



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών σπουδών**

**Κατεύθυνση: Φυτιατρική και Περιβάλλον**

### **Μεταπτυχιακή διατριβή**

Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ αρσενικών σε φτωχό διατροφικό περιβάλλον, επηρεάζουν την επιλογή σύζευξης και την αρμοστικότητα των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*).



**Παπαδογιώργου Γεωργία**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**Παπαδόπουλος Νικόλαος**

**Βόλος 2017**

**ΟΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ ΣΕ ΦΤΩΧΟ  
ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΖΕΥΞΗΣ  
ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΘΗΛΥΚΩΝ ΤΗΣ ΜΥΓΑΣ ΤΗΣ  
ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ (*CERATITIS CAPITATA*).**

**ΠΑΠΑΔΟΓΙΩΡΓΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

Εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας της Σχολής  
Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου  
Θεσσαλίας

**Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή**

Ν. Παπαδόπουλος	Καθηγητής	Εισηγητής
Χ. Αθανασίου	Αναπληρωτής Καθηγητής	Μέλος
Χ. Νάκας	Αναπληρωτής Καθηγητής	Μέλος

**Βόλος, 2017**

Copyright © Παπαδογιώργου Γεωργία, 2017.

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

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

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

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

## Πρόλογος

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας της Σχολής Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Για την πραγματοποίηση των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν χώροι και εξοπλισμός του Εργαστηρίου.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον επιβλέποντα της διατριβής μου, Καθηγητή κ. Νικόλαο Θ. Παπαδόπουλο για την υπόδειξη του θέματος, τις συμβουλές του κατά το σχεδιασμό και εκτέλεση του πειράματος και τις διορθώσεις του στο κείμενο της διατριβής.

Ευχαριστίες επίσης προς τους διδάκτορες, μεταδιδακτορικούς ερευνητές του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας, κ. Στέλλα Παπαναστασίου και κ. Χαράλαμπο Ιωάννου για τη βοήθεια τους στην ανάλυση των αποτελεσμάτων και την καθοδήγησή τους σε όλη τη διάρκεια του πειράματος.

# ΠΕΡΙΧΟΜΕΝΑ

## Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	8
Summary.....	10
1-Εισαγωγή.....	12
<u>1.1</u> Γενικά για τη Μύγα της Μεσογείου.....	12
<u>1.2</u> Μορφολογικά χαρακτηριστικά του εντόμου.....	13
1.3 Προέλευση και Γεωγραφική Κατανομή.....	16
<u>1.4</u> Ξενιστές και Οικονομική Σημασία.....	17
<u>1.5</u> Βιολογία του εντόμου.....	18
<u>1.6</u> Καταπολέμηση της Μύγας της Μεσογείου.....	20
<u>1.7</u> Σεξουαλική επιλογή.....	30
1.7.1 Σεξουαλική επιλογή και μάχη των δύο φύλων.....	31
1.7.2 Συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου.....	32
1.7.3 Σεξουαλική συμπεριφορά των αρσενικών.....	32
1.7.4 Διαδικασία επιλογής από τα θηλυκά της μύγας της Μεσογείου.....	34
1.7.5 Όργανα αποθήκευσης σπέρματος.....	35
1.7.6 Επίδραση συνωστισμού στην επιτυχία και στην διάρκεια σύζευξης στη μύγα της Μεσογείου.....	36
<u>1.8</u> Σκοπός.....	37
2. Υλικά και Μέθοδοι.....	38
2.1 Συνθήκες εργαστηρίου.....	38
2.2 Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν.....	38
2.3 Στατιστική ανάλυση.....	45
3. Αποτελέσματα.....	47
<u>3.1</u> Δοκιμές σύζευξης σε πειράματα επιλογής.....	47
<u>3.2</u> Δοκιμές σύζευξης σε πειράματα μη επιλογής.....	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b> 51
4. Συζήτηση.....	67
6. Βιβλιογραφία.....	76

## Περίληψη

Μελετήθηκε σε σταθερές συνθήκες στο εργαστήριο (25 °C) η επίδραση των αλληλεπιδράσεων των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου όταν αυτά τρέφονται σε φτωχό διατροφικό περιβάλλον (ζάχαρη), στην επιλογή συντρόφου και στην αρμοστικότητα των θηλυκών. Χρησιμοποιήθηκαν έντομα που προήλθαν από προσβεβλημένους καρπούς που συλλέχθηκαν στην περιοχή των Λεχωνιών του νομού Μαγνησίας και εκτραφήκαν για οκτώ γενεές στο εργαστήριο.

Στο πρώτο μέρος του πειράματος μελετήθηκε σε εργαστηριακές συνθήκες η επίδραση του ανταγωνισμού των αρσενικών στην επιλογή σύζευξης με τα θηλυκά. Οι παρατηρήσεις έγιναν από τις 6.00 το πρωί έως και τις 15.00 το μεσημέρι σε τρεις επαναλήψεις όπου καταγράφηκαν: η επιλογή σεξουαλικού συντρόφου, ο χρόνος έως την έναρξη σύζευξης καθώς και η διάρκεια σύζευξης. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι α) οι αλληλεπιδράσεις των αρσενικών δεν επηρέασαν σημαντικά την επιλογή συντρόφου από τα θηλυκά της μύγας Μεσογείου, β) ο χρόνος μέχρι την έναρξη σύζευξης ήταν μικρότερος στα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν σε ομάδες των δύο ατόμων σε σχέση με τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με μεμονωμένα αρσενικά, χωρίς όμως να διαφέρουν σημαντικά, γ) ο χρόνος έως την έναρξη σύζευξης ήταν ελαφρώς μακρύτερος στα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρούνταν μεμονωμένα, χωρίς όμως να διαφέρει σημαντικά, δ) η διάρκεια σύζευξης με τα θηλυκά δεν επηρεάστηκε σημαντικά όταν υπήρξε ανταγωνισμός μεταξύ των αρσενικών που διατηρήθηκαν μεμονωμένα και των αρσενικών που διατηρήθηκαν σε ομάδες των δύο ατόμων, 5) η μέση διάρκεια σύζευξης μεταξύ θηλυκών και αρσενικών που διατηρήθηκαν σε ομάδες των 5 ατόμων ήταν σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή μεταξύ θηλυκών και αρσενικών που διατηρήθηκαν μεμονωμένα.

Στο δεύτερο μέρος του πειράματος μελετήθηκε η επίδραση του ανταγωνισμού των αρσενικών όταν αυτά τρέφονται σε φτωχό διατροφικό περιβάλλον (ζάχαρη), στην αρμοστικότητα των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου. Πραγματοποιήθηκαν συζεύξεις θηλυκών με αρσενικά που δεν εκτίθονταν σε άλλα αρσενικά και με αρσενικά που κρατούνταν πριν τη σύζευξη σε ομάδες των δύο και των πέντε ατόμων. Μετά το πέρας της σύζευξης καταγράφονταν: η διάρκεια ζωής των θηλυκών, η



ωοπαραγωγή των θηλυκών καθώς και η εκκολασιμότητα των αυγών. Τα πειράματα έγιναν την περίοδο (Ιούνιος 2016 έως Ιανουάριο 2017). Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι α) Τα θηλυκά συζεύχθηκαν σε μικρότερο ποσοστό με αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες των 2 ατόμων σε σχέση με τα αρσενικά των άλλων δύο μεταχειρίσεων, χωρίς όμως να διαφέρουν σημαντικά, β) τα θηλυκά αποδέχτηκαν για σύζευξη σε σημαντικά μικρότερο χρονικό διάστημα τα αρσενικά που διατηρήθηκαν σε ομάδες των 5 ατόμων σε σχέση με τα αρσενικά που διατηρήθηκαν μεμονωμένα, γ) τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν σε ομάδες των 2 ατόμων χρειάστηκαν λιγότερο χρόνο έως την έναρξη σύζευξης σε σχέση με τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν μεμονωμένα, χωρίς όμως οι τιμές να διαφέρουν σημαντικά, δ) Τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά και των τριών μεταχειρίσεων εμφάνισαν παραπλήσια διάρκεια σύζευξης χωρίς σημαντικές διαφορές, ε) τα παρθένα θηλυκά γέννησαν σημαντικά μικρότερο αριθμό αυγών σε σχέση με τα θηλυκά που συζεύχθηκαν, στ) τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες των 2 και των 5 ατόμων, εκδήλωσαν μεγαλύτερη ωοπαραγωγή, από τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρούνταν μεμονωμένα, χωρίς όμως στατιστικώς σημαντικές διαφορές, ζ) οι συνθήκες διατήρησης των αρσενικών πριν τη διεξαγωγή των δοκιμών σύζευξης που πραγματοποιήθηκαν στην ηλικία των 15 ημερών δεν επηρέασαν σημαντικά την εκκόλαψη των αυγών που ωοτοκήθηκαν από τα θηλυκά πριν την ηλικία των 60 ημερών.

Τα παραπάνω αποτελέσματα συμβάλλουν στη χαρτογράφηση της συμπεριφοράς της μύγας της Μεσογείου, έναν από τους σημαντικότερους οργανισμούς μοντέλα, για συμπεριφορικές και δημογραφικές μελέτες, σε σχέση με το περιβάλλον ανταγωνισμού καθώς και με τη διατροφική των ενηλίκων (έλλειψη πρωτεϊνούχου τροφής για τα αρσενικά). Αναλύεται και σχολιάζεται, η συνεισφορά των ευρημάτων της παρούσας διατριβής στην κατανόηση της συμπεριφοράς της μύγας της Μεσογείου και προτείνονται δυνατότητες για περαιτέρω έρευνα.

## Summary

Although, the behavior of the Mediterranean fruit fly (medfly), *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) has been studied in great extent, the effect of the interactions among males on the mating behavior of female remains poorly understood. The aim of the current study was to elucidate the effect of the interactions among males when they feed on a poor nutritional environment (sugar), on female mating choice and the post-mating demographic properties. Experiments were conducted under constant laboratory conditions ( $25\pm 1^\circ\text{C}$ , 65% RH, 14:10 L:D), in the Laboratory of Entomology and Agricultural Zoology, at the University of Thessaly, Greece during March 2016- January 2017. Flies used in the experiments of the current thesis were obtained from field infested fruits (collected from the area of Volos, Greece), and were reared under laboratory conditions for 1-8 generations ( $F_1$ - $F_8$ ).

In a first line of tests, we studied the effect of the interactions among males on the female mating choice. With visual observations (from 6.00 am until 15.00 pm) we recorded: the mate choice, the duration of latency to mate, and the copula duration. The analysis of the results showed that a) the interactions among males before mating did not affect the choice of the female medflies for mating partner, b) the latency to mate was not affected by the male holding (interactions) conditions (crowded vs isolated), c) the copula duration was affected by the male holding conditions (crowded vs isolated), d) The copula duration was significantly longer with males that were hold in groups of five individuals compared to isolated males.

In a second line of tests, we studied the effect of male holding conditions, when fed “poor” adult food (absence of yeast hydrolysate) on some fitness traits of female medflies. Cohorts of females mated with different categories of males (according to holding conditions) as well as non mated (virgin) females were placed in individual cages. Egg production, life span and egg hatch was recorded daily. The experiments were conducted from (June 2016 to January 2017). The analysis of the results showed that a) the interactions among males before mating did not affect the mating choice of the female medflies, b) the latency to mate was affected by the

male holding conditions (crowded vs isolated), c) female medflies accepted earlier for mating with males that were held in crowded conditions than those that were held isolated, d) the copula duration was not affected by the male holding conditions (crowded vs isolated), e) virgin females had shorter egg production than mated females, f) egg production of female medflies was not affected by the male holding conditions (crowded vs isolated), g) egg hatch was not affected by the male holding conditions (crowded vs isolated) until the age of 60 days.

The results of the current thesis contribute to “mapping” the mating behavioral patterns of the Mediterranean fruit fly, an important model organism for behavioral aging research and a major pest of agricultural commodities. The effect of the interactions between males and the adult diet on selected fitness traits of females was explored. The contribution of these findings towards understanding the behavior of the medfly, as well as their implication for the research of aging are being discussed and possibilities for future research are being proposed.

# 1-Εισαγωγή

## 1.1 Γενικά για τη Μύγα της Μεσογείου

Η μύγα της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (medfly) (Wiedemann) ανήκει στην οικογένεια Tephritidae των Διπτέρων και στο άθροισμα Ceratidini. Το γένος *Ceratitis* περιλαμβάνει περισσότερα από 90 είδη τα οποία κατάγονται κυρίως από την τροπική Αφρική (De Meyer 2000). Η μύγα της Μεσογείου είναι εξαιρετικά πολυφάγο είδος, καθώς αναφέρονται περισσότερα από 300 είδη ξενιστών και θεωρείται από τους σημαντικότερους εχθρούς των καρποφόρων δέντρων σε παγκόσμιο επίπεδο (Liquido et al. 1991, Mitchell & Saul 1990). Ανάλογα με την περιοχή, το κλίμα καθώς και τη διαθεσιμότητα των ξενιστών παρουσιάζει διαφορετικό αριθμό γενεών ανά έτος κάτι που το καθιστά εξαιρετικά πολυκυκλικό είδος. Πρόκειται για κοσμοπολίτικο είδος το οποίο από την υποσαχάρια κεντρική-ανατολική Αφρική εξαπλώθηκε σε εύκρατες αλλά και τροπικές περιοχές της γης όπως για παράδειγμα: Κεντρική-Νότια και Βόρεια Αμερική, Ευρώπη, Μέση Ανατολή, Αυστραλία, Ανατολική Ασία (Malacrida et al. 2007, Papadopoulos et al. 2013). Στην Ελλάδα η εξάπλωσή της φτάνει από την Κρήτη ως και τη Βόρεια Ελλάδα, και οι ζημιές που προκαλεί εκτός από τα εσπεριδοειδή αφορούν στα μηλοειδή, τα πυρηνόκαρπα, τα σύκα καθώς και άλλα φρούτα (Papadopoulos et al., 1998, Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 2003, Διαμαντίδης 2009).

Η πρώτη καταγραφή του εντόμου στην Αμερικανική ήπειρο σημειώθηκε στη Βραζιλία το 1905 και στη συνέχεια εξαπλώθηκε στις περισσότερες χώρες της κεντρικής και Νότιας Αμερικής.

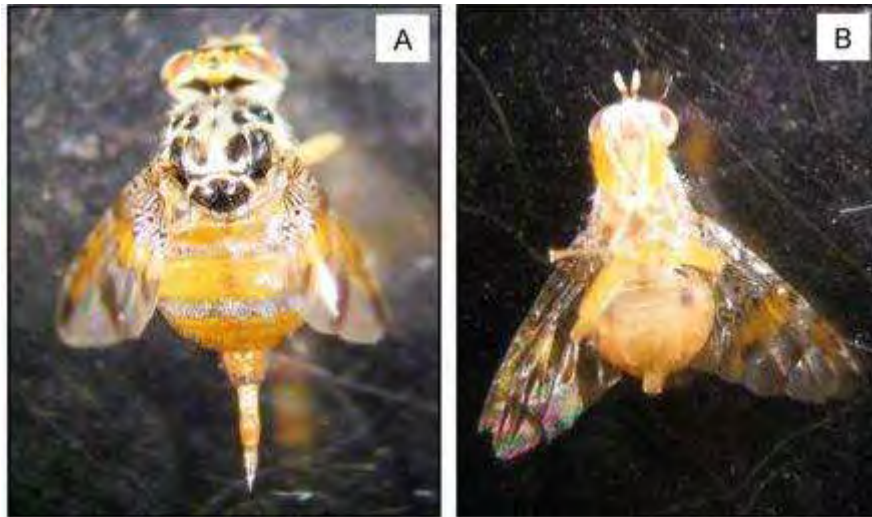
Η ανάπτυξη του εμπορίου ακολουθείται από παγκόσμια ανησυχία σχετικά με τις οικονομικές επιπτώσεις από την εξάπλωση της μύγας της Μεσογείου και γενικότερα ειδών της οικογένειας Tephritidae. Για το λόγο αυτό σαφείς διατάξεις φυτοϋγείας απαγορεύουν την εξαγωγή καρπών προσβεβλημένων από προνύμφες της μύγας Μεσογείου.

## 1.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του εντόμου

Το ενήλικο έχει μήκος περί τα 4-6 mm και πλάτος περίπου 2 mm και διαθέτει χαρακτηριστικό χρωματισμό με μαύρες, κίτρινες καθώς και καστανές κηλίδες στο θώρακα, τις πτέρυγες αλλά και την κοιλιά (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 2003). Η κεφαλή είναι κίτρινη, πιο σκοτεινή ανάμεσα στις βάσεις των κεραιών και με μαύρες τρίχες ανάμεσα στους σύνθετους οφθαλμούς (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 2003). Το αρσενικό φέρει στο μέτωπο δύο μακριές κεραιές με ροπαλοειδές σχήμα. Οι κεραιές είναι καστανού χρώματος με μικρό αριθμό μαύρων τριχών στο μέσο τους.

Οι πτέρυγες είναι πλατιές, έχουν μήκος 4,5 mm η καθεμία, είναι σχεδόν διάφανες και γυαλιστερές, ενώ φέρουν πολλές μαύρες, καστανές και κίτρινες εγκάρσιες ζώνες και κηλίδες. Όταν το ενήλικο στέκεται ή βαδίζει κρατά τις πτέρυγες μισάνοιχτες έτσι ώστε οι πρόσθιες πλευρές τους να σχηματίζουν περίπου ορθή γωνία και με κάποια κλίση της οπίσθιας παρυφής τους προς το υπόστρωμα (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Τα πόδια είναι κιτρινέρυθρα και οι οπίσθιες κνήμες έχουν κίτρινες σκληρές τρίχες (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Το νωτιαίο τμήμα του θώρακα είναι μαύρο γυαλιστερό και διαθέτει ρίγες λευκού χρώματος.

Η κοιλιά έχει σχήμα ωοειδές και χρώμα πορτοκαλοκίτρινο με δύο καστανέρυθρες εγκάρσιες ζώνες και πολλά λεπτά στίγματα (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Το θηλυκό ξεχωρίζει από τον ωοθέτη που φέρει στην απόληξη της κοιλίας του. Ο ωοθέτης είναι καστανέρυθρος, και προεξέχει από το τελευταίο κοιλιακό τμήμα των θηλυκών και έχει μήκος περίπου 1,3 mm (Εικόνα 1). Η ύπαρξη ωοθέτη στο τελευταίο κοιλιακό τμήμα των θηλυκών θεωρείται και το βασικό χαρακτηριστικό διάκρισης των δύο φύλων (αρσενικού – θηλυκού). Επίσης η διάκριση των δύο φύλων μπορεί να γίνει και από ένα ζεύγος έμμισχων κερατοειδών αποφύσεων (orbital blisters) που βρίσκονται στο μέτωπο των ενήλικων αρσενικών.



Εικόνα 1 α) Θηλυκό και β) Αρσενικό της μύγας της Μεσογείου, σε μεγέθυνση 10x σε στερεοσκόπιο

Τα αυγά είναι λεία, λευκά, επιμήκη, ελλειπτικού σχήματος με μήκος 0,9- 1,1 mm και διάμετρο 0,2-0,3 mm (Εικόνα 2).



Εικόνα 2 Αυγά της μύγας Μεσογείου σε διηθητικό χαρτί

Οι προνύμφες είναι υπόλευκου χρώματος, είναι άποδες ακέφαλες και έχουν κυλινδρικό σχήμα. Στην προνύμφη 3<sup>ης</sup> ηλικίας διακρίνεται μόνο μία σκούρα κατά μήκος γραμμή στο ύψος της κεφαλής ο λεγόμενος κεφαλοφαρυγγικός σκελετός (Εικόνα 3). Υπάρχουν 3 προνυμφικές ηλικίες που διακρίνονται κυρίως από το μήκος και τη μορφολογία του κεφαλοφαρυγγικού σκελετού. Η προνύμφη 1<sup>ης</sup> ηλικίας έχει μήκος 0,17-2,2 mm για την προνύμφη 2<sup>ης</sup> ηλικίας που έχει μήκος 2,3-5 mm και τέλος η προνύμφη 3<sup>ης</sup> ηλικίας που έχει μήκος 6-10 mm (Papadopoulos et al., 2004). Το

στάδιο της προνύμφης είναι ειδικά εξειδικευμένο για την πρόσληψη της τροφής. Κατά αυτό το στάδιο αποθηκεύονται τα θρεπτικά συστατικά που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη μεταμόρφωση της προνύμφης σε πλαγγόνα καθώς και για το στάδιο ανάπτυξης της πλαγγόνας. Η μύγα της Μεσογείου υφίσταται μεταμόρφωση, συγκεκριμένα εκκολάπτεται η σκωληκόμορφη προνύμφη και με μία σειρά εκδύσεων σχηματίζει ένα κουκούλι γύρω από τον εαυτό της και μετατρέπεται σε πλαγγόνα. Σε αυτό το στάδιο δεν τρέφεται. Τέλος, από την πλαγγόνα εξέρχεται το πλήρως αναπτυγμένο ενήλικο έντομο. Οι προνύμφες βρίσκονται πολλές μαζί στη σάρκα των καρπών και μετακινούνται με συσπείρωση και προώθηση.



Εικόνα 3 Προνύμφες μύγας Μεσογείου σε εμποτισμένο βαμβάκι με ειδική τροφή προνυμφών

Οι νύμφες είναι ελλειψοειδείς και έχουν μήκος 4,4-4,5 mm με διάμετρο 2-2,5 mm (Εικόνα 4). Το χρώμα τους εξαρτάται από τον ξενιστή στον οποίο αναπτύσσονται οι προνύμφες και μπορεί να είναι από υπόλευκο έως σκούρο καστανό (Papadopoulos et al., 2004). Βρίσκονται κυρίως στο έδαφος, σε μικρό βάθος.





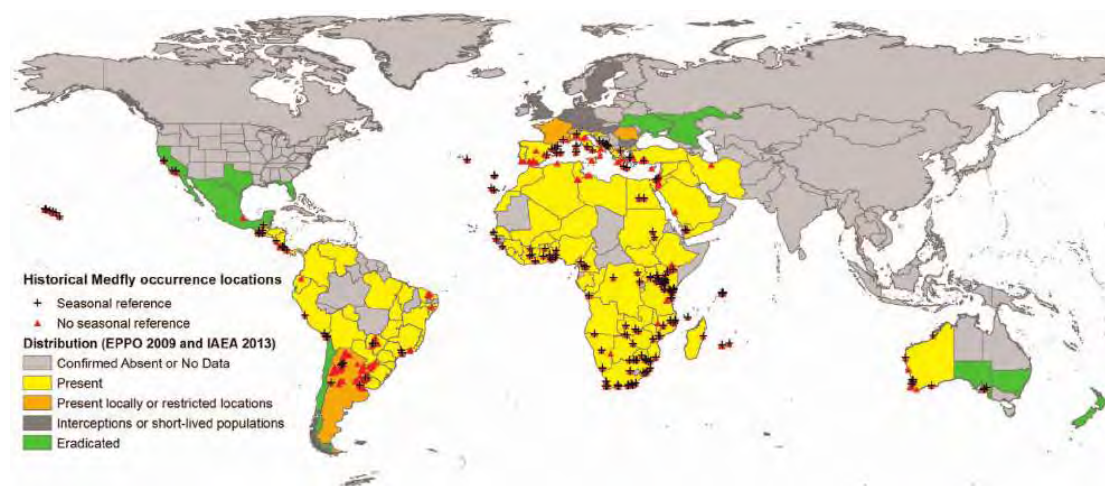
Εικόνα 4 Νύμφες της μύγας Μεσογείου σε κόσκινο

### 1.3 Προέλευση και Γεωγραφική Κατανομή

Σύμφωνα, με τις επικρατέστερες απόψεις η μύγα της Μεσογείου κατάγεται από την Αφρική και πιο συγκεκριμένα από περιοχές της ερήμου Σαχάρα (Kourti et al., 1992; Malacrida et al., 1998; Kourti, 2002). Ωστόσο, σήμερα τη μύγα της Μεσογείου τη συναντάμε κυρίως στην Αφρική, στην κεντρική και νότια Αμερική, σε περιοχές της Ασίας αλλά και στην Ωκεανία. Η εξάπλωση του εντόμου πιθανολογείται να ξεκίνησε από τη Μεσόγειο όπου καταγράφηκε η παρουσία του εντόμου στην Ισπανία πρωτίστως το 1842 και στην Πορτογαλία στη συνέχεια το 1898 (Fimiani, 1989). Στην Ελλάδα αναφέρεται η παρουσία της μύγας της Μεσογείου σε όλη σχεδόν τη χώρα και ιδιαίτερα σε κεντρικές και νότιες περιοχές όπου γίνεται καλλιέργεια των εσπεριδοειδών, αλλά υπάρχουν και εμφανίσεις και σε νησιά καθώς και στη βόρεια Ελλάδα (Παπαδόπουλος κ.α., 1999). Ο εποικισμός της λεκάνης της Μεσογείου πιθανόν να πραγματοποιήθηκε μέσω της κοιλάδας του Νείλου είτε μέσω της Ισπανίας, από τη βορειοδυτική ακτή της Αφρικής και το Γιβραλτάρ (Papadopoulos, 2004). Η εξάπλωση του εντόμου θεωρείται πως έγινε μέσω του εμπορίου νωπών φρούτων. Η μύγα της Μεσογείου ενδημεί σε όλες τις χώρες της νότιας αλλά και κεντρικής Αμερικής με μοναδική εξαίρεση το Μεξικό όπου μετά από συντονισμένες προσπάθειες εξαλείφθηκε (White & Elson-Harris, 1992). Στη βόρεια Αμερική έχουν αναφερθεί κατά καιρούς εισβολές σε διάφορες περιοχές. Η πρώτη καταγραφή στη βόρεια Αμερική σημειώθηκε το 1926 στην κεντρική Φλόριντα (Hagen et al., 1981). Παρά τις προσπάθειες εξάλειψης του εντόμου στην πολιτεία της Καλιφόρνιας έχουν εγκατασταθεί τόσο η μύγα της Μεσογείου όσο και άλλα είδη της οικογένειας Tephritidae (Papadopoulos et al., 2013). Η μύγα της Μεσογείου ενδημεί και στη δυτική Αυστραλία, καθώς και στα νησιά του Ατλαντικού, Ινδικού και Ειρηνικού ωκεανού (White & Elson-Harris, 1992). Η καταγραφή του εντόμου στη Γερμανία,



την Ουγγαρία, την Ολλανδία, την Ισπανία τη Γαλλία και τη βόρεια Ιταλία θα πρέπει να αποδοθεί στη μεταφορά προσβεβλημένων φορτίων καρπών από άλλες χώρες καθώς το έντομο δεν ενδημεί σε τόσο μεγάλα γεωγραφικά πλάτη (Papadopoulos, 2004) (Εικόνα 5).



