενικών με τη χρήση ουσιών φυτικής προέλευσης από ξενιστές και μη ξενιστές του εντόμου (Kouloussis et al., 2013).

Η στειρότητα στα θηλυκά άτομα μπορεί να επιτευχθεί με επιτυχία και στο ύπαιθρο με τη χρήση τροφικών ελκυστικών που φέρουν ρυθμιστές ανάπτυξης των εντόμων (IGRs) όπως lufenuron. Η ουσία αυτή ήταν αποτελεσματική τόσο στο εργαστήριο (Casana-Giner et. al., 1999) όσο και στο ύπαιθρο (Navarro-Llopis et. al., 2007). Το πλεονέκτημα της μεθόδου σε σχέση με τη χρήση εντομοκτόνων είναι η μείωση των πληθυσμών σε βάθος χρόνου.

Η αντιμετώπιση του εντόμου μπορεί να επιτευχθεί και με τη μέθοδο της μαζικής παγίδευσης, ειδικά σε περιοχές με σχετικά μικρή πυκνότητα πληθυσμού. Στη χώρα μας η μαζική παγίδευση έχει εφαρμοστεί με επιτυχία στην περιοχή της Κορινθίας (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 1998 από Ζέρβας και συνεργάτες, 1997). Η αποτελεσματικότητα των παγίδων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος, το χρώμα και το σχήμα τους (Epsky et al., 1995, Katsoyannos, 1994, Vargas et al., 1997a). Πλέον η χρήση εξειδικευμένων τροφικών ελκυστικών για τα θηλυκά του εντόμου, που αναπτυχτήκαν στο πρόσφατο παρελθόν, κατέστησαν πιο αποδοτική την εφαρμογή της μεθόδου της μαζικής παγίδευσης τόσο από πρακτική όσο και από οικονομική άποψη (Katsyannos et al., 1999 α,β).

Η βιολογική καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου γίνεται κυρίως με την εκτροφή και εξαπόλυση ιθαγενών και εξωτικών παρασιτοειδών με σκοπό τη μείωση των πληθυσμών του εντόμου (Papadopoulos and Katsoyannos, 2003). Η μέθοδος μπορεί να έχει πιο καλά αποτελέσματα αν συνδυαστεί με τη μέθοδο εξαπόλυσης στερωμένων εντόμων (Vreysen et al., 2007). Στη βιολογική καταπολέμηση χρησιμοποιούνται κατά βάση υμενόπτερα της οικογένειας Braconidae, όπως για παράδειγμα το *Diachasmimorpha longicaudata* (Paranhos et al., 2002). Στη χώρα μας έχει γίνει μόνο μία προσπάθεια βιολογικής καταπολέμησης με το παρασιτοειδές *Dirhimus giffardii* (Hymenoptera: Chalcididae). Το παρασιτοειδές εισήχθη από το Ισραήλ το 1962 και εξαπολύθηκε στη νότια ηπειρωτική Ελλάδα, χωρίς ωστόσο να διαπιστωθεί η παρουσία του μετά τις εξαπολύσεις (Papadopoulos & Katsoyannos, 2003 από Greathead, 1976).

Τέλος, στα καλλιεργητικά μέτρα ανήκουν η συλλογή και καταστροφή των προσβεβλημένων καρπών αλλά και η καταστροφή των άγριων ξενιστών που βρίσκονται κοντά στην καλλιέργεια. Στα νομοθετικά μέτρα αντιμετώπισης της μύγας

της Μεσογείου ανήκει η θέσπιση αυστηρών κανόνων για τη διακίνηση φρούτων έτσι ώστε να μη γίνει εισαγωγή του εντόμου σε περιοχές που ακόμα δεν έχει εγκατασταθεί. Μετασυλλεκτικά, οι καρποί θα πρέπει να έχουν υποστεί τις κατάλληλες μεταχειρίσεις οι οποίες θα εξασφαλίζουν 99.9968% θνησιμότητα των ενηλίκων εντόμων έτσι ώστε να προωθηθούν στις αγορές (Papadopoulos, 2008).

## **1.6 Σεξουαλική συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου**

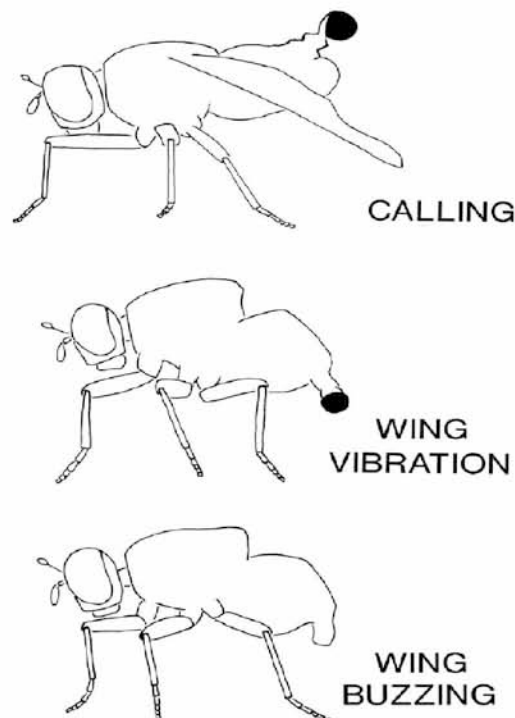
Απαραίτητη για την αναπαραγωγική ωρίμανση των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου είναι η διατροφή τους λίγες ημέρες μετά την έξοδο από το νυμφικό περίβλημα, με πρωτεϊνούχα ή σακχαρούχα θρεπτικά υποστρώματα (Christenson & Foole, 1960). Για παράδειγμα είναι γνωστό ότι για να ωριμάσουν σεξουαλικά και να εκτελέσουν το σεξουαλικό κάλεσμα τα αρσενικά του *C. capitata* (και άλλων ειδών της οικογένειας Tephritidae) πρέπει να διατραφούν με πρωτεϊνικής σύστασης ουσίες, πλούσιες σε υδατάνθρακες. Γενικά είναι αποδεκτό ότι η επαρκής ποσοτικά και ποιοτικά θρέψη των αρσενικών του *C. capitata*, είναι καθοριστικής σημασίας για την ποσότητα ενέργειας που δαπανούν, την παραγωγή φερομόνης και γενικότερα για τη σύζευξή τους με τα θηλυκά (Papadopoulos et al., 1998a).

### **1.6.1 Σεξουαλική συμπεριφορά αρσενικών**

Η αναπαραγωγική συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου έχει μελετηθεί εκτενώς με τις περισσότερες μελέτες να αφορούν το σεξουαλικό κάλεσμα των αρσενικών. Τα αρσενικά του *C. capitata* είναι πολυγαμικά. Αυτό σημαίνει ότι συζευγνύονται με όσο το δυνατόν περισσότερα θηλυκά ανταποκριθούν στο κάλεσμά τους. Αντίθετα τα θηλυκά είναι oligογαμικά και αρκούνται σε μια με δύο συζεύξεις σε όλη τη διάρκεια ζωής τους (Bonizzoni et al., 2002). Στα αρσενικά άτομα η σεξουαλική συμπεριφορά βασίζεται σε συναθροίσεις στην κάτω επιφάνεια φύλλων ξενιστών, οι οποίες όπως αναφέρθηκε, χαρακτηρίζονται τύπου “lek”. Από τις θέσεις αυτές τα αρσενικά εκλύουν σεξουαλική φερομόνη, ελκυστική προς τα θηλυκά. Η συμπεριφορά αυτή χαρακτηρίζεται ως σεξουαλικό κάλεσμα (Briceno et al., 1996).

Η κυριαρχία ενός αρσενικού σε μια περιοχή όπως και η ερωτοτροπία μπορούν να οδηγήσουν σε επιτυχή σύζευξη (Arita and Kaneshiro, 1989). Μετά την

προσέγγιση μιας πιθανής 'συντρόφου', ακολουθεί μια αλληλουχία συμπεριφορών ή αλλιώς ερωτοτροπία (courtship), που οδηγεί στη σύζευξη των 2 φύλων. Στο πρώτο στάδιο της ερωτοτροπίας (sexual signaling - calling), το αρσενικό εκλύει σεξουαλική φερομόνη, κάμπτοντας προς τα πάνω το εδραίο επιθήλιο (Quilici et al., 2002). Στη συνέχεια, το αρσενικό ξεκινά μια ακατάπαυστη δόνηση των πτερύγων (fanning - wing vibration), ενώ η κοιλιά κάμπτεται εσωτερικά. Τα κοιλιακά πλευρά είναι έντονα διογκωμένα. Αυτό το στάδιο ξεκινά με την οπτική επαφή ενός θηλυκού στο άμεσο - κοντινό περιβάλλον του (Quilici et al., 2002). Έπειτα από περίπου 6 δευτερόλεπτα συνεχούς δόνησης των πτερύγων, ακολουθεί το επόμενο στάδιο του συνεχούς «wing buzzing», κατά το οποίο οι πτέρυγες κινούνται ρυθμικά μπρος - πίσω, παράγοντας θορύβους μέσης συχνότητας 350 Hz (Briceno et al., 2002).



**Σχήμα 2:** Τα τρία πρώτα στάδια του σεξουαλικού καλέσματος των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου (Briceno et al., 1996).

Ακολουθεί το στάδιο της «απόπειρας» σύζευξης από το αρσενικό (mounting attempt). Εδώ τα άτομα των 2 φύλων έχουν έρθει πολύ κοντά (λιγότερο από 0,75cm) και είναι προσανατολισμένα αντικρίζοντας το ένα το άλλο υπό γωνία. Λίγο πριν την απόπειρα σύζευξης έχει παρατηρηθεί ότι το αρσενικό περιστρέφει ρυθμικά το κεφάλι

του (head rocking). Το αρσενικό άτομο αφού προσγειωθεί στη πλάτη του θηλυκού, περιστρέφεται κατά 180° (Briceno et al., 1996). Σ' αυτό το στάδιο το θηλυκό έχει πάλι τη δυνατότητα να απορρίψει το αρσενικό και να σταματήσει τη διαδικασία της σύζευξης. Αν αυτό δεν γίνει αρχίζει η σύζευξη. Έχει παρατηρηθεί ότι κάποιες φορές κατά τη διάρκεια της σύζευξης τα αρσενικά εξακολουθούν να 'βουίζουν' τις πτέρυγές τους. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποσκοπεί στην αύξηση του χρόνου σύζευξης ή στο να κρατούν καλύτερη ισορροπία τα αρσενικά. Για να πραγματοποιηθεί η σύζευξη το αρσενικό ακινητοποιεί την άκρη του γενετικού οπλισμού του θηλυκού με τις άκρες των πίσω ποδιών του ενώ παράλληλα κρατάει το θηλυκό από την άκρη της κοιλιάς του (Briceno et al., 1996).

