

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

“Μελέτη ορισμένων παραγόντων που επηρεάζουν τη συμπεριφορά σύζευξης των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae)”

ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ

ΒΟΛΟΣ 2014

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Παπαδόπουλος Νικόλαος, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (επιβλέπων)

Χρήστος Αθανασίου, Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Βέλλιος Ευάγγελος, Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	7
1.Εισαγωγή.....	8
1.1 Συστηματική κατάταξη της μύγας Μεσογείου <i>Ceratitis capitata</i>	8
1.2 Προέλευση και εξάπλωση του είδους.....	9
1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά εντόμου.....	11
1.4 Ξενιστές- Ζημιές.....	15
1.5 Οικολογία- Βιολογία.....	18
1.5.1 Κύκλος ζωής εντόμου.....	19
1.6 Οικονομική σημασία και αντιμετώπιση της μύγας της Μεσογείου.....	20
1.7 Σεξουαλική συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου.....	23
1.7.1 Good genes hypothesis.....	27
1.8 Επίδραση πτητικών φυτικών ουσιών στην σεξουαλική συμπεριφορά της μύγας Μεσογείου.....	29
1.9 Σκοπός της διατριβής.....	32
2. Γενικά Υλικά και μέθοδοι.....	33
2.1 Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν.....	33
2.2 Συνθήκες εργαστηρίου.....	33
3.Σταθερότητα της επιτυχίας σύζευξης των αρσενικών.....	37
3.1 Υλικά και μέθοδοι.....	37
3.2 Πειραματική διαδικασία.....	38
3.3 Αποτελέσματα- Συζήτηση.....	41

4. Επίδραση της συνθήκης (τροφής ενηλίκων και έκθεσης σε αιθέριο έλαιο) στην επιτυχία σύζευξης «επιτυχημένων» αρσενικών.....	43
4.1 Εισαγωγή.....	43
4.2 Υλικά και μέθοδοι.....	45
4.2.1 Πειραματική διαδικασία.....	45
4.2.2 Στατιστική Ανάλυση.....	45
4.3 Αποτελέσματα.....	48
4.3.1 Επίδραση της ποιότητας των αρσενικών και της τροφής ενηλίκων στην επιτυχία σύζευξης.....	48
4.3.2 Επίδραση της ποιότητας των αρσενικών και της έκθεσης σε αιθέριο έλαιο στην επιτυχία σύζευξης	53
4.4 Συζήτηση.....	58
5. Επίδραση δυο συνθηκών (μέγεθος και έκθεση σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού) στην επιτυχία σύζευξης «επιτυχημένων» αρσενικών.....	60
5.1 Εισαγωγή.....	60
5.2 Υλικά και μέθοδοι.....	61
5.2.1 Πειραματική διαδικασία.....	62
5.3 Αποτελέσματα.....	63
5.4 Συζήτηση.....	67
6.Γενικά συμπεράσματα και προοπτικές πρακτικής εφαρμογής των αποτελεσμάτων.....	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	69

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μύγα της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους εχθρούς για την παγκόσμια παραγωγή φρούτων. Στην παρούσα διατριβή μελετήθηκαν ορισμένοι παράγοντες που επηρεάζουν την σεξουαλική συμπεριφορά των αρσενικών της μύγας Μεσογείου όπως το μέγεθος των αρσενικών, η εναλλαγή τροφής καθώς και η έκθεση τους σε αιθέριο έλαιο. Χρησιμοποιήθηκαν έντομα της εργαστηριακής φυλής Μπενάκειο και τα πειράματα έγιναν στους χώρους του Εργαστηρίου Ζωολογίας και Γεωργικής Εντομολογίας και σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και φωτοπεριόδου.

Έγινε προσπάθεια να διερευνηθεί η σημασία της συνθήκης και της "ποιότητας" των αρσενικών στην επιτυχία σύζευξης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μέγεθος διαδραματίζει ρόλο στην επιτυχία σύζευξης των αρσενικών. Τα μεγαλύτερα προτιμούνται εκείνων μικρότερου μεγέθους. Όμως η συνθήκη (έκθεση σε αιθέριο έλαιο) υπερισχύει και μεταβάλλει την επιτυχία σύζευξης των αρσενικών. Αντίστοιχα αποτελέσματα προκύπτουν όταν μεταβάλλεται η τροφή σε αρσενικά τα οποία ήταν επιτυχημένα. Συνεπώς, φαίνεται ότι η συνθήκη υπερισχύει της ποιότητας όσον αφορά την επιτυχία σύζευξης των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου.

ABSTRACT

The medfly, *Ceratitis capitata* (Diptera:Tephritidae), is one of the most important part of the enemies of the world fruit production. In this study, some factors influencing the sexual behavior of male Mediterranean fruit fly were explored, such as the size of male, adult food choices as well as exposure to orange essential oil. The laboratory strain Benakio was used and the experiments were performed in the Laboratory of Entomology and Agricultural Zoology at constant conditions of temperature, relative humidity and photoperiod.

We investigated whether males “quality”, or the condition influre the mating success in similar or different males. The results showed that the body size is a significant predictor of the mating success of males. Large males were preferred by females compared to smaller males. However, exposure to orange essential oils (condition) altered performance of the two categories of males. Smaller males exposure to orange oil were more preferred than non exposed large males. Therefore, it appears that the condition prevails over the quality in the mating success of male Mediterranean fruit fly .

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της μεταπτυχιακής μου διατριβής κ. Νικόλαο Παπαδόπουλο, Καθηγητή Εφαρμοσμένης Εντομολογίας για την επιλογή και ανάθεση του θέματος, τις πολύτιμες συμβουλές του, την συνεχή καθοδήγηση του κατά την εκτέλεση των πειραμάτων και για τις υποδείξεις και διορθώσεις του στην συγγραφή του κειμένου της διατριβής μου.

Ευχαριστώ επίσης τους κ.κ. Αθανασίου Χρήστο, Αναπληρωτή Καθηγητή και τον Ευάγγελο Βέλιο, Επίκουρο Καθηγητή για την συμμετοχή τους στην τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Ευχαριστίες εκφράζω στο προσωπικό του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογία του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και ιδιαίτερα τον κ. Γεώργιο Κυρίτση και την κ. Νίκη Διονυσοπούλου για την βοήθεια που μου προσέφεραν κατά την εκτέλεση των πειραμάτων.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την συνεχή υλική, αλλά και ηθική συμπαράσταση τους καθ'όλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου καθώς επίσης και την κ. Κοντέα Δωροθέα και τον κ. Κωσταντίνο Τσόγκα για την βοήθεια τους στην ανάλυση των αποτελεσμάτων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Συστηματική κατάταξη της μύγας Μεσογείου *Ceratitis capitata*

Η μύγα της Μεσογείου *Ceratitis capitata* (Wiedemann), αποτελεί έναν από τους κυριότερους εντομολογικούς εχθρούς των καρποφόρων δέντρων. Ανήκει στην Τάξη των Διπτέρων (Diptera) και είναι μέλος της οικογένειας των Tephritidae. Αποτελεί πολυφάγο είδος, με ευρύτατη γεωγραφική εξάπλωση. Ως εκ τούτου έχει σημαντικό αντίκτυπο στο παγκόσμιο εμπόριο φρούτων, με εύρος ξενιστών που ξεπερνά τα 300 είδη φυτών και περιλαμβάνει κυρίως δέντρα (Papadopoulos et al., 2002).

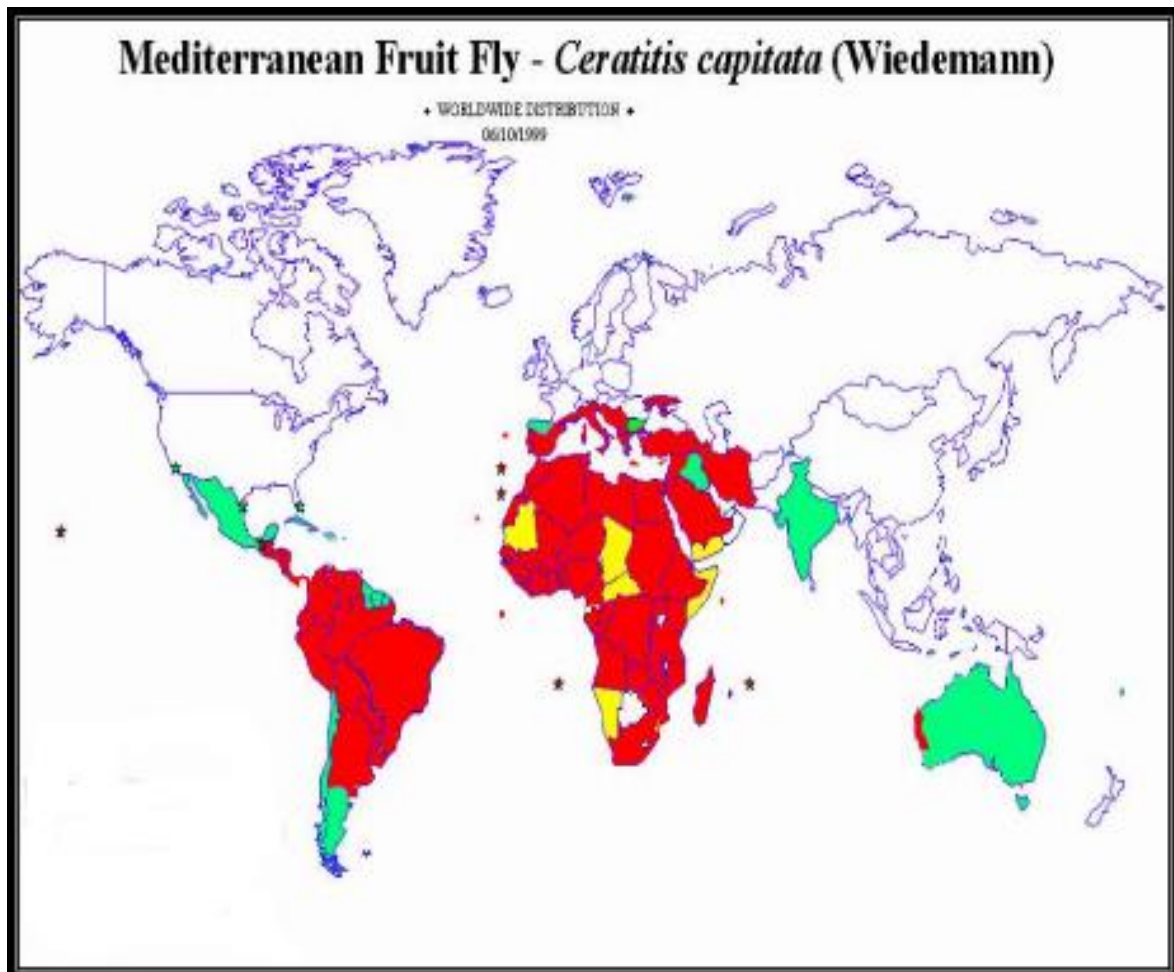
Συνομοταξία	Αρθρόποδα
Ομοταξία	Έντομα
Υφομοταξία	Γναθωτά-Κεραιωτά
Διαίρεση	Πτερυγωτά
Υποδιαίρεση	Ενδοπτερυγωτά
Τάξη	Diptera
Υπόταξη	Βραχύκερα
Οικογένεια	<i>Tephritidae</i>
Γένος	<i>Ceratitis</i>
Είδος	<i>capitata</i>

1.2 Προέλευση και εξάπλωση του είδους της μύγας της Μεσογείου

Το *C. capitata* προέρχεται από την Αφρική με πιθανό σημείο προέλευσης την περιοχή νοτιοανατολικά της ερήμου Σαχάρα (Εικόνα 1). Τα τελευταία 200 χρόνια έχει εξαπλωθεί σε πολλές τροπικές, υποτροπικές και εύκρατες περιοχές της γης, όπως τη λεκάνη της Μεσογείου, την κεντρική και νότια Αμερική, την Καλιφόρνια και την Αυστραλία (Fletcher, 1989). Η ραγδαία εξάπλωσή της οφείλεται κυρίως στο εμπόριο και τον τουρισμό και λιγότερο σε μεταφορά με τη βοήθεια του ανέμου ή σε φυσική μετανάστευση (Back & Pemberton, 1918).

Η πρώτη καταγραφή του εντόμου σε Μεσογειακές χώρες όπως η Ισπανία και η Ιταλία έγινε στα μέσα του 18ου αιώνα. Στις αρχές του περασμένου αιώνα η Μεσογειακή μύγα καταγράφηκε για πρώτη φορά στην Καλιφόρνια το 1975. Ο εποικισμός της Μεσογείου πραγματοποιήθηκε, είτε μέσω της κοιλάδας του Νείλου αρχικά στην Αίγυπτο και στην συνέχεια στα παράλια της Μέσης Ανατολής και στις υπόλοιπες Μεσογειακές χώρες, είτε μέσω των δυτικών παράλιων της Αφρικανικής ηπείρου αρχικά στην Ισπανία και από εκεί στις υπόλοιπες χώρες (Papadopoulos et al., 1998). Η εγκατάσταση του *C. capitata* στην δυτική Αυστραλία θεωρείται δευτερογενές γεγονός εποικισμού, δεδομένου ότι η λεκάνη της Μεσογείου αποτελεί πιθανότατα την πρωταρχική περιοχή «εισβολής» του από την τροπική Αφρική απ' όπου και κατάγεται (Bonizzoni et al., 2004). Η παρουσία του εντόμου αναφέρεται σε όλες τις χώρες της κεντρικής Αμερικής, εκτός από το Μεξικό όπου συντονισμένες προσπάθειες καταπολέμησης οδήγησαν στην εξάλειψη του, τουλάχιστον στις βόρειες περιοχές της χώρας (Papadopoulos et al., 1998).