Εικόνα 5 Γεωγραφική εξάπλωση της μύγας Μεσογείου (Ηλεκτρονική πηγή 1)

#### 1.4 Ξενιστές και Οικονομική Σημασία

Η μύγα της Μεσογείου θεωρείται το πιο πολυφάγο είδος της οικογένειας Tephritidae καθώς προσβάλλει ξενιστές που ανήκουν σε 67 οικογένειες φυτών. Οι ξενιστές ανέρχονται σε 353 είδη φυτών των οποίων το 40% ανήκει σε 5 οικογένειες και συγκεκριμένα: Myrtaceae (6%), Rosaceae (10%), Rutaceae (9%), Sapotaceae (9%), καθώς και Solanaceae (6%) (Liquidó et al. 1991). Στη δυτική Αυστραλία και σε εύκρατες περιοχές, ιδιαίτερα στην περιοχή της Μεσογείου προσβάλλονται τα πυρηνόκαρπα, τα γιγαρτόκαρπα, τα εσπεριδοειδή, η μουσμουλιά, καθώς και ο λωτός. Ωστόσο έχουν παρατηρηθεί και προσβολές σε φρούτα τροπικών και υποτροπικών περιοχών όπως είναι για παράδειγμα η παπάγια, το αβοκάντο και άλλα. Στη χώρα μας προκαλεί σοβαρές ζημιές σε μανταρίνια, πορτοκάλια καθώς επίσης και σε σύκα, ροδάκινα, μήλα, αχλάδια, κυδώνια και άλλα φρούτα (Papadopoulos et al., 2004).

Η εγκατάσταση της μύγας Μεσογείου σε μία περιοχή μπορεί να προκαλέσει σημαντικές οικονομικές απώλειες όχι μόνο λόγω της ζημιάς που προκαλεί αλλά και λόγω του υψηλού κόστους παρακολούθησης ελέγχου καθώς και διατήρησης του πληθυσμού, σε επίπεδα κάτω από το όριο οικονομικής ζημιάς. Σε χώρες όπου εμφανίζεται η μύγα της Μεσογείου παρατηρείται οικονομική ύφεση, μικρή

διαθεσιμότητα των φρούτων και υψηλές δαπάνες για τον έλεγχό του. Συγκεκριμένα, πρόσφατα μελέτες έχουν δείξει πως οι έμμεσες και άμεσες απώλειες λόγω της μύγας Μεσογείου σε Ιρλανδία, Ισραήλ, και Παλαιστίνη ανέρχονται στα 192 εκατομμύρια δολάρια ετησίως (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003).

Η μύγα της Μεσογείου προσβάλλει πολυάριθμα καλλιεργούμενα φυτά και οι προκαλούμενες ζημιές περιορίζονται αποκλειστικά στους καρπούς που μπαίνουν ή έχουν ήδη μπει σε στάδιο ωρίμανσης. Η ζημιά που συντελείται είναι αποτέλεσμα τριών παραγόντων που αναλύονται παρακάτω:

- 1) Λόγω του νύγματος ωτοκίας και εναπόθεσης των αυγών μέσα στους καρπούς και της ορατής οπής εξόδου της προνύμφης. Στα εσπεριδοειδή η οπή ωτοκίας είναι ευδιάκριτη, όταν οι καρποί είναι ακόμη πράσινοι, η οπή είναι ένα μαύρο στίγμα που περιβάλλεται από μία χλωρωτική κηλίδα.
- 2) Λόγω της διατροφής των προνυμφών που γεννιούνται μέσα στον καρπό από τα αυγά και τρέφονται από αυτή. Οι προνύμφες αναπτύσσονται σε βάρος του ώριμου καρπού ή του σχεδόν ώριμου καρπού, το πρόβλημα συνεχίζεται και μετά τη συγκομιδή. Οι καρποί συγκεκριμένα, γεμίζουν στοές και η σάρκα νεκρώνει, ενώ οι προσβεβλημένοι από τις προνύμφες καρποί σχεδόν πάντοτε πέφτουν στο έδαφος και όχι μόνο χάνουν την εμπορική τους αξία αλλά σαπίζουν μέσα σε διάστημα λίγων ημερών οπότε καθίστανται τελείως άχρηστοι. Σε περιπτώσεις έντονων προσβολών είναι δυνατόν να καταστραφεί ολόκληρη η παραγωγή των εσπεριδοειδών, των βερίκοκων καθώς και των ροδάκινων.
- 3) Λόγω της αποσύνθεσης και της σήψης των προσβεβλημένων καρπών από δευτερογενείς προσβολές λόγω εισόδου παθογόνων μικροοργανισμών από την οπή εισόδου. Δευτερογενώς αναπτύσσονται μύκητες, βακτήρια καθώς και άλλοι μικροοργανισμοί που συντελούν στην ταχύτερη σήψη τους. Όταν ο καρπός αρχίζει να σαπίζει ωτοκοούν και άλλα είδη εντόμων εκεί όπως είναι για παράδειγμα *Drosophila* sp., *Carpophilus* sp. των οποίων οι προνύμφες κάνουν τη ζημιά εντονότερη.

### **1.5 Βιολογία του εντόμου**

Η μύγα της Μεσογείου είναι πολυκυκλικό είδος καθώς συμπληρώνει πολλές γενεές το έτος κάτι που εξαρτάται από την γεωγραφική περιοχή, από τις κλιματικές

συνθήκες που επικρατούν καθώς και από την διαθεσιμότητα των ξενιστών (Fletcher, 1989). Στην Ελλάδα η μύγα της Μεσογείου παρουσιάζει 3-7 αλληλοεπικαλυπτόμενες γενεές το έτος, ενώ σε θερμότερες περιοχές μπορεί να παρουσιάσει και περισσότερες γενεές. Διαχειμάζει με την μορφή νύμφης στο έδαφος, ή ως προνύμφη στους προσβεβλημένους καρπούς που είτε παραμένουν στα δέντρα είτε έχουν πέσει στο έδαφος (Papadopoulos et al., 1996, Papadopoulos et al., 2001). Στην Κρήτη σε ένα μικρό ποσοστό διαχειμάζει και ως ενήλικο (Μαυρικάκης & συνεργάτες, 2000).

Τα ενήλικα της μύγας της Μεσογείου εμφανίζονται την άνοιξη και τρέφονται με σακχαρούχες καθώς και αζωτούχες ουσίες όπως είναι για παράδειγμα το νέκταρ ή και τα μελιτώδη απεκκρίματα των κοκκοειδών. Ο βιολογικός τους κύκλος συμπληρώνεται σε διάστημα 25 ημερών όταν η θερμοκρασία είναι 24-25°C και η σχετική υγρασία 60-70%. Το θηλυκό ωτοκεί στους καρπούς συνήθως 6 αυγά αλλά μπορεί να φτάσει και τα 10 σε περίπτωση που η θερμοκρασία δεν είναι χαμηλότερη από τους 16 °C. Τα θηλυκά εισάγουν τον ωοθήτη τους στο περικάρπιο ή το μεσοκάρπιο ενός ώριμου ή και ημιώριμου καρπού όπου και δημιουργούν ένα νύγμα με διάμετρο 1mm εντός του οποίου αποθέτουν τα αυγά τους (Papadopoulos et al., 2001).

Οι προνύμφες που προκύπτουν στη συνέχεια αναπτύσσονται σε βάρος του καρπού. Συνήθως τρέφονται πολλές μαζί στην ίδια περιοχή της σάρκας του προσβεβλημένου φρούτου μέχρι να ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους. Τις περισσότερες φορές ο καρπός που έχει προσβληθεί από τη μύγα της Μεσογείου στη συνέχεια προσβάλλεται και από κάποιο μύκητα ή βακτήριο κάτι που οδηγεί σε μεγαλύτερη υποβάθμιση του καρπού. Οι ανεπτυγμένες προνύμφες εγκαταλείπουν τον καρπό, αφήνοντας μία ορατή οπή στην επιδερμίδα του φρούτου και στη συνέχεια νυμφώνονται σε μικρό βάθος μέσα στο έδαφος περίπου στα 5cm. Οι πρώτες προσβολές σημειώνονται στους καρπούς περί τα τέλη Ιουνίου και Ιουλίου σε πρώιμες ποικιλίες πορτοκαλιάς αλλά και νεραντζιάς. Σε καρπούς που ωριμάζουν τον Αύγουστο έως τον Οκτώβριο παρατηρούνται υψηλότεροι πληθυσμοί και κατά συνέπεια και σημαντικότερες προσβολές. Μείωση της πυκνότητας του πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου παρατηρείται από τον Νοέμβριο και καθ' όλη τη διάρκεια του χειμώνα κάτι που οφείλεται στις χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούν. Στη Βόρεια Ελλάδα όπως για παράδειγμα σε Θεσσαλονίκη, Χαλκιδική, Πιερία, Δράμα η

παρουσία της πτήσης του εντόμου σημειώνεται από το τέλος καλοκαιριού ως το φθινόπωρο (Paradopoulos et al., 1998).

Στα εσπεριδοειδή η οπή ωοτοκίας είναι χαρακτηριστική και συνήθως ευδιάκριτη, είναι σκούρα, διαμέτρου 1mm ενώ σε περιπτώσεις που οι καρποί είναι πράσινοι γύρω από την οπή ωοτοκίας παρατηρείται και μία χλωρωτική κηλίδα. Μετά από προσβολή των καρπών από προνύμφες επέρχεται πρόωρη ωρίμανση, κιτρίνισμα σήψη και πτώση των καρπών (Εικόνα 6).



Εικόνα 6: Ο βιολογικός κύκλος της μύγας της Μεσογείου και προτεινόμενες τακτικές αντιμετώπισης. Η διάρκεια κάθε σταδίου το καλοκαίρι και το χειμώνα (από Ηλεκτρονική πηγή 2, τροποποιημένο)

### 1.6 Καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου

Η καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου μπορεί να γίνει με ποικίλες μεθόδους μερικές από τις οποίες είναι:

- 1) Φυτοϋγειονομικός έλεγχος
- 2) Εφαρμογή καλλιεργητικών μέτρων – μέτρων υγιεινής και άλλων φυσικών μεθόδων
- 3) Βιολογική καταπολέμηση
- 4) Μαζική παγίδευση
- 5) Χρήση εντομοκτόνων

- 6) Περιφερειακά προγράμματα αντιμετώπισης της μύγας Μεσογείου (Area- wide operational programs).
- 7) Εξαπόλυση στειρωμένων εντόμων
- 8) Τεχνική ασυμβατότητας των εντόμων

Γενικά η καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια βασίζεται στην παρακολούθηση του πληθυσμού των ενηλίκων η οποία πραγματοποιείται με τη χρήση διαφορετικών τύπων παγίδων, καθώς και με την εφαρμογή δολωματικών ψεκασμών, ή και με ψεκασμούς με διάφορα εγκεκριμένα εντομοκτόνα.

**Φυτοϋγειονομικός έλεγχος:** Ο κίνδυνος εισαγωγής νέων παθογόνων σε μία χώρα λόγω της παγκοσμιοποίησης του εμπορίου αυξάνεται ολοένα και περισσότερο. Όταν ένα παθογόνο εισέρχεται σε μία περιοχή όπου μέχρι τότε τα φυτά αναπτύσσονταν χωρίς την παρουσία του, μπορεί να προκαλέσει καταστροφικές επιδημίες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα φυτά λόγω της απουσίας του παθογόνου στο παρελθόν δεν είχαν τη δυνατότητα να αναπτύξουν μηχανισμούς ανοχής εναντίον του παθογόνου. Επίσης, δεν υπάρχουν άλλοι ανταγωνιστικοί οργανισμοί ή ακόμη και φυσικοί εχθροί και έτσι το παθογόνο μπορεί να επεκταθεί σε μία μεγάλη έκταση ευαίσθητων και απροστάτευτων φυτών. Για τον λόγο αυτό γίνεται έλεγχος των φυτικών προϊόντων μέσω της διαδικασίας του φυτοϋγειονομικού ελέγχου.

Ο φυτοϋγειονομικός έλεγχος διενεργείται, στα εισαγόμενα, παραγόμενα καθώς και διακινούμενα φυτά, φυτικά προϊόντα καθώς και λοιπά προϊόντα και ως στόχο έχει τη μείωση του κινδύνου εισαγωγής αλλά και διάδοσης επιβλαβών οργανισμών τόσο σε μία χώρα όσο και στην Ευρωπαϊκή Ένωση γενικότερα. Ο φυτοϋγειονομικός έλεγχος εκτελείται από τις διάφορες κρατικές υπηρεσίες ελέγχου-φυτοκαραντίνας και κύριο μέλημά τους είναι εκτός από τον έλεγχο η υγειονομική κάθαρση του φυτικού υλικού που εισάγεται και διακινείται σε μία περιοχή. Ο έλεγχος πραγματοποιείται στα σημεία εισόδου αλλά και εξόδου των προϊόντων από μία χώρα σε μία άλλη. Παρόλα αυτά υπάρχουν εμφανείς δυσκολίες στην εξ ολοκλήρου παρεμπόδιση της εισαγωγής επιβλαβών οργανισμών, καθώς μερικοί από τους οργανισμούς μπορεί να βρίσκονται σε λανθάνουσα μορφή ή σε στάδιο που δεν είναι εφικτό να ανιχνευτεί η παρουσία τους.

Όσον αφορά τη μύγα της Μεσογείου ο φυτοϋγειονομικός έλεγχος περιλαμβάνει:

- Τον έλεγχο για τυχόν παρουσία του εντόμου στη χώρα παραγωγής ή προέλευσης των εισαγόμενων καρπών.
- Τον έλεγχο σε σύνορα, λιμάνια αεροδρόμια για την παρουσία του εντόμου.
- Την απαγόρευση προσέλευσης προϊόντων που δεν έχουν απεντομωθεί κατάλληλα.
- Την απεντόμωση των υλικών συσκευασίας των εισαγόμενων καρπών.
- Την πιστοποίηση της υγιεινής κατάστασης των διακινούμενων προϊόντων καθώς και την έκδοση πιστοποιητικών φυτοϋγείας που συνοδεύουν τα εξαγόμενα προϊόντα (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003).

**Εφαρμογή προληπτικών καλλιεργητικών μέτρων – μέτρων υγιεινής και άλλων φυσικών μεθόδων:** Τα καλλιεργητικά μέτρα είναι φυσικές ενέργειες που γίνονται με κατεύθυνση την προστασία της παραγωγής από τους εχθρούς και τις ασθένειες. Σε αυτές τις ενέργειες περιλαμβάνονται η ισορροπημένη ανάπτυξη φυτών, η χρήση ανθεκτικών ή ανεκτικών ποικιλιών, η επιδίωξη κανονικού φορτίου καθώς το υπερβολικό φορτίο μπορεί να κάνει τα φυτά πιο ευαίσθητα σε εχθρούς. Όσον αφορά τα μέτρα υγιεινής πρόκειται για μέτρα που αποβλέπουν στην εξάλειψη των πηγών και των φορέων εχθρών καθώς και των ασθενειών. Με τη χρήση αυτών των μέτρων μειώνεται η παρουσία των επιζήμιων οργανισμών στα φυτά με αποτέλεσμα τη μείωση της χρήσης χημικών φυτοπροστατευτικών ουσιών. Στις καλλιεργητικές πρακτικές περιλαμβάνονται τυπικές διαδικασίες που γίνονται όπως για παράδειγμα η καλλιέργεια του εδάφους (φρεζάρισμα) για την καταστροφή ζιζανιών και παράλληλα και καταστροφή των νυμφών που βρίσκονται σε μικρό βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Άλλα καλλιεργητικά μέτρα είναι η απομάκρυνση και καταστροφή προσβεβλημένων καρπών που μένουν πάνω στο δέντρο ή πέφτουν στο τέλος, καθώς και η πρόωμη συγκομιδή.

Κάποιες φυσικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση της μύγας της Μεσογείου είναι η εμβάπτιση των συγκομισθέντων καρπών σε κρύο ή ζεστό νερό αντίστοιχα (Sharp et al., 1989), η έκθεση σε πεπιεσμένο θερμό αέρα (Armstrong, 1994), καθώς και η χρήση ιονίζουσας ακτινοβολίας σε προσβεβλημένους καρπούς (Hallman, 1994), και τέλος η απολύμανση των καρπών με χρήση καπνιστικών εντομοκτόνων. Όλες οι παραπάνω φυσικές μέθοδοι έχουν

χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο μέτρων καραντίνας προκειμένου να αποτραπεί η εξάπλωση της μύγας της Μεσογείου μέσω του διεθνούς εμπορίου φρούτων και λαχανικών.

**Βιολογική καταπολέμηση:** Η βιολογική καταπολέμηση επιτυγχάνεται με τη χρήση φυσικών εχθρών. Στη φύση υπάρχουν πολλά είδη ωφέλιμων εντόμων και ακάρεων που δρώντας ως παράσιτα ή και αρπακτικά ελέγχουν τους πληθυσμούς επιβλαβών οργανισμών. Εδώ και πολλά χρόνια πολλοί τέτοιοι ωφέλιμοι οργανισμοί πολλαπλασιάζονται σε ειδικές μονάδες τεχνητής εκτροφής και στη συνέχεια, αφού συσκευαστούν κατάλληλα μεταφέρονται στους τόπους χρήσης τους και εξαπολύονται με στόχο τη μείωση του πληθυσμού στόχου. Η χρήση φυσικών εχθρών είναι τεχνική που εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες, σε συνδυασμό με άλλα μέτρα όπως για παράδειγμα χρήση ανθεκτικών ποικιλιών ή με τη χρήση εντομοπαγίδων και συμβάλλει στην επιτυχία προγραμμάτων Βιολογικής και Ολοκληρωμένης Καταπολέμησης. Οι φυσικοί εχθροί των εντόμων εχθρών των φυτών μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κύριες ομάδες: αρπακτικά, παρασιτοειδή, και διάφοροι εντομοπαθογόνοι μικροοργανισμοί.

Αρπακτικά έντομα: Βασικό χαρακτηριστικό των αρπακτικών εντόμων είναι ότι έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από αυτό των εντόμων που καταναλώνουν και ότι κατά τη διάρκεια της ζωής τους καταναλώνουν μεγάλο αριθμό ατόμων.

Παρασιτοειδή έντομα: Ο τρόπος που λειτουργούν αυτά τα έντομα βασίζεται κυρίως στη χρήση των εξαρτημάτων που διαθέτουν. Συγκεκριμένα, με αυτά τα ειδικά εξαρτήματα τοποθετούν τα αυγά τους μέσα στο σώμα του βλαβερού εντόμου. Τα αυγά στη συνέχεια μεγαλώνουν, και τα νέα έντομα που αναπτύσσονται τρέφονται από το σώμα του βλαβερού εντόμου. Το αποτέλεσμα στηρίζεται στο ότι το βλαβερό έντομο θα πεθάνει και το νέο παρασιτοειδές που θα βγει θα τοποθετήσει τα δικά του αυγά σε άλλο βλαβερό έντομο. Το μέγεθος των παρασιτοειδών είναι πολύ μικρό και για το λόγο αυτό δεν είναι εύκολα αντιληπτά από εμάς.

Εντομοπαθογόνοι μικροοργανισμοί: Είναι διάφοροι μικροοργανισμοί που εισέρχονται με διάφορους τρόπους μέσα στο σώμα των εντόμων εχθρών των φυτών και τα σκοτώνουν. Οι σημαντικότεροι εντομοπαθογόνοι μικροοργανισμοί είναι ιοί, μύκητες, βακτήρια και νηματώδεις σκώληκες. Οι μικροοργανισμοί αυτοί έχουν ευρύ

φάσμα δράσης και μεγάλη αποτελεσματικότητα και είναι ακίνδunami για τα υπόλοιπα αβλαβή έντομα καθώς και για το περιβάλλον.

Παρά το γεγονός ότι η βιολογική καταπολέμηση δίνει καλά αποτελέσματα σε πολλές περιπτώσεις εντόμων, στην περίπτωση της μύγας της Μεσογείου δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική η χρήση φυσικών εχθρών. Γι αυτό το λόγο η αντιμετώπιση του εντόμου δε θα πρέπει να στηρίζεται στη χρήση αυτής της μεθόδου (Vargas et al., 2001).

Η βιολογική καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου αφορά στην εκτροφή και εξαπόλυση τόσο ιθαγενών όσο και εξωτικών παρασιτοειδών με στόχο τη μείωση του πληθυσμού του εντόμου. Τα παρασιτοειδή που έχουν μελετηθεί είναι το *Forpms arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) το οποίο θεωρείται και το πιο αποτελεσματικό εναντίον της μύγας της Μεσογείου καθώς και άλλων ειδών της οικογένειας Tephritidae (Zenil et al. 2004, Rouse et al. 2006). Στην Ελλάδα έχει γίνει μία μόνο προσπάθεια βιολογικής καταπολέμησης με το παρασιτοειδές *Dirhinus giffardi* (Hymenoptera: Clachididae) το οποίο εισήχθε από το Ισραήλ το 1962 και εξαπολύθηκε στην Ηπειρωτική Ελλάδα (Papadopoulos & Katsoyannos, 2003). Πρόσφατα σε προσβεβλημένα σύκα από το νησί της Χίου καταγράφηκε η παρουσία του *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Eucoididae), σε παρασιτισμένες νύμφες της μύγας της Μεσογείου (Papadopoulos & Katsoyannos, 2003). Στην βιολογική αντιμετώπιση του εντόμου έχουν δοκιμαστεί και εντομοπαθογόνοι μύκητες όπως *Beauveria bassiana* και *Metarhizium anisopliae* (Quesada- Moraga et al., 2004). Τέλος, το spinosad ως βιολογικό σκεύασμα έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε επίπεδο υπαίθρου (McQuate et al., 2005).

**Μαζική παγίδευση:** Τα τελευταία χρόνια η μαζική παγίδευση για τα δίπτερα έντομα προτείνεται ολοένα και πιο συχνά, σαν φιλική τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το περιβάλλον οικολογική μέθοδος και ταυτόχρονα αποτελεσματική για την πρόληψη των ζημιών που αυτά προκαλούν. Η τεχνολογία της μαζικής παγίδευσης είναι μία τεχνολογία μίμησης της φύσης. Για να παγιδευτούν τα έντομα θα πρέπει να επηρεαστεί η συνήθης φυσική συμπεριφορά τους και να οδηγηθούν στην παγίδα. Η συμπεριφορά των εντόμων είναι ένα εξαιρετικά πολυσύνθετο φαινόμενο και είναι απαραίτητη η γνώση του νευρικού και ενδοκρινικού συστήματος των εντόμων. Όπως είναι γνωστό τα έντομα αντιδρούν αυτόματα σε ερεθίσματα που δέχονται και πάνω σε



αυτό στηρίζεται και η μέθοδος της μαζικής παγίδευσης. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις για την εφαρμογή την μαζικής παγίδευσης που αναφέρονται παρακάτω:

- 1) Η ύπαρξη ενός φιλικού προς το περιβάλλον, ακίνδυνου και ταυτόχρονα ισχυρού έντομο-ελκυστικού σκευάσματος, με μακρά διάρκεια δράσης.
- 2) Η διατήρηση της καθαρότητας του έντομο-ελκυστικού σκευάσματος στις μη ασηπτικές συνθήκες εντός της παγίδας.
- 3) Η χρήση αποτελεσματικής παγίδας που εξαρτάται από κάποια βασικά χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα το χρώμα, το σχήμα, το μέγεθος καθώς και οι ελκυστικές ουσίες που θα χρησιμοποιηθούν.

Με τη μέθοδο της μαζικής παγίδευσης επιδιώκεται συνεπώς η σύλληψη όσο το δυνατόν μεγαλύτερου αριθμού ενήλικων εντόμων, ώστε να μειωθεί ο πληθυσμός του εχθρού σε επίπεδα που δεν προκαλούν οικονομική ζημιά στην καλλιέργεια. Η σύλληψη των εντόμων γίνεται με τη χρήση παγίδων που συνδυάζουν ένα ή περισσότερα ελκυστικά του εχθρού. Η θανάτωση των εντόμων που προσελκύνονται στις παγίδες επιτυγχάνεται ανάλογα με τον τύπο της παγίδας, με πνιγμό στο ελκυστικό υγρό της παγίδας, με προσκόλληση σε κολλητική επιφάνεια ή με επαφή με εντομοκτόνο.