### **1.6.2 Επίδραση φυτικών ουσιών στη σεξουαλική συμπεριφορά της μύγας Μεσογείου**

Έρευνες αποδεικνύουν ότι η έκθεση αρσενικών ενηλίκων του *C. capitata* σε συγκεκριμένες ουσίες φυτικής προέλευσης, αυξάνει τη σεξουαλική τους ανταγωνιστικότητα. Σε αυτές τις ουσίες συγκαταλέγονται: (α) καρποί και έλαια προερχόμενα από καρπούς πορτοκαλιάς (*Citrus sinensis* L)(Papadopoulos et.al, 2001), (β) ουσίες που προέρχονται από το φλοιό και τους καρπούς του φυτού γκουάβα (*Psidium guajava* L), (γ) αιθέριο έλαιο πιπερόριζας (Ginger root oil) και έλαιο από σπόρους αγγελικής και (δ) έλαιο μανούκας από τη Ν. Ζηλανδία (manuka oil ) (Shelly et al., 2008).

Παρά το γεγονός ότι δεν έχουν εξακριβωθεί οι χημικές ουσίες που ευθύνονται για την αύξηση της σεξουαλικής ανταγωνιστικότητας των αρσενικών, οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα αποδεικνύουν ότι ο υδρογονάνθρακας (τερπένιο) *a-copaene*, προσελκύει ισχυρά τα αρσενικά (Flath, 1994a, b). Το *a-copaene*, απαντάται σε πολλά φυτικά είδη, όπως καλαμπόκι, βελανιδιά, σιτάρι, πεύκο ενώ βρίσκεται σε παρά πολλά είδη φυτών που αποτελούν ξενιστές της μύγας της Μεσογείου, όπως τα εσπεριδοειδή (*Citrus* spp). Η συγκέντρωσή της (καθώς και η μορφή των τερπενίων που σχετίζονται με αυτή, μονό- η πολύ-κυκλικά) ποικίλει στα διάφορα φυτικά είδη (Shelly et al., 2008). Βρέθηκε λοιπόν, ότι όταν τα αρσενικά άτομα εκτίθενται σε μέρη φυτών (καρποί) και σε αιθέρια έλαια που περιέχουν το *a-copaene* ως συστατικό αυξάνεται η αναπαραγωγική επιτυχία των αρσενικών (Shelly

et al., 2008). Πολλά συναφή τερπενοειδή που συνυπάρχουν με την *a-copaene* επηρεάζουν επίσης τη σεξουαλική συμπεριφορά των αρσενικών της μύγας Μεσογείου είτε ανεξάρτητα είτε σε συνδυασμό με το *a-copaene* (Flath, 1994a, b).

### **1.6.3 Συμπεριφορά αρσενικών της μύγας της Μεσογείου μετά από έκθεση σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού**

Τα αρσενικά της μύγας της Μεσογείου προσελκύονται έντονα από τις οσμές των εσπεριδοειδών, ενώ η έκθεση (με επαφή ή ατμό) σε αυτά τα φυτικά εκχυλίσματα ενισχύει σημαντικά την επιτυχία της σύζευξης. Η βελτίωση της επιτυχίας αυτής φαίνεται να συνδέεται με υψηλότερα ποσοστά απελευθέρωσης φερομόνης από την κοιλία των εκτεθειμένων αρσενικών σε σχέση με τα μη εκτεθειμένα σε αυτές τις ενώσεις (Papadopoulos et al., 2001). Υπεύθυνο για αυτό το φαινόμενο είναι το *a-copaene* και άλλες ενώσεις που περιέχονται στο αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού όπως αναφέρθηκε παραπάνω (Katsoyannos et al., 1997, Shelly, 2009). Ωστόσο, πρόσφατες έρευνες καταδεικνύουν ότι οι ενώσεις εσπεριδοειδών, εκτός του *a-copaene*, μπορούν επίσης να προσδώσουν σημαντικά πλεονεκτήματα στη σύζευξη των αρσενικών του *C. capitata*. Σύμφωνα με μελέτες, η έκθεση των αρσενικών στις οσμές του οξυγονωμένης μονοτερπενικής λιναλούλης (linalool), καθώς και σε ένα μείγμα που αποτελείται από ίσες ποσότητες καθαρής λιναλούλης, λιμονένιου (limonene), *α-pinene*, *β-myrcene* και *geraniol*, βελτίωσαν σημαντικά την ανταγωνιστικότητα σύζευξης (Juan-Blasco et al., 2013, Kouloussis et al., 2013). Επίσης, ισχυρή ανταπόκριση παρουσίασαν τα αρσενικά της μύγας της Μεσογείου και σε εμπορικό αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού, που εφαρμόστηκε στην επιφάνεια κίτρινων σφαιρών (Katsoyannos et al., 1997).

Επιπρόσθετα, σε εργαστηριακές συνθήκες, φαίνεται ότι τα αρσενικά που προσελκύνταν πάνω σε επιφανειακά τραυματισμένους φλοιούς πορτοκαλιών και τρέφονται εκεί, είναι πιο ανταγωνιστικά έναντι αυτών των ατόμων που δεν ήρθαν σε επαφή με τραυματισμένες επιφάνειες (Papadopoulos et al., 2001a, Katsoyannos et al., 1997).

### **1.7 Εκδήλωση ύπτιας συμπεριφοράς (supine)**

Η εκδήλωση ύπτιας συμπεριφοράς εμφανίζεται σε γηραιότερες μύγες της Μεσογείου αλλά κυρίως σε άτομα που πλησιάζουν σταδιακά το θάνατο. Το όνομα

αυτής της κατάστασης είναι συνυφασμένο με την ανάποδη θέση των εντόμων που παραμένουν προσωρινά ακίνητα. Συγκεκριμένα, τα αρσενικά της μύγας της Μεσογείου που εκδηλώνουν ύπτια συμπεριφορά (supine) βρίσκονται στην κάτω επιφάνεια του κλουβιού με τα πόδια προς τα επάνω και μοιάζουν νεκρά. Η κατάσταση αυτή αλλάζει όταν από μόνα τους ή με κάποιο ελαφρύ ερέθισμα επανέρχονται στην κανονική τους όρθια θέση, περπατούν, τρέφονται και πετούν. Κάθε ενήλικο έντομο που βρίσκεται σε ύπτια θέση είναι ‘δυσλειτουργικό’ και έχει παρατηρηθεί ότι σταδιακά δαπανά περισσότερο χρόνο στη θέση αυτή. Η ‘υγεία’ των εντόμων της μύγας της Μεσογείου επηρεάζεται αρνητικά σε σχέση με τα άτομα που βρίσκονται στη ίδια ηλικία αλλά δεν παρουσιάζουν τη συμπεριφορά αυτή (Crimmins et al., 1994, 1996, Manton et al., 1997, Manton & Land, 2000). Σε πολλά αρσενικά της μύγας της Μεσογείου η ύπτια συμπεριφορά αρχίζει να συμβαίνει περίπου δύο έως τρεις εβδομάδες πριν από το θάνατό τους. Η συμπεριφορά supine παρατηρήθηκε σπάνια σε πολύ νεαρές μύγες (λιγότερο των 25 ημερών) αλλά συχνά εμφανίστηκε σε μύγες ηλικίας άνω των 50 ημερών, κατά τις οποίες το ποσοστό θνησιμότητας άρχισε να αυξάνεται σημαντικά (Papadopoulos et al., 2002).

### **1.8 Σκοπός της παρούσας διατριβής**

Καθώς δεν είναι γνωστό το πώς η έκθεση σε αιθέριο έλαιο εσπεριδοειδών αλληλεπιδρά με την τροφή των ενηλίκων και επηρεάζει τη διάρκεια ζωής, την εκδήλωση σεξουαλικού καλέσματος και την εκδήλωση της ύπτιας συμπεριφοράς, πραγματοποιήσαμε την παρούσα εργασία με σκοπό να μελετήσουμε την επίδραση του αιθέριου ελαίου πορτοκαλιού:

- A) στην επιβίωση,
- B) στη συμπεριφορά σεξουαλικού καλέσματος και
- Γ) στην εκδήλωση ‘ύπτιας συμπεριφοράς

## 2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Συνθήκες εργαστηρίου

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Εικόνα 5), από τον Μάρτιο έως αρχές Σεπτεμβρίου του έτους 2016. Η εκτροφή των εντόμων καθώς και η διεξαγωγή των πειραμάτων έγιναν υπό σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτοπεριόδου ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $55 \pm 5\%$  Σ.Υ., και  $\Phi 14 : \Sigma 10$  αντίστοιχα). Το φως παρέχόταν από λάμπες φθορισμού, η έναρξη της φωτόφασης ορίστηκε στις 07:00 και η ένταση του φωτός στο εσωτερικό των κλουβιών κυμαινόταν από 1500 έως 2000 lux.



**Εικόνα 5:** Εργαστηριακό δωμάτιο όπου πραγματοποιήθηκε μέρος του πειράματος.

### 2.2 Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν και μέθοδος εκτροφής τους

Για την διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν έντομα που είχαν εκτραφεί στο εργαστήριο για τέσσερις γενεές. Ο αρχικός πληθυσμός είχε συλλεχτεί από προσβεβλημένα μήλα στην περιοχή Αγίας στη Λάρισα.