Σήμερα η ανάπτυξη των ανθρώπινων δραστηριοτήτων ακολουθείται από παγκόσμια ανησυχία σχετικά με τις οικονομικές επιπτώσεις από την εξάπλωση της μύγας της Μεσογείου και άλλων ειδών της οικογένειας Tephritidae (Οικονόμου, 2006).



Εικόνα 1: Γεωγραφική κατανομή του *Ceratitis capitata* (με λευκό χρώμα οι περιοχές που δεν έχει παρατηρηθεί ποτέ, με κόκκινο χρώμα οι περιοχές που παρατηρείται συνέχεια, με πράσινο χρώμα οι περιοχές που έχει κάνει την εμφάνιση του δευτερογενώς και με κίτρινο οι περιοχές που παρατηρήθηκε για πρώτη φορά) (<http://www.memoireonline.com/07/08/1266/optimisation-dose-irradiation-projet-lutte-contre-ceratitis-capitata.html>)

1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά εντόμου

Ενήλικο: Έχει μήκος 4-6 mm και πλάτος 1-2 mm. Το σώμα των ενήλικων φέρει χαρακτηριστικό χρωματισμό με κίτρινες, καστανές, μαύρες και άσπρες κηλίδες στο θώρακα, την κοιλιά και τις πτέρυγες (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 1998). Η κεφαλή είναι κίτρινη πιο σκοτεινή ανάμεσα στις βάσεις των καστανέρυθρων κεραιών και με μαύρες τρίχες ανάμεσα στους σύνθετους οφθαλμούς, ενώ οι κεραίες είναι καστανού χρώματος με λίγες τρίχες στο μέσο τους. Τα δυο βασικά άρθρα των κεραιών είναι ερυθροκάστανα και η arista σχεδόν μαύρη. Το μεγαλύτερο τμήμα της κεφαλής καταλαμβάνεται από τους σύνθετους οφθαλμούς οι οποίοι έχουν χρώμα πορφυρό έως σκούρο καστανέρυθρο. Η διάκριση των αρσενικών από τα θηλυκά είναι εύκολη εξαιτίας ενός ζεύγους κερατοειδών αποφύσεων αργυρότεφρου χρώματος που βρίσκονται στην κεφαλή εκτός των κεραιών (Εικόνα 2). Ο θώρακας είναι μαύρος με ανοιχτόχρωμες κηλίδες και στην κοιλιακή του επιφάνεια κίτρινος. Το μεγαλύτερο τμήμα του μεταθώρακα scutellum είναι μαύρου χρώματος με μια κυματοειδή λευκή ζώνη στο πρόσθιο τμήμα του, ενώ η κοιλιά είναι πορτοκαλί-κίτρινη με δυο καστανέρυθρες εγκάρσιες ζώνες. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των θηλυκών ατόμων είναι ο προεξέχων ωοθέτης ο οποίος είναι κιτρινέρυθρος, και κυμαίνεται μεταξύ 0,9-1,3 mm (Εικόνα 3). Τα πόδια είναι κίτρινου –ερυθρού χρώματος και φέρουν κίτρινες, σκληρές τρίχες στο οπίσθιο τμήμα της κνήμης (Papadopoulos, 2004). Οι πτέρυγες του είναι πολύ χαρακτηριστικές, έχουν η κάθε μια μήκος 4, 5 χιλιοστά, είναι γενικά διαφανείς και έχουν εγκάρσιες μαύρες, καστανές και κίτρινες ζώνες και κηλίδες . Όταν στέκεται ή βαδίζει, το ενήλικο έχει τις πτέρυγες του μισάνοιχτες και με κάποια κλίση της οπίσθιας παρυφής τους. Τα πόδια είναι κιτρινέρυθρα και οι οπίσθιες κνήμες έχουν κίτρινες σκληρές τρίχες. Η κοιλιά είναι πορτοκαλοκίτρινη με δυο καστανέρυθρες εγκάρσιες ζώνες και πολλά λεπτά στίγματα. Το μήκος της κοιλιάς του θηλυκού είναι λίγο μεγαλύτερο από το πλάτος της (Τζανακάκης-Κατσόγιαννος, 2003).



Εικόνα 2: Ενήλικο αρσενικό της μύγας Μεσογείου. Διακρίνονται οι κερατοειδής αποφύσεις στην κεφαλή. Πηγή: <http://bugguide.net/node/view/373403>



Εικόνα 3: Ενήλικο θηλυκό άτομο της μύγας της Μεσογείου. Διακρίνεται ο φωθότης. Πηγή: agspsrv/agric.wa.gov.au

Αυγό: Είναι πολύ λεπτό, λείο, λευκό, επίμηκες με ελλειπτικό σχήμα, μήκους 0,9-1 mm και διάμετρο 0,2-0,3 mm.

Προνύμφη: Είναι άποδες, ακέφαλες κι έχουν κυλινδρικό σχήμα (Εικόνα 4). Το πρόσθιο τμήμα του σώματος τους είναι στενότερο από το οπίσθιο. Υπάρχουν τρεις προνυμφικές ηλικίες που διακρίνονται μεταξύ τους με βάση το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα των στοματικών αγκίστρων (White & Elson-Harris, 1994).



Εικόνα 4: Pronύμφη *Ceratitis capitata*.

(http://www.eppo.int/QUARANTINE/insects/Ceratitis_capitata/CERTCA_images.htm)

Στην άκρη της κοιλιάς έχει δυο αναπνευστικά στίγματα τα οποία αποτελούνται από τρία ανοίγματα το καθένα. Το στάδιο της προνύμφης του εντόμου είναι ειδικά εξειδικευμένο για την πρόσληψη της τροφής του. Κατά το στάδιο αυτό αποθηκεύονται τα θρεπτικά συστατικά τα οποία χρησιμοποιούνται κατά την μεταμόρφωση της προνύμφης σε νύμφη, καθώς και για το στάδιο ανάπτυξης της νύμφης. Η μεταμόρφωση της προνύμφης σε νύμφη ονομάζεται νύμφωση (pupariation). Κατά το στάδιο αυτό, η προνύμφη συσπάται έντονα. Στη συνέχεια μένει ακίνητη στο έδαφος όπου αρχίζει να επιτελείται η σκλήρυνση του περιβλήματος (στάδιο λευκής νύμφης), ύστερα ακολουθεί η διαδικασία χρωματισμού του περιβλήματος. Το νυμφικό στάδιο παρουσιάζεται αδρανές, όμως στο εσωτερικό του ατόμου λαμβάνουν χώρα διαδικασίες δημιουργίας δομών που θα αποτελέσουν τους ιστούς του ενήλικου ατόμου (Φερτάκης, 2006).

Νύμφη: Το σχήμα της νύμφης είναι ελλειψοειδές με χαρακτηριστική μορφή βαρελιού, μήκος 4,4-4,5 mm και διάμετρο 2-2,5 mm (Εικόνα 5) Το χρώμα της εξαρτάται από τον ξενιστή στον οποίο αναπτύσσονται οι προνύμφες και ποικίλλει από υπόλευκο έως σκούρο καστανό (Εικόνα 6) (Papadopoulos, 2004) .



Εικόνα 5: Νύμφες της μύγας της Μεσογείου, αριστερά διακρίνεται η νύμφη καστανού χρώματος, δεξιά διακρίνεται το ενήλικο καθώς εξέρχεται από το βομβύκιο (<http://www.bayercropscience.gr>)



Εικόνα 6: Νύμφες της μύγας της Μεσογείου σκούρου καστανού χρώματος μέσα σε τριβλίο.

(http://www.eppo.int/QUARANTINE/insects/Ceratitis_capitata/CERTCA_images.htm)

1.4 Ξενιστές- Ζημιές

Η μύγα της Μεσογείου είναι πολυφάγο, κοσμοπολίτικο είδος το οποίο προσβάλλει τους καρπούς περισσότερο από 300 καλλιεργούμενα φυτά. Στην Ελλάδα απαντάται από την Κρήτη έως και τη Μακεδονία και προκαλεί σοβαρές ζημιές σε οπωρώνες εσπεριδοειδών, αχλαδιάς, ροδακινιάς, μηλιάς κ.α. (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 1998). Αναπτύσσεται σε φυτά τροπικών, υποτροπικών και εύκρατων περιοχών. Η μεγάλη και ταχεία εξάπλωση της μύγας της Μεσογείου σε συνδυασμό με τους πολλούς ξενιστές της και την αντοχή της σε χαμηλές θερμοκρασίες δικαίως την κατατάσσουν στα έντομα οικονομικής σημασίας (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Η μύγα της Μεσογείου αποτελεί το πλέον πολυφάγο είδος της οικογένειας Tephritidae προσβάλλοντας ημιώριμους, σχεδόν ώριμους ή και ώριμους καρπούς πολλών δέντρων, θάμνων ή ποωδών φυτών με τροπική, υποτροπική και εύκρατη προέλευση που ανήκουν συνολικά σε 67 οικογένειες φυτών (Papadopoulos, 2004).

Σε εύκρατες περιοχές και ειδικότερα στην Μεσόγειο, οι καλλιέργειες εσπεριδοειδών αποτελούν τους κύριους ξενιστές του εντόμου, ενώ σύκα, πυρηνόκαρπα και γιγαρτόκαρπα συγκαταλέγονται επίσης μεταξύ των σημαντικών ξενιστών του (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 1998). Στα εσπεριδοειδή η οπή ωοτοκίας είναι ευδιάκριτη. Όταν οι καρποί είναι ακόμα πράσινοι, η οπή είναι ένα μαύρο στίγμα που περιβάλλεται από μια χλωρωτική κηλίδα (Εικόνα 8). Οι προνύμφες αναπτύσσονται σε βάρος του ώριμου ή του σχεδόν ώριμου καρπού. Η ζημιά συνεχίζεται και μετά τη συγκομιδή. Οι καρποί γεμίζουν στοές, η σάρκα τους νεκρώνει και αναπτύσσονται στον καρπό δευτερογενώς μύκητες ή άλλοι μικροοργανισμοί που συντελούν στη σήψη του. Όταν ο καρπός αρχίζει να σαπίζει, ωοτοκούν εκεί και άλλα είδη εντόμων κυρίως της οικογένειας Drosophilidae των οποίων οι προνύμφες δημιουργούν δευτερογενείς ζημιές (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

Από τα εσπεριδοειδή προτιμά πρώτα τα νεράντζια και μετά τα πορτοκάλια. Οι προσβεβλημένοι καρποί είναι ακατάλληλοι για κατανάλωση, συνεπώς η ζημιά είναι σοβαρή αν το έντομο δεν αντιμετωπισθεί έγκαιρα (Εικόνα 9) (Papadopoulos, 1999).



Εικόνα 8: Καρποί πορτοκαλιάς και μηλιάς προσβεβλημένοι από τη μύγα της Μεσογείου. (Πηγή: <http://www.jardin-mundani.com/English/Phytopatologies.htm>).



Εικόνα 9: Καρποί πορτοκαλιάς προσβεβλημένοι από τη μύγα της μεσογείου .
(Πηγή: <http://www.jardin-mundani.com/English/Phytopatologies.htm>)

Η μύγα της Μεσογείου προτιμάει κυρίως ημιώριμους, ώριμους, χυμώδεις με λεπτό φλοιό καρπούς πολλών δέντρων, θάμνων και ποωδών φυτών σε τροπικές, υποτροπικές και εύκρατες περιοχές. Εκτός από τα εσπεριδοειδή, προσβάλλει και άλλους καρπούς, όπως μήλα, ροδάκινα, αβοκάντο, μπανάνα κ.α

Τον Αύγουστο του 2007 παρατηρήθηκαν για πρώτη φορά εκτεταμένες προσβολές στο επιτραπέζιο σταφύλι της ποικιλίας Σουλτανίνα από τη μύγα της Μεσογείου, σε πολλές περιοχές του Νομού Ηρακλείου. Σε ορισμένους αμπελώνες προκλήθηκαν σημαντικές ζημιές σε συνδυασμό με έντονα προβλήματα από σήψεις. Το 2008 παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλά εντοπισμένες ζημιές σε Ηράκλειο, Σητεία και Ρέθυμνο. Διαπιστώθηκε επίσης ότι το έντομο έχει τη δυνατότητα να ολοκληρώνει τον βιολογικό του κύκλο σε επιτραπέζια σταφύλια της ποικιλίας Σουλτανίνα (Ροδιτάκης et al., 2008).

1.5 Οικολογία- Βιολογία

Η μύγα της Μεσογείου είναι πολυκυκλικό, ομοδύναμο είδος και συμπληρώνει αρκετές γενεές το έτος ανάλογα με την γεωγραφική περιοχή, τις κλιματικές συνθήκες (κυρίως την θερμοκρασία) και την διαθεσιμότητα ξενιστών (Fletcher, 1989)

Σε τροπικές, υποτροπικές, καθώς και στις νότιες περιοχές της Μεσογείου αναπτύσσεται καθ'όλη τη διάρκεια του έτους. Μειωμένοι ρυθμοί ανάπτυξης παρατηρούνται σε περιόδους κατά τις οποίες επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες (Manrikakis et al., 2000). Ωστόσο στις βορειότερες περιοχές της Μεσογείου η μύγα της Μεσογείου διαχειμάζει επιτυχώς μόνο ως προνύμφη εντός των προσβεβλημένων καρπών (Papadopoulos et al., 1996).