Η μαζική παγίδευση όταν αυτή στοχεύει στην καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου δίνει σχετικά καλά αποτελέσματα ιδιαίτερα όταν το επίπεδο του πληθυσμού του εντόμου είναι χαμηλό (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Συγκεκριμένα για την καταπολέμηση της μύγας Μεσογείου χρησιμοποιούνται παγίδες που περιέχουν κάποιο ελκυστικό υγρό το οποίο μετά από προσθήκη μίας τοξικής ουσίας εκλύουν αμμώνιο. Τέτοιες τοξικές ουσίες μπορεί να είναι η πυρεθρίνη ή και το μαλαθείο. Αναφορικά κάποιες παγίδες που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση της μύγας Μεσογείου είναι:

- 1) Φερομονικές παγίδες τύπου Jackson για την προσέλκυση αρσενικών ατόμων. Στις παγίδες αυτές χρησιμοποιείται το trimedlure που είναι πολύ ισχυρό ελκυστικό (Εικόνα 7).



Εικόνα 7 Παγίδα τύπου Jackson για την προσέλκυση αρσενικών εντόμων (Ηλεκτρονική πηγή 3)

- 2) Παγίδες τύπου McPhail, για την προσέλκυση των θηλυκών εντόμων. Περιέχουν ελκυστικά τροφής τα οποία τοποθετούνται στο κάτω μέρος της παγίδας. Τα πιο συνηθισμένα ελκυστικά τροφής που χρησιμοποιούνται είναι το οξικό αμμώνιο, η πουτρεσκίνη και η τριμεθυλαμίνη για προσέλκυση των αρσενικών εντόμων της μύγας Μεσογείου ενώ αντίστοιχα για προσέλκυση των θηλυκών χρησιμοποιείται το NuLure, πρωτεϊνικό υγρό που είναι πλούσιο σε πολυπεπίδια και αμινοξέα. Αντίστοιχα για προσέλκυση των θηλυκών εντόμων της μύγας της Μεσογείου χρησιμοποιούνται και διαλύματα υδρολυμένης πρωτεΐνης ή ακόμη και ουσίες που εκλύουν αμμωνία, οξικό οξύ, υγρά διαλύματα φυτικής προέλευσης. Τα παραπάνω ελκυστικά έχουν ιδιαίτερη χρήση όταν χρησιμοποιούνται σε προγράμματα στειρωμένων εντόμων (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003) (Εικόνα 8).



Εικόνα 8 Παγίδα τύπου McPhail για την προσέλκυση θηλυκών εντόμων (Ηλεκτρονική πηγή 4)

**Εφαρμογές εντομοκτόνων ουσιών:** Γίνεται χρήση είτε δολωματικών ψεκασμών είτε ψεκασμών καλύψεως με οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα.

➤ Δολωματικοί ψεκασμοί

Οι δολωματικοί ψεκασμοί στοχεύουν στη μείωση του πληθυσμού των ενήλικων εντόμων, πριν αυτά εναποθέσουν τα αυγά τους στο καρπό και είναι κυρίως προληπτικοί, αλλά μπορεί ωστόσο να έχουν και κατασταλτική δράση. Είναι περισσότερο αποτελεσματικοί όταν εφαρμόζονται στην ίδια περίοδο σε όλη την περιοχή και όχι σε μεμονωμένους οπωρώνες. Γίνονται περίπου 15 ημέρες πριν την έναρξη της ωρίμανσης που υποδηλώνεται από την αλλαγή χρώματος των καρπών. Αυτό γίνεται γιατί αμέσως μετά την αλλαγή χρώματος των καρπών οι δολωματικοί ψεκασμοί δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί, επειδή η μύγα της Μεσογείου έλκεται περισσότερο από τους καρπούς και όχι από την πρωτεΐνη που χρησιμοποιείται ως δόλωμα, και επαναλαμβάνονται μετά από 7 ημέρες. Τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται στους δολωματικούς ψεκασμούς είναι το phosmet και το deltamethrin σε αναλογία 0,3% σε συνδυασμό με μία ελκυστική ουσία σε αναλογία 2%. Η ελκυστική ουσία μπορεί να είναι υδρόλυμα πρωτεϊνών ή φυσικό συνθετικό προϊόν αποσύνθεσης πρωτεϊνούχων ουσιών και η ελκυστικότητα οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην έκλυση αμμωνίας. Το δόλωμα εφαρμόζεται στο εσωτερικό των δένδρων ή σε κλαδιά τα οποία όμως δε φέρουν καρπούς για να μην υπάρχει κίνδυνος μείωσης της εμπορικής αξίας από κηλίδες που τυχόν μπορεί να προκαλέσει η πρωτεΐνη. Επίσης, τα δολώματα μπορούν να εφαρμοστούν και σε φράχτες ή σε τεχνητές επιφάνειες όπως για παράδειγμα λινάτσες ή άλλες πλαστικές επιφάνειες που θα είναι κρεμασμένες στα δέντρα. Οι δολωματικοί ψεκασμοί δε ζημιώνουν τα ωφέλιμα αρπακτικά και παράσιτα (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003).

➤ Ψεκασμοί κάλυψης

Ο πρώτος ψεκασμός κάλυψης γίνεται όταν αρχίζει η ωρίμανση των καρπών και επαναλαμβάνεται κάθε 20 ημέρες περίπου, αν κριθεί απαραίτητο μέχρι και τη συγκομιδή. Ψεκάζεται ολόκληρη η κόμη του δέντρου με το εγκεκριμένο εντομοκτόνο. Οι ψεκασμοί κάλυψης είναι δυνατόν να ελαττώσουν τους φυσικούς εχθρούς των κοκκοειδών, ιδίως του λεκανίου, και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την έξαρση του πληθυσμού του λεκανίου και την ανάπτυξη καπνιάς. Έτσι, καλό είναι να

αποφεύγονται οι ψεκάσμοι κάλυψης όπου αυτό είναι δυνατόν (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003).

Στην Ελλάδα πλέον οι εγκεκριμένες για την αντιμετώπιση του εντόμου δραστικές ουσίες είναι ελάχιστες και αφορούν κατά βάση το πυρεθροειδές deltamethrin με ευρύ φάσμα δράσης και το οργανοφωσφορικό phosmet με έγκριση στα εσπεριδοειδή αλλά και την ροδακινιά καθώς και την νεκταρινιά (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Ιανουάριος 2017).

**Εξαπόλυση στειρωμένων εντόμων (Sterile Insect Technique):** Η εξαπόλυση στειρωμένων εντόμων αποτελεί μία φιλική προς το περιβάλλον μέθοδο. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για την αντιμετώπιση της οικιακής μύγας το 1951. Από το 1967 και έπειτα η εξαπόλυση στειρωμένων εντόμων χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση σοβαρών εντομολογικών εχθρών όπως είναι για παράδειγμα για τη μύγα της Μεσογείου (*C. capitata*), για την ευδεμίδα της αμπέλου (*Lobesia botrana*), για τα κουνούπια (*Anopheles arabiensis*), και για τη μύγα των βοοειδών (*Cochliomya hominivorax*). Η εξαπόλυση στειρωμένων εντόμων βασίζεται στη μαζική εκτροφή εντόμων, τη στέρωσή τους με την εφαρμογή ακτινοβολίας γ και την επαναλαμβανόμενη απελευθέρωση στειρωμένων εντόμων. Στη φύση, τα θηλυκά έντομα που συζευγνύονται με τα στείρα αρσενικά δε γεννούν απογόνους (στείρα ωοτοκία) και το αποτέλεσμα της μεθόδου είναι η σταδιακή μείωση του πληθυσμού των εντόμων. Στην περίπτωση που προκύψουν απόγονοι, πεθαίνουν πρόωρα πριν να ολοκληρωθεί η ανάπτυξή τους λόγω των αλλαγών στα χρωμοσώματα των γαμετών έπειτα από την ακτινοβόληση (Robinson et al., 1999).

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της εξαπόλυσης στειρωμένων εντόμων είναι το γεγονός ότι τα στείρα αρσενικά και θηλυκά άτομα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον ταυτόχρονα παρουσιάζουν την τάση να ζευγαρώνουν μεταξύ τους και όχι με τα γόνιμα άτομα του άγριου πληθυσμού. Αυτό έχει ως συνέπεια να μειώνεται η αποτελεσματικότητα της μεθόδου λόγω του μειωμένου ποσοστού διασταυρώσεων μεταξύ στειρών και γόνιμων ατόμων, για το λόγο αυτό η δημιουργία στελεχών γενετικού διαχωρισμού του φύλου και η απελευθέρωση μόνο στειρών αρσενικών πλεονεκτεί σημαντικά μειώνοντας τις επιπτώσεις από την ταυτόχρονη απελευθέρωση και των δύο φύλων (Rendon et al., 2000).

Η επιτυχία της εξαπόλυσης στερημένων εντόμων εξαρτάται από το είδος του εντομολογικού εχθρού που πρόκειται να καταπολεμηθεί, από τη μέθοδο στείρωσης που χρησιμοποιείται, από την αναλογία των στείρων εντόμων που απελευθερώνονται σε σχέση με τα άγρια έντομα που υπάρχουν στη φύση, από το αν η καλλιέργεια στην οποία εφαρμόζεται η μέθοδος είναι απομονωμένη σε σχέση με τις υπόλοιπες καλλιέργειες, καθώς και από την ικανότητα των στείρων εντόμων να εκπληρώσουν το σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκαν. Ωστόσο επειδή τα έντομα τεχνητής εκτροφής μεγαλώνουν σε διαφορετικό περιβάλλον από αυτά που τελικά απελευθερώνονται, διαταράσσονται οι φυσιολογικές και βιολογικές τους συνήθειες. Έτσι, προκύπτει μία διαφορετική συμπεριφορά των εντόμων αυτών και γι αυτό η μέθοδος αυτή παρουσιάζει αρνητικά αποτελέσματα. Παρόλα αυτά, η τεχνική του στείρου εντόμου εξακολουθεί να αποτελεί αντικείμενο μελέτης, ώστε με τη βελτίωση των παραμέτρων να μπορέσει μελλοντικά να επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα στην καταπολέμηση του φυσικού πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου (Estes et al., 2011, Rempoulakis and Nestel 2011).

Τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες για την εύρεση κατάλληλων πτητικών ουσιών που μπορεί να επηρεάσουν την ανταγωνιστικότητα των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου και μελέτη της αλληλεπίδρασής του σε προγράμματα που γίνεται εξαπόλυση στερημένων εντόμων.

Η μέθοδος της εξαπόλυσης στερημένων εντόμων έχει εφαρμοστεί με μεγάλη επιτυχία στο Μεξικό αλλά και σε άλλες περιοχές όπως για παράδειγμα η Ιταλία, το Περού, η Ισπανία κ.α. Στην Ελλάδα έχει εφαρμοστεί αυτή η μέθοδος κατά την περίοδο 1994-1996 με ιδιαίτερα ενθαρρυντικά αποτελέσματα (Mavrikakis et al., 2000).

**Περιφερειακά προγράμματα αντιμετώπισης της μύγας Μεσογείου (Area-wide operational programs):** Για την αντιμετώπιση της μύγας Μεσογείου έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία έτη Περιφερειακά Προγράμματα. Τα προγράμματα αυτά στηρίζονται στην εφαρμογή μέτρων σε περιφερειακό επίπεδο, και μέσα σε αυτά περιλαμβάνεται και η εξαπόλυση στερημένων εντόμων, καθώς και άλλες μέθοδοι που αποσκοπούν στη διαταραχή της σύζευξης.

Προγράμματα για τον έλεγχο της μύγας της Μεσογείου έχουν διεξαχθεί και σε άλλες χώρες όπως είναι για παράδειγμα το Μεξικό, η Γουατεμάλα, η Καλιφόρνια, η

Ισπανία, το Ισραήλ, η Αργεντινή κα.. Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια για εφαρμογή τέτοιων περιφερειακών προγραμμάτων και σε άλλες χώρες όπως είναι για παράδειγμα το Πακιστάν, το Μαρόκο, η Χιλή (Gonzalez & Troncoso, 2007).

**Incompatible Insect Technique (Τεχνική κυττοπλασματικής ασυμβατότητας):** Η κυττοπλασματική ασυμβατότητα είναι η πιο διαδεδομένη και ίσως το σπουδαιότερο χαρακτηριστικό που η *Wolbachia* επάγει στο ξενιστή της. Η κυττοπλασματική ασυμβατότητα οδηγεί σε εμβρυική θνησιμότητα και μπορεί να είναι είτε μονόδρομη είτε αμφίδρομη. Ως μονόδρομη κυττοπλασματική ασυμβατότητα ορίζεται η ασυμβατότητα που αναπτύσσεται όταν ένα μολυσμένο αρσενικό συζευγνύεται με ένα μη μολυσμένο θηλυκό. Ενώ, αντίστοιχα ως αμφίδρομη κυττοπλασματική ασυμβατότητα ορίζεται η ασυμβατότητα που αναπτύσσεται σε άτομα μολυσμένα με διαφορετικά στελέχη *Wolbachia* που συζευγνύονται. Αν και ο μηχανισμός δράσης της κυττοπλασματικής ασυμβατότητας δεν έχει ακόμη διευκρινιστεί σε μοριακό επίπεδο, πολλά στοιχεία δείχνουν ότι η *Wolbachia* τροποποιεί τα πατρικά χρωμοσώματα κατά τη διάρκεια σπερμογένεσης και αυτή η τροποποίηση επηρεάζει τη συμπεριφορά των πρώτων μιτωτικών διαιρέσεων και οδηγεί σε απώλεια μιτώτικού συγχρονισμού (Zabalou et al., 2009).

Οι πρώτες απόπειρες για την αξιοποίηση της μεθόδου της κυττοπλασματικής ασυμβατότητας αφορούσαν την μαζική παραγωγή και εξαπόλυση ασυμβίβαστων αρσενικών για τον έλεγχο άγριων πληθυσμών εντόμων που είτε ήταν φορείς ιώσεων όπως στην περίπτωση του κουνουπιού *Culex pipiens*, είτε επρόκειτο εχθρούς γεωργικών καλλιεργειών όπως στη ραγολέτιδα της κερασιάς *Rhagoletis cerasi* (Zabalou et al., 2009).

### 1.7 Σεξουαλική επιλογή

Η σεξουαλική επιλογή είναι μία έννοια που έχει διαστρευλωθεί περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη έννοια στην εξελικτική βιολογία. Η σεξουαλική επιλογή περιγράφηκε για πρώτη φορά από το Δαρβίνο όταν προσπάθησε να εξηγήσει το πλεονέκτημα σύζευξης που έχουν κάποια είδη έναντι άλλων που ήταν του ίδιου φύλου (Andersson et al., 2002). Παρά το ότι αρκετοί ερευνητές είχαν υποστηρίξει πως δεν υπάρχει λόγος διάκρισης μεταξύ της σεξουαλικής και της φυσικής επιλογής ο Δαρβίνος προσπάθησε να εξηγήσει πως υπάρχουν γνωρίσματα που δεν ευνοούνται από τη φυσική επιλογή. Έτσι, υποστήριξε πως η σεξουαλική συμπεριφορά δεν

εξαρτάται από τον αγώνα για την επιβίωση αλλά και από τον αγώνα μεταξύ των αρσενικών για προσπάθειες σύζευξης με τα θηλυκά. Σύμφωνα με το Δαρβίνο λοιπόν η σεξουαλική επιλογή είναι υποκατηγορία της φυσικής επιλογής καθώς η σεξουαλική επιλογή προκύπτει από διαφορές στην επιτυχία σύζευξης ενώ η φυσική επιλογή οφείλεται στη διακύμανση των γνωρισμάτων της φυσικής κατάστασης. Οι διαφορές στην επιτυχία σύζευξης των αρσενικών μπορεί να οφείλονται σε ορισμένα χαρακτηριστικά όπως είναι για παράδειγμα το μέγεθος των αρσενικών, η ύπαρξη κεραιών, γνωρίσματα δηλαδή που φαίνονται να επηρεάζουν την επιλογή από τα θηλυκά (Andersson et al., 2002).

Σύμφωνα με το Δαρβίνο η σεξουαλική επιλογή μπορεί να θεωρηθεί ως αποτέλεσμα δύο επιμέρους μηχανισμών: α) του ανταγωνισμού μεταξύ των αρσενικών, β) της επιλογής συντρόφου από τα θηλυκά. Οι μηχανισμοί αυτοί εμπλουτίστηκαν από τον Fisher ο οποίος έστρεψε και αυτός την προσοχή του σε ζητήματα της σεξουαλικής επιλογής. Σύμφωνα με τον τελευταίο εάν υπάρχουν αισθητές διαφορές μεταξύ των ατόμων ενός είδους οι οποίες να σχετίζονται με το πλεονέκτημα της επιλογής, τότε τα άτομα αυτά θα επιλέγονται ευκολότερα από άτομα του αντίθετου φύλου που θα είναι ικανά να διακρίνουν τη διαφορά αυτή. Αυτό θα οδηγήσει όπως είναι κατανοητό στην εξέλιξη των γνωρισμάτων των αρσενικών και της επιλογής από τα θηλυκά (Arnqvist & Rowe, 2002).

### **1.7.1 Σεξουαλική επιλογή και μάχη των δύο φύλων**

Μία από τις πρώτες πειραματικές μελέτες που αποδεικνύουν τη διαδικασία της σεξουαλικής επιλογής διεξήχθη με τις χρυσόμυγες. Σύμφωνα με τους Emlen and Oring (1977), η διακύμανση στην αναπαραγωγική επιτυχία μεταξύ των αρσενικών *Drosophila melanogaster* ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με τα θηλυκά. Έτσι βγήκε το συμπέρασμα ότι τα χαρακτηριστικά που ενισχύουν την ικανότητα των αρσενικών να επιτύχουν σύζευξη θα ευνοηθούν από τη σεξουαλική επιλογή. Σε αντίθεση, η αναπαραγωγική επιτυχία των θηλυκών είναι πιο περιορισμένη σε σχέση με την παραγωγή ωών. Έτσι σε πολλά είδη μυγών όπως και στη μύγα της Μεσογείου τα αναπαραγωγικά συμφέροντα των αρσενικών και των θηλυκών σπάνια συμπίπτουν διότι οι σχετικές επενδύσεις στο μέγεθος των γαμετών καθώς και ο αριθμός αυτών διαφέρει (Thivers 1972). Συμπερασματικά όταν τα αρσενικά παράγουν πολλούς μικρούς γαμέτες, αναμένεται να δαπανήσουν περισσότερη ενέργεια για την εύρεση συντρόφου, ενώ αντιθέτως τα θηλυκά που παράγουν μικρούς γαμέτες αναμένεται να

είναι αυτά που τελικά παίρνουν την απόφαση για σύζευξη καθώς απώτερο σκοπό έχουν να παράξουν όσο το δυνατόν περισσότερους απογόνους.

Η σεξουαλική επιλογή μπορεί να οδηγήσει στην εξέλιξη του σεξουαλικού διμορφισμού εάν ένα γνώρισμα επηρεάζει την ικανότητα των αρσενικών να αποκτήσουν πόρους ή να προσελκύσουν τα θηλυκά. Για παράδειγμα μελέτες για το *Drosophila melanogaster* έχουν δείξει ότι τα αρσενικά επηρεάζουν τη γονιμοποίηση στα θηλυκά μεταφέροντας πεπτίδιο μαζί με το σπέρμα κατά τη διάρκεια της σύζευξης. Αυτά τα πεπτίδια, συνήθως μειώνουν τη δεκτικότητα των θηλυκών και αυξάνουν τα ποσοστά ωοτοκίας (Simon et al., 2006), αλλά μπορεί και να μειώσουν τη διάρκεια ζωής των θηλυκών (Chapman et al 1995). Αυτές οι αλληλεπιδράσεις έχουν αναφερθεί και σε πολλά είδη διπτέρων καθώς και στη μύγα της Μεσογείου. Η σεξουαλική σύγκρουση είναι ιδιαίτερα σημαντική και αυτό γιατί μπορεί να οδηγήσει σε μία εξελικτική διαδικασία όπου το κάθε άτομο είναι συνεχώς κάτω από την επιλογή να ανταγωνιστεί τον αντίπαλο.

### **1.7.2 Συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου**

Τα τελευταία χρόνια η συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου είναι αντικείμενο εντατικής μελέτης. Ήδη έχουν γίνει αρκετές μελέτες για την επίδραση πολλών παραγόντων στη σεξουαλική συμπεριφορά των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου όπως για παράδειγμα η τροφή, η φυλή, τα αιθέρια έλαια (Aluja & Norrbom, 2000; Fletcher, 1989; Robinson & Hooper, 1989). Το πλήθος των ερευνών επικεντρώνεται στον ανταγωνισμό μεταξύ των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου για την επιτυχία σύζευξης με τα θηλυκά. Ωστόσο παρά τις εκτενείς μελέτες πολλοί παράγοντες όπως για παράδειγμα η συμπεριφορά των αρσενικών πριν την απόπειρα σύζευξης, η ανταπόκριση των θηλυκών στην ερωτοτροπία των αρσενικών, η αλληλεπίδραση των αρσενικών παραμένουν άγνωστες ή δεν έχουν πλήρως διερευνηθεί (Eberhard, 2000). Επιπλέον, λόγω του ότι οι περισσότερες έρευνες επικεντρώνονται στη σεξουαλική συμπεριφορά του εντόμου, υπάρχουν αρκετές ελλείψεις σε θέματα σχετικά με τη συμπεριφορά των ενηλίκων (Carey et al., 2006).

### **1.7.3 Σεξουαλική συμπεριφορά των αρσενικών**

Η σεξουαλική συμπεριφορά των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου βασίζεται κατά κύριο λόγο στις συναθροίσεις τους κάτω από την επιφάνεια των φύλλων από φυτά που αποτελούν ξενιστές, αυτές οι συναθροίσεις χαρακτηρίζονται και ως leks. Όταν τα αρσενικά βρίσκονται στις θέσεις αυτές είναι ικανά να παράγουν



την σεξουαλική φερομόνη, η οποία είναι και ελκυστική προς τα θηλυκά. Σύμφωνα με τους Bricenco και συνεργάτες (1999) αυτή η έκλυση φερομόνης χαρακτηρίζεται και ως σεξουαλικό κάλεσμα. Από τη στιγμή που θα υπάρξει η προσέλκυση του θηλυκού εντόμου θα πραγματοποιηθεί η διαδικασία της ερωτοτροπίας που σαν αποτέλεσμα θα έχει την σύζευξη των δύο φύλων. Αν και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ενηλίκων παραμένουν σε μεγάλο βαθμό ανεξερεύνητες, είναι γνωστό ότι τα ενήλικα και των δύο φύλων εκδηλώνουν επιθετική συμπεριφορά κατά την ερωτοτροπία (Briceno et al., 1999; Papadopoulos et al., 2009).

Σε έρευνες που έχουν γίνει έχει διαπιστωθεί ότι για τα αρσενικά που βρίσκονται σε συναθροίσεις (leks) δε σημαίνει απαραίτητα πως θα έχουν και επιτυχία στη σύζευξη. Μέσα στο ίδιο lek είναι δυνατόν να υπάρχουν αρσενικά που επιτυγχάνουν μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας στη σύζευξη μετά την άφιξη των θηλυκών. Σημαντικό στοιχείο είναι το ότι τα αρσενικά εμφανίζουν συγκεκριμένες προτιμήσεις για κάποιες περιοχές μέσα στο ίδιο lek και μάχονται μεταξύ τους προκειμένου να διατηρήσουν τις θέσεις αυτές. Από την άλλη πλευρά, τα θηλυκά φαίνεται να χρησιμοποιούν δύο στρατηγικές προκειμένου να εισέλθουν στα leks. Η πρώτη στρατηγική χρησιμεύει στη διαδικασία προσέλκυσης των θηλυκών, και η προσέλκυση αυτή βασίζεται στην έκλυση φερομονών από τα αρσενικά, ενώ στη δεύτερη στρατηγική τα θηλυκά επιδιώκουν σύζευξη με αρσενικά που καταλαμβάνουν το προτιμώμενο έδαφος εντός των leks (Bradbury et. al., 1983).