Η εκτροφή των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου γινόταν σε ξύλινα κλουβιά διαστάσεων 30 x 30 x 30 cm που είχαν τις τρεις πλευρές τους καλυμμένες με συρμάτινο πλέγμα και τη μία με γυαλί (Εικόνα 6). Σε κάθε ένα κλουβί εκτροφής τοποθετούνταν 200-300 άτομα και των δύο φύλων, νερό σε πλαστικό φιαλίδιο με φιτίλι και τροφή ενηλίκων. Η τροφή των ενηλίκων αποτελούνταν από ένα μείγμα υδρολυμένης πρωτεΐνης, ζάχαρης και νερού σε αναλογία 1:4:5 και ήταν διαθέσιμη



στα έντομα με τη μορφή στερεοποιημένων σταγόνων στην επιφάνεια πλαστικών τρυβλίων Petri. Τα θηλυκά της μύγας Μεσογείου ωστοκούσαν σε κοίλα, διάτρητα, πλαστικά ημισφαίρια που είχαν κόκκινο χρώμα και ονομάζονται ‘υποστρώματα ωστοκίας’. Τα τεχνητά αυτά υποστρώματα ωστοκίας διαθέτουν ομοιόμορφα κατανεμημένες οπές διαμέτρου 1mm, μέσα στις οποίες τα θηλυκά τοποθετούσαν τον ωσθέτη τους και απέθεταν τα αυγά τους στο εσωτερικό των ημισφαιρίων ενώ στη βάση υπήρχε ένα τρυβλίο Petri διαμέτρου 5.5 cm που έφερε νερό (Εικόνα 6). Με την ύπαρξη του τρυβλίου διατηρούνταν η σχετική υγρασία στο εσωτερικό του ημισφαιρίου έτσι ώστε τα θηλυκά να ωστοκούν.



**Εικόνα 6:** Ξύλινο κλουβί εκτροφής της μύγας της Μεσογείου (30 x 30 x 30 cm). Τα έντομα είχαν διαρκή πρόσβαση σε νερό και τροφή. Η ωστοκία γινόταν σε κοίλα πλαστικά ημισφαίρια, κόκκινου χρώματος (domes), διαμέτρου 5cm που έφεραν 40-50 οπές διαμέτρου 1mm περίπου η καθεμία.

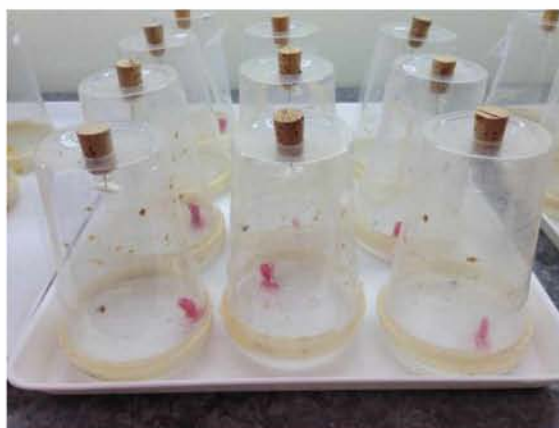
Η συλλογή των αυγών γινόταν με τη βοήθεια μαλακού πινέλου από τα ημισφαίρια και στη συνέχεια τοποθετούνταν σε δίσκους βάμβακος με εμποτισμένη τροφή. Η τροφή αποτελούνταν από 100 gr ζάχαρης, 100 gr μαγιά μύρας, 50 gr αλευριού σόγιας, 2 gr μίγματος αλάτων, 8 gr ασκορβικού οξέος, 1.5 gr προπιονικού νατρίου διαλυμένα σε 500 ml νερού. Οι δίσκοι με την τροφή των προνυμφών τοποθετούνταν μέσα σε πλαστικά τρυβλία Petri διαμέτρου 9 cm τα οποία είχαν αποστειρωθεί με καθαρό οινόπνευμα. Σε κάθε ένα τρυβλίο με τροφή προνυμφών,

μεταφέρονται 100-150 αυγά. Στη συνέχεια τα τρυβλία κλείνονταν και τοποθετούνταν σε πλαστική λεκάνη η οποία περιέχει αποστειρωμένη άμμο πάχους 4-5 mm .

Η ανάπτυξη των προνυμφών στο θρεπτικό υπόστρωμα, στις συνθήκες του εργαστηρίου (25°C), ολοκληρωνόταν σε 8-10 ημέρες. Μετά την ολοκλήρωση της ανάπτυξης τα τρυβλία ανοίγονταν για να πραγματοποιηθεί η νύμφωση. Δύο έως τρεις ημέρες μετά τη νύμφωση, η άμμος απομακρύνονταν με κοσκίνισμα και οι νύμφες τοποθετούνταν σε πλαστικά τρυβλία Petri μέσα σε κλουβί εκτροφής έτοιμο για την έξοδο των ενηλίκων που λάμβανε χώρα 9-10 ημέρες μετά τη νύμφωση.

### **2.3 Πειραματική διαδικασία**

Αμέσως μετά την έξοδο των ενηλίκων γίνονταν ο διαχωρισμός των δύο φύλων. Τα αρσενικά τοποθετούνταν με τη βοήθεια αναρροφητήρα (aspirator) σε διαφανή πλαστικά ατομικά κλουβιά (όγκου 400 cm<sup>3</sup>) (Εικόνα 7). Τα αρσενικά είχαν ελεύθερη πρόσβαση σε νερό και τροφή που αποτελούνταν είτε από πρωτεΐνη και ζάχαρη είτε μόνο ζάχαρη ανάλογα με το είδος της μεταχείρισης. Ειδικότερα είχαμε τέσσερις μεταχειρίσεις α) αρσενικά που τρέφονταν σε πρωτεΐνη και ζάχαρη β) αρσενικά που τρέφονταν μόνο σε ζάχαρη, γ) αρσενικά που τρέφονταν σε πρωτεΐνη και ζάχαρη και εκτίθονταν στο αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού και δ) αρσενικά που τρέφονταν μόνο σε ζάχαρη και εκτίθονταν στο αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού, ουσιαστικά οι δύο πρώτες μεταχειρίσεις αποτέλεσαν τους μάρτυρες μας. Την 5η, 6η, 7η και 8η ημέρα τα αρσενικά που δεν αποτελούσαν το μάρτυρα εκτίθονταν σε 4μl ελαίου πορτοκαλιού. Αυτό πραγματοποιούνταν με τη χρήση μικροπιπέτας η οποία εμπότιζε ένα διηθητικό χαρτί με το έλαιο πορτοκαλιού και με τη βοήθεια καρφίτσας το χαρτί συγκρατούνταν στο κάτω μέρος του φελλού που σφράγιζε το ατομικό κλουβί. Από την 9η ημέρα και μέχρι το τέλος της ζωής τους (lifespan) και στις τέσσερις μεταχειρίσεις καταγράφονταν ανά μισή ώρα μετρήσεις σεξουαλικού καλέσματος και εκδήλωσης ύπτιας συμπεριφοράς στο διάστημα 12:00-14:00h. Πραγματοποιήθηκαν 100 επαναλήψεις για καθένα από τους παραπάνω συνδυασμούς. Παράλληλα γίνονταν καταγραφή των νεκρών ατόμων και αφαίρεση αυτών σε καθημερινή βάση.



**Εικόνα 7:** Πλαστικά διαφανή ατομικά κλουβιά (400 cm<sup>3</sup>) που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη του σεξουαλικού καλέσματος των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου.

#### **2.4 Ανάλυση Δεδομένων**

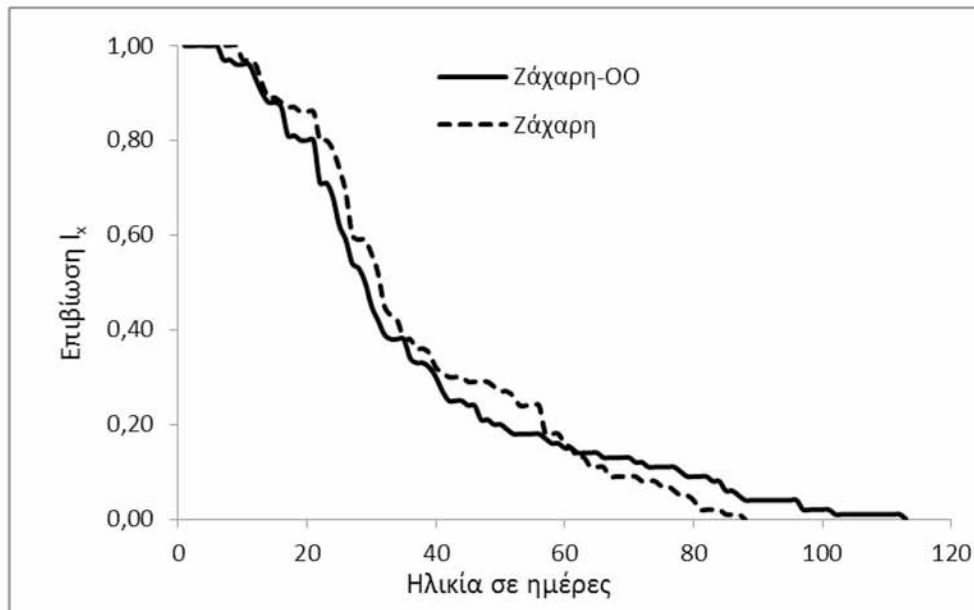
Τα στοιχεία αναλύθηκαν με παραμετρικές και μη παραμετρικές μεθόδους, καθώς επίσης και με δημογραφικές τεχνικές. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε η ημιπαραμετρική μέθοδος Cox-regression και η ανάλυση ANOVA.