Η διαχείμαση επιτυγχάνεται είτε ως προνύμφη εντός προσβεβλημένων καρπών όπως αναφέρεται και παραπάνω που παραμένουν στα δέντρα και ίσως ως νύμφη στο έδαφος Στην Θεσσαλονίκη που βρίσκεται εντός της βορειότερης ζώνης εξάπλωσης του είδους αυτού και οι χειμερινές θερμοκρασίες είναι χαμηλές, το είδος διαχείμασε επιτυχώς ως προνύμφη μέσα σε προσβεβλημένα μήλα. Στη Χίο και την Αττική διαχειμάζει ως προνύμφη μέσα σε καρπούς εσπεριδοειδών. Σε περιοχές με ήπιους χειμώνες όπως η Κρήτη ένα μικρό ποσοστό του πληθυσμού μπορεί να διαχειμάσει και ως ενήλικο (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

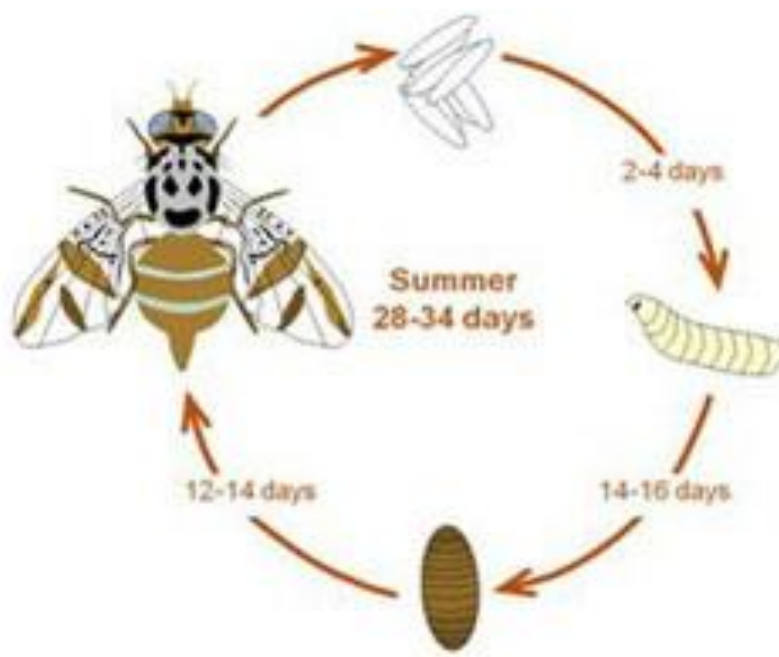
Τα ενήλικα εμφανίζονται την άνοιξη, τρέφονται με νέκταρ και μελιτώδη εκκρίματα κοκκοειδών και άλλων μελιτογόνων εντόμων ωριμάζουν αναπαραγωγικά και συζευγνύονται. Στην συνέχεια το θηλυκό ανοίγει οπή με τον ωσθέτη στο μεσοκάρπιο των καρπών και τοποθετεί στο βάθος της οπής 1-6 αυγά (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

Ανάλογα με το έτος και την περιοχή ολοκληρώνει στην χώρα μας 3-7 γενεές. Σε φυσιολογικές συνθήκες, κάθε θηλυκό άτομο μπορεί να γεννήσει κατά μέσο όρο 250 αυγά στην διάρκεια της ζωής του τα οποία μετά από 2-4 ημέρες εκκολάπτονται σε προνύμφες πρώτου σταδίου. Η προνύμφη ζει και τρέφεται από τον καρπό μέχρι την στιγμή που είναι έτοιμη να νυμφωθεί. Τότε ανέρχεται στην επιφάνεια του καρπού, πέφτει στο έδαφος, εισέρχεται στο χώμα και σε λίγες ώρες νυμφώνεται. Μετά από περίπου 7-11 ημέρες εξέρχονται τα ενήλικα από το νυμφικό περίβλημα. Στο φυσικό περιβάλλον ο κύκλος ζωής της μύγας της Μεσογείου ποικίλει ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες και μπορεί να διαρκέσει έως και 3 μήνες (Οικονόμου, 2006).

Η διαχειμάζουσα γενεά στις ψυχρότερες περιοχές εξάπλωσης του εντόμου μπορεί να διαρκέσει περισσότερο από 6-7 μήνες (Papadopoulos et al., 1996).

1.5.1 Κύκλος ζωής

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως το ενήλικο θηλυκό τρυπά με τον ωσθέτη του την επιφάνεια των φρούτων και αποθέτει τα αυγά του σε ομάδες των 1-10. Η προνύμφη ζει μέσα στο φρούτο και τρέφεται από αυτό για 6-11 ημέρες κατά τη διάρκεια των οποίων υφίσταται δύο εκδύσεις. Όταν η προνύμφη είναι έτοιμη να νυμφωθεί ανέρχεται την επιφάνεια του καρπού και με χαρακτηριστικό τρόπο εκτινάσσεται στο έδαφος (Εικόνα 7). Αμέσως κατευθύνεται προς το χώμα και εκεί γίνεται νύμφη μέσα σε λίγες ώρες. Το βομβύκιο που σχηματίζεται έχει σκούρο καφέ χρώμα και μετά από 7-11 ημέρες εκκολάπτεται από αυτό το ενήλικο άτομο. Τα ενήλικα άτομα είναι αναπαραγωγικά ώριμα μετά από 2-4 ημέρες και συνήθως ζουν μέχρι 2 μήνες. Στο φυσικό περιβάλλον ο κύκλος ζωής της ποικίλει ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες και μπορεί να διαρκέσει έως και 3 μήνες. Σε εργαστηριακές συνθήκες (25°C και 75% υγρασία) ο κύκλος ζωής του εντόμου διαρκεί περίπου 25 ημέρες (Katsoyannos, 1996).



Εικόνα 7: Βιολογικός κύκλος της μύγας της Μεσογείου.

(http://www.agric.wa.gov.au/PC_95493.html?s=1001)

1.6 Οικονομική σημασία και αντιμετώπιση της μύγας της Μεσογείου

Η παρουσία και μόνιμη εγκατάσταση της μύγας της Μεσογείου σε μια περιοχή μπορεί να έχει σημαντικές οικονομικές συνέπειες, όχι μόνο λόγω της άμεσης ζημιάς που προκαλεί προσβάλλοντας τους καρπούς αλλά και εξαιτίας του κόστους που απαιτείται, τόσο για την παρακολούθηση των πληθυσμών της, όσο και για την καταπολέμηση με χημικά ή άλλα μέσα. Επιπλέον είναι έντομο καραντίνας σε πολλές χώρες γεγονός που επηρεάζει το εμπόριο των φρούτων σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυστηρά μέτρα φυτουγειονομικού ελέγχου έχουν θεσπιστεί με σκοπό να αποτραπεί η εξάπλωση της μύγας της Μεσογείου σε περιοχές όπου η παρουσία της δεν έχει εξακριβωθεί. Κατά το παρελθόν αλλά και σήμερα πραγματοποιούνται εκτεταμένες προσπάθειες από διεθνείς οργανισμούς με σκοπό τον περιορισμό της εξάπλωσης της μύγας της Μεσογείου ή την εξάλειψη της από περιοχές στις οποίες έχει μόνιμα εγκατασταθεί (Gonzalez & Troncoso, 2007).

Για τον έλεγχο των φυσικών πληθυσμών αυτού του εντόμου χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι όπως η μαζική παγίδευση (Haniotakis et al., 1991), η εφαρμογή δολωματικών ψεκασμών, η απολύμανση των εξαγωγίμων φρούτων (Mansour & Franz, 1996) και κυρίως η χρήση εντομοκτόνων καθώς και η λήψη καλλιεργητικών μέτρων καθώς και η χρήση φυσικών εχθρών. Στην περίπτωση της Μύγας της μεσογείου, μέχρι στιγμής, δεν υπάρχουν φυσικοί εχθροί τόσο αποτελεσματικοί ώστε να καταπολεμούν ικανοποιητικά το έντομο έτσι ώστε ο παραγωγός να στηριχθεί στη μέθοδο αυτή για προστασία της παραγωγής του (Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου, Ανώνυμος, 2011).

Με τη μέθοδο της μαζικής παγίδευσης επιδιώκεται 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. Σύλληψη των εντόμων γίνεται με τη χρησιμοποίηση παγίδων που συνδυάζουν ένα ή περισσότερα ελκυστικά του εχθρού. Η θανάτωση των εντόμων που προσελκύονται στις παγίδες επιτυγχάνεται ανάλογα με τον τύπο της παγίδας, με πνιγμό στο ελκυστικό υγρό της παγίδας, προσκόλληση σε κολλητική επιφάνεια ή επαφή με εντομοκτόνο.

Στα καλλιεργητικά μέτρα αντιμετώπισης του εντόμου ανήκουν η συλλογή και καταστροφή των προσβεβλημένων καρπών πριν την συγκομιδή, καθώς και η καταστροφή των μη καλλιεργούμενων άγριων ξενιστών του εντόμου. Επιπλέον, μετασυλλεκτικά γίνεται απεντόμωση των φρούτων με χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες και ακτινοβολία γ (Mitchell & Saul, 1990). Τα νομοθετικά μέτρα

αντιμετώπισης αφορούν κυρίως στην θέσπιση αυστηρών κανόνων καραντίνας με σκοπό να ανατραπεί η εισαγωγή του σε φρουτοπαραγωγικές περιοχές όπου δεν υπάρχει. Σε αρκετές αγορές γίνονται δεκτοί μόνο οι καρποί που μετασυλλεκτικά έχουν υποστεί μεταχειρίσεις τέτοιες οι οποίες εξασφαλίζουν υψηλά ποσοστά θνησιμότητας του εντόμου (Papadopoulos, 2004).

Η αντιμετώπιση με συμβατικές μεθόδους βασίζεται στην παρακολούθηση του πληθυσμού είτε με την χρήση παγιδών είτε με δειγματοληψίες καρπών και την διενέργεια δολωματικών ή ψεκασμών καλύψεως με οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα. Από τα διάφορα είδη παγιδών που χρησιμοποιούνται, περισσότερο διαδεδομένες είναι οι τροφικές και φερομονικές. Τα τροφικά ελκυστικά που χρησιμοποιούνται συνήθως στις παγίδες τύπου McPhail είναι οξικό αμμώνιο, πουτρεσκίνη και τριμεθυλαμίνη, ενώ η παραφερομόνη timedlure που προσελκύει τα αρσενικά κυρίως στις παγίδες τύπου Jackson (Papadopoulos, 2004). Λίγες βδομάδες πριν οι καρποί αρχίσουν να γίνονται κατάλληλοι για ωτοκία του εντόμου τοποθετούνται στον οπωρώνα παγίδες McPhail ή αλλού τύπου. Με τις παγίδες προσδιορίζεται η ανάγκη και ο χρόνος των ψεκασμών. Αν δε χρησιμοποιούνται παγίδες για την παρακολούθηση του πληθυσμού οι καρποί πρέπει να προστατεύονται την περίοδο που είναι ευπρόσβλητοι από το έντομο (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

1) Ψεκασμοί κάλυψης. Ο πρώτος γίνεται όταν αρχίζει η ωρίμανση των καρπών και επαναλαμβάνονται κάθε 20 μέρες περίπου αν χρειάζεται και υπάρχει χρόνος μέχρι την συγκομιδή. Ψεκάζεται ολόκληρο το δέντρο με το εγκεκριμένο εντομοκτόνο. Οι ψεκασμοί κάλυψης είναι δυνατόν να ελαττώσουν τους φυσικούς εχθρούς των κοκκοειδών, ιδίως του λεκανίου, με συνέπεια προσβολές από λεκάνιο και ανάπτυξη καπνιάς. Καλό είναι λοιπόν να αποφεύγονται οι ψεκασμοί κάλυψης όπου είναι δυνατόν (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

2) Δολωματικοί ψεκασμοί. Ο πρώτος γίνεται 15 μέρες πριν την ωρίμανση των καρπών και επαναλαμβάνονται κάθε 5-7 ημέρες. Το ψεκαστικό υγρό περιέχει 2% υδρολύσιμη πρωτεΐνη ως ελκυστικό και εγκεκριμένο εντομοκτόνο. Ψεκάζονται φράκτες και θάμνοι στην περίμετρο του οπωρώνα, το εσωτερικό και πάνω μέρος της κόμης των εσπεριδοειδών και κλαδιά που δεν έχουν καρπούς. Κατά τον ψεκασμό πρέπει να λαμβάνονται όλα τα προστατευτικά μέτρα όπως η χρήση κατάλληλης στολής, μάσκας κτλ., ώστε να αποφεύγονται οποιαδήποτε ατυχήματα (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

Οι συνέπειες από την εκτεταμένη χρήση εντομοκτόνων έχουν σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αυτό κάνει επιτακτική την ανάγκη αναζήτησης μεθόδων ελέγχου των εντόμων που να είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Για το λόγο αυτό σοβαρές προσπάθειες έχουν καταβληθεί και εξακολουθούν να καταβάλλονται σε όλες τις Μεσογειακές χώρες για την ανάπτυξη εναλλακτικών μεθόδων προστασίας, ώστε να εκλείψουν ή τουλάχιστον να περιορισθούν στο ελάχιστο οι ψεκασμοί με χημικές ουσίες. Μέθοδοι που εκπληρώνουν αυτές τις προϋποθέσεις στηρίζονται στην γενετική, βιολογία και οικολογία των εντόμων, π.χ. η μέθοδος των στείρων εντόμων (Οικονόμου, 2006).