Παρακάτω αναγράφεται η διαδικασία της ερωτοτροπίας μεταξύ των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου:

Στο πρώτο στάδιο η εκδήλωση του σεξουαλικού καλέσματος πραγματοποιείται από τα αρσενικά με χαρακτηριστική στάση κατά την οποία συστρέφουν την κοιλιά προς τα πάνω και εκθέτουν το ακραίο τμήμα του εδρικού τους επιθηλίου (Arita & Kaneshiro, 1985). Στη συνέχεια, στο δεύτερο στάδιο το αρσενικό ξεκινά μία παρατεταμένη δόνηση των πτερύγων. Σε αυτό το στάδιο τα κοιλιακά πλευρά είναι διογκωμένα (Arita & Kaneshiro, 1985). Μετά την ολοκλήρωση των συνεχόμενων δονήσεων των πτερύγων ακολουθεί το στάδιο που παρατηρείται «δόνηση» των πτερύγων (Briceno et al. 2002). Κατά το στάδιο «δόνησης» των πτερύγων η φερομόνη αναρροφάται. Έπειτα, ακολουθούν οι προσπάθειες σύζευξης από το αρσενικό. Απαραίτητη προϋπόθεση για να συμβεί αυτό

είναι τα δύο φύλα να έχουν έρθει σε μικρή απόσταση και να είναι προσανατολισμένα έτσι ώστε να αντικρίζουν το ένα το άλλο. Λίγο πριν την απόπειρα σύζευξης το αρσενικό περιστρέφει το κεφάλι του και στη συνέχεια προσγειώνεται στην πλάτη του θηλυκού και ακινητοποιώντας την άκρη του γενετικού οπλισμού του θηλυκού ξεκινά η διαδικασία της σύζευξης (Bricenco et al. 1996). Το αναπαραγωγικό σύστημα της μύγας της Μεσογείου δε στηρίζεται στην άμεση απόκτηση πόρων του θηλυκού από το αρσενικό. Κατά συνέπεια, η προτίμηση και η αποδοχή ενός σεξουαλικού συντρόφου από το θηλυκό ενδέχεται να βασίζεται και στην ποιότητα των χαρακτηριστικών της σεξουαλικής συμπεριφοράς του αρσενικού όπως για παράδειγμα ή ποσότητα αλλά και η ποιότητα της σεξουαλικής φερομόνης (Shelly et al., 2011), ή ακόμη και η σωματική του ακεραιότητα όπως για παράδειγμα η συμμετρία, η ποιότητα των πτερύγων (Hunt et al., 1998; Hunt et al., 2004).

#### **1.7.4 Διαδικασία επιλογής από τα θηλυκά της μύγας της Μεσογείου**

Τα θηλυκά της μύγας της Μεσογείου έχει αποδειχθεί πως έχουν καταλυτικό ρόλο για το αν τελικά θα πραγματοποιηθεί η σύζευξη μιας και πολύ συχνά υπάρχει και η πιθανότητα απόρριψης του αρσενικού. Συγκεκριμένα έχουν περιγραφεί περιστατικά κατά τα οποία το θηλυκό αποχώρησε από τη διαδικασία ερωτοτροπίας, καθώς και περιπτώσεις όπου το θηλυκό απορρίπτει το αρσενικό ακόμη και μετά την προσγείωση του αρσενικού στην πλάτη του (Briceno et al. 1996).

Το μέγεθος των αρσενικών είναι ένα από τα κριτήρια που χρησιμοποιούν τα θηλυκά για την επιλογή συντρόφου. Επιπλέον, ένα άλλο γνώρισμα που φαίνεται να επηρεάζει την επιλογή από τα θηλυκά είναι οι κεραίες των αρσενικών καθώς η απουσία τους μειώνει την σεξουαλική ανταγωνιστικότητά τους (Robinson et. al, 1989).

Στην περίπτωση που τελικά το θηλυκό αποδεχθεί το αρσενικό αρχίζει αυτό να εκδηλώνει κάποιες συμπεριφορές ανταπόκρισης. Σε αυτές τις συμπεριφορές συμπεριλαμβάνονται αγγίγματα του αρσενικού με το κεφάλι, ή ακόμη και με τα μπροστινά πόδια καθώς και σύντομες δονήσεις των πτερύγων (Lux et al. 2002).

Οι προσπάθειες σύζευξης συχνά αποτυγχάνουν για δύο λόγους. Είτε το θηλυκό δεν μπορεί να προσανατολιστεί σωστά και παραμένει σε μία απόσταση από το αρσενικό το οποίο αποφεύγει να επιδιώξει σύζευξη, είτε τα αρσενικά αποσπώνται από τα θηλυκά. Από τους ερευνητές επιτυχείς ερωτοτροπίες θεωρούνται αυτές που

οδηγούν σε προσπάθειες στήριξης του αρσενικού στο θηλυκό ακόμη και αν δεν έγινε απαραίτητα σύζευξη. Αντίστοιχα, ως ανεπιτυχής ερωτοτροπία θεωρείται η ερωτοτροπία όπου το αρσενικό εγκαταλείφθηκε είτε η σύζευξη διακόπηκε από άλλα αρσενικά.

#### 1.7.5 Όργανα αποθήκευσης σπέρματος

Τα όργανα αποθήκευσης σπέρματος επιτρέπουν στα θηλυκά να μπορούν να διαχειριστούν το σπέρμα έπειτα από κάθε σύζευξη και να αποφασίσουν ποιο τελικά θα είναι αυτό που θα γονιμοποιήσει τα ωά τους.

Στο αναπαραγωγικό σύστημα των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου το σπέρμα αποθηκεύεται σε 2 διαφορετικά όργανα. Ένα μέρος του σπέρματος αποθηκεύεται στη σπερμοθήκη ενώ αντίστοιχα ένα άλλο στο θάλαμο γονιμοποίησης. Από την οπτική γωνία των θηλυκών το σπέρμα μπορεί να θεωρηθεί τόσο ως αναγκαίο κακό όσο και ζωτικής σημασίας αναπαραγωγικός πόρος. Για την αποτελεσματική αντιμετώπιση αυτού του πόρου το αναπαραγωγικό σύστημα πολλών ζώων έχει αναπτύξει εξειδικευμένα όργανα που αφορούν την αποθήκευση σπέρματος (Eberhard 1996; Simon 2001). Ένα όργανο αποθήκευσης σπέρματος επιτρέπει στα θηλυκά να διαχωρίσουν χρονικά τη μία γονιμοποίηση από την επόμενη. Η ύπαρξη πολλών σπερμοθηκών έχει διαπιστωθεί σε πολλά είδη μυγών και φαίνεται να επιτρέπει στα θηλυκά να ελέγξουν τις εκσπερματώσεις διαχωρίζοντας το σπέρμα σε διαφορετικές σπερμοθήκες (Taylor & Yuval, 1999). Επιπλέον, αυτός ο διαχωρισμός επιτρέπει στα θηλυκά να ελέγξουν την γονιμοποίηση των αυγών τους από σπέρμα που προέρχεται από συγκεκριμένες σπερμοθήκες (Ward, 1993).

Η εξέλιξη ενός επιπλέον τύπου οργάνου αποθήκευσης σπέρματος που να αντικαθιστά το προγονικό όργανο είναι πιο σπάνιο από την εμφάνιση πολλαπλών σπερμοθηκών Ένα τέτοιο όργανο γνωστό και ως κοιλιακό δοχείο υπάρχει σε ορισμένες οικογένειες μυγών συμπεριλαμβανομένης και της μύγας των φρούτων. Το γεννητικό σύστημα των θηλυκών περιέχει τις σπερμοθήκες και ένα επιπλέον όργανο που ονομάζεται θάλαμος γονιμοποίησης ή κοιλιακό δοχείο σύμφωνα με άλλους συγγραφείς. Η δομή αυτού του οργάνου μελετήθηκε στο δάκο της ελιάς (*Bactocera olea*), στη μύγα της Μεσογείου (*C. capitata*) καθώς και στην μύγα των φρούτων της Καραϊβικής (*Anastrepha suspensa*) (Fritz, 2009). Το όργανο αυτό αποτελείται από 80-100 ωοειδείς κυψελίδες καθεμία από τις οποίες μπορεί να φιλοξενήσει 1-5

σπερματοζωάρια. Με βάση τη μορφολογία και οι τρεις από τις παραπάνω ερευνητικές ομάδες υποστήριξαν ότι ο θάλαμος γονιμοποίησης είναι ένα λειτουργικό όργανο αποθήκευσης σπέρματος.

Παρά το πλήθος των ερευνών όσον αφορά την αποθήκευση σπέρματος στις μύγες της οικογένειας Tephritidae η αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο τύπων αποθήκευσης σπέρματος όσον αφορά την ποσότητα σπέρματος που αποθηκεύουν αλλά και την προτεραιότητα σε γονιμοποίηση παραμένει ανεξερεύνητη.

#### **1.7.6 Επίδραση συνωστισμού στην επιτυχία και στην διάρκεια σύζευξης στη μύγα της Μεσογείου**

Η σεξουαλική επιλογή συχνά οδηγεί σε αποκλίνουσα εξέλιξη τόσο των μορφολογικών χαρακτηριστικών όσο και των χαρακτηριστικών συμπεριφοράς (Andersson et al., 2002). Ορισμένες πτυχές του τρόπου με τον οποίο ενεργεί η σεξουαλική επιλογή δεν είναι πλήρως κατανοητές.

Στην περίπτωση της μύγας της Μεσογείου η ερωτοτροπία συμβαίνει στη φύση σε δύο διαφορετικές θέσεις, είτε στα leks όπου τα αρσενικά καταλαμβάνουν την κάτω επιφάνεια των φύλλων του φυτού ξενιστή, είτε σε περιοχές ωοτοκίας όπου πολλές μύγες μπορεί να είναι παρούσες σε ένα μόνο φρούτο (Prokopy & Hendrichs, 1979). Ωστόσο, μερικές φορές η ερωτοτροπία διακόπτεται από άλλες μύγες στη φύση και η διακοπή αυτή είναι πιο συχνή σε περιπτώσεις που ο πληθυσμός των μυγών είναι μεγαλύτερος. Σε πειράματα που έγιναν προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση του συνωστισμού τόσο στην προσπάθεια σύζευξης όσο και στη διάρκεια αυτής σε μύγες μαζικής εκτροφής αλλά και σε μύγες άγριου πληθυσμού φάνηκε ότι η προσπάθεια σύζευξης των αρσενικών που προέρχονται από μαζική εκτροφή είναι μικρότερη από εκείνη των άγριων αρσενικών όταν βρίσκονται υπό συνθήκες συνωστισμού. Επιπλέον, φάνηκε ότι οι συντομότερες σε διάρκεια ερωτοτροπίες είναι ωφέλιμες για τα αρσενικά σε συνθήκες συνωστισμού και αυτό γιατί μειώνουν την πιθανότητα «φλερτ» από άλλες μύγες, και τέλος φάνηκε ότι η διάρκεια σύζευξης εξαρτάται από τα αρσενικά και όχι από τα θηλυκά (Briceno & Eberhard, 1998).

Έτσι, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι κληρονομικές διαφορές στη συμπεριφορά των αρσενικών έχουν παραμείνει στην περίπτωση των άγριων πληθυσμών, ενώ αντίστοιχα οι γενετικές αλλαγές στα στελέχη ατόμων που

προέρχονται από μαζική εκτροφή έχουν αλλάξει το φάσμα των προαιρετικών προσαρμογών στη συμπεριφορά της ερωτοτροπίας (Briceno & Eberhard, 1998).

### **1.8 Σκοπός**

Η διακύμανση στην επιλογή συντρόφου από τα θηλυκά μπορεί να είναι αποτέλεσμα τριών παραγόντων που μπορεί να είναι αντίστοιχα περιβαλλοντικοί, κοινωνικοί καθώς επίσης και παράγοντες που μπορεί να οφείλονται στο θηλυκό φαινότυπο. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες περιλαμβάνουν τον κίνδυνο θήρευσης ενώ αντίστοιχα, οι κοινωνικοί παράγοντες περιλαμβάνουν την αλληλεπίδραση των αρσενικών καθώς και τον ανταγωνισμό μεταξύ των θηλυκών. Η προτίμηση των θηλυκών καθώς και το κόστος που υπάρχει αν εκφράσουν διαφορετικές προτιμήσεις δεν έχει μελετηθεί εκτενώς και απαιτούνται περαιτέρω έρευνες. Επιπλέον, ο ανταγωνισμός μεταξύ των αρσενικών φαίνεται να επηρεάζει την επιλογή από τα θηλυκά και να τα εμποδίζει να συζευχθούν με τα προτιμώμενα αρσενικά.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επιλογής σύζευξης και της αρμοστικότητας των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου όταν υπάρχουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αρσενικών σε φτωχό διατροφικό περιβάλλον. Για το λόγο αυτό έγινε εκτροφή αρσενικών παρουσία και απουσία συνωστισμού και πραγματοποιήθηκαν δοκιμές σύζευξης αυτών των αρσενικών με θηλυκά. Οι υποθέσεις που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία ήταν το κατά πόσο η σεξουαλική ικανότητα αλλά και ανταγωνιστικότητα επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση των αρσενικών. Επίσης προκειμένου να εξεταστεί η επίδραση που έχει η αλληλεπίδραση των αρσενικών στα βιολογικά χαρακτηριστικά της μύγας της Μεσογείου καταγράφηκαν η δεκτικότητα σύζευξης των θηλυκών καθώς επίσης και το κόστος σύζευξης αλλά και ωοπαραγωγής στην επιβίωση σε φτωχό διατροφικό περιβάλλον.

Ο ανταγωνισμός των αρσενικών επηρεάζει την ανταγωνιστικότητα σύζευξης και εν τέλει, ίσως και, την επιλογή του θηλυκού. Επίσης, ο ανταγωνισμός (συνωστισμός) μπορεί να επηρεάζει την αρμοστικότητα των θηλυκών τα οποία συζευγνύονται με αυτά.

## 2. Υλικά και Μέθοδοι

### 2.1 Συνθήκες εργαστηρίου

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στα εντομοδωμάτια του εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι συνθήκες στις οποίες διεξήχθη το πείραμα ήταν: Θερμοκρασία  $24 \pm 1$  °C, σχετική υγρασία  $65\% \pm 5\%$  και φωτοπερίοδο L14: D10 που άρχιζε 07:00 το πρωί έως και 20:00 το απόγευμα κατά τη χρονική περίοδο Μάρτιος- Δεκέμβριος 2016.

### 2.2 Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν

Ο πληθυσμός της μύγας Μεσογείου που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα, προήλθε από προσβεβλημένα μανταρίνια που συλλέχτηκαν από την περιοχή των Λεχωνίων. Για τις ανάγκες του πειράματος έγινε εκτροφή στο εργαστήριο για 1-8 γενεές (F<sub>1</sub>-F<sub>8</sub>) τους μήνες Μάρτιο- Οκτώβριο.

Οι προνύμφες με την ολοκλήρωση της ανάπτυξης τους εξέρχονταν από τους προσβεβλημένους καρπούς που διατηρούνταν σε λεκάνες με άμμο και νυμφώνονταν στην άμμο. Μετά την συλλογή των νυμφών με κοσκίνισμα της άμμου ακολουθούσε η τοποθέτησή τους μέσα σε τρυβλία και στη συνέχεια τα τρυβλία αυτά τοποθετούνταν σε κλουβιά όπου και εξέρχονταν τα ενήλικα (Εικόνα 10).



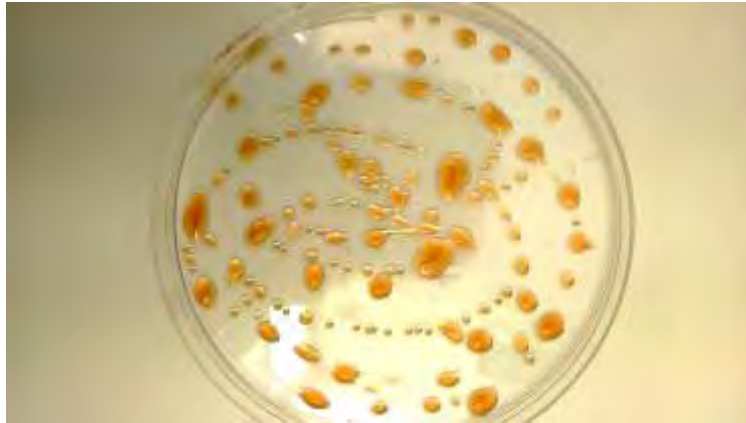
Εικόνα 10 Νύμφες της μύγας Μεσογείου σε τρυβλίο Petri

Τα κλουβιά όπου τοποθετούνταν τα τρυβλία ήταν ξύλινα σχήματος κύβου, με διαστάσεις 30x30x30 cm με τις τρεις πλευρές τους να καλύπτονται με συρμάτινο πλέγμα και την τέταρτη πλευρά με γυαλί (Εικόνα 11).



Εικόνα 11 Ξύλινα κλουβιά εκτροφής της μύγας της Μεσογείου, και ειδικό υπόστρωμα ωτοκίας

Το κάθε κλουβί περιείχε τροφή για τα ενήλικα καθώς και ένα κυλινδρικό πλαστικό φιαλίδιο με νερό, από το οποίο εξέρχονταν ένα σπογγώδες υγρό φυτίλι. Η τροφή για τα ενήλικα αποτελούνταν από μίγμα υδρολυμένης μαγιάς, ζάχαρης και νερού σε αναλογία 1:4:5 και προσφέρονταν στα έντομα υπό τη μορφή στερεοποιημένων σταγόνων στην επιφάνεια πλαστικών τρυβλίων Petri διαμέτρου 9 cm (Εικόνα 12).



Εικόνα 12 Τροφή ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου αποτελούνταν από μίγμα υδρολυμένης πρωτεΐνης, ζάχαρης και νερού

Η παραπάνω διαδικασία χρησιμοποιήθηκε για εκτροφή τους της μύγας της Μεσογείου στο εργαστήριο. Μετά το πέρας της  $F_3$  γενεάς η διαδικασία του πειράματος πραγματοποιήθηκε ανάλογα με τις αντίστοιχες δοκιμές και τις απαιτήσεις αυτών. Πραγματοποιήθηκαν δύο δοκιμές. Η πρώτη δοκιμή αφορούσε πειράματα επιλογής ενώ αντίστοιχα το δεύτερο μέρος αφορούσε πειράματα μη επιλογής. Στο πρώτο μέρος του πειράματος οι παράγοντες που εξετάστηκαν ήταν το πώς η αλληλεπίδραση των αρσενικών επηρεάζει την επιλογή από τα θηλυκά της μύγας της Μεσογείου, ο χρόνος που μεσολαβεί ώστε να γίνει σύζευξη, καθώς και η διάρκεια σύζευξης. Ενώ αντίστοιχα στο δεύτερο μέρος του πειράματος οι παράγοντες που εξετάστηκαν ήταν, η γονιμότητα, η ωοπαραγωγή, η εκκολαψιμότητα καθώς και η διάρκεια ζωής των θηλυκών της Μύγας της Μεσογείου.

#### **Δοκιμές σύζευξης σε πειράματα επιλογής**

Μετά την εκτροφή και στη συλλογή νυμφών της  $F_4$  γενεάς σε τρυβλία έγινε τοποθέτηση αυτών μέσα κυβικά κλουβιά Plexiglas 20x20x20 cm, που είχαν τις δύο πλευρές τους καλυμμένες με ύφασμα για να διευκολύνεται ο αερισμός. Μετά την έξοδο των εντόμων της μύγας Μεσογείου έγινε διαχωρισμός με βάση το φύλο. Συγκεκριμένα τα θηλυκά τοποθετήθηκαν σε ατομικά κλουβιάκια που κατασκευάστηκαν τροποποιώντας διαφανή πλαστικά ποτήρια χωρητικότητας 400 ml με διάμετρο βάσης 6,5 cm, διάμετρο στομίου 9 cm και ύψος 12 cm. Στο στόμιο του κάθε ποτηριού στερεώθηκε με μονωτική ταινία το κάλυμμα ενός τρυβλίου petri, διαμέτρου 9 cm. Στο κάλυμμα υπήρχε επίσης προσαρμοσμένο ένα φιλί το οποίο επικοινωνούσε με τη βάση του τρυβλίου που περιείχε νερό. Η παροχή τροφής στα



έντομα γινόταν με τη μορφή στερεοποιημένων σταγόνων υδρολυμένης πρωτεΐνης και τοποθετούνταν στα τοιχώματα του κλουβιού. Για τον καλύτερο αερισμό σε κάθε κλουβί ανοίχτηκε πλευρικά ένα άνοιγμα 5x8 cm καλυμμένο με τούλι.

Όσον αφορά τα κλουβιά των αρσενικών είχαμε τρεις μεταχειρίσεις στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν κλουβιά όπως στην περίπτωση των θηλυκών με ειδικά διαμορφωμένα ποτήρια μόνο που σε αυτή την περίπτωση ως τροφή χρησιμοποιήθηκε ζάχαρη μόνο με τη μορφή στερεοποιημένων σταγόνων (Εικόνα 13).



Εικόνα 13 Ατομικά κλουβιά διατήρησης ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου

Πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω συνδυασμοί:

1<sup>η</sup> μεταχείριση: κλουβιά με ένα ενήλικο αρσενικού

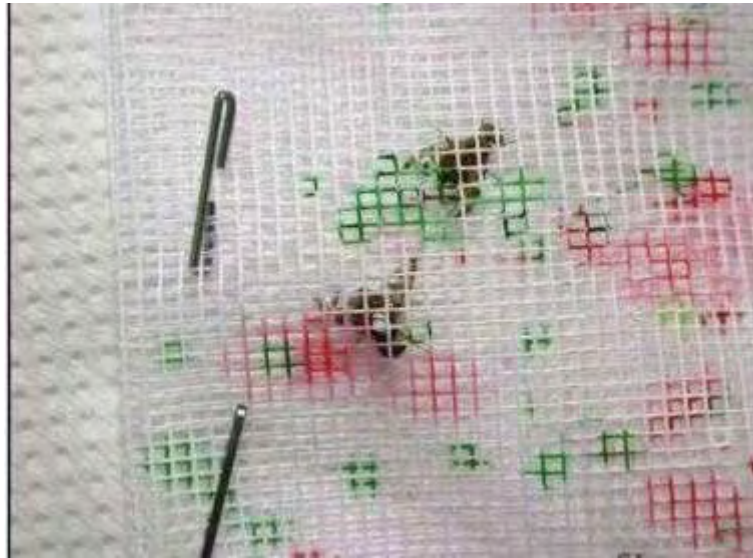
2<sup>η</sup> μεταχείριση: κλουβιά με δύο ενήλικα αρσενικά

3<sup>η</sup> μεταχείριση: κλουβιά με πέντε ενήλικα αρσενικά

Αντιστοίχως όσον αφορά τα κλουβιά των θηλυκών χρησιμοποιήθηκαν 100 ατομικά κλουβιά και μέσα σε κάθε ένα τοποθετήθηκε από ένα άτομο θηλυκού.

Προκειμένου να είναι δυνατός ο διαχωρισμός των αρσενικών της μεταχείρισης, τα έντομα σημάνθηκαν με τη χρήση νερομπογιάς στο pronότο προτού αυτά εισαχθούν στα ατομικά κλουβιά. Η διαδικασία ακινητοποίησης αρσενικών εντόμων με σκοπό τη σήμανσή τους περιλάμβανε την τοποθέτησή τους είτε σε φάκελο από οργαντίνα με ανοιχτές τις 2 από τις 4 πλευρές του είτε την αναισθητοποίησή τους με τη χρήση CO<sub>2</sub> (Εικόνα 14,15). Μετά τη συμπλήρωση της 12<sup>ης</sup> ημέρας της ενήλικης ζωής των εντόμων έγιναν τα πειράματα επιλογής.

Συγκεκριμένα σε 50 ατομικά κλουβιά θηλυκών τοποθετήθηκαν ένα αρσενικό της 1<sup>ης</sup> μεταχείρισης και ένα αρσενικό της 2<sup>ης</sup> μεταχείρισης και παρατηρήθηκε με πιο αρσενικό επιτεύχθηκε σύζευξη καθώς καταγράφηκε και η διάρκεια σύζευξης. Αντιστοίχως, σε άλλα 50 ατομικά κλουβιά θηλυκών τοποθετήθηκαν ένα αρσενικό της 1<sup>ης</sup> μεταχείρισης και ένα αρσενικό της 5<sup>ης</sup> μεταχείρισης και καταγράφηκαν οι παράμετροι που αναφέρθηκαν προηγουμένως.



Εικόνα 14 Φάκελος από οργανίνα που χρησιμοποιήθηκε για να ακινητοποιηθούν τα αρσενικά προκειμένου να σημειθούν με νερομπογιά



Εικόνα 5 Σύστημα για την αναισθητοποίηση της μύγας της Μεσογείου με τη χρήση CO<sub>2</sub>

#### **Δοκιμές σύζευξης χωρίς επιλογή**

Μετά την συλλογή και την εκτροφή νυμφών της F<sub>7</sub> γενεάς σε τρυβλία έγινε τοποθέτηση αυτών μέσα σε κυβικά κλουβιά τύπου Plexiglas που περιεγράφηκαν προηγουμένως. Μετά την έξοδο των εντόμων της μύγας Μεσογείου έγινε διαχωρισμός με βάση το φύλο. Τα ατομικά κλουβιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν όμοια με αυτά του πρώτου μέρους του πειράματος με την μόνη διαφορά πως σε αυτά των θηλυκών υπήρχε το ειδικό υπόστρωμα ωτοκίας (Εικόνα 16,17).



Εικόνα 16 Ατομικά κλουβιά θηλυκών που φέρουν το τεχνητό υπόστρωμα ωτοκίας



Εικόνα 17 Ειδικό υπόστρωμα ωτοκίας που τοποθετούνταν στα κλουβιά των θηλυκών για εναπόθεση των αυγών, διακρίνοντας αυγά στο εσωτερικό του ημισφαιρίου.

Και στο δεύτερο μέρος του πειράματος τα αρσενικά της μύγας της Μεσογείου χωρίστηκαν σε 3 μεταχειρίσεις.

1<sup>η</sup> μεταχείριση: ατομικά κλουβιά με ένα άτομο αρσενικού εντόμου.

2<sup>η</sup> μεταχείριση: ατομικά κλουβιά με 2 άτομα αρσενικών εντόμων.

3<sup>η</sup> μεταχείριση: ατομικά κλουβιά με 5 άτομα αρσενικών εντόμων.