### **3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

#### **3.1 Επίδραση του αιθέριου ελαίου στη διάρκεια ζωής των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου**

Η διάρκεια ζωής των εκτεθειμένων και μη-εκτεθειμένων, σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού, αρσενικών της μύγας της Μεσογείου που τράφηκαν μόνο με ζάχαρη απεικονίζεται στο Διάγραμμα 1. Συγκεκριμένα, την 20<sup>η</sup> μέρα τόσο τα αρσενικά που τράφηκαν με ζάχαρη και δεν εκτέθηκαν στο έλαιο πορτοκαλιού, όσο και αυτά που εκτέθηκαν, η επιβίωση ήταν 90%. Την 60<sup>η</sup> μέρα η διαφορά στην καμπύλη επιβίωσης ήταν μικρή (περίπου 20% εκτεθειμένα και μη), ενώ την 80<sup>η</sup> μέρα παρατηρήθηκε ότι επιβίωση ήταν υψηλότερη σε αυτά που εκτέθηκαν στο έλαιο.

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 1 τα αρσενικά που τρέφονταν σε φτωχό διατροφικό περιβάλλον (ζάχαρη) και εκτίθονταν σε έλαιο πορτοκαλιού δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές κατά τη διάρκεια της ζωής τους σε σχέση με τα αρσενικά που δεν εκτέθηκαν στο αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού.

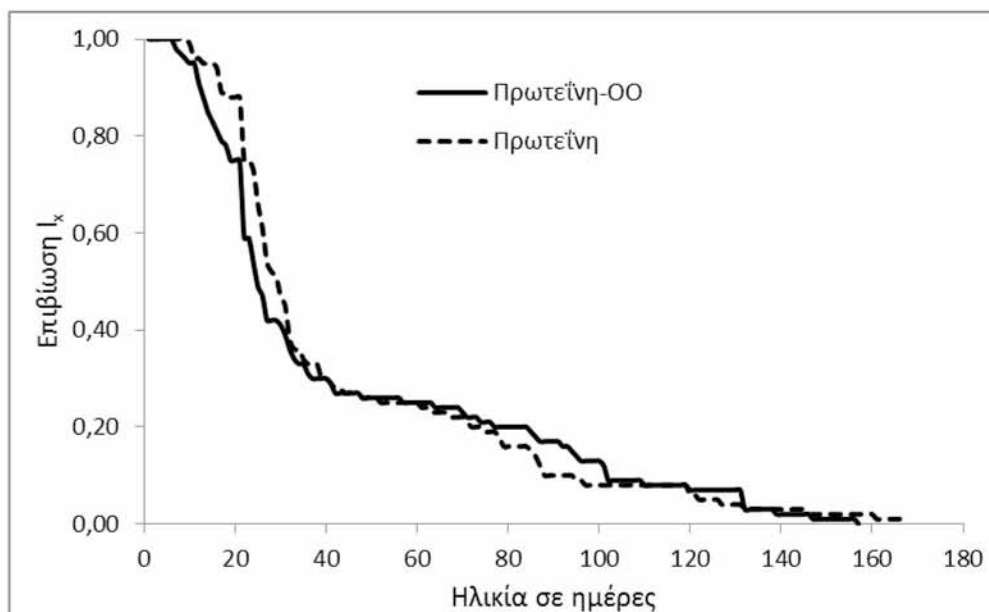


**Διάγραμμα 1:** Καμπύλες επιβίωσης για αρσενικά που τρέφονταν με ζάχαρη και εκτέθηκαν σε έλαιο πορτοκαλιού.

**Πίνακας 1:** Μέση διάρκεια ζωής και τεταρτημόρια των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου που εκτέθηκαν σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού

Μεταχειρίσεις	n	Μ.Ο (ημέρες±SE)	Τεταρτημόρια (ημέρες)		
			25	50	75
Ζάχαρη	100	36,91 ± 1,97	52 ± 5,34	0,91	24 ± 1,60
Ζάχαρη-έλαιο	100	35,76 ± 2,36	41 ± 3,90	1,43	21 ± 1,89
Πρωτεΐνη	100	43,65 ± 3,52	51 ± 14,29	1,56	21 ± 1,18
Πρωτεΐνη-έλαιο	100	42,51 ± 3,82	56 ± 17,32	1,47	18 ± 1,18

Το Διάγραμμα 2 απεικονίζεται η διάρκεια ζωής των εκτεθειμένων και μη εκτεθειμένων, σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού, αρσενικών της μύγας της Μεσογείου που τράφηκαν με υδρολυμένη μαγιά και ζάχαρη. Αντίστοιχα δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Πιο συγκεκριμένα, την 20<sup>η</sup> μέρα επιβιώνει το 80% των αρσενικών που τράφηκαν με πρωτεΐνη και εκτέθηκαν στο έλαιο και το 90% αυτών που δεν εκτέθηκε, ενώ την 80<sup>η</sup> και 100<sup>η</sup> μέρα επιβίωσαν σε μεγαλύτερο ποσοστό τα αρσενικά που εκτέθηκαν στο έλαιο.



**Διάγραμμα 2:** Καμπύλες επιβίωσης για αρσενικά που τρέφονταν με πρωτεΐνη και ζάχαρη και εκτέθηκαν σε έλαιο πορτοκαλιού.

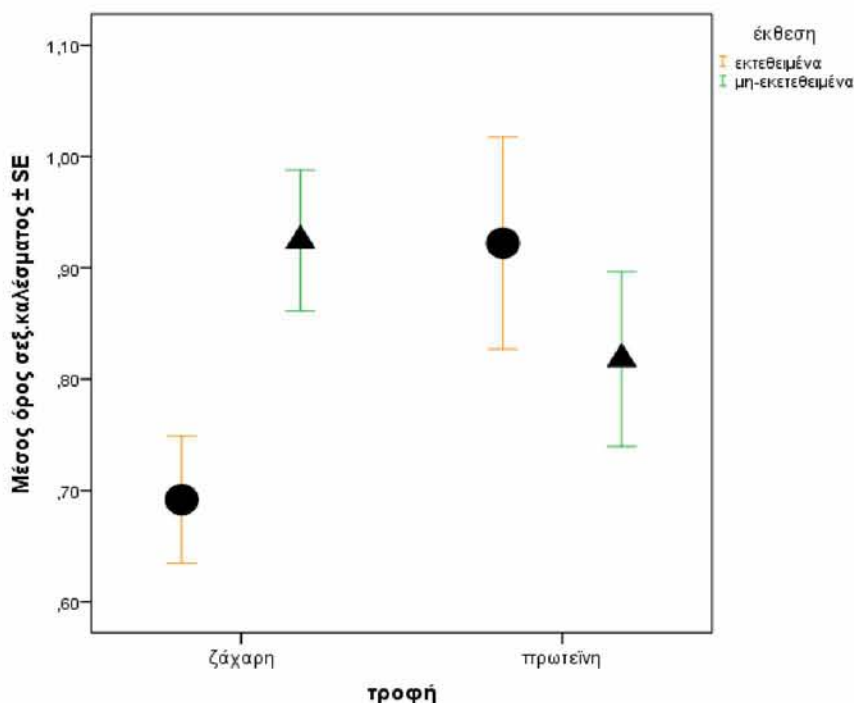
Το μοντέλο Cox regression έδειξε ότι ο τύπος της τροφής είχε σημαντική επίδραση στη διάρκεια ζωής των αρσενικών ( $\chi^2 = 4.162$ , Sig = 0.041, df = 1). Ωστόσο, παρατηρούμε ότι τόσο η έκθεση στο έλαιο ( $\chi^2 = 0.233$ , Sig = 0.629, df = 1) όσο και η αλληλεπίδραση της τροφής και της έκθεσης ( $\chi^2 = 0.003$ , Sig = 0.959, df = 1) δεν ήταν σημαντικές. Τα αρσενικά που τράφηκαν με ζάχαρη και πρωτεΐνη ήταν μακροβιότερα, ενώ εκείνα που τράφηκαν μόνο με ζάχαρη όχι (Πίνακας 2).

**Πίνακας 2:** Αποτελέσματα του μοντέλου Cox regression για την επίδραση της τροφής, της έκθεσης στο αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού και της αλληλεπίδρασής τους στη θνησιμότητα των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου.

	B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
έκθεση	,049	,101	,233	1	,629	1,050
τροφή	,214	,105	4,162	1	,041	1,239

### 3.2 Επίδραση του αιθέριου ελαίου στη συχνότητα του σεξουαλικού καλέσματος των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου.

Στο Διάγραμμα 3 παρουσιάζεται ο μέσος όρος της συχνότητας του σεξουαλικού καλέσματος των εκτεθειμένων και μη αρσενικών της μύγας της Μεσογείου που τράφηκαν είτε με υδρολυμένη μαγιά και ζάχαρη είτε μόνο με ζάχαρη. Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι ο τύπος της τροφής είχε σημαντική επίδραση καθώς τα αρσενικά που τράφηκαν με υδρολυμένη μαγιά και ζάχαρη επιδίδονταν συχνότερα σε σεξουαλικό κάλεσμα έναντι των αρσενικών που τράφηκαν με ζάχαρη ανεξάρτητα από την έκθεση στο έλαιο.