Εκτός από την χημική μέθοδο καταπολέμησης για την αντιμετώπιση της μύγας της Μεσογείου εφαρμόζονται και άλλα μέτρα όπως η εξαπόλυση στερημένων εντόμων, η μαζική παγίδευση, η βιολογική καταπολέμηση καθώς και πλήθος καλλιεργητικών και νομοθετικών μέτρων. Η βιολογική καταπολέμηση της μύγας Μεσογείου βασίζεται κυρίως στην εκτροφή και εξαπόλυση ιθαγενών και εξωτικών παρασιτοειδών με σκοπό την μείωση των πληθυσμών του εντόμου. Η μέθοδος αυτή μπορεί να συνδυαστεί με επιτυχία με την μέθοδο εξαπόλυσης στερημένων εντόμων (Vreysen et al., 2007). Στην βιολογική καταπολέμηση εκτός από τα παρασιτοειδή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εντομοπαθογόνοι μύκητες, ιοί και νηματώδεις. Η μέθοδος εξαπόλυσης στερημένων εντόμων συνίσταται στην παραγωγή, στείρωση και εξαπόλυση στο ύπαιθρο μεγάλου αριθμού στόχου αρσενικών με σκοπό την σύζευξη με τα θηλυκά του άγριου πληθυσμού και την απόθεση αυγών από αυτά. Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοστεί και εφαρμόζεται με επιτυχία σε αρκετές περιοχές του πλανήτη (Dyck et al., 2005; Hendricks et al., 2002). Τα εξαπολούμενα αρσενικά άτομα ζευγαρώνουν με τον ντόπιο πληθυσμό και οδηγούν σε μείωση της αναπαραγωγικής δυνατότητας του τοπικού πληθυσμού. Η μέθοδος όμως αυτή παρουσιάζει προβλήματα, λόγω της ταυτόχρονης απελευθέρωσης στείρων ατόμων και τον δύο φύλων. Τα θηλυκά άτομα, αν και στείρα, προσβάλλουν τα φρούτα με αποτέλεσμα να δημιουργούν εστίες μικροβίων σε αυτά και επίσης ανταγωνίζονται τα θηλυκά του πληθυσμού στόχου για το ζευγάρωμα με τα στείρα αρσενικά, μειώνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα της μεθόδου. Η δημιουργία στελεχών γενετικού διαχωρισμού του φύλου και η απελευθέρωση μόνο στείρων αρσενικών πλεονεκτεί σημαντικά μειώνοντας τις επιπτώσεις από την ταυτόχρονη απελευθέρωση και των δύο φύλων (Οικονόμου, 2006).

1.7 Σεξουαλική συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου

Η σεξουαλική συμπεριφορά του *Ceratitis capitata* βασίζεται στις συναθροίσεις των αρσενικών (leks) στην κάτω επιφάνεια των φύλλων των φυτών ξενιστών, όπου ελκύουν την σεξουαλική φερομόνη τους με στόχο να προσελκύσουν τα θηλυκά. Τα leks αποτελούνται από 2-10 αρσενικά τα οποία εκλύουν την φερομόνη τους από τους πρωκτικούς επιθηλιακούς αδένες τους και δημιουργούνται αργά το πρωί ή νωρίς το απόγευμα στο φύλλωμα των δέντρων και συνήθως προτιμούνται μεμονωμένα φύλλα ως σημεία για σύζευξη (Prokopy & Hendricks, 1979).

Τα θηλυκά της μύγας Μεσογείου παρουσιάζονται επιλεκτικά κατά την επιλογή συντρόφου και είναι σύνηθες το φαινόμενο της απόρριψης των αρσενικών. Υπάρχουν περιπτώσεις που το θηλυκό αποχώρησε από την διαδικασία ερωτοτροπίας σε περισσότερες από 90% προσεγγίσεις από τα αρσενικά, και σε άλλες περιπτώσεις όπου απέρριψε το αρσενικό ακόμα και μετά το άλμα στην πλάτη του (Briceno et al, 1996).

Για την αναπαραγωγική ωρίμανση τα ενήλικα είναι απαραίτητο να τραφούν για λίγες ημέρες μόλις βγουν από το νυμφικό περίβλημα τους με πρωτεϊνούχα ή σακχαρούχα θρεπτικά υποστρώματα (Christenson & Foote, 1960). Είναι γνωστό ότι για να επιτύχουν την σεξουαλική ωρίμανση και να μπορέσουν να κάνουν σεξουαλικό κάλεσμα πρέπει να τραφούν με ουσίες πρωτεϊνικής σύστασης. Η επαρκής ποσότητα και ποιοτικά θρέψη των αρσενικών ατόμων της μύγας Μεσογείου είναι καθοριστική για την ενέργεια, την παραγωγή φερομόνης και την σύζευξη τους με τα θηλυκά (Papadopoulos et al., 1998).

Η σεξουαλική συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου περιλαμβάνει την προσέλκυση επιδεικτικών προς σύζευξη θηλυκών από τα αρσενικά τα οποία εκλύουν σεξουαλική φερομόνη (Σχήμα 1). Αμέσως μετά την προσέγγιση των θηλυκών ακολουθεί μια πολύπλοκη αλληλουχία συμπεριφορών που εκδηλώνεται και από τα δυο φύλλα και χαρακτηρίζεται ως «ερωτοτροπία» (courtship) (Briceno & Eberhard, 2000).

Όταν βρίσκονται στα φύλλα τα αρσενικά παράγουν ένα σύνολο σημάτων για να προσελκύσουν τα θηλυκά, η μύγα της Μεσογείου παράγει συγκεκριμένους τύπους ήχων χτυπώντας τα φτερά της κατά την διάρκεια της ερωτοτροπίας και της σύζευξης. Τα αρσενικά παράγουν τρεις διαφορετικούς τύπους ήχων πριν την επίτευξη της σύζευξης. Αρχικά χρησιμοποιούν τον ήχο του καλέσματος, που μπορεί να διαρκέσει από μερικά δευτερόλεπτα μέχρι και μερικά λεπτά, ο ήχος της ερωτοτροπίας ξεκινά

όταν τα αρσενικά πλησιάζουν τα θηλυκά. Ο ήχος της σύζευξης γίνεται από τα αρσενικά αφού έχει γίνει η επιλογή του θηλυκού και πριν το ζευγάρωμα. Τα αρσενικά χρησιμοποιούν τον χρόνο σύζευξης όχι μόνο για να μεταφέρουν σπέρμα αλλά και για να εμποδίσουν άλλα αρσενικά να συζευχθούν με τα θηλυκά και έτσι να αποθηκευτεί το δικό τους σπέρμα. Επομένως, οι μεγαλύτερες σε διάρκεια συζεύξεις μπορούν να αυξήσουν την επιτυχία επιλογής σπέρματος του συγκεκριμένου αρσενικού (Thornhill & Alcock, 1983).

Οι κεραίες των αρσενικών αποτελούν ένα από τα κριτήρια επιλογής από τα θηλυκά καθώς η απουσία τους μειώνει την σεξουαλική ανταγωνιστικότητα τους. Επίσης το μέγεθος των αρσενικών είναι άλλο ένα κριτήριο που χρησιμοποιούν τα θηλυκά κατά την επιλογή του συντρόφου (Robinson et al., 2002).

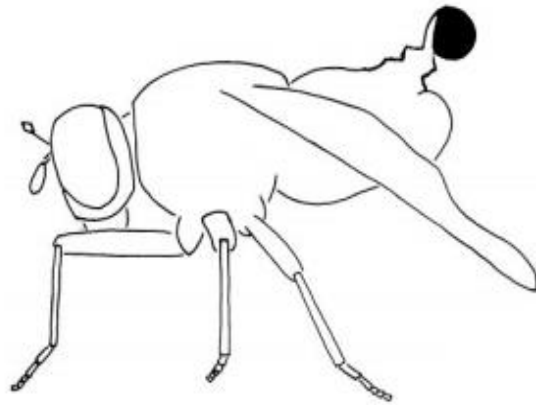
Τα θηλυκά διαθέτουν διάφορους τρόπους με τους οποίους δείχνουν την ανταπόκριση τους στο κάλεσμα των αρσενικών. Σε αυτές συμπεριλαμβάνονται αγγίγματα με το κεφάλι ή τα μπροστινά πόδια, σύντομο άλμα μπροστά του, σύντομες δονήσεις των πτερύγων και έκταση τους έπειτα από απόπειρες σύζευξης από τα αρσενικά και διαρκούν για μικρό διάστημα 1/30-1/10 του δευτερολέπτου. Επιπλέον έχουν καταγραφεί και άλλες λεπτομέρειες της συμπεριφοράς της ερωτοτροπίας που καταδεικνύει ότι η αναπαραγωγική συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου είναι ένα είδος διαλόγου με εντονότατη την ανταλλαγή οπτικών, οσφρητικών και μηχανικών ερεθισμάτων μεταξύ των δυο φύλων (Lux et al., 2002).

Όταν ένα θηλυκό προσεγγίσει ένα αρσενικό τότε το αρσενικό ξεκινάει μια σειρά πολύπλοκων κινήσεων, την ερωτοτροπία και τελικά δοκιμάζει να συζευχθεί. Το θηλυκό είτε αποδέχεται το αρσενικό είτε απορρίπτει την προσπάθεια του αρσενικού. Πολλές φορές μπορεί το θηλυκό να απορρίψει το αρσενικό πολλές φορές πριν τελικά το δεχτεί για σύζευξη (Whittier et al., 1994). Τα πιο πολλά αρσενικά καταφέρνουν να εξασφαλίσουν πολλές συζεύξεις με θηλυκά, κάποια λιγότερα ή και καθόλου. Κάποια αρσενικά υιοθετούν μια εναλλακτική τακτική σύζευξης κατά την οποία κάθονται σε κάποιο φρούτο περιμένοντας τότε το θηλυκό θα το επισκεφτεί για να συζευχθούν μαζί του. Υπάρχουν ενδείξεις ότι τα αρσενικά που ακολουθούν αυτή την τακτική μπορεί να μην συζευχθούν και ποτέ (Prokopy & Hendrichs, 1979).

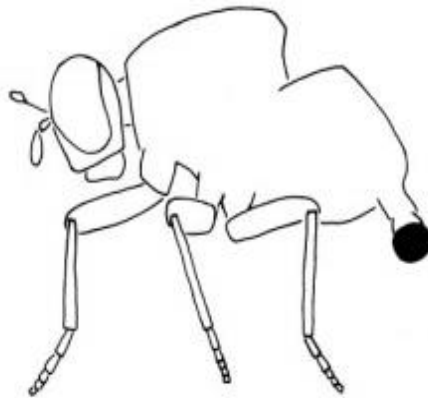
Μια άλλη εκδοχή είναι ότι τα θηλυκά λαμβάνουν ένα θρεπτικό όφελος από τα αρσενικά κατά την διάρκεια της σύζευξης. Σε αυτή την περίπτωση οι συζεύξεις που διαρκούν περισσότερο αντιπροσωπεύουν ένα συνδυασμό φερομονών τόσο των αρσενικών όσο και των θηλυκών (Yuval et al., 1998). Οι συζεύξεις αρσενικών με

στερημένη διατροφή σε πρωτεΐνη κρατούν περισσότερο λόγω του ότι δεν θα μπορέσουν να ξανασυζευχθούν, επίσης σχετίζεται με την αδυναμία των θηλυκών να αποσυνδεθούν, καθώς επίσης και ότι τα θηλυκά έχουν κάποιο θρεπτικό όφελος από τα αρσενικά κατά την διάρκεια της σύζευξης. Σε αυτή την περίπτωση οι συζεύξεις που κρατούν πιο πολύ αντιπροσωπεύουν ένα συνδυασμό «συμφερόντων» τόσο των αρσενικών όσο και των θηλυκών (Yuval et al., 1998).

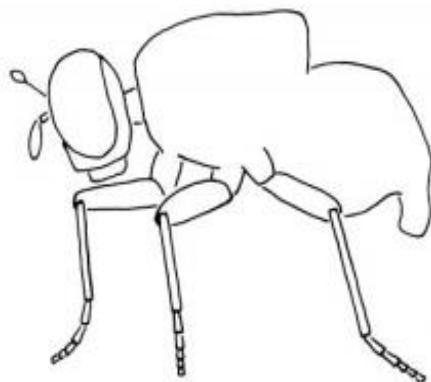
Η ανταλλαγή χημικών ερεθισμάτων μέσω των φερομονών παίζει σημαντικό ρόλο στην αναπαραγωγική συμπεριφορά των εντόμων. Σε πολλά είδη εντόμων η προσέλκυση των θηλυκών από τα αρσενικά, καθώς και ο αριθμός των συζεύξεων που αυτά επιτυγχάνουν, συνδέεται άμεσα με την χρήση φερομονικών και άλλων ερεθισμάτων (Alcock, 1997). Ωστόσο, το σεξουαλικό κάλεσμα, που σε αρκετές περιπτώσεις συνοδεύεται από την έκλυση φερομονών, καθώς και άλλες αναπαραγωγικές δραστηριότητες μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά βασικά χαρακτηριστικά της αρμοστικότητας των εντόμων όπως η διάρκεια ζωής (Papadopoulos et al., 2004). Επιπλέον το σεξουαλικό κάλεσμα στην φύση συνδέεται και με αυξημένες πιθανότητες θνησιμότητας, λόγω αρπακτικότητας (Hendrichs et al., 1995).