Και σε αυτή την περίπτωση προκειμένου να είναι ικανός ο διαχωρισμός ανάλογα με τη μεταχείριση στην οποία ανήκαν έγινε σήμανση αυτών με τις μεθόδους που αναλύθηκαν και παραπάνω. Μετά το πέρας της 12<sup>η</sup> ημέρας ενήλικης ζωής των εντόμων της μύγας της Μεσογείου 1 αρσενικό της κάθε μεταχείρισης τοποθετήθηκε σε ένα ατομικό κλουβί θηλυκού. Συγκεκριμένα τα ατομικά κλουβιά των θηλυκών ήταν 150. Στα πρώτα 50 ατομικά κλουβιά εισήχθη από ένα αρσενικό της 1<sup>ης</sup> μεταχείρισης, στα επόμενα 50 ατομικά κλουβιά από ένα αρσενικό της 2<sup>ης</sup> μεταχείρισης και στα τελευταία ατομικά κλουβιά από ένα αρσενικό της 3<sup>ης</sup> μεταχείρισης. Την 12<sup>η</sup> ημέρα έγιναν και τα πειράματα σύζευξης (μετά την ολοκλήρωση της σύζευξης τα αρσενικά άτομα απομακρύνονταν από τα ατομικά κλουβιά των θηλυκών) και από την 13<sup>η</sup> ημέρα και μέχρι το τέλος του πειράματος

γινόταν συστηματική καθημερινή καταγραφή της ωοπαραγωγής, της εκκόλαψης των αυγών μετά το πέρας 48 ωρών, καθώς και της διάρκειας ζωής των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου (Εικόνα 18,19).



Εικόνα 18 Τρυβλίο με εφαρμοσμένο στυπόχαρτο όπου γινόταν η καθημερινή καταμέτρηση των αυγών



Εικόνα 19 Διαδικασία σύζευξης ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου

### 2.3 Στατιστική ανάλυση

Η ανάλυση των στοιχείων πραγματοποιήθηκε με το λογιστικό πακέτο SPSS 23.0 (SPSS, Chicago, IL., USA). Η σύγκριση των ποσοστών σύζευξης θηλυκών που συζεύχθηκαν με τα αρσενικά των τριών μεταχειρίσεων (διατήρηση μεμονωμένα, σε ομάδες των 2 ατόμων, σε ομάδες των 5 ατόμων) στις δοκιμές με επιλογή και στις

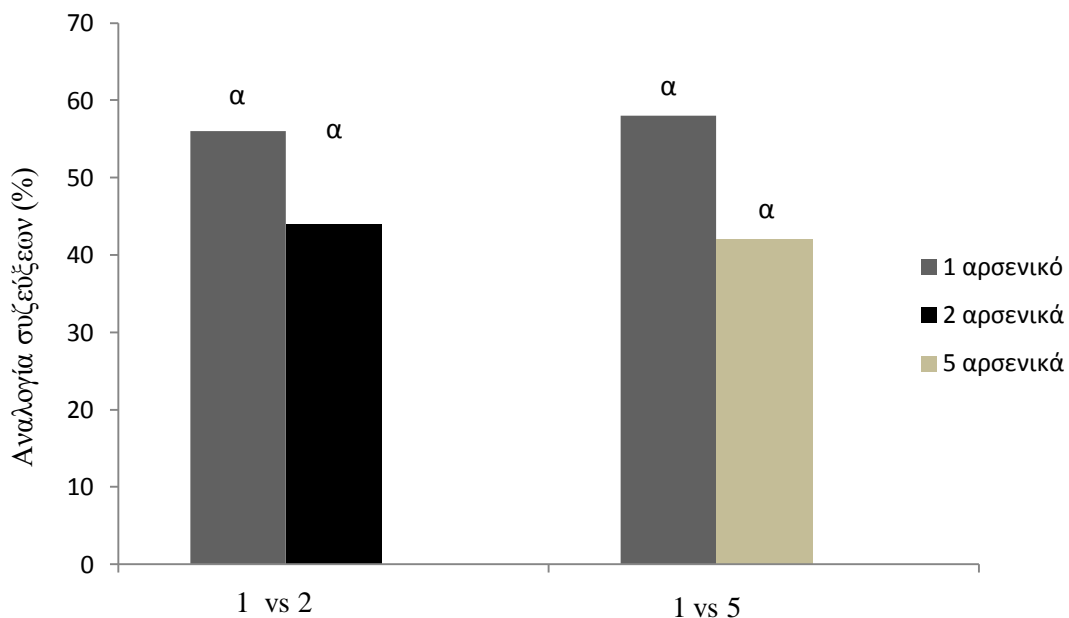
δοκιμές χωρίς επιλογή, πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο  $\chi^2$ . Η επίδραση του τρόπου διατήρησης των αρσενικών στη μέση διάρκεια σύζευξης και στο χρόνο έως την έναρξη της σύζευξης, για τις δοκιμές επιλογής, πραγματοποιήθηκε με το t κριτήριο ανεξάρτητων δειγμάτων (independent samples t-test), ενώ για τις δοκιμές χωρίς επιλογή με την ανάλυση παραλλακτικότητας (One-WayANOVA). Οι συγκρίσεις της μέσης ωοπαραγωγής θηλυκών που συζεύχθηκαν με αρσενικά των παραπάνω μεταχειρίσεων πραγματοποιήθηκαν με ανάλυση παραλλακτικότητας δύο παραγόντων (Two-WayANOVA). Η επίδραση των συνθηκών διατήρησης των αρσενικών στην εκκόλαψη των αυγών που ωοτοκήθηκαν πριν και μετά την ηλικία των 60 ημερών εκτιμήθηκε με τη μη παραμετρική μέθοδο ανεξαρτήτων δειγμάτων τιμών (K independent samples test) χρησιμοποιώντας το κριτήριο Kruskal-Wallis. Οι ανά ζεύγη συγκρίσεις της ωοπαραγωγής πραγματοποιήθηκαν με τη μη παραμετρική μέθοδο 2 ανεξάρτητων δειγμάτων εφαρμόζοντας το κριτήριο Willcoxon-Mann-Whitney (WMW), μετά από επαναπροσδιορισμό του επιπέδου σημαντικότητας με την προσαρμογή Bonferonni. Τέλος, η επίδραση της σύζευξης με αρσενικά των παραπάνω μεταχειρίσεων στην επιβίωση των θηλυκών, ελέγχθηκε με το μοντέλο ανάλογων κινδύνων Cox (Cox proportional hazards model) .



### 3. Αποτελέσματα

#### 3.1 Δοκιμές σύζευξης σε πειράματα επιλογής

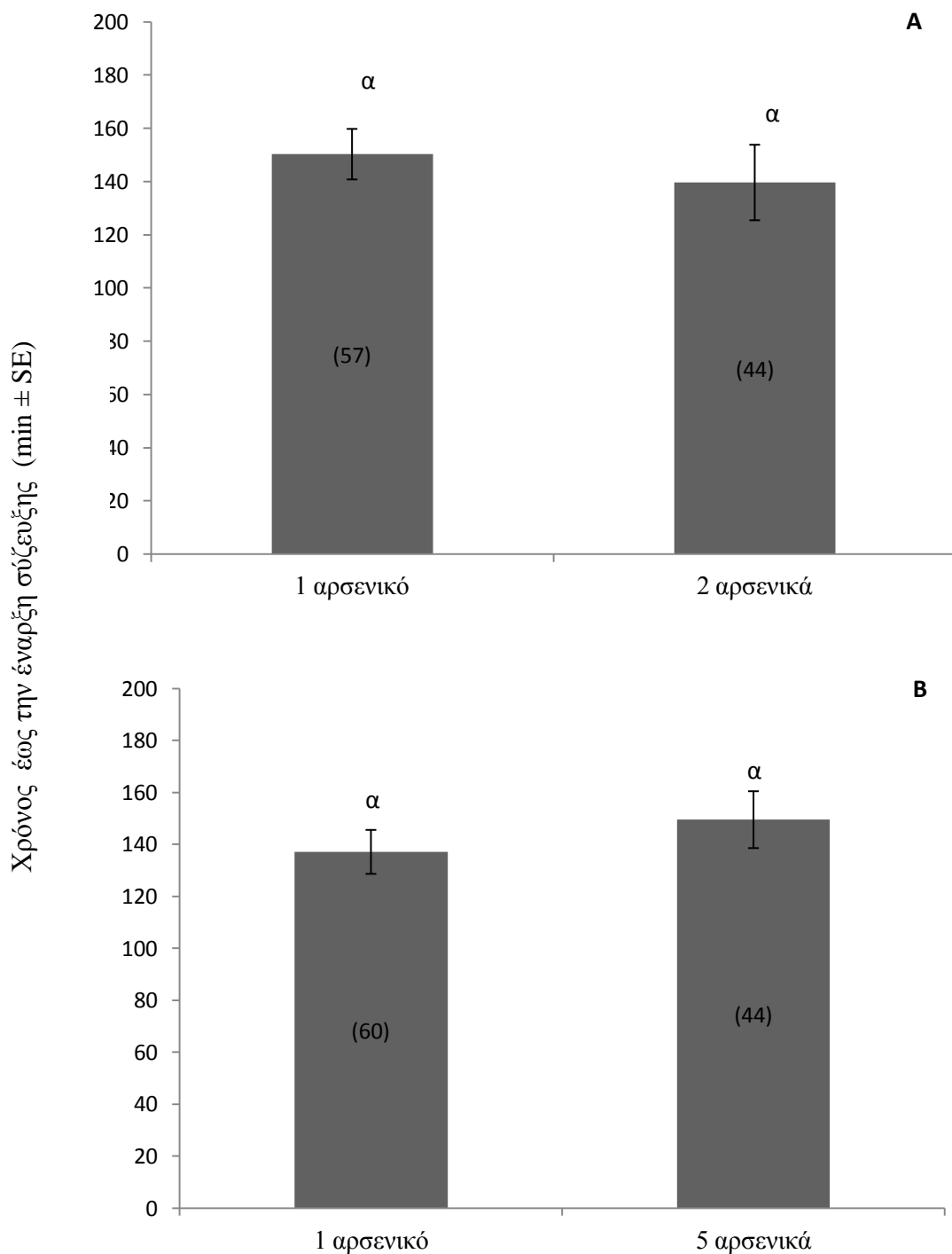
Στο Διάγραμμα 1, παρουσιάζεται η επιλογή των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου για σεξουαλικό σύντροφο, μεταξύ αρσενικών που διατηρήθηκαν μεμονωμένα και σε ομάδες των 2 ατόμων και μεταξύ αρσενικών που διατηρήθηκαν μεμονωμένα και σε ομάδες των 5 ατόμων, πριν τις δοκιμές σύζευξης. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι τα ποσοστά σύζευξης θηλυκών και αρσενικών που διατηρήθηκαν είτε μεμονωμένα είτε σε ομάδες των 2 ατόμων δε διέφερε σημαντικά ( $\chi^2 = 1.673$ ,  $df = 1$ ,  $P > 0,05$ ), ενώ αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα των ποσοστών σύζευξης μεταξύ θηλυκών και αρσενικών που διατηρήθηκαν είτε μεμονωμένα είτε σε ομάδες των 5 ατόμων ( $\chi^2 = 2.462$ ,  $df = 1$ ,  $P > 0,05$ ). Συνεπώς, παρά το γεγονός ότι τόσο στην περίπτωση που τα αρσενικά διατηρούνταν σε ομάδες των 2 ατόμων όσο και στην περίπτωση που τα αρσενικά διατηρούνταν σε ομάδες των 5 ατόμων επιλέγονταν λιγότερο συχνά από τα θηλυκά για σύζευξη, φαίνεται ότι ο τρόπος διατήρησης των αρσενικών (μεμονωμένα ή σε ομάδες) μέχρι την ημέρα των δοκιμών σύζευξης δεν επηρέασαν σημαντικά την επιλογή από τα θηλυκά για σύζευξη.



**Διάγραμμα 1:** Αναλογία συζεύξεων των αρσενικών των τριών μεταχειρίσεων (μεμονωμένα αρσενικά, αρσενικά ανά 2, αρσενικά ανά 5) με τα θηλυκά της μύγας της Μεσογείου. Στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός της κάθε δοκιμής δε διαφέρουν σημαντικά ( $P > 0,05$ )

Στο Διάγραμμα 2 (A, B), παρουσιάζεται ο μέσος χρόνος έως την έναρξη σύζευξης θηλυκών της μύγας της Μεσογείου με αρσενικά που μέχρι την ημέρα που πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμές σύζευξης διατηρούνταν μεμονωμένα ή σε συνθήκες συνωστισμού (ομάδες των 2 ή των 5 ατόμων). Ο χρόνος μέχρι την έναρξη σύζευξης ήταν μικρότερος στα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν σε ομάδες των δύο ατόμων σε σχέση με τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με μεμονωμένα αρσενικά, χωρίς όμως να διαφέρουν σημαντικά (t-test,  $P > 0,05$ ) (Πίνακας 1). Επιπλέον ο χρόνος έως την έναρξη της σύζευξης ήταν ελαφρώς υψηλότερος στα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρούνταν μεμονωμένα, χωρίς όμως να διαφέρει σημαντικά (t-test,  $P > 0,05$ ) (Πίνακας 1).



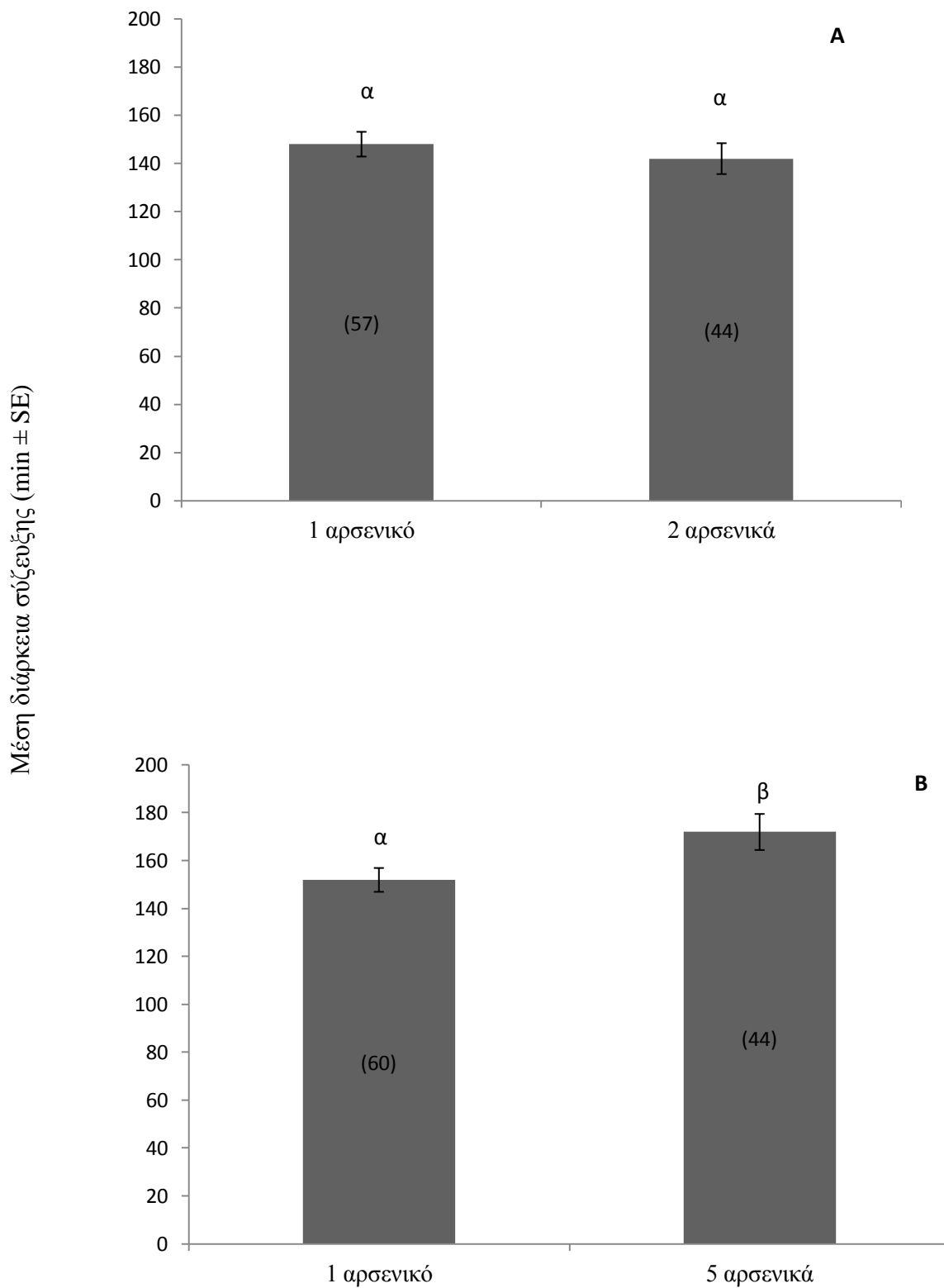


**Διάγραμμα 2:** Χρόνος έως την έναρξη σύζευξης θηλυκών της μύγας της Μεσογείου με αρσενικά που διατηρήθηκαν είτε μεμονωμένα είτε σε ομάδες των 2 ατόμων (A) και με αρσενικά που διατηρήθηκαν είτε μεμονωμένα είτε σε ομάδες των 5 ατόμων (B), από την έξοδό τους από το νυμφικό περίβλημα μέχρι την ημέρα διεξαγωγής των δοκιμών σύζευξης. Ο αριθμός των θηλυκών που συζεύχθηκαν με αρσενικά της κάθε μεταχείρισης δίνεται σε παρένθεση. Οι μέσοι όροι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά ( $P > 0,05$ ).

**Πίνακας 1:** Σύγκριση των μέσων όρων, του χρόνου έως την έναρξη σύζευξης με το *t* κριτήριο για ανεξάρτητα δειγμάτα (independent samples *t*- test), μεταξύ θηλυκών και αρσενικών που διατηρούνταν μεμονωμένα ή σε ομάδες των 2 ατόμων (1 vs 2 αρσενικά) και μεταξύ θηλυκών και αρσενικών που διατηρούνταν μεμονωμένα ή σε ομάδες των 5 ατόμων (1 vs 5 αρσενικά).

Δοκιμές σύζευξης	<i>t</i>	df	<i>P</i>
1vs 2 αρσενικά	0.624	78.130	0.535
1vs 5 αρσενικά	-0.903	102	0.368

Στο Διάγραμμα 3, παρουσιάζεται η μέση διάρκεια σύζευξης των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου με αρσενικά που μέχρι την ημέρα που πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμές σύζευξης διατηρούνταν μεμονωμένα ή σε συνθήκες συνωστισμού (ομάδες των 2 ή των 5 ατόμων). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στη μέση διάρκεια σύζευξης μεταξύ των θηλυκών που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν σε ομάδες των 2 ατόμων και των θηλυκών που συζεύχθηκαν με μεμονωμένα αρσενικά (*t*- test,  $P > 0,05$ ) (Πίνακας 2). Ωστόσο, η μέση διάρκεια σύζευξης μεταξύ θηλυκών και αρσενικών που διατηρήθηκαν σε ομάδες των 5 ατόμων ήταν σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή μεταξύ θηλυκών και αρσενικών που διατηρήθηκαν μεμονωμένα (*t*- test,  $P < 0,05$ ) (Πίνακας 2).



**Διάγραμμα 3:** Μέση διάρκεια σύζευξης θηλυκών της μύγας της Μεσογείου με αρσενικά που διατηρήθηκαν είτε μεμονωμένα είτε σε ομάδες των 2 ατόμων (A) και με αρσενικά που διατηρήθηκαν είτε μεμονωμένα είτε σε ομάδες των 5 ατόμων (B),

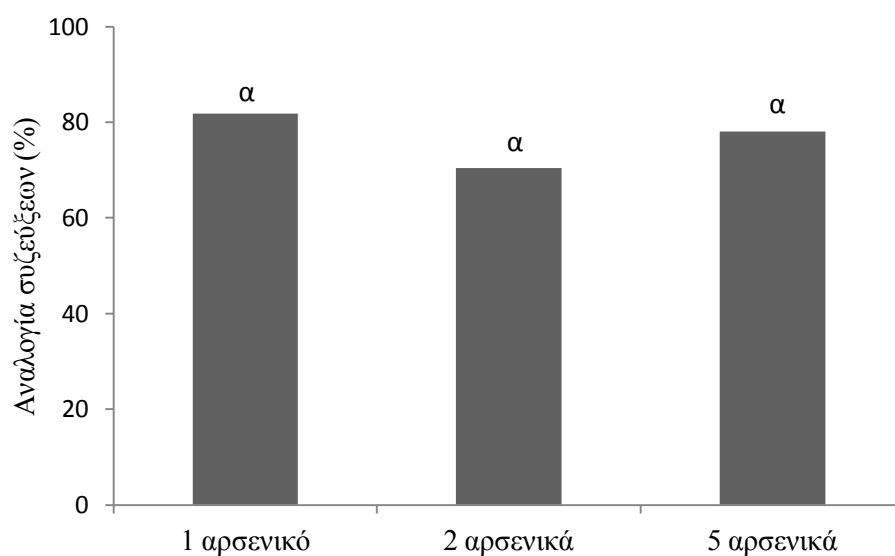
από την έξοδο τους από το νυμφικό περίβλημα μέχρι την ημέρα διεξαγωγής των δοκιμών σύζευξης. Ο αριθμός των θηλυκών που συζεύχθηκαν με αρσενικά της κάθε μεταχείρισης δίνεται σε παρένθεση. Οι μέσοι όροι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά ( $P > 0,05$ ).

**Πίνακας 2:** Σύγκριση των μέσων όρων, της διάρκειας σύζευξης με το κριτήριο ανεξάρτητων δειγμάτων (independent samples t- test), μεταξύ θηλυκών και αρσενικών που διατηρούνταν μεμονωμένα ή σε ομάδες των 2 ατόμων (1 vs 2 αρσενικά) και μεταξύ θηλυκών και αρσενικών που διατηρούνταν μεμονωμένα ή σε ομάδες των 5 ατόμων (1 vs 5 αρσενικά).

Δοκιμές σύζευξης	<i>t</i>	df	<i>P</i>
1 vs 2 αρσενικά	0.682	99	0.497
1 vs 5 αρσενικά	-2.314	102	0.023

### 3.2 Δοκιμές σύζευξης σε πειράματα μη επιλογής

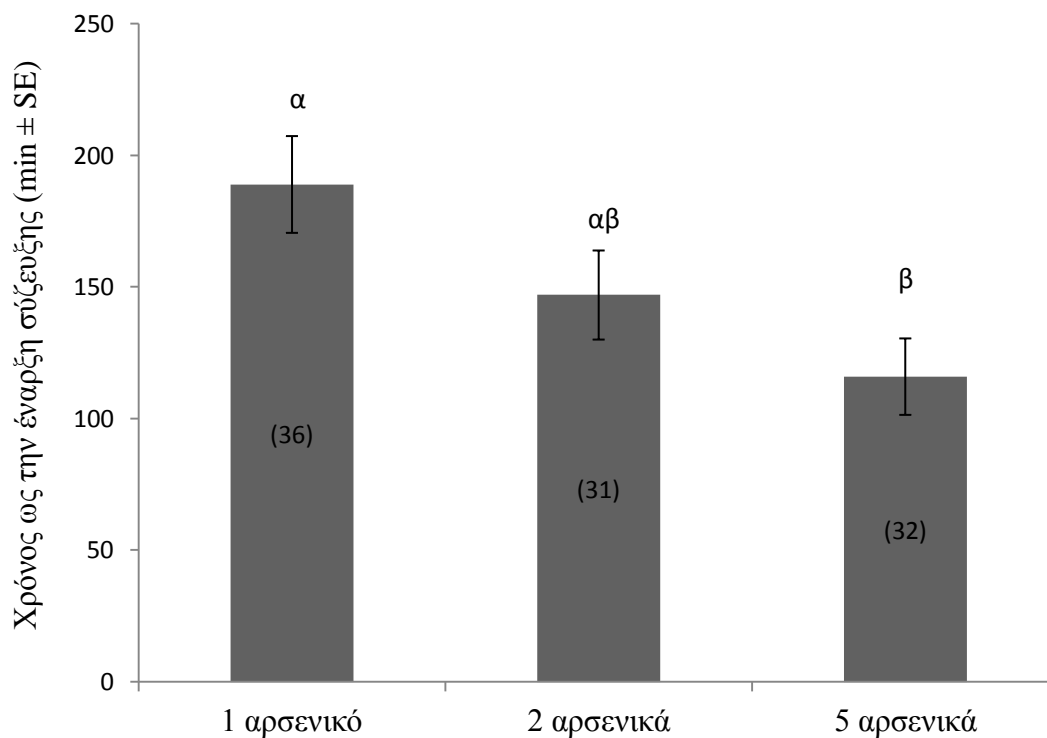
Στο Διάγραμμα 4, δίνεται το ποσοστό σύζευξης θηλυκών της μύγας της Μεσογείου που συζεύχθηκαν με αρσενικά των τριών μεταχειρίσεων. Τα θηλυκά συζεύχθηκαν σε μικρότερο ποσοστό με αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες των 2 ατόμων σε σχέση με τα αρσενικά των άλλων δύο μεταχειρίσεων, χωρίς όμως να διαφέρουν σημαντικά ( $\chi^2 = 1,037$ ,  $df = 2$ ,  $P > 0,05$ ).