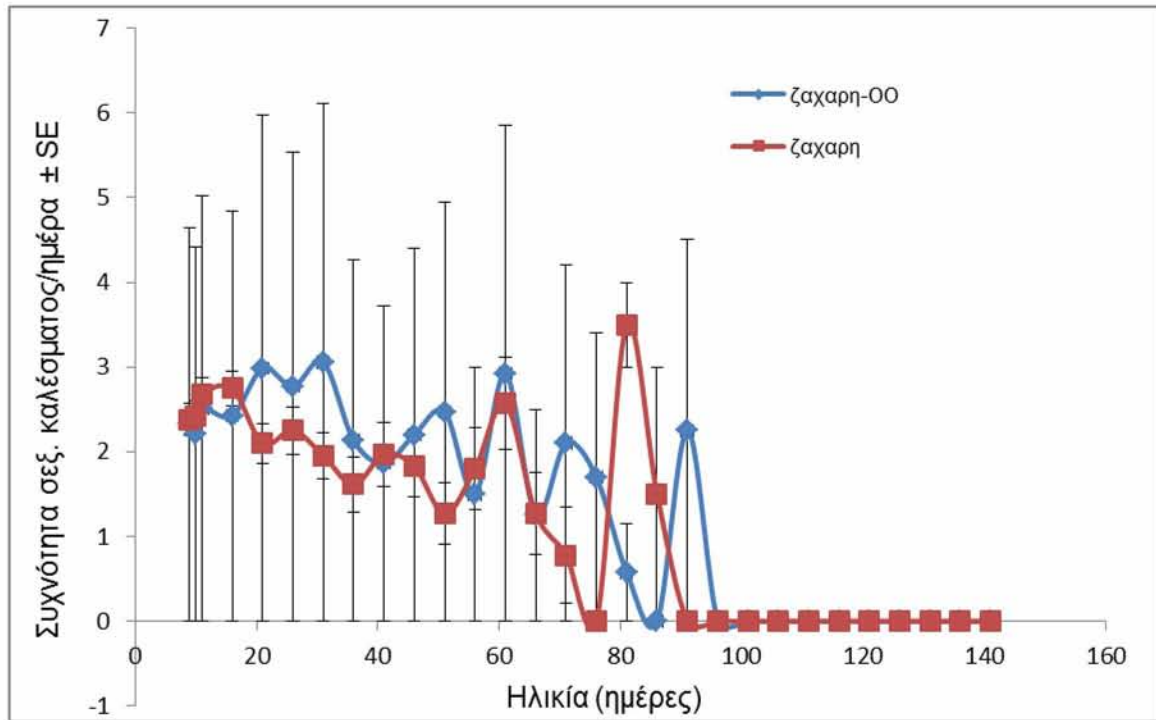


**Διάγραμμα 3:** Μέσος όρος εκδήλωσης σεξουαλικού καλέσματος κατά τη διάρκεια της ζωής των εκτεθειμένων και μη, σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού, αρσενικών της μύγας της Μεσογείου.

Ειδικότερα, παρατηρούμε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές ως προς τα εκτεθειμένα και μη σε έλαιο ( $p = 0.566$ ) αλλά εμφανή διαφορά στην επίδραση της τροφής ( $p < 0,05$ ) όπως παρουσιάζεται από την ανάλυση παραλλακτικότητας.

Πηγή	Είδος αθροίσματος τετραγώνου	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσο τετράγωνο	F	Sig.
Διορθωμένο μοντέλο	2,257	3	,752	14,662	,000
intercept	116,131	1	116,131	2263,600	,000
Τροφή	2,220	1	2,220	43,273	,000
Έκθεση	,017	1	,017	,330	,566
Τροφή*έκθεση	,012	1	,012	,232	,630
Σφάλμα	19,649	383	,051		
Σύνολο	138,202	387			
Διορθωμένο σύνολο	21,906	386			

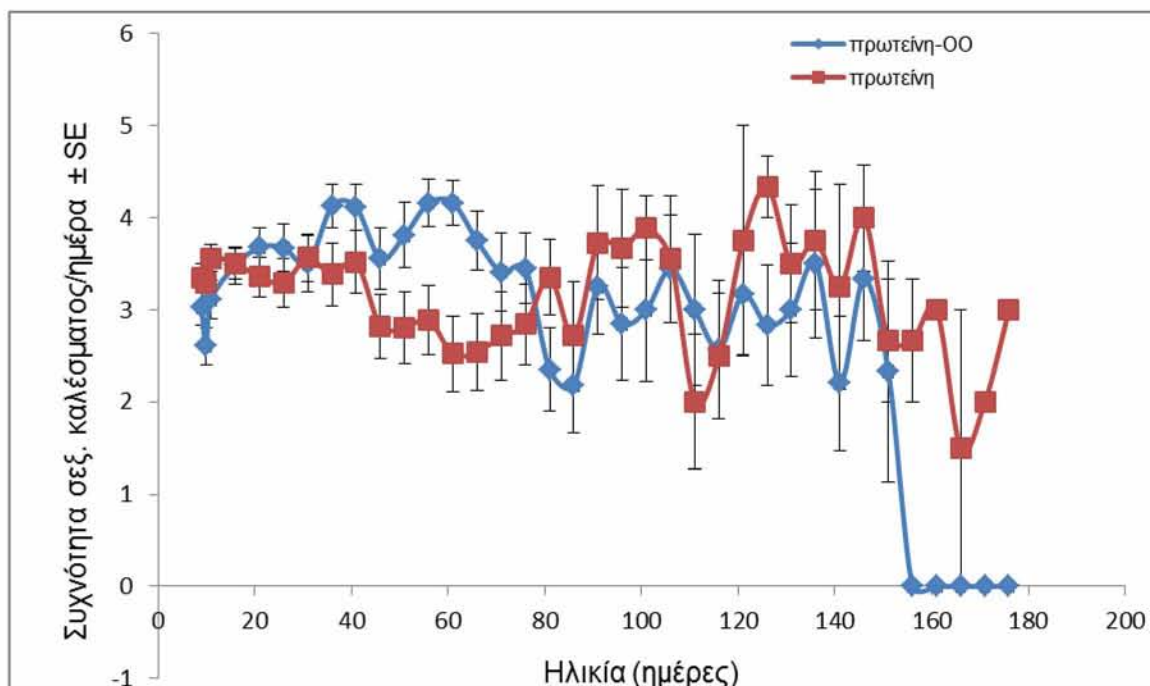
Στο Διάγραμμα 4 παρουσιάζεται η συχνότητα σεξουαλικού καλέσματος των εκτεθειμένων και μη αρσενικών της μύγας της Μεσογείου που τράφηκαν μόνο με ζάχαρη. Παρατηρείται ότι τα αρσενικά που εκτέθηκαν στο έλαιο πορτοκαλιού επιδίδονταν συχνότερα σε σεξουαλικό κάλεσμα μέχρι το τέλος της ζωής τους, σε σχέση με αυτά που δεν εκτέθηκαν.



**Διάγραμμα 4:** Συχνότητα εκδήλωσης σεξουαλικού καλέσματος καθ'όλη τη διάρκεια ζωής των εκτεθειμένων και μη, σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού, αρσενικών της μύγας της Μεσογείου που τράφηκαν με ζάχαρη.

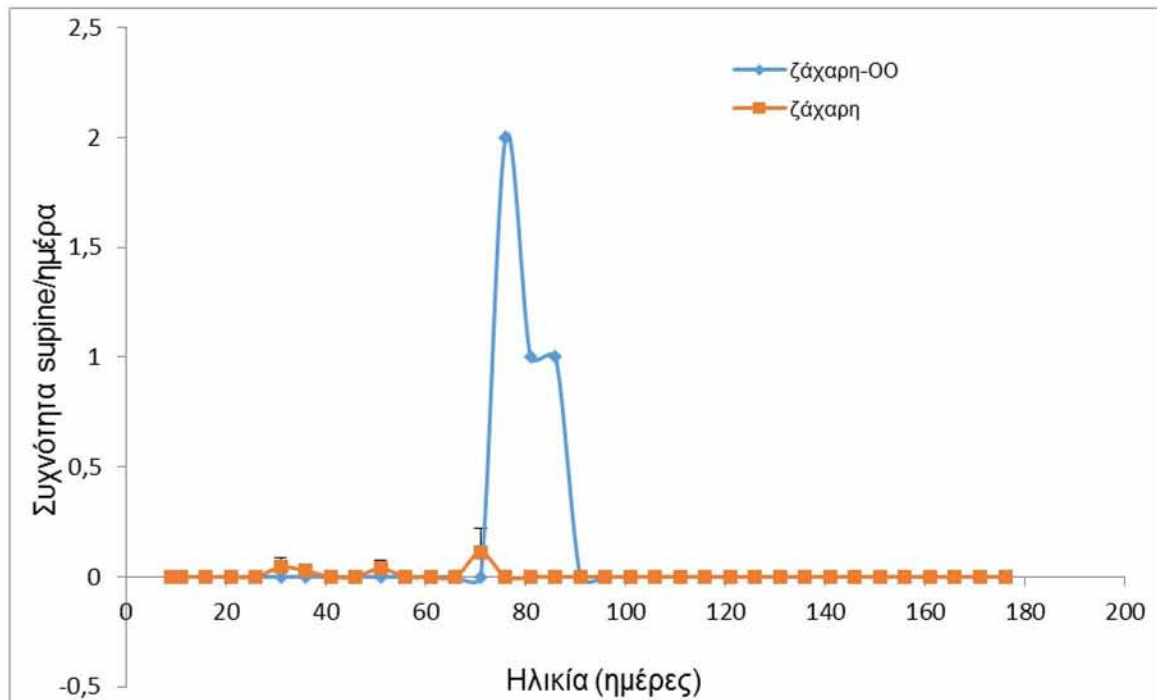


Στο Διάγραμμα 5 παρουσιάζεται η συχνότητα σεξουαλικού καλέσματος των εκτεθειμένων και μη αρσενικών της μύγας της Μεσογείου που τράφηκαν με ζάχαρη και πρωτεΐνη. Παρατηρείται ότι τα αρσενικά που εκτέθηκαν στο έλαιο πορτοκαλιού μέχρι και την 70<sup>η</sup> μέρα της ζωής τους εκδήλωσαν υψηλότερη συχνότητα σεξουαλικού καλέσματος, ενώ από την 80<sup>η</sup> μέρα και μέχρι το τέλος της ζωής τους σημείωσαν μεγαλύτερη συχνότητα σεξουαλικού καλέσματος τα αρσενικά που δεν εκτέθηκαν στο έλαιο.