(α)



(β)



(γ)

Σχήμα 1: Εκδήλωση σεξουαλικού καλέσματος α) εκδήλωση σεξουαλικού καλέσματος από το αρσενικό της μύγας της Μεσογείου, β) δόνηση πτερύγων, γ) στο στάδιο της γρήγορης κίνησης των πτερύγων το εκτεθειμένο εδραίο επιθήλιο δεν είναι εμφανές και η σταγόνα της φερομόνης συνήθως απορροφάται (Briceno et al., 1996).

1.7.1 Θεωρία καλών γονιδίων (good genes hypothesis)

Η σεξουαλική επιλογή έχει προσελκύσει μεγάλη προσοχή τα τελευταία χρόνια, παρολαυτά η επιλογή αρσενικών με δευτερεύοντα σεξουαλικά χαρακτηριστικά από ισχυρά θηλυκά παραμένει ένα αίνιγμα (Andersson, 1994). Θεωρητικές μελέτες υποστηρίζουν ότι η προτίμηση των αρσενικών από τα θηλυκά μπορεί να οφείλεται είτε στην ποιότητα των αρσενικών είτε στην ερωτοτροπία την οποία τα θηλυκά χρησιμοποιούν σαν δείκτη της γενετικής ποιότητας των αρσενικών (καλά γονίδια) είτε σαν συνδυασμό και των δυο (Gwynne, 1988). Η θεωρία των καλών γονιδίων υποστηρίζει ότι τα θηλυκά άτομα φαίνεται να επιλέγουν τα αρσενικά βάση ορισμένων χαρακτηριστικών που θα βελτιώσουν την ποιότητα των απογόνων τους. Η θεωρία επίσης προτείνει ότι τα θηλυκά που συζευγνύονται παραπάνω από μια φορές είναι ικανά να γονιμοποιήσουν τα ωάρια τους με το σπέρμα του καλύτερου αρσενικού (Byers & Lisette, 2006).

Οι προτιμήσεις συγκεκριμένων αρσενικών από τα θηλυκά παρέχουν άμεσα οφέλη με τη μορφή της αύξησης της επιβίωσης ή της αναπαραγωγικής επιτυχίας ή έμμεσα οφέλη με τη μορφή των γαμετών που αυξάνουν την ποιότητα των απογόνων ή την ελκυστικότητα τους (Moore, 1989). Ωστόσο, έχει επισημανθεί ότι οι χαρακτήρες που συνδέονται στενότερα με την αρμοστικότητα έχουν συνήθως πολύ χαμηλή κληρονομικότητα (Falconer, 1989). Επιπλέον, τα θηλυκά μπορούν να ανέχονται μειωμένη γονιμότητα ή επιβίωση για την αύξηση της ποιότητας των απογόνων τους (Weatherhead & Robertson, 1979) ή τα θηλυκά μπορούν να ζευγαρώσουν με τα αρσενικά υψηλότερης ποιότητας και να απολαύσουν τόσο την αύξηση της γονιμότητας και την υψηλή ποιότητα των απογόνων (McLain & Marsh, 1990).

Η αναπαραγωγική επιτυχία ενός θηλυκού εξαρτάται από την ποιότητα και την ποσότητα των απογόνων. Ως εκ τούτου, εάν τα αρσενικά διαφέρουν ως προς τον αριθμό και την ποιότητα των απογόνων, τότε τα θηλυκά πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν και να επιλέγουν το αρσενικό που παρέχει τα περισσότερα οφέλη (Alcock & Pyle, 1979).

Το μέγεθος του σώματος επηρεάζεται από γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες (Nijhout, 2003) και μπορεί να χρησιμεύσει ως δείκτης για τα θηλυκά της «καλής φυσικής κατάστασης» των αρσενικών και να έχει μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης τους (Anderson, 1994). Τα αρσενικά της μύγας Μεσογείου παράγουν μια σειρά από οπτικά, ακουστικά και χημικά σήματα κατά την διάρκεια της ερωτοτροπίας που είναι ενεργειακά δαπανηρή (Eberhard, 2000), αλλά απαραίτητη για την

αξιολόγηση από το θηλυκό. Έτσι, τα μεγάλα αρσενικά επιδεικνύουν μεγαλύτερη «φαινομενική» ευρωστία κατά την διάρκεια της ερωτοτροπίας ή μπορούν να διαφοροποιηθούν από τα μικρότερα αρσενικά από την ποσότητα ή / και την ποιότητα των φερομονών που εκπέμπουν κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων της ερωτοτροπίας. Μελέτες με άλλα είδη έδειξαν επίσης ότι τα έντομα που συζευγνύονται με τα μεγάλα αρσενικά, απολαμβάνουν μεγαλύτερη γονιμότητα (Aluja et al., 2008).

Η σύζευξη με μεγαλύτερα αρσενικά κάνει τα θηλυκά του *C. Capitata* να επωφεληθούν από την απορρόφηση μεγαλύτερων ποσοτήτων των θρεπτικών συστατικών που περιέχει το σπέρμα (Yuval et al., 1998). Αυτά τα πλεονεκτήματα μπορεί να σχετίζονται με μεγαλύτερες ποσότητες σπερματοζωαρίων και κατά συνέπεια αύξηση του αριθμού των γονιμοποιημένων ωαρίων (Taylor & Yuval, 1999). Οι Taylor και Yuval (1999) παρατήρησαν ότι το μέγεθος του σώματος των αρσενικών εντόμων μπορεί να τους δώσει πλεονεκτήματα στη σύζευξη και επίσης αντικατοπτρίζει μεγαλύτερα ενεργειακά αποθέματα που σχετίζεται με υψηλότερη πρόσληψη πρωτεϊνών.

1.8 Επίδραση πτητικών φυτικών ουσιών στην σεξουαλική συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου.

Ουσίες που προέρχονται από φυτά ξενιστές φαίνεται πως διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην σεξουαλική συμπεριφορά των δίπτερων και ιδιαίτερα σε αρκετά είδη του γένους *Bactrocera* και *Ceratitis*, όπως για παράδειγμα η μύγα της Μεσογείου (Landlot & Phillips, 1997; Light & Jang, 1996). Έτσι σε ορισμένα είδη η έκθεση των αρσενικών σε αιθέρια έλαια φυτών αυξάνει την ικανότητα τους να συζευγνύονται με θηλυκά, δίνοντας τους έτσι πλεονέκτημα απέναντι σε άλλα αρσενικά ανταγωνιστές τους. Υπάρχει επίσης και μια συνεργιστική δράση μεταξύ χημικών ερεθισμάτων που απελευθερώνονται από τα φυτά και φερομόνων φύλου που παράγονται από τα φυτοφάγα είδη εντόμων (Landlot & Phillips, 1997).

Το αναπαραγωγικό σύστημα της μύγας της Μεσογείου βασίζεται κυρίως στην ανταπόκριση των θηλυκών, με το σεξουαλικό κάλεσμα και την παραγωγή φερομόνης φύλου από τα αρσενικά. Η έκλυση της φερομόνης από τα αρσενικά αποτελεί τμήμα της πολύπλοκης αναπαραγωγικής συμπεριφοράς του είδους, βασικό στοιχείο της οποίας αποτελούν τα leks (Arita & Kaneshiro, 1985). Αρσενικά που συμμετέχουν σε συναθροίσεις αυτού του τύπου είναι πιο αποτελεσματικά στην προσέλκυση θηλυκών δεκτικών για σύζευξη σε σχέση με αρσενικά που επιδίδονται σε σεξουαλικό κάλεσμα μόνα τους.

Στην μύγα της Μεσογείου, τα αρσενικά προσελκύονται και τρέφονται σε ουσίες που προέρχονται από τον φλοιό των πορτοκαλιών, όπως επίσης και ορισμένων άλλων φυτών (Katsoyannos et al., 1997). Πειράματα που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια έδειξαν ότι αρσενικά που είχαν εκτεθεί σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού συζευγνύονταν σε μεγαλύτερο ποσοστό με παρθένα θηλυκά σε σχέση με αρσενικά που δεν είχαν εκτεθεί σε αιθέρια έλαια (Papadopoulos et al., 2001). Ο μηχανισμός μέσω του οποίου τα αιθέρια έλαια των εσπεριδοειδών επιδρούν στην σεξουαλική συμπεριφορά των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου δεν είναι απόλυτα γνωστός (Papadopoulos et al., 2006).

Παλαιότερα έχει αναφερθεί επίσης ισχυρή προσέλκυση αρσενικών της μύγας της Μεσογείου από το αιθέριο έλαιο του φυτού *A. officinalis*. Τα αρσενικά σχηματίζουν δακτυλίους γύρω από την περιοχή όπου βρισκόταν το αιθέριο έλαιο από το φυτό και ακινητοποιούνταν για ένα χρονικό διάστημα το οποίο και εξαρτάται από την συγκέντρωση της ουσίας. Τα προσελκυσμένα αρσενικά δημιουργούσαν

συναθροίσεις σε μικρές αποστάσεις γύρω από την περιοχή όπου βρισκόταν το αιθέριο έλαιο του φυτού ενώ σε μικρότερες συγκεντρώσεις προσελκύνταν κατευθείαν στην περιοχή όπου αυτό είχε τοποθετηθεί (Hendrichs et al., 1989; Nakagawa et al., 1971).

Έχει βρεθεί ότι και τα θηλυκά και τα αρσενικά άτομα αντιδρούν σε ουσίες που απελευθερώνονται από τραύματα στην φλούδα ώριμων πορτοκαλιών. Τα αρσενικά προσελκύνονται και προσγειώνονται επάνω σε επιφανειακά τραύματα καρπών. Όσο αυξάνεται ο αριθμός των τραυμάτων τόσο πιο πολύ αντιδρούν τα αρσενικά κατά την διάρκεια της μέρας. Επίσης παρατηρείται και επαφή των στοματικών μορίων με τμήματα του φλοιού όπου είχαν γίνει οι οπές. Ισχυρή ανταπόκριση από τα αρσενικά υπάρχει και σε εμπορικό αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού που τοποθετήθηκε πάνω σε κίτρινες σφαίρες αλλά όχι τόσο μεγάλη στην περίπτωση του αιθέριου ελαίου μανταρινιού (Katsoyannos et al., 1997).

Σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν πρόσφατα σε κλουβιά υπαίθρου βρέθηκε ότι τα αρσενικά προσελκύνταν σε μεγάλο βαθμό από οσμηρά ερεθίσματα που προέρχονταν από καρπούς εσπεριδοειδών και κυρίως πορτοκάλια που ήταν τραυματισμένα στην περιοχή του μεσοκαρπίου (Katsoyannos et al, 1997). Στην συνέχεια επιβεβαιώθηκε ότι τα αρσενικά της μύγας αποκτούσαν συγκριτικό πλεονέκτημα αυξημένης διάθεσης για σύζευξη όταν έρχονταν σε επαφή με πληγωμένους καρπούς εσπεριδοειδών (Papadopoulos et al., 2001). Το πλεονέκτημα αυτό των εκτεθειμένων αρσενικών έναντι των μη εκτεθειμένων διαρκούσε τουλάχιστον 10 ημέρες εφόσον είχε προηγηθεί έκθεση 24 ωρών. Αυτή είναι μια ισχυρή ένδειξη ότι η έκθεση σε οσμηρά ερεθίσματα από αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού αυξάνει την ανταγωνιστικότητα για την σύζευξη των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου. Είναι πιθανό ότι τα αρσενικά της μύγας της Μεσογείου χρησιμοποιούν τα χημικά ερεθίσματα του αιθέριου ελαίου πορτοκαλιού στην βιοσύνθεση της φερομόνης φύλου.

Η αύξηση του σεξουαλικού καλέσματος στα αρσενικά που εκτέθηκαν στο αιθέριο έλαιο του πορτοκαλιού και σε συστατικά του πιθανότατα αποτελεί βασικό μέρος του μηχανισμού μέσω του οποίου τα εσπεριδοειδή επιδρούν στην σεξουαλική συμπεριφορά των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου. Το λιμονένιο, η μυρσίνη και άλλες ουσίες που περιέχονται στο φλοιό του πορτοκαλιού αποτελούν και συστατικό της φερομόνης φύλου των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου (Howse & Knapp, 1996).

Έρευνες έχουν δείξει ότι η έκθεση αρσενικών και σε άλλες ουσίες φυτικής προέλευσης αυξάνει την επιτυχία της σεξουαλικής σύζευξης, όπως οι ουσίες από φλοιό και καρπούς Γκουάβα και το αιθέριο έλαιο από ρίζες του φυτού πιπερόριζα. Παρόμοιες μελέτες δείχνουν ότι το άρωμα του αιθέριου ελαίου από ρίζες πιπερόριζας αλληλεπιδρά με τον εξωσκελετό του αρσενικού, με τρόπο τέτοιο ώστε να παράγεται οσμή που να ελκύει τα θηλυκά. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων δείχνουν ότι η προτίμηση των θηλυκών βασίζεται σε οσφρητικά ερεθίσματα (Shelly et al., 2008).

Αν και δεν έχει εξακριβωθεί ποιες ακριβώς είναι οι χημικές ουσίες που ευθύνονται για την αύξηση της σεξουαλικής επιτυχίας των αρσενικών μελέτες δείχνουν ότι η *α-copaene* προσελκύει υπερβολικά τα θηλυκά. Η *α-copaene* απαντάται σε πολλά είδη που αποτελούν ξενιστές της μύγας Μεσογείου όμως η συγκέντρωση και η μορφή των τερπενίων ποικίλει τα διάφορα φυτικά είδη (Shelly et al., 2008).