**Διάγραμμα 4:** Σύγκριση των ποσοστών σύζευξης θηλυκών της μύγας της Μεσογείου, με αρσενικά που διατηρήθηκαν μεμονωμένα (1 αρσενικό), σε ομάδες των 2 ατόμων (2 αρσενικά) και σε ομάδες των 5 ατόμων (5 αρσενικά), από την έξοδο τους από το νυμφικό περίβλημα μέχρι την ημέρα διεξαγωγής των δοκιμών σύζευξης. Τα ποσοστά που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά ( $P > 0,05$ ).

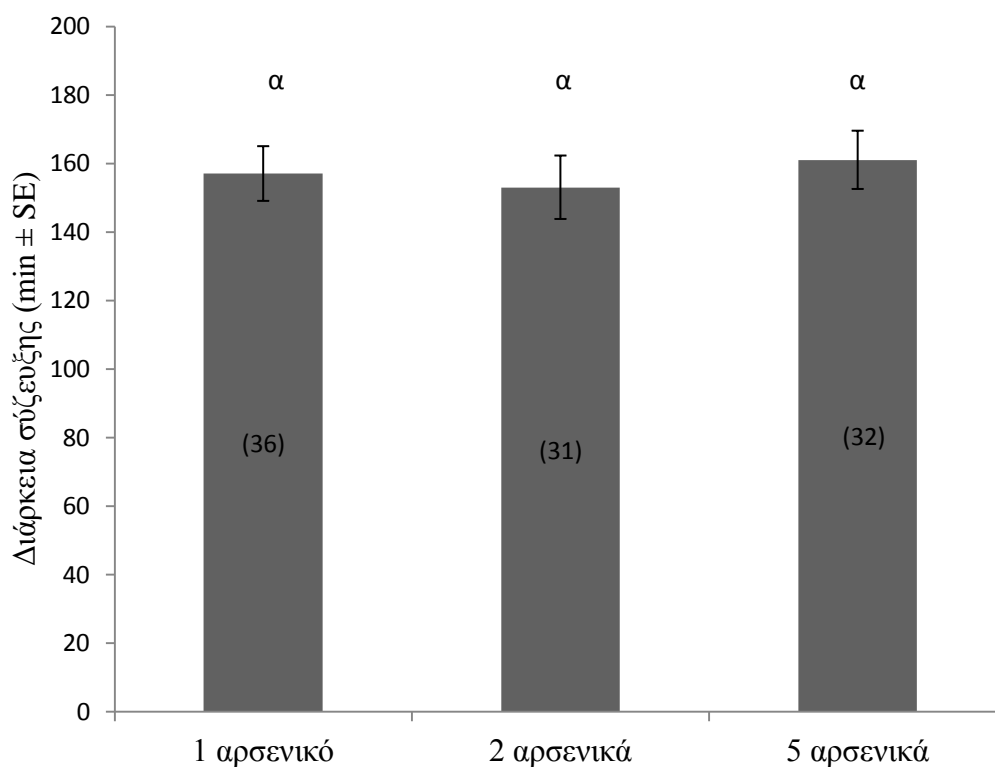
Στο Διάγραμμα 5, δίνεται ο μέσος χρόνος έως την έναρξη της σύζευξης θηλυκών της μύγας της Μεσογείου, που συζεύχθηκαν με αρσενικά των τριών μεταχειρίσεων. Τα θηλυκά αποδέχτηκαν για σύζευξη σε σημαντικά μικρότερο χρονικό διάστημα τα αρσενικά που διατηρήθηκαν σε ομάδες των 5 ατόμων σε σχέση με τα αρσενικά που διατηρήθηκαν μεμονωμένα ( $P < 0,05$ ). Από την άλλη μεριά παρά το γεγονός ότι τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν σε

ομάδες των 2 ατόμων χρειάστηκαν λιγότερο χρόνο έως την έναρξη σύζευξης σε σχέση με τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν μεμονωμένα, οι τιμές δε διέφεραν σημαντικά ( $P > 0,05$ ) (Πίνακας 3).



**Διάγραμμα 5:** Χρόνος που μεσολάβησε ως την έναρξη της σύζευξης θηλυκών της μύγας της Μεσογείου, που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν μεμονωμένα (1 αρσενικό), σε ομάδες των 2 ατόμων (2 αρσενικά) και ομάδες των 5 ατόμων (5 αρσενικά), από την έξοδό τους από το νυμφικό περίβλημα μέχρι την ημέρα διεξαγωγής των δοκιμών σύζευξης. Ο αριθμός των θηλυκών που συζεύχθηκαν με αρσενικά της κάθε μεταχείρισης δίνεται σε παρένθεση. Οι μέσοι όροι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά ( $P > 0,05$ ).

Η μέση διάρκεια σύζευξης των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου, που συζεύχθηκαν με αρσενικά των τριών μεταχειρίσεων δίνεται στο Διάγραμμα 6. Τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά και των τριών μεταχειρίσεων εμφάνισαν παραπλήσια διάρκεια σύζευξης ( $P > 0,05$ ) (Πίνακας 3).



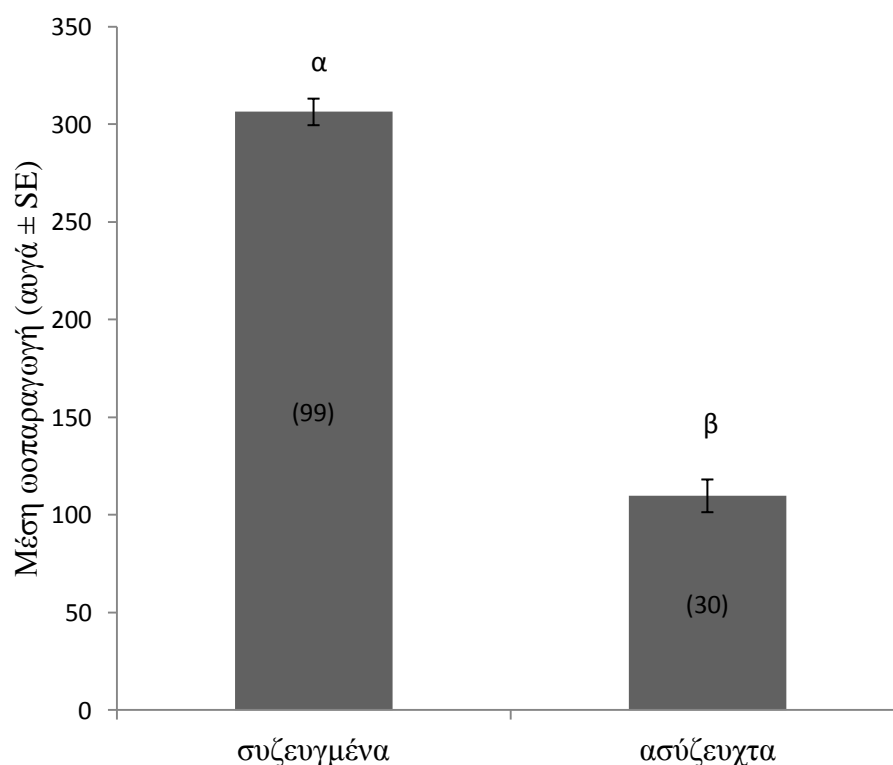
**Διάγραμμα 6:** Μέση διάρκεια σύζευξη θηλυκών της μύγας της Μεσογείου, που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν μεμονωμένα (1 αρσενικό), σε ομάδες των 2 ατόμων (2 αρσενικά) και ομάδες των 5 ατόμων (5 αρσενικά), από την έξοδο τους από το νυμφικό περίβλημα μέχρι την ημέρα διεξαγωγής των δοκιμών σύζευξης. Ο αριθμός των θηλυκών που συζεύχθηκαν με αρσενικά της κάθε μεταχείρισης δίνεται σε παρένθεση. Οι μέσοι όροι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά ( $P > 0,05$ ).

**Πίνακας 3:** Σύγκριση των μέσων όρων του χρόνου έως την έναρξη σύζευξης και της διάρκειας σύζευξης με την ανάλυση της παραλλακτικότητας (One-WayANOVA), θηλυκών της μύγας της Μεσογείου, που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν μεμονωμένα, σε ομάδες των 2 ατόμων και ομάδες των 5 ατόμων, πριν τις δοκιμές σύζευξης.

Δοκιμές σύζευξης	df	Μέσα τετράγωνα	F	P
Χρόνος έως την έναρξη σύζευξης	2	77,918	4,836	0.010
Διάρκεια σύζευξης	2	492,516	0,204	0.815

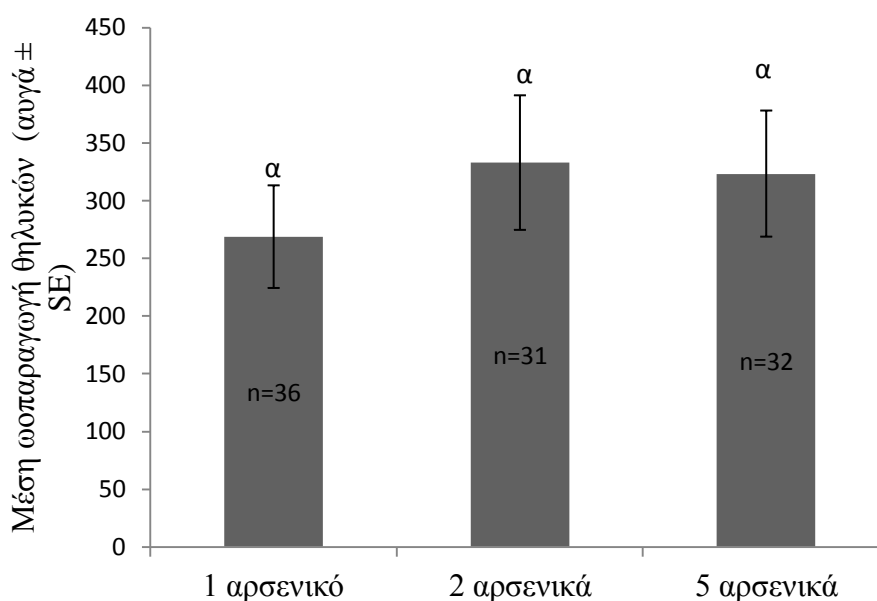


Στο Διάγραμμα 7, δίνεται ο μέσος συνολικός αριθμός αυγών των θηλυκών που συζεύχθηκαν με τα αρσενικά των τριών μεταχειρίσεων (μεμονωμένα αρσενικά, αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες 2 ατόμων, αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες 5 ατόμων) και των θηλυκών που παρέμειναν παρθένα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων φαίνεται ότι τα παρθένα θηλυκά γέννησαν σημαντικά μικρότερο αριθμό αυγών σε σχέση με τα θηλυκά που συζεύχθηκαν ( $F = 9,911$ ,  $df = 1$ ,  $P < 0,05$ ).



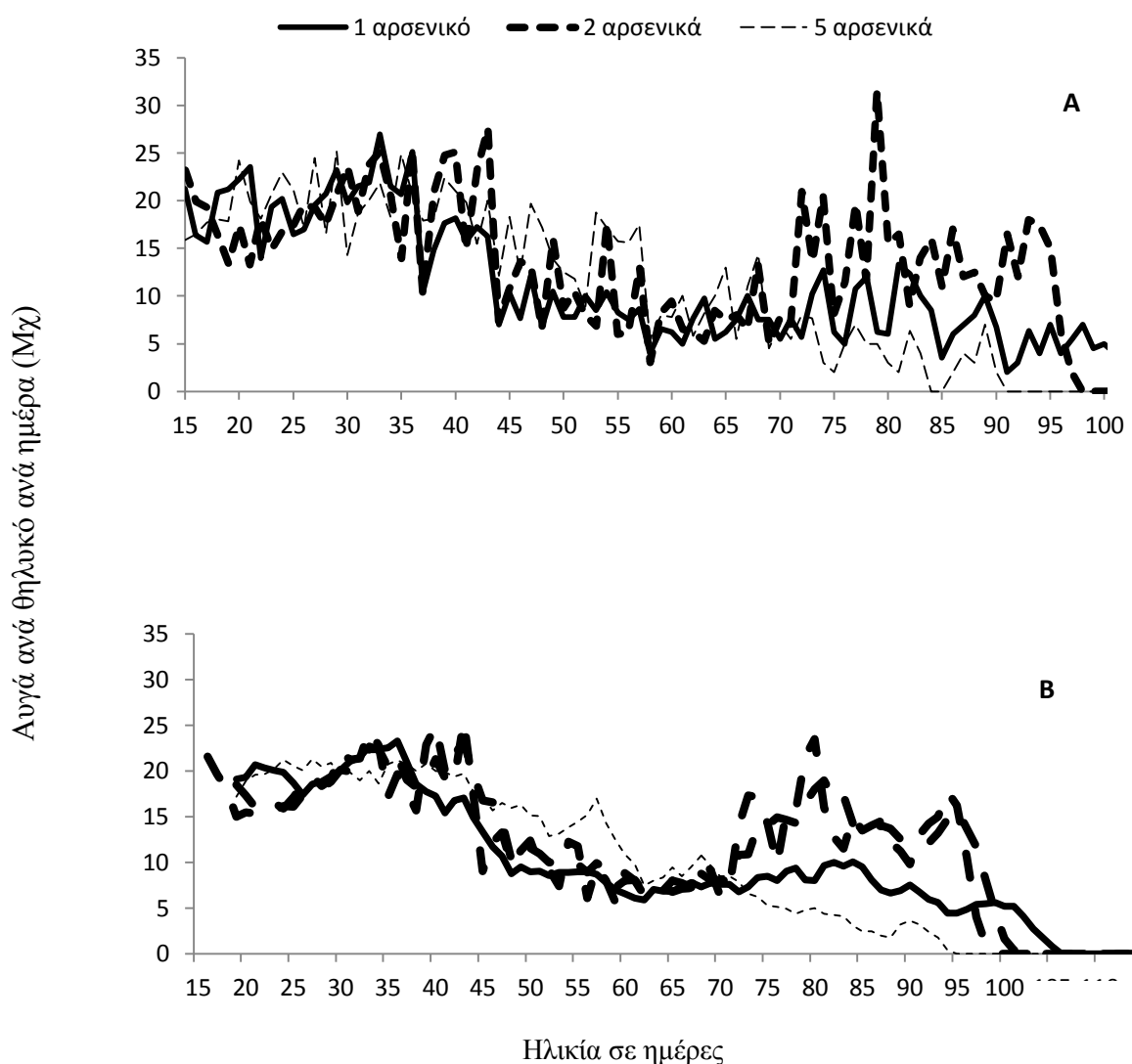
**Διάγραμμα 7:** Μέσος συνολικός αριθμός αυγών ανά θηλυκό της μύγας της Μεσογείου, που συζεύχθηκε με αρσενικό που διατηρήθηκε μεμονωμένο ή σε ομάδες των 2 ατόμων, η σε ομάδες των 5 ατόμων (συζευγμένο) ή δε συζεύχθηκε (παρθένο). Ο αριθμός των θηλυκών που συζεύχθηκαν ή δε συζεύχθηκαν με τα αρσενικά των τριών μεταχειρίσεων δίνεται σε παρένθεση. Οι μέσοι όροι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά ( $P > 0,05$ ).

Στο Διάγραμμα 8, παρουσιάζεται ο μέσος συνολικός αριθμός αυγών ανά θηλυκό της μύγας της Μεσογείου, που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρούνταν μεμονωμένα (1 αρσενικό), με αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες 2 ατόμων (2 αρσενικά), και με αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες 5 ατόμων (5 αρσενικά). Τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες των 2 και των 5 ατόμων, εκδήλωσαν μεγαλύτερη ωοπαραγωγή, από τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρούνταν μεμονωμένα, χωρίς όμως στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ( $F = 0,350$ ,  $df = 2$ ,  $P > 0,05$ ).



**Διάγραμμα 8:** Μέσος συνολικός αριθμός αυγών ανά θηλυκό της μύγας της Μεσογείου, που συζεύχθηκε με αρσενικό που διατηρήθηκε μεμονωμένο (1 αρσενικό), ή σε ομάδες των 2 ατόμων (2 αρσενικά) ή σε ομάδες των 5 ατόμων (5 αρσενικά), από την έξοδο από το νυμφικό περίβλημα μέχρι και την ημέρα διεξαγωγής των δοκιμών σύζευξης. Ο αριθμός των θηλυκών που συζεύχθηκαν με τα αρσενικά των τριών μεταχειρίσεων δίνεται σε παρένθεση. Οι μέσοι όροι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά ( $P > 0,05$ ).

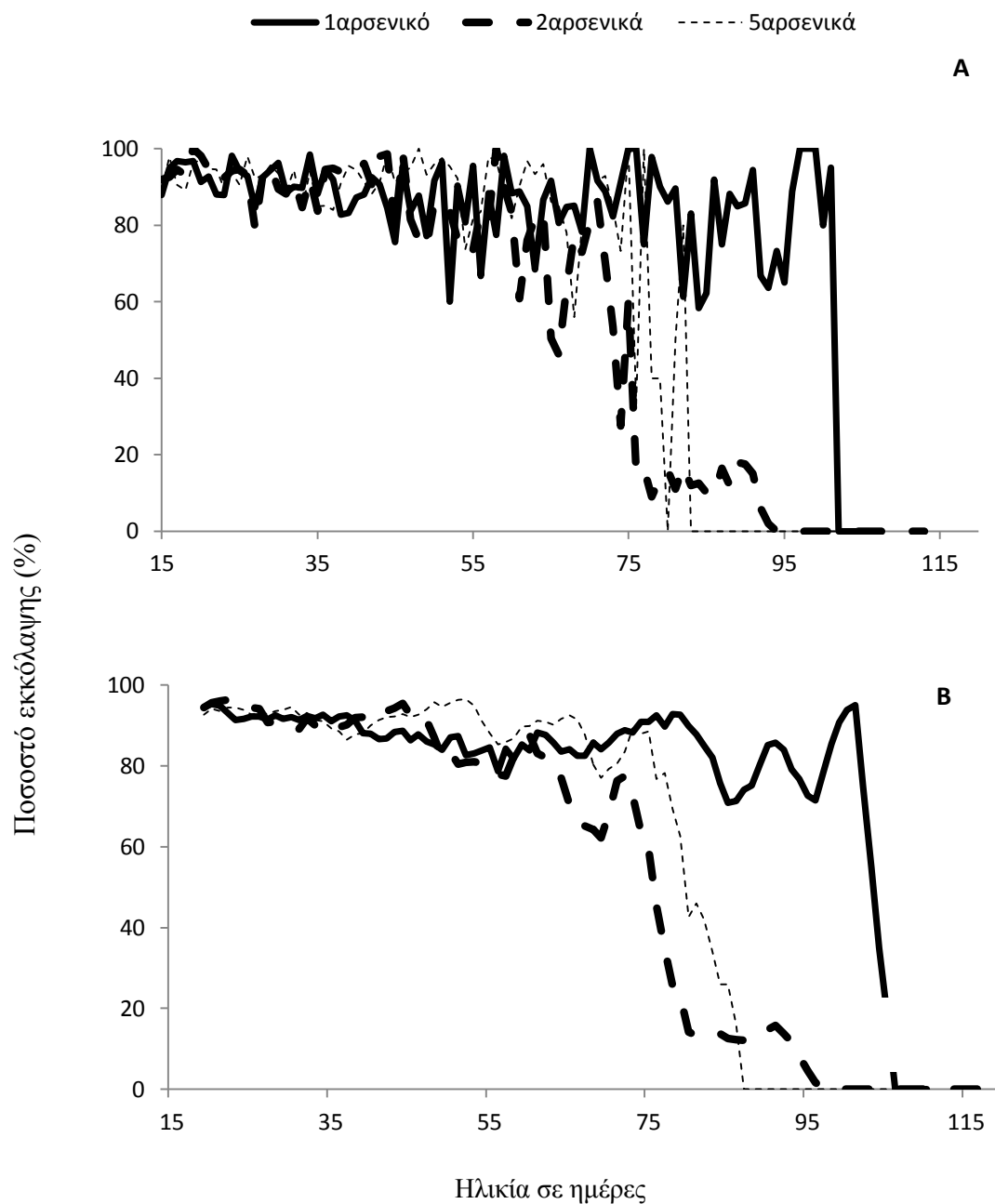
Στο Διάγραμμα 9, δίνεται ο μέσος αριθμός αυγών σε σχέση με την ηλικία των θηλυκών, που συζεύχθηκαν με αρσενικά των τριών μεταχειρίσεων. Ο ρυθμός ωοτοκίας όλων των θηλυκών ακολούθησε ανοδική πορεία από τη σύζευξη έως και τη ηλικία των 35 ημερών περίπου. Σε μεγαλύτερες ηλικίες ο ρυθμός ωοτοκίας μειώθηκε σταδιακά και διατηρήθηκε σε παραπλήσιο επίπεδο για τα θηλυκά που είχαν συζευχθεί με τα αρσενικά και των τριών μεταχειρίσεων. Από την πάροδο των 75 ημερών και μετά ο ρυθμός ωοτοκίας ήταν υψηλότερος για τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν σε ομάδες των 2 και των 5 ατόμων, σε σχέση με αυτά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν μεμονωμένα.



**Διάγραμμα 9:** Πραγματικές τιμές (A) και κυλιόμενος μέσος όρος με περίοδο 5 ημερών (B), του μέσου αριθμού αυγών σε σχέση με την ηλικία των θηλυκών της

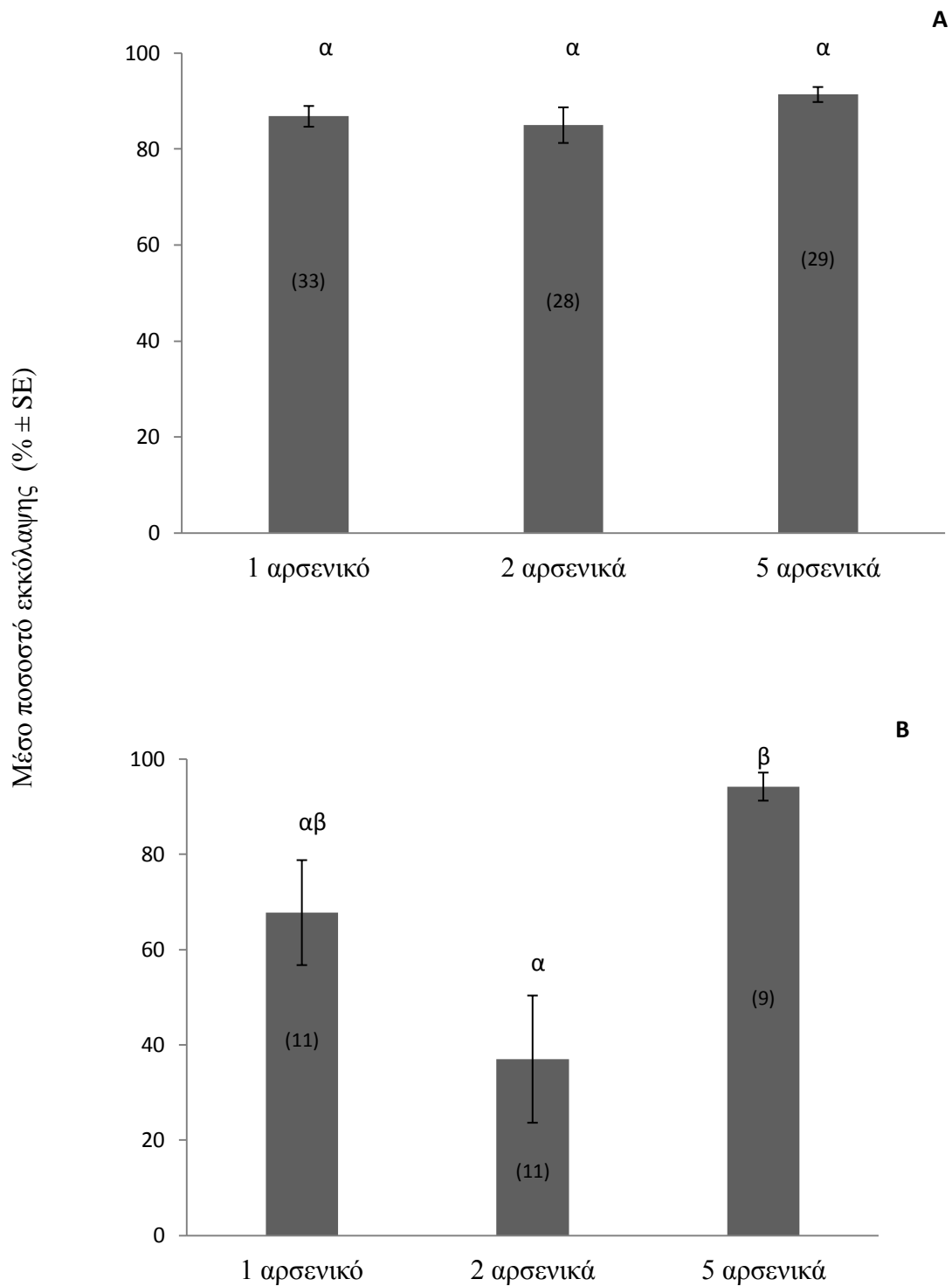
μύγας της Μεσογείου, που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν μεμονωμένα, σε ομάδες των 2 ατόμων και σε ομάδες των 5 ατόμων, από την έξοδό τους από το νυμφικό περίβλημα μέχρι την ημέρα διεξαγωγής των δοκιμών σύζευξης.