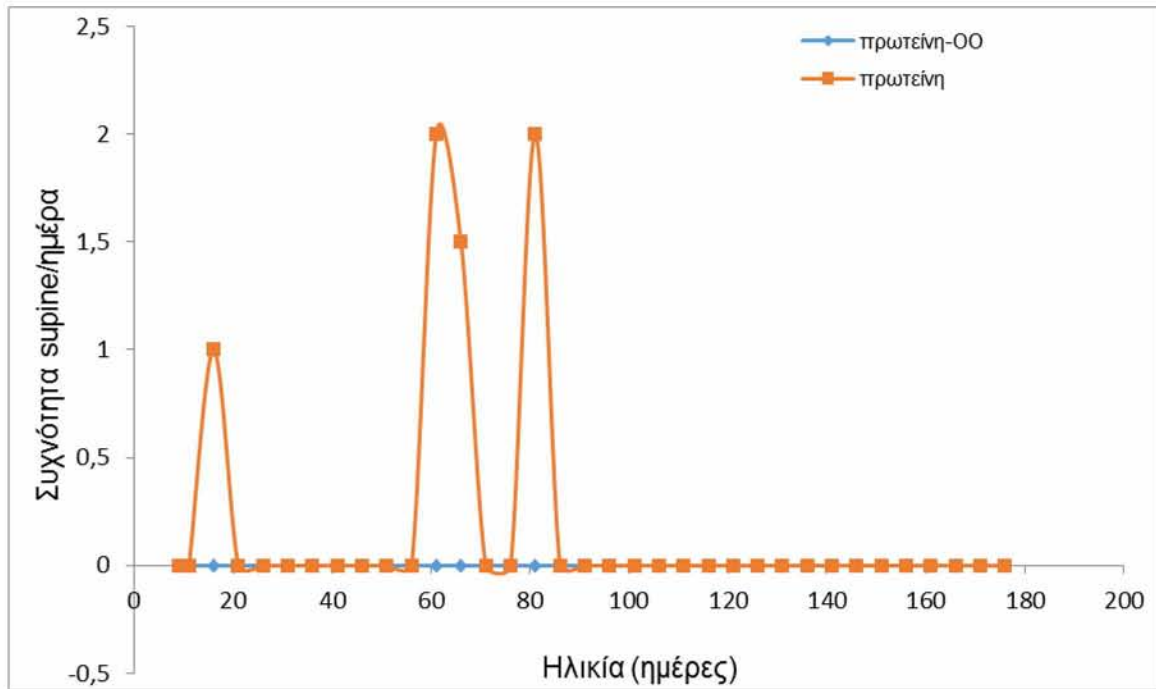


**Διάγραμμα 5:** Συχνότητα εκδήλωσης σεξουαλικού καλέσματος καθ'όλη τη διάρκεια ζωής των εκτεθειμένων και μη, σε έλαιο πορτοκαλιού, αρσενικών της μύγας της Μεσογείου που τράφηκαν με πρωτεΐνη.

Στο Διάγραμμα 6 και 7 παρουσιάζεται η συχνότητα εκδήλωσης ύπτιας συμπεριφοράς (supine) κατά τη διάρκεια ζωής των εκτεθειμένων και μη, σε έλαιο πορτοκαλιού, αρσενικών της μύγας της Μεσογείου που τράφηκαν μόνο με ζάχαρη και ζάχαρη και πρωτεΐνη αντίστοιχα. Επειδή ο αριθμός των αρσενικών που εκδήλωνε ύπτια συμπεριφορά ήταν μικρός δε μπορεί να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.



**Διάγραμμα 6:** Συχνότητα εκδήλωσης ύπτιας συμπεριφοράς (supine) κατά τη διάρκεια ζωής των εκτεθειμένων και μη, σε έλαιο πορτοκαλιού, αρσενικών της μύγας της Μεσογείου που τράφηκαν με ζάχαρη.



**Διάγραμμα 7:** Συχνότητα εκδήλωσης ύπτιας συμπεριφοράς (supine) κατά τη διάρκεια ζωής των εκτεθειμένων και μη, σε έλαιο πορτοκαλιού, αρσενικών της μύγας της Μεσογείου που τράφηκαν με πρωτεΐνη.

Τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής έδειξαν ότι:

- ο τύπος της τροφής είχε σημαντική επίδραση στη διάρκεια ζωής των αρσενικών καθώς αρσενικά που τράφηκαν με ζάχαρη και πρωτεΐνη ήταν μακροβιότερα, ενώ εκείνα που τράφηκαν μόνο με ζάχαρη όχι.
- τόσο η έκθεση στο αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού όσο και η αλληλεπίδραση της τροφής και της έκθεσης δεν ήταν σημαντικές.
- τα αρσενικά που τρέφονταν με ζάχαρη και πρωτεΐνη και εκτέθηκαν στο αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού επιδίδονταν συχνότερα σε σεξουαλικό κάλεσμα από την ηλικία των 40 έως και 70 ημερών, σε σχέση με αυτά που δεν εκτέθηκαν.
- τα αρσενικά που τρέφονταν με ζάχαρη και πρωτεΐνη τόσο αυτά που εκτέθηκαν στο αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού όσο και αυτά που δεν εκτέθηκαν εκδήλωναν υψηλή συχνότητα σεξουαλικού καλέσματος.

#### 4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σε εργασίες των Yuval et al. (1998) αναφέρεται ότι η επαρκής θρέψη αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την έναρξη της αναπαραγωγικής συμπεριφοράς των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου. Τα έντομα που τρέφονται με πρωτεΐνη έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα προσέλκυσης ερωτικής συντρόφου και τελικά σύζευξης σε σχέση με αρσενικά που τρέφονται με σκέτη ζάχαρη (Blay & Yuval, 1997). Επιπλέον, σύμφωνα με τους Papadopoulos et al. (1998) τα αρσενικά που τρέφονται με ζάχαρη και πρωτεΐνη εκδηλώνουν σεξουαλικό κάλεσμα νωρίτερα από εκείνα που τρέφονται με σκέτη ζάχαρη. Αυτό επιβεβαιώνεται και στην παρούσα εργασία που βρέθηκε ότι ο τύπος της τροφής είχε σημαντική επίδραση στην εκδήλωση του σεξουαλικού καλέσματος καθώς τα αρσενικά που τράφηκαν με υδρολυμένη μαγιά και ζάχαρη επιδίδονταν συχνότερα σε σεξουαλικό κάλεσμα έναντι των αρσενικών που τράφηκαν μόνο με ζάχαρη.

Σε συνδυασμό με τη διατροφή των εντόμων ερευνήθηκε και η επίδραση του αιθέριου ελαίου πορτοκαλιού στη σεξουαλική συμπεριφορά των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου αλλά και στην επίπτωση που είχε το έλαιο στη διάρκεια της ζωής τους. Η επίδραση των αιθέριων ελαίων στη συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου έχει μελετηθεί αρκετά και σε πολλά στάδια. Σύμφωνα με τους Corbet (1985) και Barnon & Corbet (1999 α,β) τα οσμηρά ερεθίσματα κατά το προνυμφικό στάδιο μπορούν να επιφέρουν μεταβολές της συμπεριφοράς των ενηλίκων. Έτσι, μπορεί να έχουμε φαινόμενα επιλογής λόγω θνησιμότητας του πληθυσμού κατά την έκθεση με αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενηλίκων με αυξημένη ωοπαραγωγή ή και μειωμένη αν η ουσία είναι πολύ τοξική (λιναλούλη). Η έκθεση σε τέτοιες ουσίες μπορεί επίσης, είτε να αυξήσει είτε να μειώσει την ευαισθησία των περιφερικών αισθητήριων οργάνων (Corbet 1985, Gandolfi et al., 2003). Πιο συγκεκριμένα η έκθεση προνυμφών σε αιθέρια έλαια πορτοκαλιού μείωσε σημαντικά την ωοπαραγωγή των θηλυκών (Ιωάννου, 2014). Με βάση τις μελέτες των Papadopoulos et al. (2001, 2006) και Shelly et al. (2004) η έκθεση των αρσενικών της μύγας Μεσογείου σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού προσελκύει περισσότερα θηλυκά άτομα από τα μη εκτεθειμένα με αποτέλεσμα να αυξάνει σημαντικά την πιθανότητα σύζευξης. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να αυξήσει την

ανταγωνιστικότητα στερωμένων αρσενικών εντόμων της μύγας της Μεσογείου σε προγράμματα ελέγχου του πληθυσμού έτσι ώστε όταν εξαπολυθούν να πραγματοποιήσουν σύζευξη με τα θηλυκά του είδους (Shelly et al., 2004). Επιπλέον σε πρόσφατη μελέτη των Koulooussis et. al, (2017), η έκθεση στερωμένων αρσενικών σε ενώσεις εσπεριδοειδών (αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού, λιναλούλη ή μείγμα ελαίων) αύξησε σημαντικά την εκδήλωση του σεξουαλικού καλέσματος ιδιαίτερα όταν η τροφή τους ήταν πλούσια σε πρωτεΐνη ενώ βρέθηκε για πρώτη φορά, ότι η έκθεση σε ενώσεις εσπεριδοειδών αύξησε την μακροζωία των αρσενικών εντόμων που τρέφονταν μόνο με ζάχαρη.

Όπως έδειξαν τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής, η έκθεση των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού δεν παρουσίασε πολύ σημαντικές μεταβολές ως προς την εκδήλωση του σεξουαλικού καλέσματος. Η μόνη επίδραση του ελαίου που παρατηρούμε είναι ότι τα αρσενικά που τράφηκαν με ζάχαρη και πρωτεΐνη και εκτέθηκαν στο έλαιο πορτοκαλιού εκδήλωναν συχνότερα σεξουαλικό κάλεσμα από την ηλικία των 40 έως και 70 ημερών σε σχέση με αυτά που δεν εκτέθηκαν. Βέβαια τα αρσενικά που τρέφονταν με τροφή εμπλουτισμένη σε πρωτεΐνη και ήταν εκτεθειμένα ή μη σε έλαιο εκδήλωναν σεξουαλικό κάλεσμα σε μεγαλύτερη συχνότητα από αυτά που τρέφονταν μόνο με ζάχαρη και ήταν εκτεθειμένα ή μη σε έλαιο. Σύμφωνα με τους Warburg & Yuval, (1997b) ο ημερήσιος αριθμός εκδήλωσης του σεξουαλικού καλέσματος μπορεί πιθανότατα να συνδέεται με το κόστος που έχει το σεξουαλικό κάλεσμα για τα αρσενικά της μύγας της Μεσογείου τόσο σε χρόνο, όσο και σε ενέργεια. Τέλος, έχει βρεθεί ότι η εκδήλωση της ύπτιας συμπεριφοράς στα αρσενικά της μύγας της Μεσογείου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βιοδείκτης της υγείας τους και να προβλέψει τον χρόνο που έχουν μέχρι το θάνατο (Papadopoulos et al., 2002). Στην παρούσα διατριβή ο αριθμός των αρσενικών που εκδήλωσαν ύπτια συμπεριφορά ήταν πολύ μικρός για να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