1.9 Σκοπός της διατριβής

Η αναπαραγωγική συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου έχει μελετηθεί εκτενώς εντούτοις δεν υπάρχουν στοιχεία σχετικά με την αλληλεπίδραση της «ποιότητας» των αρσενικών με τις συνθήκες που αυτά απολαμβάνουν στην επιτυχία και την ανταγωνιστικότητα σύζευξης. Ο διαχωρισμός της γενετικής ποιότητας των αρσενικών από την συνθήκη στην οποία αυτά βρίσκονται όσον αφορά την επιτυχία σύζευξης αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα στην μελέτη της σεξουαλικής συμπεριφοράς των ζώων γενικότερα. Η υπόθεση των καλών γονιδίων (good genes hypothesis) αν και διατυπώθηκε πριν από πολλά χρόνια δεν έχει διερευνηθεί πλήρως (Zakim, 1975).

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν:

- A) Να διαχωριστούν με προκαταρκτικά πειράματα τα αρσενικά σε επιτυχημένα και μη επιτυχημένα και να καθοριστεί αν αυτός ο διαχωρισμός τους είναι σταθερός.
- B) Να χρησιμοποιηθούν διάφορες συνθήκες όπως η τροφή ενηλίκων και η έκθεση σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού και να μελετηθούν εάν οι παραπάνω συνθήκες υπερισχύουν των εγγενών πλεονεκτημάτων των αρσενικών όσο αφορά την επιτυχία σύζευξης.
- Γ) Να εξεταστούν παράλληλα δυο συνθήκες όπως το μέγεθος του ανδρικού σώματος και η έκθεση σε αιθέριο έλαιο και να μελετηθεί εάν η ταυτόχρονη χρήση και των δυο συνθηκών υπερισχύει των εγγενών πλεονεκτημάτων των αρσενικών όσο αφορά την επιτυχία σύζευξης.

2. ΓΕΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν

Για τις ανάγκες των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν έντομα της εργαστηριακής εκτροφής Μπενάκειο (Εικόνα 8).



Εικόνα 8: Τρυβλίο Petri με νύμφες της εργαστηριακής εκτροφής Μπενάκειο

Αμέσως μετά την έξοδο τους από το νυμφικό περίβλημα τα ενήλικα τοποθετούνταν σε ξύλινα κλουβιά διαστάσεων 30 x 30 x 30 cm (οι τρεις πλευρές των κλουβιών ήταν καλυμμένες με συρμάτινο πλέγμα, η μια με γυαλί και οι υπόλοιπες με ξύλο (Εικόνα 9). Στα ενήλικα παρέχονταν νερό σε πλαστικά φιαλίδια με φυτίλι και τροφή που αποτελούνταν από μείγμα υδρολυμένης μαγιάς, ζάχαρης και νερού (YS) σε αναλογία 1:4:5 αντίστοιχα. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα ενήλικα τρέφονταν μόνο με κρυσταλλική ζάχαρη (S).

Η ωοτοκία των θηλυκών γινόταν σε κοίλα πλαστικά ημισφαίρια κόκκινου χρώματος διαμέτρου 5 cm και πάχους 1.5 mm. Τα ημισφαίρια έφεραν 40-50 οπές (ομοιόμορφη κατανομή, διάμετρος 1 mm) όπου τα θηλυκά τοποθετούσαν μέσα τον ωοθέτη τους και απέθεταν τα αυγά τους στο εσωτερικό κοίλο τμήμα τους (Εικόνα 10). Τα ημισφαίρια ήταν προσαρμοσμένα σε κυκλικές οπές (διαμέτρου 5 cm) που είχαν γίνει σε καλύμματα πλαστικών τρυβλίων Petri διαμέτρου 5.5 cm. Σε κάθε κλουβί εκτροφής τοποθετούνταν τουλάχιστον ένα ημισφαίριο ωοτοκίας. Το νερό στην βάση του

τρυβλίου Petri βοηθούσε στην διατήρηση της υγρασίας τέτοιο σε επίπεδα τέτοια ώστε να διεγείρουν την ωοτοκία των θηλυκών. Επίσης τοποθετούνταν μικρά πλαστικά κυπελλάκια με χυμό πορτοκαλιού τα οποία διεγείρουν την ωοτοκία.



Εικόνα 9: Ξύλινα κλουβιά διαστάσεων 30 x 30 x 30 cm που χρησιμοποιήθηκαν στην εκτροφή των ενηλίκων και στην διατήρηση των εκτροφών.



Εικόνα 10: Αυγά θηλυκών στο εσωτερικό του κόκκινου κοίλου πλαστικού ημισφαιρίου που χρησιμοποιήθηκε ως υπόστρωμα ωοτοκίας.

Με ένα μαλακό πινέλο τα αυγά μεταφέρονταν από το υπόστρωμα φωτοκίας σε θρεπτικό υπόστρωμα όπου και γινόταν η εκκόλαψη τους και η ανάπτυξη των προνυμφών. Το υπόστρωμα εκτροφής αποτελούσαν δίσκοι βάμβακος που είχαν εμποτιστεί με τεχνητή τροφή (100 gr ζάχαρη, 100 gr μαγιά μύρας, 50 gr αλεύρι σόγιας, 8 gr ασκορβικό οξύ, 8 gr κιτρικό οξύ, 2 gr μίγμα αλάτων και 1.5 gr προπιονικό νάτριο) (Εικόνα 11). Σε κάθε δίσκο βάμβακος τοποθετούνταν 100-200 αυγά και η ανάπτυξη των προνυμφών στο θρεπτικό υπόστρωμα ολοκληρωνόταν σε 7-8 ημέρες μετά την εκκόλαψη των αυγών. Οι προνύμφες εξέρχονταν από τα θρεπτικά υποστρώματα και νυμφώνονταν στην άμμο. Σε 2-3 μέρες μετά την νύμφωσή τους η άμμος απομακρυνόταν με κοσκίνισμα και οι νύμφες συλλέγονταν και τοποθετούνταν σε πλαστικά τριβλία Petri ως την έξοδο των ενηλίκων.



Εικόνα 11: Δίσκοι βάμβακος εμποτισμένοι με τροφή ενηλίκων στους οποίους τοποθετούνταν τα αυγά και ολοκληρώνονταν η ανάπτυξη των προνυμφών.

2.2. Συνθήκες εργαστηρίου

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας κατά τα έτη 2012-2013 σε ειδικά διαμορφωμένα εντομοδωμάτια σταθερών κλιματολογικών συνθηκών. Η θερμοκρασία κατά την διάρκεια των πειραμάτων ήταν $24 \pm 1^{\circ}\text{C}$, η σχετική υγρασία (Σ.Υ) $60 \pm 5\%$ και η φωτοπερίοδος 14:10 Φ: Σ με έναρξη της φωτόφασης στις 06:00 και λήξη στις 20:00. Η πηγή του τεχνητού φωτισμού προερχόταν από λάμπες φθορισμού και συμπληρωνόταν με φυσικό φως που εισερχόταν στο δωμάτιο από παράθυρο βορεινής έκθεσης. Η ένταση του φωτός στον πειραματικό χώρο κυμαινόταν από 800-1500 Lux.

3. Σταθερότητα της επιτυχίας σύζευξης των αρσενικών

3.1 Υλικά και μέθοδοι

Για την εκτίμηση της σταθερότητας στην επιτυχία σύζευξης των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου πραγματοποιήθηκαν δυο πειράματα. Πριν την έναρξη του κάθε πειράματος όπως και σε πειράματα επόμενων κεφαλαίων γινόταν διαχωρισμός των αρσενικών και θηλυκών αμέσως μετά την έξοδο τους από το νυμφικό περίβλημα και στην συνέχεια διατηρούνταν σε κλουβιά plexi-glass διαστάσεων 20X20X20 cm που έφεραν στις τρεις πλευρές τους παράθυρα καλυμμένα με λεπτή μουσελίνα για τον καλύτερο αερισμό τους (Εικόνα 12). Ομάδες των 50 περίπου ατόμων τοποθετούνταν σε κάθε κλουβί.



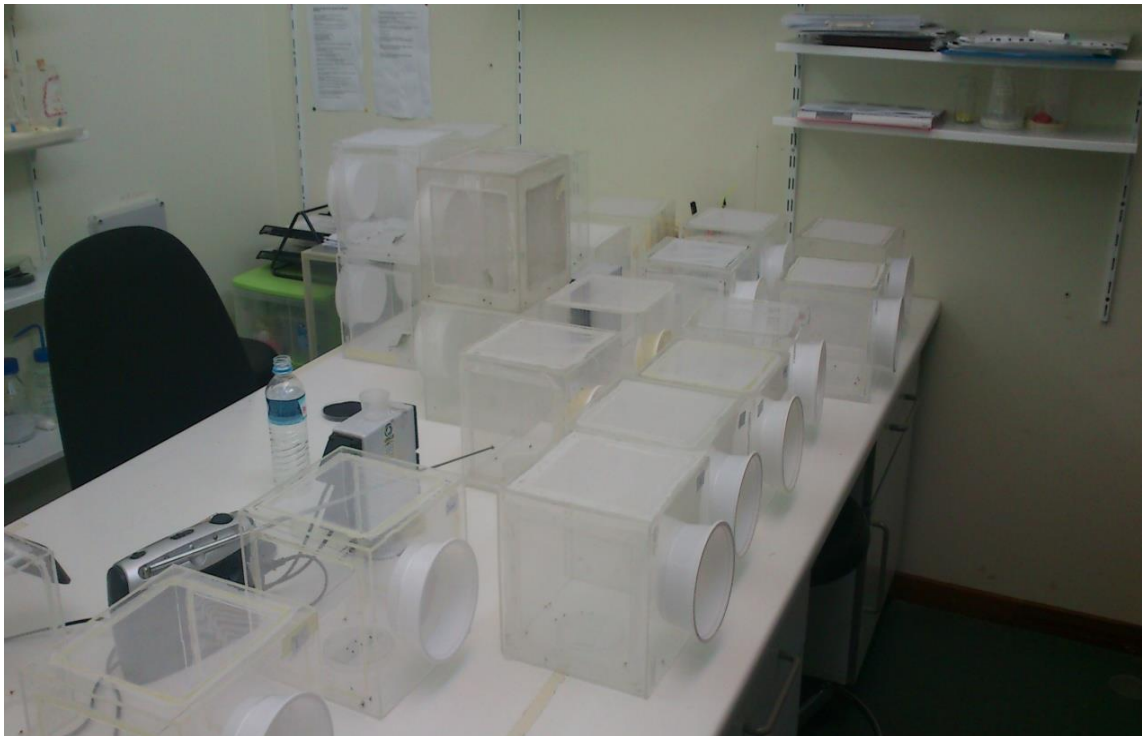
Εικόνα 12: Κλουβιά plexi-glass διαστάσεων 20X20X20 cm στα οποία τοποθετούνταν ξεχωριστά τα θηλυκά και τα αρσενικά ενήλικα της μύγας της Μεσογείου.

3.2 Πειραματική διαδικασία

Πείραμα 1: Στο πρώτο πείραμα έγιναν ομαδικές δοκιμές σύζευξης. Σε κλουβιά plexi-glass διαστάσεων 20X20X20 cm που περιγράφονται παραπάνω τοποθετούνταν 5 παρθένα αναπαραγωγικά ώριμα θηλυκά (ηλικίας 3-5 ημερών) μια ημέρα πριν την δοκιμή σύζευξης. Την ημέρα της δοκιμής σύζευξης στις 9:00 το πρωί τοποθετούνταν 10 αρσενικά στα παραπάνω κλουβιά και καταγράφονταν οι δοκιμές σύζευξης έως τις 12:00 π.μ (Εικόνα 13). Αμέσως μετά το σχηματισμό των ζευγαριών και πριν ολοκληρωθεί η σύζευξη διαχωρίζονταν το αρσενικό από το θηλυκό και το αρσενικό καταγράφονταν ως «επιτυχημένο». Με τον τρόπο αυτό τα αρσενικά διαχωρίστηκαν σε επιτυχημένα (5 πρώτες δοκιμές σύζευξης) (Επ) και μη επιτυχημένα (εκείνα που δεν επιλέχθηκαν από τα θηλυκά) (Μ.Επ.). Οι δύο ομάδες των αρσενικών σημάνθηκαν με διαφορετικό χρώμα στο νωτιαίο τμήμα του μεταθώρακα (με κόκκινη νερομπογιά τα επιτυχημένα και με άσπρη τα μη επιτυχημένα). Η σήμανση τους έγινε με την βοήθεια μαλακού πινέλου. Την επόμενη ημέρα (4^η ημέρα) επαναλήφθηκε η ίδια διαδικασία. Τα αρσενικά χωρίστηκαν σε τέσσερις κατηγορίες α) επιτυχημένα που παρέμειναν επιτυχημένα (Επ.Επ), β) επιτυχημένα που δεν επιλέχθηκαν ξανά (Επ.ΜΕπ), γ) μη επιτυχημένα που επιλέχθηκαν (ΜΕπ.Επ) και δ) μη επιτυχημένα που δεν επιλέχθηκαν ξανά (ΜΕπ.ΜΕπ.) Τα αρσενικά ξεχωρίζονταν ξανά με βάση το χρώμα και τοποθετούνταν σε ξεχωριστά κλουβιά. Η τελευταία δοκιμή πραγματοποιήθηκε 3 ημέρες αργότερα (7^η ημέρα) με τον ίδιο τρόπο τοποθετώντας 5 παρθένα θηλυκά με 5 επιτυχημένα και των 2 προηγούμενων ημερών (Επ.Επ) και 5 μη επιτυχημένα και των δυο προηγούμενων ημερών (ΜΕπ.ΜΕπ).