Στο Διάγραμμα 10, παρουσιάζεται το ποσοστό εκκόλαψης των αυγών θηλυκών που συζεύχθηκαν με αρσενικά των τριών μεταχειρίσεων. Το ποσοστό εκκόλαψης του συνόλου των αυγών, διατηρήθηκε στο ίδιο επίπεδο από την ηλικία των 15 μέχρι και 60 ημερών περίπου, ανεξάρτητα από τη μεταχείριση των αρσενικών. Σε μεγαλύτερες ηλικίες το ποσοστό εκκόλαψης των αυγών θηλυκών που είχαν συζευχθεί με αρσενικά που διατηρήθηκαν σε ομάδες των 2 και των 5 ατόμων, μειώθηκε σταδιακά μέχρι τη λήξη της περιόδου ωοπαραγωγής τους. Το ποσοστό εκκόλαψης αυγών που προήλθαν από θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρούνταν μεμονωμένα διατηρήθηκε σε υψηλά επίπεδα μέχρι την ηλικία των 100 ημερών που συνέπιπτε και με το τέλος της περιόδου ωοπαραγωγής τους.



**Διάγραμμα 10:** Πραγματικές τιμές (A) και κυλιόμενος μέσος όρος με περίοδο 5 ημερών (B), του ποσοστού εκκόλαπιμότητας αυγών σε σχέση με την ηλικία των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου, που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν μεμονωμένα, σε ομάδες των 2 ατόμων και σε ομάδες των 5 ατόμων, από την έξοδό τους από το νυμφικό περίβλημα μέχρι την ημέρα διεξαγωγής των δοκιμών σύζευξης.

Στο διάγραμμα 11 (A, B) παρουσιάζεται το μέσο ποσοστό εκκόλαψης των αυγών θηλυκών που συζεύχθηκαν με αρσενικά των τριών μεταχειρίσεων. Οι συνθήκες διατήρησης των αρσενικών πριν τη διεξαγωγή των δοκιμών σύζευξης που πραγματοποιήθηκαν στην ηλικία των 15 ημερών δεν επηρέασαν σημαντικά την εκκόλαψη των αυγών που ωτοκλήθηκαν από τα θηλυκά πριν την ηλικία των 60 ημερών (Kruskal-Wallis test,  $P > 0,05$ ) (Διάγραμμα 11 A). Ωστόσο, οι συνθήκες διατήρησης των αρσενικών πριν τις δοκιμές σύζευξης επηρέασαν σημαντικά την εκκόλαψη των αυγών που ωτοκλήθηκαν από τα θηλυκά μετά την ηλικία των 60 ημερών (Kruskal-Wallis test,  $P < 0,05$ ). Οι ανά ζεύγη συγκρίσεις των ποσοστών εκκόλαψης έδειξαν ότι εκκολάφθηκαν σημαντικά λιγότερα αυγά που γονιμοποιήθηκαν από αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες των 2 ατόμων σε σχέση με αυτά που γονιμοποιήθηκαν από αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες των 5 ατόμων (WMW test,  $P < 0,016$ , προσαρμογή Bonferonni). Η εκκόλαψη των αυγών των θηλυκών που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρούνταν ατομικά δε διέφερε σημαντικά σε σχέση με τις άλλες 2 μεταχειρίσεις (WMWtest,  $P > 0,016$ , προσαρμογή Bonferonni) (Διάγραμμα 11 B).

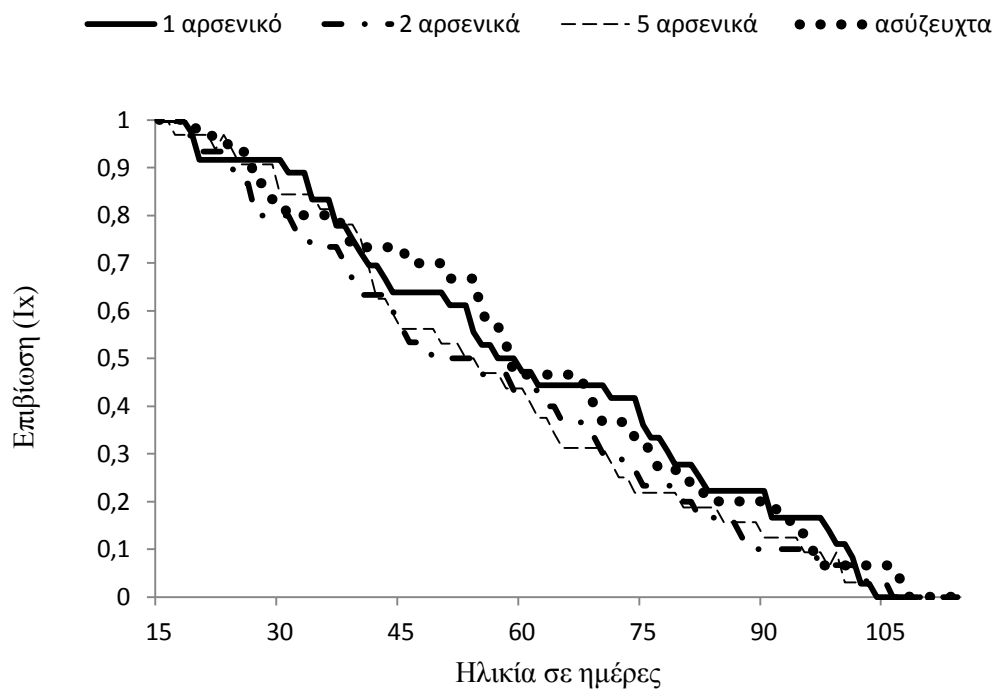


**Διάγραμμα 11:** Μέση εκκόλαψη αυγών που φωτοκλήθηκαν από τα θηλυκά της μύγας της Μεσογείου κατά το χρονικό διάστημα από τη σύζευξη μέχρι και την ηλικία των 60 ημερών (A) και από την ηλικία 61 έως 75 ημερών (B). Τα θηλυκά συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν μεμονωμένα (1 αρσενικό), σε ομάδες των 2 ατόμων (2 αρσενικά) και σε ομάδες των 5 ατόμων (5 αρσενικά), από την έξοδό τους από το

νυμφικό περίβλημα μέχρι και τη διεξαγωγή των δοκιμών σύζευξης. Μέσα ποσοστά που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά ( $P > 0,05$ ).

Στο Διάγραμμα 12, φαίνεται η επιβίωση των θηλυκών που παρέμειναν παρθένα ή συζεύχθηκαν με τα αρσενικά των τριών μεταχειρίσεων (διατήρηση μεμονωμένα, διατήρηση ανά δύο, διατήρηση ανά 5). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στη μέση διάρκεια ζωής α) μεταξύ συζευγμένων και παρθένων θηλυκών (Waldtest = 0,341,  $df = 1$ ,  $P = 0,559$ ) και β) μεταξύ των συζευγμένων θηλυκών με αρσενικά των 3 μεταχειρίσεων (Waldtest = 2,095,  $df = 2$ ,  $P = 0,305$ ). Η καταγραφή της επιβίωσης των θηλυκών ξεκίνησε από την ηλικία των 15 ημερών που ήταν και η ηλικία διεξαγωγής των δοκιμών σύζευξης. Από την ηλικία αυτή καταγράφηκε βαθμιαία αύξηση της θνησιμότητας των θηλυκών και των τριών μεταχειρίσεων. Για τα θηλυκά που είχαν συζευχθεί με αρσενικά που διατηρούνταν μεμονωμένα ο ρυθμός θνησιμότητας παρουσίασε μείωση στα διαστήματα ηλικιών από 20 έως 35 ημερών 40 έως 50 ημερών 65 έως 75 ημερών όπως επίσης και 80 έως 95 ημερών. Ο θάνατος του τελευταίου ατόμου σημειώθηκε στην ηλικία των 109 ημερών. Από την άλλη πλευρά στις δύο άλλες μεταχειρίσεις θηλυκών (θηλυκά που είχαν συζευχθεί με αρσενικά που διατηρούνταν ανά δύο, και θηλυκά που είχαν συζευχθεί με αρσενικά που διατηρούνταν ανά πέντε) σημειώθηκε βαθμιαία μείωση της επιβίωσης χωρίς να υπάρχουν διαστήματα μείωσης του ρυθμού θνησιμότητας. Για τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρούνταν ανά 2, ο θάνατος του τελευταίου εντόμου σημειώθηκε στην ηλικία των 115 ημερών, ενώ για τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρούνταν ανά 5, ο θάνατος του τελευταίου εντόμου σημειώθηκε στην ηλικία των 104 ημερών.





**Διάγραμμα 12:** Καμπύλες επιβίωσης των θηλυκών που δε συζεύχθηκαν ή συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρήθηκαν μεμονωμένα, σε ομάδες των 2 ατόμων και ομάδες των 5 ατόμων, από την έξοδό τους από το νυμφικό περίβλημα μέχρι την ημέρα διεξαγωγής των δοκιμών σύζευξης.

**Πίνακας 4:** Μέση διάρκεια ζωής, μέσος αριθμός αυγών και τυπικά σφάλματα μη συζευγμένων θηλυκών και θηλυκών που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρούνταν μεμονωμένα, σε ομάδες των 2 ατόμων, και σε ομάδες των 5 ατόμων μέχρι την ημέρα διεξαγωγής των δοκιμών σύζευξης. Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά ( $P > 0,05$ ).

Μεταχείριση	Μέση διάρκεια ζωής (ημέρες $\pm$ SE)	Αυγά ανά θηλυκό $\pm$ SE
Μη συζευγμένα	62,15 $\pm$ 4,78 $\alpha$	109,83 $\pm$ 21,73 $\alpha$
1 αρσενικό	62,19 $\pm$ 4,09 $\alpha$	268,66 $\pm$ 44,49 $\beta$
2 αρσενικά	60,58 $\pm$ 3,98 $\alpha$	332,31 $\pm$ 58,30 $\beta$
5 αρσενικά	57,21 $\pm$ 3,48 $\alpha$	323,43 $\pm$ 54,68 $\beta$

## 4. Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής, χρησιμοποιώντας πειράματα επιλογής, έδειξαν ότι α) οι αλληλεπιδράσεις των αρσενικών (ομάδες δύο και 5 ατόμων) δεν επηρέασαν σημαντικά την επιλογή σύζευξης των θηλυκών της μύγας Μεσογείου, και β) το χρόνο έως την έναρξη της σύζευξης. Η διάρκεια όμως της σύζευξης γ) επηρεάστηκε από τις αλληλεπιδράσεις των αρσενικών και ήταν μακρύτερης διάρκειας όταν οι συζεύξεις επιτυγχάνονταν με αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες των πέντε ατόμων. Αντιστοίχως, από τις δοκιμές σύζευξης στα πειράματα μη επιλογής προέκυψε ότι α) οι αλληλεπιδράσεις των αρσενικών δεν επηρέασαν σημαντικά την επιλογή σύζευξης των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου, β) ο χρόνος έως την σύζευξη ήταν μακρύτερος για αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες των πέντε ατόμων σε σχέση με τα αρσενικά που διατηρούνταν μεμονωμένα, γ) οι συνθήκες ανταγωνισμού των αρσενικών δεν επηρέασαν σημαντικά τη διάρκεια σύζευξής τους. Τα συζευγμένα θηλυκά της μύγας της Μεσογείου δ) είχαν σημαντικά υψηλότερη ωοπαραγωγή σε σχέση με τα μη συζευγμένα, ε) οι συνθήκες συνωστισμού που διατηρούνταν τα αρσενικά πριν από τη σύζευξη δεν επηρέασαν τη συνολική ωοπαραγωγή των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου στ) οι συνθήκες διατήρησης των αρσενικών πριν τη διεξαγωγή των δοκιμών σύζευξης που πραγματοποιήθηκαν στην ηλικία των 15 ημερών δεν επηρέασαν σημαντικά τη συνολική εκκόλαψη των αυγών που ωοτοκήθηκαν από τα θηλυκά, ζ) οι ανά ζεύγη συγκρίσεις των ποσοστών εκκόλαψης έδειξαν ότι εκκολάφθηκαν σημαντικά λιγότερα αυγά που γονιμοποιήθηκαν από αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες των 2 ατόμων σε σχέση με αυτά που γονιμοποιήθηκαν από αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες των 5 ατόμων μετά την ηλικία των 60 ημερών, η) η εκκόλαψη των αυγών των θηλυκών που συζεύχθηκαν με αρσενικά που διατηρούνταν ατομικά δε διέφερε σημαντικά σε σχέση με τις άλλες 2 μεταχειρίσεις. Τέλος, οι συνθήκες συνωστισμού που διατηρούνταν τα αρσενικά πριν τη σύζευξη δεν επηρέασαν σημαντικά την επιβίωση των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου μετά τη σύζευξη.

Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής με εκείνα παλαιότερων μελετών (Bretman et al., 2009,2010,2011, 2012) συμπεραίνουμε ότι τα αρσενικά πολλών ειδών προσπαθώντας να αξιολογήσουν την πιθανότητα

ανταγωνισμού με άλλα αρσενικά ανταποκρίνονται προσαρμοστικά και μεταβάλλουν ορισμένα χαρακτηριστικά της σύζευξής τους.

Στα περισσότερα έντομα τα αρσενικά είναι αυτά που ανταγωνίζονται μεταξύ τους για πρόσβαση στα θηλυκά, αλλά τα θηλυκά είναι αυτά που τελικά επιλέγουν σύντροφο. Οι διαφορές στην επιτυχία σύζευξης των αρσενικών μπορεί να οφείλονται σε ορισμένα χαρακτηριστικά όπως είναι για παράδειγμα το μέγεθος των αρσενικών, η ύπαρξη κεραιών, γνωρίσματα δηλαδή που φαίνεται να επηρεάζουν την επιλογή από τα θηλυκά (Andersson et al., 2002). Στην παρούσα εργασία βρέθηκε ότι η επιλογή συντρόφου από τα θηλυκά δεν επηρεάζεται από το περιβάλλον ανταγωνισμού στο οποίο διατηρούνται τα αρσενικά (αρσενικά σε ομάδες των 2 ατόμων, αρσενικά σε ομάδες των 5 ατόμων). Κάτι ανάλογο έχει βρεθεί και σε πειράματα στο *Drosophila melanogaster*, όπου η επιλογή σεξουαλικού συντρόφου από τα θηλυκά δε διέφερε σημαντικά μεταξύ αρσενικών που διατηρούνταν σε ομάδες των 2 ατόμων (Bretman et al., 2013). Τα ίδια συμπεράσματα για την επιλογή συντρόφου, προκύπτουν και από την εργασία του Παυλίδη (2017) όπου τα αρσενικά διατηρούνταν σε ένα πλούσιο διατροφικό περιβάλλον (ζάχαρη και πρωτεΐνη) έναντι του φτωχού διατροφικού περιβάλλοντος (ζάχαρη) της παρούσας εργασίας. Η ένταση του σεξουαλικού καλέσματος παρουσιάζει παραλλακτικότητα μεταξύ των αρσενικών (Shelly, 2000b), ενώ έχουν παρατηρηθεί αρσενικά που δεν εκδηλώνουν καθόλου σεξουαλικό κάλεσμα παρόλα αυτά συμμετέχουν σε συναθροίσεις «leks» (Shelly et al., 1994). Η ύπαρξη αρσενικών που δεν εκδηλώνουν σεξουαλικό κάλεσμα δεν έχει γίνει πλήρως κατανοητή και μπορεί να οφείλεται στη επιθετική συμπεριφορά μεταξύ των αρσενικών όταν αυτά συνυπάρχουν (Shelly, 2000b). Αν τα ατομικά κλουβιά που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία μπορούν να θεωρηθούν ως ένας τύπος συνάθροισης «lek», τότε ο πιθανός ανταγωνισμός μεταξύ των αρσενικών που διατηρήθηκαν σε ομάδες των δύο και των πέντε ατόμων, να οδήγησε σε μείωση του σεξουαλικού καλέσματος, και γι αυτό το λόγο να μην είχαμε και διαφορές στην επιτυχία σύζευξης των θηλυκών με τα αρσενικά των τριών μεταχειρίσεων.

Ο λόγος που δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ της παρούσας εργασίας καθώς και αυτής του (Παυλίδη, 2017), όπου υπήρχαν οι ίδιες συνθήκες συνωστισμού, αλλά τα αρσενικά σε εκείνη την περίπτωση δε βρισκόταν σε συνθήκες διατροφικής καταπόνησης, έχει αποδειχθεί και από μελέτες των Shelly and Kennelly (2002), που σε εργαστηριακό πληθυσμό του *C. capitata*, έδειξαν ότι η διατροφή των αρσενικών

(πρωτεΐνη και ζάχαρη ή ζάχαρη), δεν επηρεάζει την αναπαραγωγική τους επιτυχία (παραγωγή φερομόνης, συμμετοχή στα leks και σύζευξης), όταν τα θηλυκά τρέφονται σε πλούσιο διατροφικό περιβάλλον. Συνεπώς, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου, δεν επηρεάζουν την επιλογή σύζευξης των θηλυκών που τρέφονται σε πλούσιο διατροφικό περιβάλλον, ανεξάρτητα από τη διατροφή των αρσενικών στο στάδιο του ενηλίκου.

Όσον αφορά το χρόνο έως την έναρξη της σύζευξης αυτός, φαίνεται να μπορεί να μεταβάλλεται παρουσία ενός αντιπάλου, είτε πριν είτε κατά τη διάρκεια της σύζευξης ή με την παρουσία πολλών αντιπάλων πριν από τη σύζευξη (Parker et al., 1997). Ο χρόνος έως την έναρξη σύζευξης θα μπορούσε να είναι ένα μέτρο δεκτικότητας των θηλυκών ή ένα μέτρο «χειραγώγησης» των αρσενικών. Στην παρούσα εργασία ο χρόνος έως την έναρξη της σύζευξης σε δοκιμές με επιλογή που πραγματοποιήθηκαν και το θηλυκό είχε τη δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ μεμονωμένων αρσενικών, αρσενικών που διατηρήθηκαν σε ομάδες των δύο ατόμων, και αρσενικών που διατηρήθηκαν σε ομάδες των πέντε ατόμων, δε διέφερε σημαντικά. Σε ανάλογα συμπεράσματα κατέληξε και ο (Παυλίδης, 2017), που σε εκείνη την περίπτωση τα αρσενικά δεν διατηρούνταν σε συνθήκες διατροφικής καταπόνησης. Ωστόσο στις δοκιμές σύζευξης χωρίς επιλογή συντρόφου από τα θηλυκά, οι αλληλεπιδράσεις των αρσενικών φάνηκε να επηρεάζουν το χρόνο που μεσολαβεί έως την έναρξη σύζευξης. Συγκεκριμένα, τα θηλυκά αποδέχτηκαν για σύζευξη σε σημαντικά μικρότερο χρονικό διάστημα τα αρσενικά που διατηρήθηκαν σε ομάδες των πέντε ατόμων σε σχέση με αυτά που διατηρήθηκαν μεμονωμένα. Κάτω από τις ίδιες διατροφικές συνθήκες των αρσενικών, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στο χρόνο έως την έναρξη σύζευξης μεταξύ των θηλυκών και των αρσενικών που είτε διατηρήθηκαν μεμονωμένα είτε σε ομάδες των δύο ατόμων. Παρόλα αυτά, όταν τα αρσενικά τράφηκαν σε τροφές με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη δεν παρατηρήθηκαν ανάλογα αποτελέσματα (Παυλίδης, 2017). Συγκεκριμένα σε εκείνη την περίπτωση ο χρόνος που μεσολαβούσε έως την έναρξη σύζευξης των θηλυκών με τα αρσενικά δε φάνηκε να διαφέρει σημαντικά μεταξύ των μεταχειρίσεων (μεμονωμένα αρσενικά, αρσενικά που διατηρήθηκαν σε ομάδες των δύο ατόμων, αρσενικά που διατηρήθηκαν σε ομάδες των πέντε ατόμων), αν και υπήρχε μία τάση μείωσης του χρόνου ως τη σύζευξη, όσο μεγάλωνε το επίπεδο ανταγωνισμού μεταξύ των αρσενικών. Στο είδος *Anastrepha fraterculus* η παρουσία

«αντίπαλων» αρσενικών πριν τη σύζευξη προκάλεσε μείωση του χρόνου που μεσολαβεί έως την έναρξη σύζευξης (Abraham et al., 2013). Παρόλα αυτά, στο *D. melanogaster* η παρουσία «αντίπαλων» αρσενικών δε φάνηκε να έχει επίδραση στο χρόνο έως την έναρξη σύζευξης, ανεξάρτητα με το διατροφική κατάσταση των αρσενικών (Bretman et al., 2012). Έτσι, φαίνεται ότι σε ορισμένα είδη, τα αρσενικά μπορούν και ανταποκρίνονται πλαστικά στο χρόνο που μεσολαβεί έως και την έναρξη της σύζευξης ανάλογα με το επίπεδο του ανταγωνισμού στο οποίο εκτίθενται.

Όσον αφορά την επίδραση του ανταγωνισμού στη διάρκεια σύζευξης έχει φανεί από προηγούμενες έρευνες στο *D. melanogaster* ότι τα αρσενικά ανταποκρίνονται πλαστικά όταν βρίσκονται παρουσία αντιπάλων τόσο πριν όσο και κατά τη διάρκεια της σύζευξης, ανάλογα με το επίπεδο του ανταγωνισμού (Bretman et al., 2012). Στη μύγα της μεσογείου και γενικά στα Tephritidae, η διάρκεια σύζευξης καθορίζεται από το θηλυκό (Abraham et al., 2013). Στην παρούσα εργασία στις δοκιμές σύζευξης με επιλογή συντρόφου φάνηκε ότι ο συνωστισμός των αρσενικών αυξάνει τη διάρκεια σύζευξης μόνο στα αρσενικά που διατηρήθηκαν σε ομάδες των πέντε ατόμων έναντι των αρσενικών που διατηρήθηκαν μεμονωμένα, ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στη διάρκεια σύζευξης μεταξύ αρσενικών που διατηρήθηκαν μεμονωμένα και αυτών που διατηρήθηκαν σε ομάδες των δύο ατόμων. Έτσι η διάρκεια σύζευξης όταν αυτή ακολουθείται από έκθεση των αρσενικών σε ανταγωνιστικό περιβάλλον μπορεί να είναι και ένα μέτρο «χειραγώγησης» από τα θηλυκά. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι τα θηλυκά είναι ικανά να εντοπίζουν αρσενικά που προέρχονται από ένα περιβάλλον ανταγωνισμού και ανταποκρίνονται πλαστικά. Ένας τέτοιος μηχανισμός πλαστικής ανταπόκρισης μπορεί να είναι η ανίχνευση διαφορετικής ποιότητας σεξουαλικής φερομόνης των αρσενικών που προέρχονται από περιβάλλον υψηλού ανταγωνισμού (Bretman et al., 2012). Στο *A. fraterculus* η παρουσία αντιπάλων πριν τη σύζευξη δεν φαίνεται να επηρεάζει τη διάρκεια αυτής, αλλά έχει παρατηρηθεί ότι μεταβάλλεται από το μέγεθος του σώματος των δύο φύλων όπου τα «μικρόσωμα» αρσενικά ή και θηλυκά συμμετέχουν σε συντομότερες συζεύξεις. (Abraham et al., 2013). Σε παρόμοια πρόσφατη μελέτη του Παυλίδη (2017), βρέθηκε ότι η διάρκεια της σύζευξης ήταν συντομότερη στα αρσενικά που διατηρούνταν σε ομάδες των δύο ατόμων σε σχέση με τα μεμονωμένα αρσενικά.

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε και η επίδραση του ανταγωνισμού στη μέση ωοπαραγωγή καθώς και στην εκκόλαψη αυγών των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου. Είναι κοινώς αποδεκτό ότι τα αρσενικά, πολλών ειδών αξιολογούν το επίπεδο ανταγωνισμού και ανταποκρίνονται προσαρμοστικά, μεταφέροντας μεγαλύτερη ποσότητα σπερματοζωαρίων κατά τη διάρκεια σύζευξης (Wedell et al., 2002). Αυτό, επιβεβαιώθηκε και σε πειράματα στο *A. fraterculus* όπου τα αρσενικά μετέφεραν περισσότερα σπερματοζωάρια, παρουσία υψηλού ανταγωνισμού κατά τη διάρκεια σύζευξης. (Abraham et al., 2013). Στην παρούσα εργασία δεν φάνηκε το ανταγωνιστικό περιβάλλον που διατηρήθηκαν τα αρσενικά πριν τη σύζευξη να επηρεάζει σημαντικά τη μέση ωοπαραγωγή των θηλυκών κατόπιν σύζευξης, ωστόσο υπήρχε μία τάση αύξησης της ωοπαραγωγής των θηλυκών όταν τα αρσενικά με τα οποία συζεύχθηκαν είχαν διατηρηθεί σε περιβάλλον ανταγωνισμού πριν από τη σύζευξη. Κάτι ανάλογο, προέκυψε και από την εργασία του Παυλίδης (2017), όπου τα αρσενικά τρέφονταν σε πλούσιο διατροφικό περιβάλλον (ζάχαρη και πρωτεΐνη). Ωστόσο, αν η σύζευξη γίνεται παρουσία αντιπάλων αρσενικών, η μέση ωοπαραγωγή των θηλυκών φαίνεται να επηρεάζεται. Αυτό αποδείχθηκε και σε έρευνες του Gage (1991) ο οποίος παρατήρησε μεγαλύτερη ποσότητα σπερματοζωαρίων στις σπερμοθήκες των θηλυκών της μύγας Μεσογείου όταν η σύζευξη γινόταν παρουσία αντιπάλων. Στην παρούσα εργασία όμως δεν εξετάστηκε η αλληλεπίδραση που έχει ο ανταγωνισμός των αρσενικών κατά τη διάρκεια της σύζευξης στη μέση ωοπαραγωγή. Επιπλέον, τα θηλυκά της μύγας της Μεσογείου που παρέμειναν παρθένα είχαν σημαντικά χαμηλότερη ωοπαραγωγή στη διάρκεια της ζωής τους σε σχέση με τα συζευγμένα θηλυκά, κάτι που δείχνει πως η σύζευξη είναι ικανή να ενεργοποιήσει την ωοπαραγωγή των θηλυκών, κάτι ανάλογο προέκυψε και από την εργασία του (Παυλίδη, 2017), όπου τα αρσενικά τρέφονταν σε ένα πλούσιο διατροφικό περιβάλλον (ζάχαρη και πρωτεΐνη).