## 5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Arita, L.H. & Kaneshiro, K.Y. (1989).** Sexual selection and lek behavior in Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). Pacific Science, 43, 135-143.
- **Barron, A.B. & Corbet, S.A. (1999α).** Preimaginal conditioning in *Drosophila* revisited. Animal Behaviour, 58, 621-628.
- **Barron, A.B. & Corbet, S.A. (1999β).** Pre-exposure effects the olfactory response of *Drosophila melanogaster* to menthol. Entomologia Experimentalis et Applicata, 90, 175-181.
- **Blay, S. & Yuval, B. (1997).** Nutritional correlates of reproductive success of male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). Animal Behaviour, 54, 59-66
- **Bonizzoni, M., Katsoyannos, B.I., Marguerie, R., Guglielmino, C.R., Gasperi, G., Malacrida, A., & Chapman, T. (2002).** Microsatellite analysis reveals remating by wild Mediterranean fruit fly females, *Ceratitidis capitata*. Molecular Ecology, 11, 1915-1912.
- **Bricento, R.D., Eberhard, W.G., Vilardi, J.C., Liedo, P., & Shelly, T.E., (2002).** Variatio in the intermittent buzzing songs of male medflies (Diptera: Tephritidae) associated with geography, mass-rearing, and courtship success. Florida Entomologist, 85, 32-40.
- **Bricento, R.D., Ramos, D., & Ederhard, W.G. (1996).** Courtship behavior of male *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in captivity. Florida Entomologist, 79, 130-143.
- **Carey. J.R. (1984).** Host-specific demographic studies of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata*. Ecological Entomology, 9, 261-270.
- **Casana-Giner, V., Gandia-Balaguer, A., Mengod-Puerta, C. et al. (1999).** Insect growth regulators as chemosterilants for *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology, 92, 303-308.

- **Christenson, L.D. & Foote, R.H. (1960).** Biology of fruit flies. Annual Review of Entomology, 5, 171-192.
- **Corbet, S.A. (1985).** Insect chemosensory responses: a chemical legacy hypothesis. Ecological Entomology, 10, 143-153.
- **Crimmins, E.M., Hayward, M.D. & Saito, Y. (1994).** Changing mortality and morbidity rates and the health status and life expectancy of the older population. Demography 31, 159– 1745.
- **Crimmins, E.M., Hayward, M.D. & Saito, Y. (1996).** Differentials in active life expectancy in the older population of the United States. J. Gerontol.: Soc. Sci. 51B, S111–S120.
- **Cristenson, L.D. & Foote, R.H. (1960).** Biology of fruit flies. Annual Review of Entomology, 5, 171-192.
- **De Meyer, M. (2000).** Phylogeny of the genus *Ceratitis* (Dacinae: Ceratitidini). In Fruit flies (Tephritidae): Phylogeny and evolution of behavior (eds M. Aluja & A.L. Norrbom), pp. 409-428. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- **Diamantidis A.D., Carey J.R., Nakas C.T. & Papadopoulos N.T., (2010).** Ancestral populations perform better in a novel environment: domestication of five medfly populations from five global regions. Biological Journal of the Linnean Society, 102, 334–345.
- **Diamantidis A.D., Carey J.R., Nakas C.T. & Papadopoulos N.T., (2011).** Population-specific demography and invasion potential in medfly. Ecol Evol, 1, 479–488.
- **Diaz-Flescher, F., Papaj, D.R., Prokopy, R.J. et al. (2000).** Evolution of fruit fly oviposition behavior. Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of behavior (ed. By M. Aluja and A.L Norrdom), pp. 811-841. CRC Press, Boca Raton, Florida. Entomologia Experimentalis et Applicata 99, 253-261.
- **Dyck, V.A., Hendrichs, J. & Rodinson, A.S. (2005).** Sterile Insect Techiques: Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

- **Eberhard, W.G. (2000).** Sexual behavior and sexual selection in the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Diptera: Ceratitidini). Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behavior (ed. By M. Aluja and A.L. Norrbom), pp. 459-489. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- **EPPO, European and Mediterranean Plant Protection Organization (1981).** Data sheets on quarantine organisms No. 105, *Ceratitidis capitata*. OEPP/EPPO Bull. 11, 1.
- **Epsky, N.D., Heath, R.R., Guzman, A., & Meyer, W.L.(1995).** Visual cue and chemical cue interactions in a dry trap with food-based synthetic attractant for *Ceratitidis capitata* and *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). Environmental Entomology, 24, 1387-1395.
- **Feron, M. (1962).** L'instinct de reproduction chez la mouche mediterraneenne des fruits *Ceratitidis capitata*. Comportement de ponte. Revue de Pathologie Vegetale et d' Entomologie Agricole de France, 41, 1-129.
- **Fimiani, P. (1989).** Mediterranean region. Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control (ed. By A. S. Robinson and G. Hooper), Vol 3A, pp. 39-50. Elsevier, The Netherlands.
- **Flath, R.A., Cunningham, R.T., Mon, T.R., and John, J.A. (1994b).** Males lures for Mediterranean fruit fly (*Ceratitidis capitata*Wied.): Structural analogues of ®-copaene. *J. Chem. Ecol.* 20, 2595–2609.
- **Flath, R.A., Cunningham, R.T., Mon, T.R., and John, J.O. (1994a).** Males lures for Mediterranean fruit fly (*Ceratitidis capitata* Wied.): Attractants from angelica seed oil (*Angelica archangelica* L.). *J. Chem. Ecol.* 20: 1969–1984.
- **Fletcher, B.S. (1989).** Life history strategies of Tephritidae fruit flies. In Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control (eds A.S. Robinson & G. Hooper), Vol. A, pp. 195-208. Elsevier, Amsterdam.
- **Gandolfi, M., Mattiacci, L. & Dorn, S. (2003).** Preimaginal learning determines adult response to chemical stimuli in a parasitic wasp. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 270, 2623-2629.
- **Hendrichs, J., Katsoyannos, B.I., Gaggl, K. & Wornoayporn, V. (1996).** Competitive behavior of males of Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*,



genetic sexing strain Vienna-42. *Fruit Fly Pests: A World Assessment of Their Biology and Management* (ed. By B. A McPheron and G. J. Steck), pp 405-414. St. Lucie Press, Delray Beach, Florida.

- **Hendrichs, J., Katsoyannos, B.I., Papaj, D.R. & Prokopy, R.J. (1991).** Sex differences in movement between natural feeding and mating sites and tradeoffs between food consumption, mating success and predator evasion in Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Oecologia*, 86, 223-231.
- **Juan-Blasco M, San AndreÂs V, MartõÂnez-Utrillas M.A., ArgileÂs R, Pla I, Urbaneja A, et al. (2013).** Alternatives to ginger root oil aromatherapy for improved mating performance of sterile *Ceratitidis capitata* (Diptera:Tephritidae) males. *Journal of Applied Entomology*. 137, 244-51.
- **Katsoyannos B.I., Kouloussis N.A, Papadopoulos N.T. (1997).** Response of *Ceratitidis capitata* to citrus chemicals under semi-natural conditions. *Entomologia Experimentalis Applicata*. 82(2), 181-8.
- **Katsoyannos, B.I. (1994).** Evaluation of Mediterranean fruit-fly traps for use in sterile-insect-technique programmes. *Journal of Applied Entomology*, 118, 442-452.
- **Katsoyannos, B.I., Heath, R.R., Papadopoulos, N.T. et al. (1999a).** Field evaluation of Mediterranean fruit fly (Diptera :Tephritidae) female selective attractants for use in monitoring programs. *Journal of Economic Entomology*, 92, 583-589.
- **Katsoyannos, B.I., Kouloussis N.A. & Carey, J.R. (1998).** Seasonal and annual occurrence of Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) on Chios island, Greece: Differences between two neighboring citrus orchards. *Annals of the Entomological Society of America*, 91, 43-51.
- **Katsoyannos, B.I., Papadopoulos, N.T., Heath, R.R. et al. (1999b).** Evaluation of synthetic food-based attractants for female Mediterranean fruit flies ( Diptera: Tephritidae) in McPhail type traps. *Journal pf Applied Entomology*, 123, 607-612.
- **Kouloussis N.A, Katsoyannos B.I, Papadopoulos N.T, Ioannou C.S, Iliadis I.V (2013).** Enhanced mating competitiveness of *Ceratitidis capitata* males following exposure to citrus compounds. *Journal of Applied Entomology*. 137, 30-8.

- **Kouloussis, N.A., Gerofotis, C.D., Ioannou, C.S., Iliadis, I.V., Papadopoulos, N.T., Koveos D.S. (2017).** Mediterranean fruit flies use citrus compounds to perform sexually better and live longer, Towards improving sterile insect technique: Exposure to orange oil compounds increases sexual signalling and longevity in *Ceratitis capitata* males of the Vienna 8 GSS, pp. 1-18
- **Kourti, A. (2002).** Estimates of heterozygosity and patterns of geographic differentiation in natural populations of the medfly (*Ceratitis capitata*). *Hereditas*, 137, 173-179.
- **Kourti, A., Loukas, M. & Sourdis, J. (1992).** Dispersion pattern of the medfly from its geographic centre of origin and genetic relationships of the medfly with two close relatives. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 63, 63-69.
- **Krainacker, D.A, Carey, J.R. & Vargas, R.I. (1987).** Effect of larval host on life history traits of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. *Oecologia*, 73, 583-590.
- **Liquido, N.J., Shinoda, L.A., & Cunningham, R.T. (1991).** Host plants of the Mediterranean fruit fly (Diptera, Tephritidae) an annotated world review. In *Miscellaneous Publications 77*. Entomological Society of America, Vol. 83, pp. 1863-1878, Lanham, MD.
- **Manton, K.G. & Land, K.C. (2000).** Active life expectancy estimates for the U.S. elderly population: a multidimensional continuous-mixture model of functional change applied to completed cohorts, 1982–1996. *Demography* 37, 253–265.
- **Manton, K.G., Corder, L. & Stallard, E. (1997).** Chronic disability trends in elderly United States populations: 1982– 1994. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 94, 2593–2598.
- **Mavridakis, P.G., Economopoulos, A.P. & Carey, J.R. (2000).** Continuous winter reproduction and growth of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Heraklion, Crete, Southern Greece. *Environmental Entomology*, 29, 1180-1187.