Πείραμα 2: Σε κλουβιά plexi-glass διαστάσεων 20X20X20 cm που περιγράφονται παραπάνω τοποθετούνταν 5 παρθένα θηλυκά μια ημέρα πριν την δοκιμή σύζευξης. Την μέρα της δοκιμής σύζευξης (τρεις μέρες μετά την ενηλικίωση των αρσενικών) από τις 09.00 π.μ στα κλουβιά τοποθετούνταν 10 αρσενικά και ελέγχονταν συνέχεια μέχρι τις 12.00 π.μ για σχηματισμό ζευγαριών σύζευξης. Αμέσως μετά το σχηματισμό του ζευγαριού εκείνο απομακρυνόταν με την βοήθεια μικρού πλαστικού κυπέλλου όπου και διαχωριζόταν το αρσενικό από το θηλυκό (Εικόνα 14). Με οπτική παρατήρηση τα αρσενικά διαχωρίστηκαν σε όσα επιλέχθηκαν για σύζευξη και σε εκείνα που δεν επιλέχθηκαν. Οι δύο ομάδες των αρσενικών σημάνθηκαν με διαφορετικό χρώμα στο νωτιαίο τμήμα του μεταθώρακα με κόκκινη νερομπογιά τα επιτυχημένα και με λευκή τα μη επιτυχημένα (Εικόνα 15). Την επόμενη ημέρα (4^η

ημέρα) οι δοκιμές σύζευξης έγιναν ξεχωριστά στα επιλεγμένα (κόκκινα) της 3^{ης} ημέρας και ξεχωριστά στα μη επιλεγμένα (άσπρα) της 3^{ης} ημέρας δηλαδή σε κλουβιά σύζευξης τοποθετούνταν 5 παρθένα θηλυκά με 10 επιλεγμένα της 3^{ης} ημέρας ενώ ταυτόχρονα σε άλλα κλουβιά 5 παρθένα θηλυκά με 10 μη επιλεγμένα της 3^{ης} ημέρας. Έτσι στα κλουβιά με τα επιλεγμένα έντομα στο τέλος της δοκιμής σύζευξης της 4^{ης} ημέρας είχαμε έντομα που επιλέχθηκαν και τις 2 ημέρες (Επ.Επ) και έντομα που την 2^η ημέρα δεν επιλέχθηκαν (Επ.ΜΕπ.). Αντίστοιχα στα κλουβιά με τα μη επιλεγμένα έντομα στο τέλος της 4^{ης} ημέρας είχαμε αρσενικά μη επιλεγμένα την 3^η ημέρα που επιλέχθηκαν την 4^η (ΜΕπ.Επ) και αρσενικά που δεν επιλέχθηκαν και τις 2 ημέρες (ΜΕπ.ΜΕπ.). Από αυτά διατηρήθηκαν μόνο τα επιλεγμένα και των 2 ημερών που ήταν σημασμένα με κόκκινο (Επ.Επ) και τα μη επιλεγμένα και των 2 ημερών που ήταν χρωματισμένα με άσπρο χρώμα (ΜΕπ.ΜΕπ.). Η τελευταία δοκιμή πραγματοποιήθηκε 3 μέρες αργότερα (7^η ημέρα) με τον ίδιο τρόπο τοποθετώντας 5 παρθένα θηλυκά με 5 επιτυχημένα και των 2 ημερών και 5 μη επιτυχημένα και των δυο ημερών αρσενικά. Όλα τα έντομα τρέφονταν με την ίδια τροφή (YS) και είχαν την ίδια ηλικία.



Εικόνα 13: Κλουβιά plexi-glass διαστάσεων 20X20X20 στα οποία γίνονταν οι δοκιμές σύζευξης.



Εικόνα 14: Αρσενικό και θηλυκό κατά την διάρκεια επιτυχημένης σύζευξης.



Εικόνα 15: Σημασμένα με κόκκινο χρώμα επιτυχημένα αρσενικά.

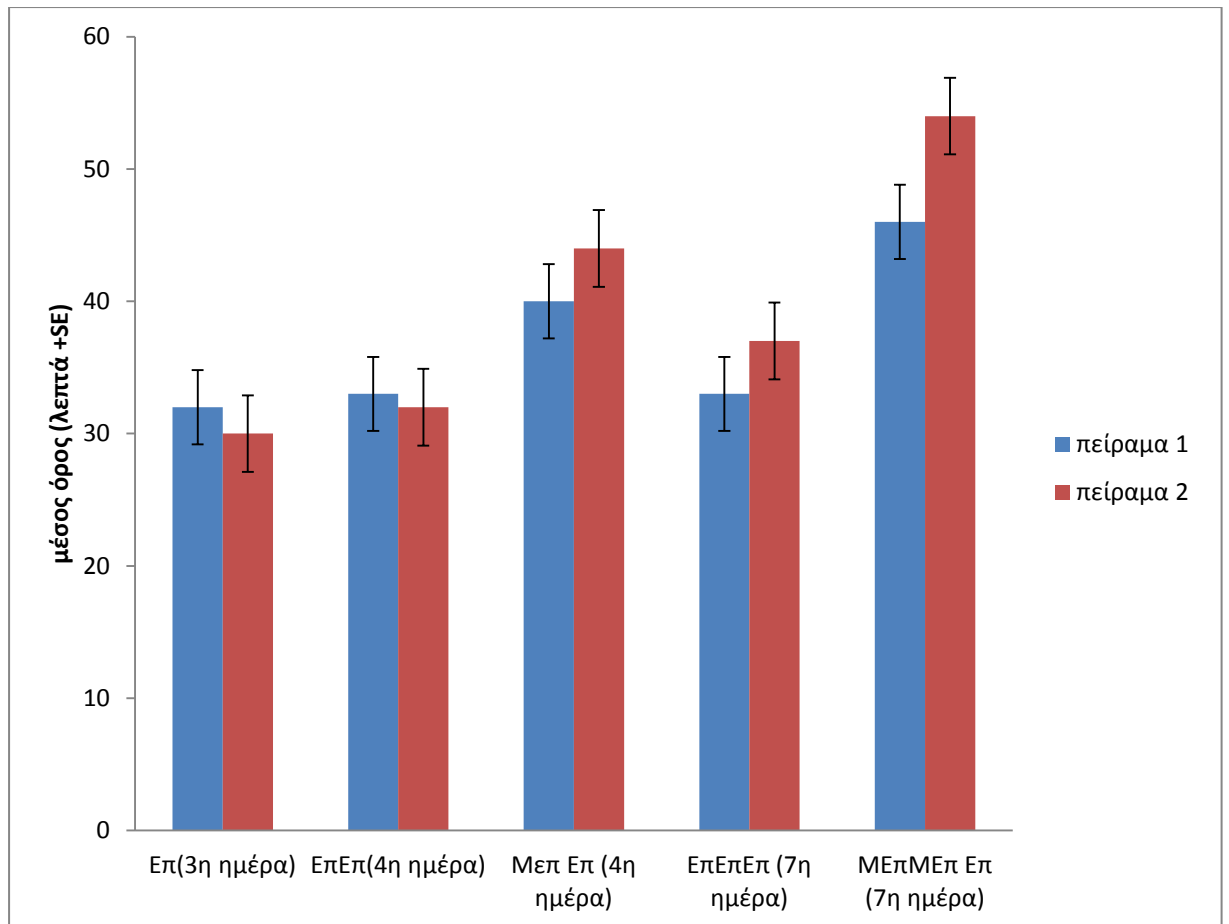
3.3. Αποτελέσματα- Σύζευξη

Στον Πίνακα 1 δίνονται τα ποσοστά σύζευξης των αρσενικών την 7^η ημέρα καθώς και τα ποσοστά των αρσενικών που παρέμειναν επιτυχημένα από την 3^η ημέρα έως και την 7^η ημέρα. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές (χ^2 $P>0,05$) στο ποσοστό των επιτυχημένων αρσενικών μεταξύ των δυο πειραμάτων. Σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν τόσο για τα επιτυχημένα της 4^η ημέρας όσο και για εκείνα που επιλέχθηκαν για σύζευξη την 3^η και την 4^η ημέρα.

Επίσης, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των δυο πειραμάτων στους χρόνους έως την σύζευξη των επιτυχημένων αρσενικών (t- κριτήριο $P>0,05$). Οι χρόνοι έως την σύζευξη ήταν παραπλήσιοι μεταξύ των επιτυχημένων αρσενικών ανεξάρτητα από την ημέρα δοκιμής. Ο χρόνος σύζευξης ήταν μακρύτερος για τα μη επιτυχημένα που επιλέχθηκαν για σύζευξη την 4^η και την 7^η ημέρα. Και στα δυο πειράματα ο χρόνος έως την σύζευξη ήταν μεγαλύτερος στα μη επιτυχημένα αρσενικά σε σχέση με τα επιτυχημένα της 7^{ης} ημέρας.

Πίνακας 1: Ποσοστό (%) που χαρακτηρίστηκαν επιτυχημένα για σύζευξη 7^η (3^η δοκιμή σύζευξης) ημέρα καθώς και ποσοστό (%) που παρέμειναν επιτυχημένα από την 3^η ημέρα έως και την 7^η ημέρα.

	7 ^η ημέρα	3 ^η ημέρα- 7 ^η ημέρα
	ΕπΕπ - Επ	Επ-ΕπΕπ-ΕπΕπΕπ
Πείραμα 1	76,00	38,3
Πείραμα 2	72,00	32,5
χ^2 test	1.216	1,354
df	1	1
p	0.36	0,27



Διάγραμμα 1: Μέσος όρος (+ τυπικό σφάλμα) του χρόνου έως την σύζευξης τις 3 ημέρες δοκιμών σύζευξης στο πείραμα 1 και πείραμα 2.

Καθώς δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο πειραματικών δοκιμών σύζευξης ούτε στα ποσοστά σύζευξης ούτε και στον χρόνο έως την σύζευξη επιλέχθηκε για την διεξαγωγή των υπόλοιπων πειραμάτων η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα 1 καθώς ήταν πιο εύκολη ως προς την διεξαγωγή της.

1. Επίδραση της συνθήκης (τροφής ενηλίκων και έκθεσης σε αιθέριο έλαιο) στην επιτυχία σύζευξης «επιτυχημένων» αρσενικών.

4.1 Εισαγωγή

Η διατροφή των ενηλίκων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα τόσο για την σεξουαλική όσο και για την αναπαραγωγική επιτυχία των αρσενικών. Άτομα που τρέφονται με τροφή πλούσια σε πρωτεΐνη έχουν αυξημένη πιθανότητα να συζευχθούν σε σχέση με τα εκείνα που τρέφονται μόνο με ζάχαρη (Blay & Yuval, 1997).

Οι Shelly et al. (2002) διαπίστωσαν ότι τα αρσενικά που τρέφονταν με μίγμα πρωτεΐνης και ζάχαρης πέτυχαν μεγαλύτερο ποσοστό συζεύξεων από ότι τα αρσενικά που τρέφονταν μόνο ζάχαρη. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και σε άλλες μελέτες (Blay & Yuval, 1997). Σε άλλα πειράματα σχετικά με την μελέτη της διατροφής των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου οι Kaspi & Yuval (2000) απέδειξαν ότι η προσθήκη πρωτεΐνης στην τροφή των ενηλίκων αύξησε την ικανότητα σύζευξης, όμως μείωσε την επιβίωση. Επίσης αρσενικά που τρέφονταν καθημερινά με τροφή πλούσια σε πρωτεΐνη εκδήλωσαν σεξουαλικό κάλεσμα με αυξημένη συχνότητα εκδηλώσεων.

Η προσθήκη πρωτεΐνης στην τροφή των ενηλίκων έχει θετική επίδραση (Papadopoulos et al., 1998) τόσο στο σεξουαλικό κάλεσμα όσο και στην ωρίμανση των αρσενικών. Πολλές είναι οι μελέτες που δείχνουν ότι η διατροφή και η σεξουαλική συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου είναι άρρηκτα συνδεδεμένες. Οι Warburg & Yuval (1997) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η διατροφή των ενηλίκων με τροφές που έχουν υψηλή θρεπτική αξία όπως η ζάχαρη και πρωτεΐνη κάνει τα αρσενικά να χρησιμοποιούν τα λιπίδια τους με καλύτερο τρόπο κάνοντας τα πιο επιτυχημένα σε σχέση με εκείνα που τρέφονται μόνο με ζάχαρη.

Η χρήση της πρωτεΐνης στην τροφή των ενηλίκων θα μπορούσε να οδηγήσει στο σχεδιασμό νέων μεθόδων για την καλύτερη αντιμετώπιση της μύγας της Μεσογείου ειδικά στην μέθοδο με την εξαπόλυση στειρών εντόμων. Έχει παρατηρηθεί ότι τα έντομα που δεν είχαν στην διάθεση τους πρωτεΐνη είχαν χαμηλότερη διάρκεια ζωής (Cangussu & Zusoloto, 1997). Ακόμη οι Prokopy et al. (1993) ανέφεραν ότι η μακροζωία των ειδών τους γένους *Capitata* εξαρτάται από την ποιότητα και την

ποσότητα τροφής. Υπάρχουν όμως και έρευνες οι οποίες έδειξαν ότι η προσθήκη πρωτεΐνης στην τροφή των ενήλικων αν και αυξάνει την συχνότητα για σύζευξη μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερη θνησιμότητα σε περίπτωση που δεν τρέφονταν για μερικές μέρες όπως διαπίστωσαν οι Kaspi & Yuval (2000).