Παρόλα αυτά, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας με αυτά του Παυλίδη (2017) φαίνεται ότι το διατροφικό περιβάλλον των αρσενικών επηρεάζει τη συνολική ωοπαραγωγή των θηλυκών. Συγκεκριμένα, φάνηκε ότι τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά που είχαν στερηθεί την πρωτεΐνη στην ενήλική τους ζωή είχαν σημαντικά μικρότερη ωοπαραγωγή σε σχέση με τα θηλυκά που είχαν συζευχθεί με αρσενικά που είχαν τραφεί σε πλούσιο διατροφικό περιβάλλον. Πράγματι, έχει αποδειχθεί από πληθώρα ερευνών ότι οι οργανισμοί χρειάζονται μία

ποικιλία θρεπτικών συστατικών προκειμένου να αναπτυχθούν. Μεταξύ αυτών, οι πρωτεΐνες φαίνεται να επηρεάζουν διαδικασίες που αφορούν τόσο στην ανάπτυξη όσο και στη διαδικασία αναπαραγωγής. Σε πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί στη μύγα της Μεσογείου φάνηκε ότι η απουσία της πρωτεΐνης στην τροφή των προνυμφών παρατείνει τη διάρκεια ανάπτυξης και μειώνει το μέγεθος των εντόμων, καθώς και τη συνολική ωοπαραγωγή των θηλυκών που προκύπτουν (Cangussu & Zucoloto, 1996). Αντίστοιχα επηρεάζεται και η αναπαραγωγική επιτυχία των αρσενικών. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν και με τα ευρήματα του Yuval και των συνεργατών του (1996), που έδειξαν ότι τα αρσενικά που τρέφονται με τροφές με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, παράγουν και μεταφέρουν περισσότερα σπερματοζώαρια κατά τη διάρκεια της σύζευξης έναντι αυτών που τρέφονται με τροφές χαμηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη. . Όσον αφορά την εκκόλαψη των αυγών της μύγας Μεσογείου δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην εκκόλαψη των αυγών τόσο στην παρούσα εργασία όσο και σε αυτή του Παυλίδη (2017) έως την ηλικία των 60 ημερών. Ωστόσο, από τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής φάνηκε ότι μετά το πέρας της 60<sup>ης</sup> ημέρας, η ημερήσια εκκόλαψη των αυγών των θηλυκών που είχαν συζευχθεί με αρσενικά που διατηρήθηκαν σε ομάδες των πέντε ατόμων ήταν σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με την εκκόλαψη των αυγών των θηλυκών που είχαν συζευχθεί με αρσενικά που διατηρήθηκαν σε ομάδες των δύο ατόμων, και αυτό γιατί και η ημερήσια ωοπαραγωγή των θηλυκών ήταν μεγαλύτερη μετά το πέρας της 60<sup>ης</sup> ημέρας σε αυτά τα θηλυκά.

Τέλος από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας φάνηκε ότι η διάρκεια ζωής των θηλυκών που είχαν συζευχθεί με αρσενικά των τριών μεταχειρίσεων (μεμονωμένα αρσενικά, αρσενικά σε ομάδες των δύο ατόμων, αρσενικά σε ομάδες των πέντε ατόμων), δε διέφερε σημαντικά. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί αναμενόμενο καθώς δεν υπήρχαν διαφορές και στη συνολική ωοπαραγωγή των θηλυκών που είχαν συζευχθεί με αρσενικά των τριών μεταχειρίσεων και συνεπώς δε φαίνεται να προκύπτει διαφορετικό κόστος παραγωγής αυγών μεταξύ των μεταχειρίσεων. Τα ίδια αποτελέσματα προκύπτουν και από την εργασία του Παυλίδη (2017), που τα αρσενικά τρέφονταν σε πλούσιο διατροφικό περιβάλλον (ζάχαρη και πρωτεΐνη). Έτσι, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το διατροφικό περιβάλλον των αρσενικών δεν φαίνεται να επηρεάζει την επιβίωση των θηλυκών κατόπιν σύζευξης, όταν αυτά τρέφονται σε πλούσιο διατροφικό περιβάλλον.



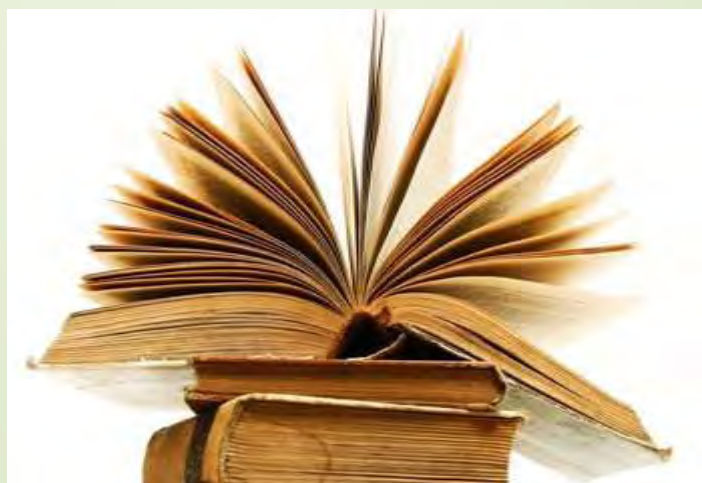
Συμπερασματικά, ο ανταγωνισμός μεταξύ των αρσενικών μπορεί να έχει ευεργετικές αλλά και επιζήμιες επιδράσεις στην επιλογή από τα θηλυκά. Οι ερευνητές τώρα αρχίζουν να αντιμετωπίζουν ζητήματα για το κατά πόσο τα αρσενικά που ανταγωνίζονται έχουν πλεονέκτημα επιλογής από τα θηλυκά. Σε αυτές τις έρευνες είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη τόσο το κόστος όσο και τα οφέλη από τη σύζευξη θηλυκών με αρσενικά που προέρχονται από περιβάλλον ανταγωνισμού. Η σύγκρουση των δύο φύλων λοιπόν, είναι ένα από τα πιο ενδιαφέροντα θέματα στην εξελικτική οικολογία.

Τα δύο συστατικά της σεξουαλικής επιλογής (ανταγωνισμός αρσενικών και επιλογή θηλυκού) σύμφωνα με παλιότερες απόψεις φαίνεται να δρουν από κοινού (Thivers, 1972). Ωστόσο, τελευταίες έρευνες δείχνουν ότι ο ανταγωνισμός των αρσενικών και η επιλογή από τα θηλυκά μπορούν να λειτουργήσουν και προς αντίθετες κατευθύνσεις (Moore&Moore, 1999; Candolin, 2004).

Από το πλήθος των μελετών που αφορούν στη σεξουαλική επιλογή, λίγες έχουν επικεντρωθεί στο πως ο ανταγωνισμός των αρσενικών μπορεί να επηρεάσει την επιλογή συντρόφου από τα θηλυκά, καθώς και την αρμοστικότητα των θηλυκών (επιβίωση, ωοπαραγωγή, κτλ). Θεωρώντας δεδομένο, ότι η επιλογή συντρόφου γίνεται από τα θηλυκά, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι αυτή συχνά οδηγεί σε αποκλίνουσα εξέλιξη τόσο των μορφολογικών όσο και των χαρακτηριστικών συμπεριφοράς (Andersson et al., 2002). Και έτσι ακόμη και σήμερα, ορισμένες πτυχές για το πώς δρα η σεξουαλική επιλογή δεν είναι πλήρως κατανοητές. Από τη μία πλευρά η επιλογή συντρόφου από τα θηλυκά, μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στην αρμοστικότητα των αρσενικών, και αυτό γιατί αν η επιλογή συντρόφου γίνεται κάτω από συνθήκες ανταγωνισμού, υπάρχουν απώλειες ενέργειας των αρσενικών. Αυτό, μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα να μειωθεί η αναπαραγωγική τους επιτυχία, ή ακόμη και η παραγωγή και μεταφορά σπέρματός τους. Από την άλλη πλευρά, η επιλογή συντρόφου από τα θηλυκά μπορεί να έχει θετική επίδραση στην αρμοστικότητα ενός πληθυσμού. Μπορεί για παράδειγμα, να αυξάνει τη γενετική του ποιότητα αν θεωρηθεί δεδομένο πως τα θηλυκά επιλέγουν το «καλύτερο» μεταξύ των αρσενικών, όταν αυτά βρίσκονται σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον. Συνοψίζοντας, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η επίδραση του ανταγωνισμού των αρσενικών στην επιλογή συντρόφου, αποτελεί ένα ενδιαφέρον αντικείμενο για περαιτέρω

έρευνα, καθώς οι συνθήκες διατήρησης των αρσενικών μπορεί να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων στειρωμένων εντόμων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ



## 6. Βιβλιογραφία

- Abraham N.S, Hartman C., Richardson P., et al., (2013) Risk of lower and upper gastrointestinal bleeding, transfusions, and hospitalizations with complex antithrombotic therapy in elderly patients. *Circulation*, 128:1869-77.
- Aluja M. & Norrbom A.L., (2000) Fruit flies (Tephritidae): Phylogeny and evolution of behavior. CRC Press, Boca Raton, Florida, U.S.A.
- Andersson S., Pryke, J., Ornborg, M.J., Lawes, and M. Andersson., (2002) Multiple receivers, multiple ornaments, and a trade-off between agonistic and epigamic signaling in a widowbird. *Am. Nat* 160:683–691.
- Arita L.H & Kaneshiro K.Y., (1985) The dynamics of the lek system and mating success in males of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann). *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society* 25: 39-48.
- Armstrong E. A., (1965) *The Ethology of Bird Display and Behavior*. Dover Publications, New York.
- Armstrong J.W., (1994) Commodity resistance to infestation by quarantine pests in: Sharp, J.L and Hallman, G.J., (eds) *Quarantine Treatments for Pests of food plants*. Westview Press, Boulder pp: 119-211.
- Arnqvist G., Rowe L., (2002) Antagonistic coevolutions between the sexes in a group of insects. *Nature* 415: 787-789.
- Brandbury J.W., and R.M. Gibson., (1983) *Mate choice*, p. 109-138. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bretman A., Fricke C., Chapman T. (2009) Plastic responses of male *Drosophila melanogaster* to the level of sperm competition increase male reproductive fitness. *Proceedings of the Royal Society B*. 276:1705–1711.
- Bretman A., Fricke C., Hetherington P., Stone R., Chapman T., (2010) Exposure to rivals and plastic responses to sperm competition in *Drosophila melanogaster*. *Behavioral Ecology*, 21:317–321.

- Bretman A., Gage M.J.G., Chapman T., (2011) Quick-change artists: adult behavioural plasticity at mating. *Trends in Ecology and Evolution*, 26:467–473.
- Bretman A., Westmancoat J., Gage M.J.G., Chapman T., (2012) Individual plastic responses by males to rivals reveal mismatches between behavior and fitness outcomes. *Proceedings of the Royal Society B*. 279:2868–2876.
- Bretman A., Westmancoat J., Gage M.J.G., Chapman T., (2013) Costs and benefits of lifetime exposure to mating rivals in male *Drosophila melanogaster*. *Behavioral Ecology*, 21:305–312.
- Briceno R. D., Ramos D. and Eberhard W. G., (1996). Courtship behavior of male *Ceratitiscapitata* (Diptera: Tephritidae) in captivity. *Florida Entomologist* 79: 130-143.
- Briceno R.D & Eberhard W.G., (2002) Decisions during courtship by male and female medflies (Diptera: Tephritidae): Correlated changes in male behavior and female acceptance criteria in mass-reared flies. *Florida Entomologist* 85: 14-31.
- Briceno R.D, Ramos D. & Eberhard W.G., (1999) Aggressive behavior in medflies (*Ceratitiscapitata*) and its modification by mass rearing (Diptera: Tephritidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 72: 17-27.
- Candolin U., (2004) Opposing selection on sexually dimorphic trait through female choice and male competition in a water boatman. *Evolution* 58: 1861-1864. doi: <http://dx.doi.org/10.1554/04-058>.
- Cangussu J.A & Zucoloto F.S., (1996) Effect of protein sources on fecundity, food acceptance, and sexual choice by *Ceratitiscapitata* (Diptera: Tephritidae). *Revista Brasileira de Biologia* 57: 611-618.
- Carey J.R, Papadopoulos N., Kouloussis N., Katsoyannos B., Muller H.G, Wang J.L & Tseng Y.K, (2006) Age-specific and lifetime behavior patterns in *Drosophila melanogaster* and the Mediterranean fruit fly, *Ceratitiscapitata*. *Experimental Gerontology* 41: 93-97.
- Chapman T, Liddle L.F, Kalb J.M, Wolfner M.F & Partridge L., (1995) Cost of mating in *Drosophila melanogaster* females is mediated by male accessory-gland products. *Nature* 373: 241-244.

- De Meyer, M. & R.S. Copeland (2001) Taxonomic notes on the Afrotropical subgenera *Ceratitis* (*Acropteromma*) *bezzi* and *C.* (*Hoplolophomyia*) *bezzi* (Diptera : Tephritidae). *Cimbebasia* 17: 77–84.
- Eberhard W., (2000) Sexual behavior and sexual selection in the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Dacinae: Ceratitidini). *Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behavior* (ed. by M Aluja & A Norrbom) CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, pp. 457-489.
- Emlen ST, Oring LW., (1977) Ecology, sexual selection, and evolution of mating systems. *Science*: 197:215–223.
- Estes A.M., Nestel D., Balcarì A., Jessup A., Rempoulakis P. and Economopoulos A.P., (2011) A basis for the renewal of sterile insect technique for the olive fly, *Bactocera olea* (Rossi). *Journal of Applied Entomology* 22: 112-122. doi: 10.1111/j.1439-0418.2011.01620x.
- Fimiani P., (1989) Mediterranean region. *Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control* (ed. by A. S. Robinson and G. Hooper), Vol 3A, pp. 395-400. Elsevier, The Netherlands.
- Fletcher B.S, (1989) Life history strategies of Tephritidae fruit flies, Vol. A: *Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control* (ed. by AS Robinson & G Hooper) Elsevier, Amsterdam, pp. 195-208.
- Fritz A., (2009) Sperm storage is not subject to cephalic control in the Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa*. *Journal of Insect Behavior* 22: 412-422. doi:10.1007/s10905-009-9183-2.
- Gage Matthew J.G., Baket R. Robin (1991) Ejaculate size varies with socio-sexual situation in an insect. Doi:10.1111/j.1365-2311.1991.tb00224.x.
- Gonzalez J. & Troncoso P., (2007) The fruit fly exclusion programme in Chile. *Area-Wide Control of Insect Pests. From Research to Field Implementation* (ed. by M.J.BVreysen, A.S. Robinson and J. Hendrichs), pp 641-651. Springer, The Netherlands.
- Hagen K.S., Allen, W.W, & Tassan, R.L., (1981) Mediterranean fruit fly: the worst may be yet to come. *California Agriculture*, 35: 5-7.

- Hallman G.J, (1994) Controlled atmospheres in: Paul, R.E. and Armstrong J.W. (eds) *Insect Pests and Horticultural Products: Treatments and Responses*. (AB. Internatioanl Wallingford. UK), pp. 121-136
- Hunt M.K, Crean C.S, Wood R.J & Gilburn A.S, (1998) Fluctuating asymmetry and sexual selection in the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 64: 385-396.
- Hunt M.K, Nicholls C.J, Wood R.J, Rendon A.P & Gilburn A.S, (2004) Sexual selection for symmetrical male medflies (Diptera: Tephritidae) confirmed in the field. *Biological Journal of the Linnean Society* 81: 347-355.
- 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.
- Liquido N.J, Shinoda L.A & Cunningham R.T, (1991) Host plants of the Mediterranean fruit fly (Diptera, Tephritidae) an annotated world review, Vol. 83: *Miscellaneous Publications 77*. Entomological Society of America (ed., Lanham, MD) pp. 1863-1878.
- Lux S.A, Vilardi J.C, Liedo P, Gaggi K, Calcagno G.E, Munyiri F.N, Vera M.T & Manso F., (2002) Effects of irradiation on the courtship behavior of medfly (Diptera: Tephritidae) mass reared for the sterile insect technique. *Florida Entomologist* 85: 102-112.
- Malacrida A.R, Gomulski L.M, Bonizzoni M., Bertin S., Gasperi G. & Guglielmino C.R, (2007) Globalization and fruit fly invasion and expansion: the medfly paradigm. *Genetica* 131: 1-9. doi: 10.1007/s10709-006-9117-2.
- Malacrida A.R., Marinoni F., Torti C., et al., (1998) Genetic aspects of the worldwide colonization process of *Ceratitis capitata*. *Journal of Heredity*, 89: 501-507.

- Mavrikakis P.G, Economopoulos A.P., & Carey J.R., (2000) Continuous winter reproduction of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Heraklion, Crete, Southern Greece. *Environ. Entomol.* 29 (6): 1180-1187
- McQuate G.T., Sylva, C.D., & Jang, E.B., (2005) Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) suppression in persimmon through bait sprays in adjacent coffee plantings. *Journal of Applied Entomology*, 129: 110-117.
- Mitchell W.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.
- Moore, A. J. and P. J. Moore. (1999) Balancing sexual selection through opposing mate choice and male competition. *Proc. R. Soc. Lond. B* 266:711–716.
- Papadopoulos N.T & Katsoyannos B.I., (2003) Field parasitism of *Ceratitidis capitata* larvae by *Aganaspis daci* in Chios, Greece. *Biocontrol* 48: 191-195.
- Papadopoulos N.T, Carey J.R, Liedo P., Muller H.G & Senturk D., (2009) Virgin females compete for mates in the male lekking species *Ceratitidis capitata*. *Physiological Entomology* 34: 238-245. doi:DOI 10.1111/j.1365-3032.2009.00680.x.
- Papadopoulos N.T, Katsoyannos .BI, Kouloussis N.A, Carey J.R, Muller H.G & Zhang Y., (2004) High sexual signalling rates of young individuals predict extended life span in male Mediterranean fruit flies. *Oecologia* 138: 127-134.
- Papadopoulos N.T, Katsoyannos B.I, Carey JR & 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.
- Papadopoulos N.T, Katsoyannos B.I, Kouloussis N.A, Economopoulos A.P & Carrey J.R., (1998) Effect of adult age, food, and time of day on sexual calling incidence of wild and mass-reared *Ceratitidis capitata* males. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, 89: 175-182.
- Papadopoulos N.T, Plant R.E & Carey J.R., (2013) From trickle to flood: the large-scale, cryptic invasion of California by tropical fruit flies.



Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 280.  
doi:10.1098/rspb.2013.1466.

- Parker G.A., Ball M.A., Stockley P., Gage M.J.G., (1997) Sperm competition games: a prospective analysis of risk assessment. Proceedings of the Royal Society B, 264:1793–1802.
- Prokopy R.J. & Hendrichs J., (1979) Mating behavior of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) on a field caged host tree. Annals of the Entomological Society of America, 72: 642-648.
- Quesada- Moraga E., Ruiz-Garci A. and Santiago- Alvarez C., (2004) Horizontal Transmission and reproductive effects of *Metarhizium anisopliae* on the German cockroach (Blattodea: Blattellidae), Journal of Invertebrate Pathology, 87:51-58.
- Rempoulakis P. and Nestel D., (2011) Dispersal ability of marked, irradiated olive fruit flies [*Bactocera olea* (Rossi) (Diptera: Tephritidae)] in arid regions, Journal of Applied Entomology 131: 1-9. doi:10.1111/j.1439-0418.2011.06623.x.
- Rendon P., Melnnis D., Lance D., and Stewart J., (2000) Comparison of medfly male only and bisexual fruit flies and other insect pests. International conference on Area – wide Control of insect Pests, 28 May- 5 June 1998, Penang, Malausia.
- Robinson A.S. & Hooper G., (1989) Fruit flies: their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam.
- Robinson A.S., Innis Mc, and Lance D., (1999) Genetic sexing strains in the medfly, *Ceratitis capitata*, development, mass rearing and field application. Trend in Entomology, 2:21-104.
- Rouse, P., Gourdon, F. & Quilici, S., (2006) Host specificity of the egg pupal parasitoid *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) in La Reunion. Biological Control, 37: 284-290.
- Sharp J.L., Oyue, M.J., Hart W., Ingle S., Hallman G., Gould W. and Chew V., (1989) Immersion of Florida mangoes in hot water as a quarantine treatment for Caribbean fruit fly. Journal of Economic Entomology 82: 186-188.

- Shelly T, Edu J. & Pahio E., (2011) Female medflies mate selectively with young males but gain no apparent fitness benefits. *Journal of Insect Behavior* 24: 55-66. doi:10.1007/s10905-010-9236-6.
- Shelly T.E & Kennelly S., (2002) Influence of male diet on male mating success and longevity and female remating in the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) under laboratory conditions. *Florida Entomologist* 85: 572-579.
- Shelly T.E, Kennelly S.S & McInnis D.O, (2002) Effect of adult diet on signaling activity, mate attraction, and mating success in male mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist* 85: 150-155.
- Shelly T.E., Whittier T.S. & Kaneshiro K.Y., (1994) Sterile insect release and the natural mating system of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America* 87: 470-481.
- Simon A.F, Liang D.T & Krantz .DE, (2006) Differential decline in behavioral performance of *Drosophila melanogaster* with age. *Mechanisms of Ageing and Development* 127: 647-651.
- Taylor P.W & Yuval B., (1999) Postcopulatory sexual selection in Mediterranean fruit flies: advantages for large and protein-fed males. *Animal Behaviour* 58: 247-254.
- Thivers R.J., (1972) Mother offspring conflict. *American Zoologist* 12:648
- Vargas, R.I., Prokopy R.J., Duan J.J. et al., (2001) 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.
- Ward P. I., (1993) A possible explanation for cryptic female choice in the yellow dung fly, *Scathophaga stercoraria*(L.). *Ethology*, 104: 97-110.
- Wedell N., Gage M.J.G., Parker G.A. (2002) Sperm competition, male prudence and sperm limited females. *Trends in Ecology and Entomoly*, 17:313-320.

- White I.M & Elson-Harris M.M, (1992) Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. C.A.B. International, Wallingford, UK.
- Yuval, B., Blay, S. and Kaspi, R., (1996) Sperm transfer and storage in the Mediterranean fruit fly. *Annals of the Entomological Society of America*, 89: 486–492.
- Zabalou S., Apostolaki A., Livadaras I., Franz G., Robinson A.S., Savakis C. & Bourtzis K., (2009) Incompatible insect technique: incompatible males from a *Ceratitis capitata* genetic sexing strain. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 132: 232-240. doi: 10.1111/j.15707458.2009.00886.x.
- Zenil M., Liedo P., Williams T. et al., (2004) Reproductive biology of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on *Ceratitis capitata* and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae). *Biological Control*, 29: 169-178.
- Διαμαντίδης Α.Δ, (2009) Μελέτη της βιοοικολογίας και της συμπεριφοράς διαφορετικών πληθυσμών της μύγας της Μεσογείου *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), Vol. 10: Σχολή Γεωπονικών Επιστημών - Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος ( Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Νέα Ιωνία Μαγνησίας) p. 214.
- Τζανακάκης Μ.Ε & Κατσόγιαννος Β.Ι., (2003) Έντομα καρποφόρων δέντρων και αμπέλου. *ΑγροΤύπος*, Αθήνα.

## ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

### ➤ Διαδικτυακή εικόνα 1:

[https://www.google.gr/search?q=pagida+jackson&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwia1eKBuZLUAhXGPxQKHeQvAF8Q\\_AUIBigB&biw=1366&bih=662#tbm=isch&q=ceratitis+capitata+map&imgcr=xkxYMA2aApGQdM](https://www.google.gr/search?q=pagida+jackson&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwia1eKBuZLUAhXGPxQKHeQvAF8Q_AUIBigB&biw=1366&bih=662#tbm=isch&q=ceratitis+capitata+map&imgcr=xkxYMA2aApGQdM):

### ➤ Διαδικτυακή εικόνα 2:

<http://www.organicgardeninfo.com/mediterranean-fruit-fly.html>

➤ **Διαδικτυακή εικόνα 3:**

<http://www.invasive.org/imaqes/384x256/1316099.jpg>

➤ **Διαδικτυακή εικόνα 4:**

[https://www.google.gr/search?q=pagida+macphale&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjkwJ7iuJLUAhVGuBQKHxv5AjwtQ\\_AUICigB&biw=673&bih=642#imgrc=5MbGKLN-UA7AnM](https://www.google.gr/search?q=pagida+macphale&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjkwJ7iuJLUAhVGuBQKHxv5AjwtQ_AUICigB&biw=673&bih=642#imgrc=5MbGKLN-UA7AnM)