- **Mitchell, A.C., & Saul, S.H. (1990).** Current control methods for the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*, and their application in the USA. *Review of Agricultural Entomology*, 78, 923-940.
- **Navarro-Llopis, V., Sanchis, J., Primo-Millo, J. & Primo-Yufer, E. (2007).** Chemosterilants as control agents of *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in field trials. *Bulletin of Entomological Research*, 97, 359-368.
- **Oliveros-Belardo, L., Smith, L., Robinson, R.M., and Albano, V. (1986).** A chemical study of the essential oil from the fruit peeling of *Psidium guajava* L. *Philipp. J. Sci.* 115, 1–9.
- **Ordax M., Piquer-Salcedo J.E., Santander R.D., Sabater-Muñoz B., Biosca E.G., López m.M. and Marco-Noales E., 2015.** Medfly *Ceratitidis capitata* as Potential Vector for Fire Blight Pathogen *Erwinia amylovora*: Survival and Transmission. *Plos one*, 10, (5).
- **Papachristos D.P., Papadopoulos N.T. and Nanos G.D., (2008).** Survival and development of immature stages of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Citrus Fruit. *Journal of Economic Entomology*, 101, 866-872.
- **Papachristos, D.P. and Papadopoulos N.T., (2009).** Are citrus species favorable hosts for the Mediterranean fruit fly a demographic perspective. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* In Press.
- **Papadopoulos N., (2008).** Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). In J. L. Capinera [ed.], *Encyclopedia of Entomology*, 2382-2386.
- **Papadopoulos N.T., Carey J.R., Katsoyannos B. I. and Kouloussis N.A., (1996).** Overwintering of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in northern Greece. *Annals of the Entomological Society of America*, 89, 526-534.
- **Papadopoulos N.T., Papachristos D.P. and Ioannou C., (2015).** Citrus Fruits and the Mediterranean Fruit Fly. *Laboratory of Entomology and Agricultural Zoology, University of Thessaly, N. Ionia Magnisias, Greece*, p.1009-1018.

- **Papadopoulos, N. (1998).** Study on the biology and ecology of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Northern Greece, Aristotle University, Thessaloniki. Ph. D. thesis.
- **Papadopoulos, N.T. & Katsoyannos, B.I. (2003).** Field parasitism of *Ceratitis capitata* larvae by *Aganaspis daci* in Chios, Greece. *BioControl*, 48, 191-195.
- **Papadopoulos, N.T. (2004).** Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera Tephritidae). In *Encyclopedia of Entomology* (ed J. Caminera), Vol.2, pp. 1367-1370. Kluwer Academic Press.
- **Papadopoulos, N.T., Carey, J.R., Katsoyannos, B.I., Kouloussis, N.A., Hans-Georg Müller and Xueli Liu (2002).** Supine behaviour predicts the time to death in male Mediterranean fruitflies (*Ceratitis capitata*), *The Royal Society* pp. 1633-1637.
- **Papadopoulos, N.T., Katsoyannos, B.I., Kouloussis, N.A., Hendrichs J. (2001a).** Effect of orange peel substances on mating competitiveness of male *Ceratitis capitata*.
- **Papadopoulos, N.T., Katsoyannos, B.L., & Carey, J.R., & Kouloussis, N.A. (2001).** Seasonal and annual occurrence of the Mediterranean fruit fly (Diptera : Tephritidae) in northern Greece. *Annals of the Entomological Society of America*, 94, 41-50.
- **Paranhos, B.J.A., Walder, J.M.M., & Papadopoulos, N.T. (2002).** A simple method to study parasitism and field biology of the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) on *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Biocontrol science and Technology*, 13, 631-639.
- **Prokopy, R.J. & Hendrichs, J. (1979).** Mating behavior of *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae) on a field-caged host tree. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 72, 642–648.
- **Prokopy, R.J., Ziegler, J.R. & Wong, T.T. (1978).** Deterrence of repeated oviposition by fruit-marking pheromone in *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Chemical Ecology*, 4, 55-63.

- **Quilici S., Franck A., Peppuy A., Dos Reis Correia E., Mouniama C., Blard F., (2002).** Comparative studies of courtship behavior of *Ceratitidis* spp. (Diptera:Tephritidae) in Reunion island. Florida Entomologist 85(1): 138-142.
- **Radonjić, S., Čizmović, M. & Pereira, R. (2013).** Population Dynamics of the Mediterranean Fruit Fly in Montenegro. International Journal of Insect Science, 5, 35-40.
- **Salvemini M., Arunkumar K.P., Nagaraju J., Sanges R., Petrella V., Tomar A., Zhang H., Zheng W. and Saccone G., 2014.** De Novo Assembly and Transcriptome Analysis of the Mediterranean Fruit Fly *Ceratitidis capitata* Early Embryos. PLoS ONE, 9(12).
- **Shelly T.E (2009).** Exposure to grapefruit and grapefruit oil increases male mating success in the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). Proc Hawaiian Entomol Soc. 41, 31-6.
- **Shelly, T.E., and Villalobos, E. (2004).** Host-plant influence on the mating success of male Mediterranean fruit flies: Variable effects within and between individual plants (in press).
- **Shelly, T.E., Whittier, T.S. & Kaneshiro, K.Y. (1994).** Sterile insect release and the natural mating system of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). Annals of the Entomological Society of America, 87, 470-481.
- **Shelly, T.E., Whittier, T.S. (1996).** Mating competitiveness of sterile male Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in male-only releases. Annals of the Entomological Society of America, 89, 754-758.
- **Shelly, T.E., Cowan, A.N., Edu, J., Pahio, E., (2008).** Mating success of male Mediterranean fruit flies following exposure to two sources of a-copaene, manuka oil and mango. Florida Entomologist 91(1): 9-15.
- **Steck, G.J. (2006).** The Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera:Tephritidae). Pest alert.
- **Takeoka, G., Flath, R.A., Mon, T.R., Buttery, R.G., Teranishi, R., Guntert, M., Lautamo, R., and Szejtli, J. (1990).** Further applications of permethylated  $\beta$ -cyclodextrin capillary gas chromatographic columns. *J. High Resol. Chromatogr.* 13: 202–206.

- **Teranishi, R., Buttery, R.G., Matsumoto, K.E., Stern, D.J., Cunningham, R.T., and Gothilf, S. (1987).** Recent developments in the chemical attractants for tephritid fruit flies. *ACS Symp. Ser.* 330: 431–438.
- **Vargas, R.I., Prokopy, R.J., Duan, J.J., Albrecht, C., & Li, Q.X. (1997a).** Captures of wild Mediterranean and oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Jackson and McPhail traps baited with coffee juice. *Journal of Economic Entomology*, 90, 165-169.
- **Vreysen, M.J.B., Robinson, A.S., & Hendrichs, J. (2007).** *Area-Wide Control of Insect Pests* Springer, Doedrecht, The Netherlands.
- **Warburg, M.S & Yuval, B. (1997b).** Effects of energetic reserves on behavioral patterns of Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae), *Oecologia*, 112, 314-319.
- **Weldon C.W., Boardman L., Marlin D. and Terblanche J.S., 2016.** Physiological mechanisms of dehydration tolerance contribute to the invasion potential of *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) relative to its less widely distributed congeners. *Frontiers in Zoology*, 13, 15.
- **White, I.M. & Elson-Harris, M.M. (1992).** *Fruit Flies of Economic Significance Their Identification and Bionomics* C.A.B INTERNATIONAL, WALLINGFORD, ENGLAND, UK.
- **Yuval, B., Kaspi, R., Shloush, S., & Wardurg, M.S. (1998).** Nutritional reserves regulate male participation in Mediterranean fruit fly leks. *Ecological Entomology*, 23, 211-215.
- **Ιωάννου, Χ.Σ., (2014).** Μελέτη φυτικών ερεθισμάτων που επηρεάζουν την ωοτοκία και άλλες βιολογικές παραμέτρους της μύγας της Μεσογείου *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, σελ.80-89.
- **Παπαδόπουλος Ν.Θ., (1999).** Μελέτη της βιολογίας και οικολογίας της μύγας της Μεσογείου, *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) στη βόρεια Ελλάδα. *Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, σελ.198.

- **Παπαδόπουλος Ν.Θ., Σταυρίδης Δ.Γ. Ζάρπας Κ.Δ. και Διαμαντίδης Α.Δ., 2012.** Η μύγα της Μεσογείου στην Ελλάδα: υφιστάμενη κατάσταση και σχεδιασμός της αντιμετώπισής της. Γεωργία – Κτηνοτροφία, τεύχος 7, σελ. 38-46.
- **Παπαδόπουλος Ν.Θ., Σταυρίδης Δ.Γ. και Ζάρπας Κ.Δ., 2010.** Η μύγα της Μεσογείου στην Ελλάδα: υφιστάμενη κατάσταση και σχεδιασμός της αντιμετώπισής της. Πρακτικά 5<sup>ης</sup> Πανελληνίας Συνάντησης Φυτοπροστασίας. Λάρισα.
- **Τζανακάκης, Μ. Ε. και Β. Ι. Κατσόγιαννος, (2003).** Έντομα Καρποφόρων Δέντρων και Αμπέλου. Εκδόσεις ΑγροΤύπος, Αθήνα.
- **Τζανακάκης, Μ.Ε. & Κατσόγιαννος, Β.Ι. (1998).** Έντομα Καρποφόρων Δέντρων και Αμπέλου Εκδόσεις ΑγροΤύπος, Αθήνα.
- **Τζανακάκης, Μ.Ε. και Κατσόγιαννος Β.Ι. (2003).** Έντομα Καρποφόρων Δέντρων και Αμπέλου. Εκδόσεις ΑγροΤύπος, Αθήνα.