Όπως αναφέρεται και σε προηγούμενη ενότητα ουσίες που προέρχονται από φυτά ξενιστές διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην σεξουαλική συμπεριφορά των δίπτερων της οικογένειας Tephritidae (Landlot & Philips, 1997; Light & Jang, 1996). Σε ορισμένα είδη η έκθεση των αρσενικών σε αιθέρια έλαια αυξάνει την ικανότητα σύζευξης με θηλυκά, δίνοντας τους ένα σημαντικό πλεονέκτημα απέναντι στα αρσενικά ανταγωνιστές τους.

Στην μύγα της Μεσογείου τα αρσενικά προσελκύονται και τρέφονται από ουσίες που βρίσκονται στον φλοιό των πορτοκαλιών καθώς επίσης και ορισμένων άλλων φρούτων (Katsoyannos et al., 1997; Shelly & Villalobos, 2004). Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία έτη έδειξαν ότι οσμηρά ερεθίσματα που προέρχονται από φυτά-ξενιστές αυξάνουν αποτελεσματικά την συχνότητα για σύζευξη και ενισχύουν την διάρκεια και τη συχνότητα του σεξουαλικού καλέσματος (Katsoyannos et al., 1997; Papadopoulos et al., 1998; Papadopoulos et al., 2001; Shelly, 1999). Αρσενικά που είχαν εκτεθεί σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού ή αλλά εσπεριδοειδή συζευγνύονταν σε μεγαλύτερο ποσοστό με παρθένα θηλυκά σε σχέση με αρσενικά που δεν είχαν πρόσβαση στο χημικό ερέθισμα. Η επίδραση του αιθέριου ελαίου πορτοκαλιού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την συγκέντρωση της ουσίας (Kouloussis et al., 2010).

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί μελετήθηκε αν η συνθήκη που απολαμβάνουν τα ενήλικα (είδος τροφής και έκθεση σε αιθέριο έλαιο) υπερισχύει της ποιότητας που εκτιμάται από την αποδοχή για σύζευξη σε προηγούμενες δοκιμές.

4.2 Υλικά και μέθοδοι

4.2.1 Πειραματική διαδικασία

Αμέσως μετά την έξοδο τους από το νυμφικό περίβλημα τα αρσενικά τοποθετούνταν σε κλουβιά με τροφή κρυσταλλική ζάχαρη ενώ τα θηλυκά μεταφέρονταν σε κλουβιά με τροφή μίγμα ζάχαρης και υδρολυμένης μαγιάς (πλήρης τροφής).

Πείραμα 1: Ακολουθώντας την διαδικασία που περιγράψαμε στο Πείραμα 1 του Κεφαλαίου 3 τα αρσενικά διαχωρίζονταν μετά από δυο δοκιμές σύζευξης σε ΕπΕπ και ΜΕπ.ΜΕπ. Αμέσως μετά το πέρας της 4^{ης} ημέρας τόσο τα ΕπΕπ όσο και τα ΜΕπ.ΜΕπ αρσενικά διαχωρίζονταν σε δυο ομάδες. Η πρώτη ομάδα παρέμενε σε κλουβιά με τροφή ζάχαρη (S) ενώ η δεύτερη τοποθετούνταν σε κλουβιά με πλήρης τροφή (YS). Συνεπώς δημιουργήθηκαν τέσσερις ομάδες αρσενικών (α) ΕπΕπ σε ζάχαρη (S), (β) ΕπΕπ σε ζάχαρη και πρωτεΐνη (YS), (γ) ΜΕπ.ΜΕπ σε ζάχαρη (S) και (δ) ΜΕπ.ΜΕπ σε ζάχαρη και πρωτεΐνη (YS). Την 7^η ημέρα πραγματοποιήθηκαν δοκιμές σύζευξης χρησιμοποιώντας τους παρακάτω συνδυασμούς των αρσενικών:

- 1) ΕπΕπ (S) vs ΜΕπ.ΜΕπ (YS)
- 2) ΕπΕπ (S) vs ΜΕπ.ΜΕπ (S)
- 3) ΕπΕπ (YS) vs ΜΕπ.ΜΕπ (YS)
- 4) ΕπΕπ (YS) vs ΜΕπ.ΜΕπ (S)

Οι δοκιμές σύζευξης έγιναν με την διαδικασία που περιγράφεται στο Πείραμα 1 του Κεφαλαίου 3. Με την παραπάνω πειραματική διαδικασία προσπαθήσαμε να διαχωρίσουμε την επίδραση της ποιότητας των αρσενικών από την τροφική συνθήκη στην επιτυχία σύζευξης των αρσενικών.

Πείραμα 2: Στην επόμενη δοκιμή χρησιμοποιήσαμε σαν συνθήκη την έκθεση των αρσενικών σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού (Ο.Ο). Αμέσως μετά την έξοδο τους από το νυμφικό περίβλημα αρσενικά και θηλυκά διαχωρίζονταν και μεταφέρονταν σε κλουβιά με τροφή μίγμα ζάχαρης και υδρολυμένης μαγιάς (πλήρης τροφής). Ακολουθώντας την διαδικασία που περιγράψαμε στο Πείραμα 1 του Κεφαλαίου 3 τα αρσενικά διαχωρίζονταν μετά από δυο δοκιμές σύζευξης σε ΕπΕπ και ΜΕπ.ΜΕπ . Αμέσως μετά το πέρας της 4^{ης} ημέρας τόσο τα ΕπΕπ όσο και τα ΜΕπ.ΜΕπ αρσενικά διαχωρίζονταν σε δυο ομάδες. Η πρώτη ομάδα εκτέθηκε σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού και η άλλη όχι. Είκοσι πέντε μl τοποθετούνταν σε κοίλα πλαστικά

ημισφαίρια (κόκκινα, διάμετρος 5 cm και πάχος 1.5 mm) (Εικόνα 16). Πλαστικά ημισφαίρια χωρίς αιθέριο έλαιο τοποθετούνταν και στην περίπτωση που τα έντομα δεν εκτίθονταν σε αιθέριο έλαιο μόνο για να αποκλείσουμε την επίδραση του οπτικού ερεθίσματος (Εικόνα 17). Συνεπώς δημιουργήθηκαν 3 ομάδες αρσενικών (α) ΕπΕπ σε αιθέριο έλαιο (Ο.Ο), (β) ΕπΕπ χωρίς έκθεση σε αιθέριο έλαιο, (γ) ΜΕπ.ΜΕπ σε αιθέριο έλαιο (Ο.Ο), (δ) ΜΕπ.ΜΕπ χωρίς αιθέριο έλαιο. Στις παρακάτω συγκρίσεις χρησιμοποιήθηκαν και στοιχεία από το Πείραμα 1 του κεφαλαίου 3. Οι κλωβοί με τα εκτεθειμένα σε αιθέριο έλαιο αρσενικά τοποθετούνταν σε διαφορετικά δωμάτια από τους κλωβούς με τα αρσενικά που δεν δέχονταν την επίδραση του αιθέριου ελαίου. Την 7^η ημέρα πραγματοποιήθηκαν δοκιμές σύζευξης χρησιμοποιώντας τους παρακάτω συνδυασμούς των αρσενικών:

- 1) ΕπΕπ (Ο.Ο) vs ΜΕπ.ΜΕπ
- 2) ΕπΕπ vs ΜΕπ.ΜΕπ (Ο.Ο)
- 3) ΕπΕπ (Ο.Ο) vs ΜΕπ.ΜΕπ (Ο.Ο)
- 4) ΕπΕπ vs ΜΕπ.ΜΕπ

Οι δοκιμές σύζευξης έγιναν με την διαδικασία που περιγράφεται στο Πείραμα 1 του Κεφαλαίου 3. Με την παραπάνω πειραματική διαδικασία προσπαθήσαμε να διαχωρίσουμε την επίδραση της ποιότητας των αρσενικών από την επίδραση του αιθέριου ελαίου στην επιτυχία σύζευξης των αρσενικών.



Εικόνα 16: Κοίλα πλαστικά ημισφαίρια (κόκκινα, διάμετρος 5 cm και πάχος 1.5 mm)



Εικόνα 17: Κοίλα πλαστικά ημισφαίρια με αιθέριο έλαιο στον ένα κλωβό και άδεια στον άλλον.

4.2.2. Στατιστική Ανάλυση

Η επίδραση της συνθήκης τροφής και του αιθέριου ελαίου προσδιορίστηκαν με ανάλυση παραλλακτικότητας επαναλαμβανόμενων μετρήσεων με το πρόγραμμα SPSS 19 (SPSS Inc., Chicago, USA). Η σύγκριση των μέσων όρων της σεξουαλικής επιτυχίας των αρσενικών κατά τις διάφορες μεταχειρίσεις έγινε σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

1.3 Αποτελέσματα

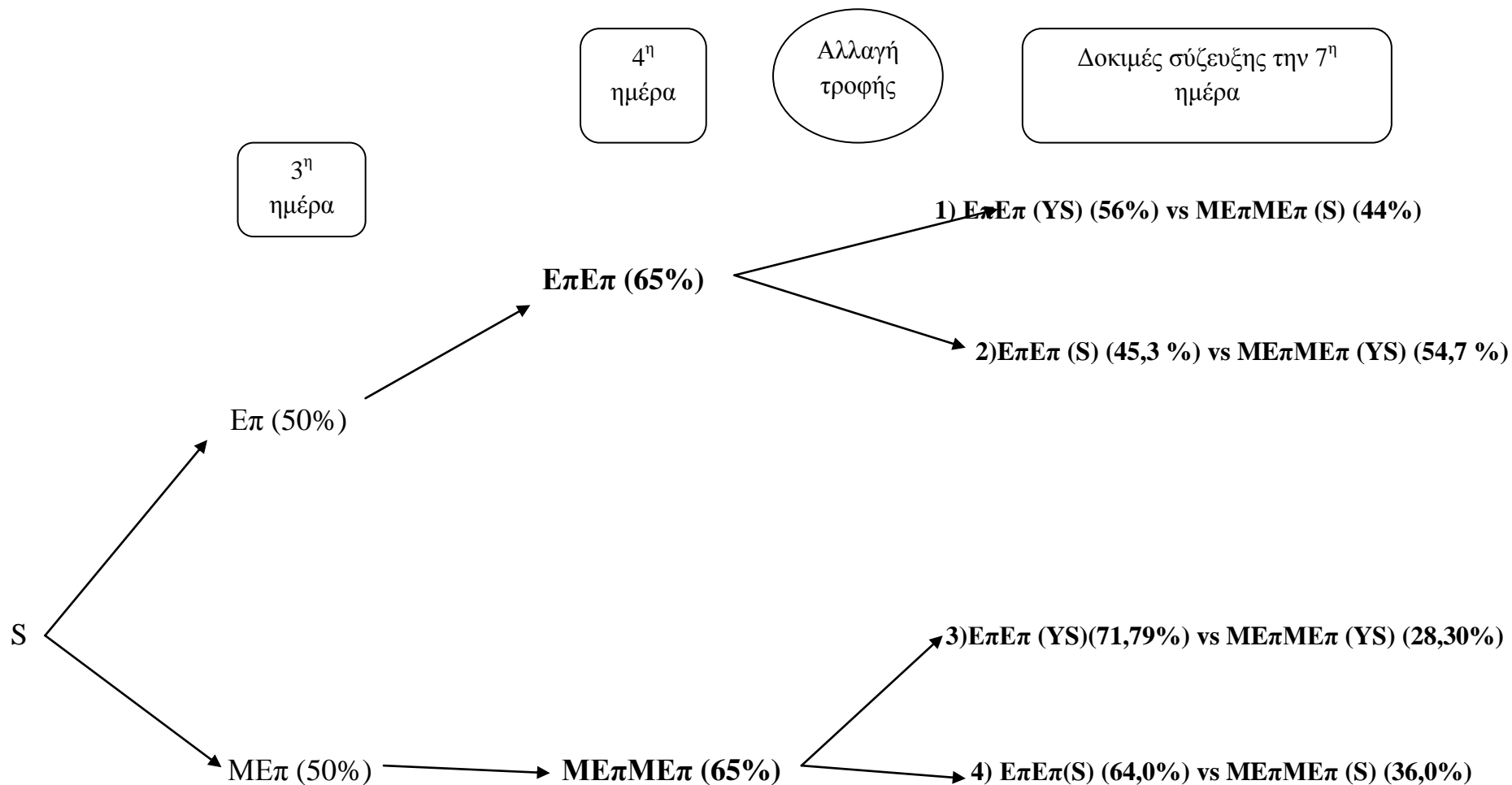
1.3.1 Επίδραση της ποιότητας των αρσενικών και της τροφής ενηλίκων στην επιτυχία σύζευξης.

Από το Διάγραμμα 2 και τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό σύζευξης το έχουν τα αρσενικά όταν η διατροφή τους από ζάχαρη άλλαξε σε πλήρης τροφή. Στατιστικώς σημαντικά διαφορές μεταξύ των 4 μεταχειρίσεων αλλαγής τροφής δεν παρατηρήθηκαν ($F=0.8$, $df=1$, $P>0,05$) καθώς επίσης και ούτε όταν συγκρίναμε τα ποσοστά σύζευξης σε κάθε μεταχείριση ξεχωριστά (χ^2 , $P >0,05$) διέφερε μόνο η μεταχείριση ΕπΕπ (YS) vs ΜΕπ.ΜΕπ (YS) με $P=0,05$.

Πίνακας 2: Επίδραση της τροφής των ενηλίκων και της «ποιότητας» στην επιτυχία σύζευξης των αρσενικών σε πειράματα επιλογής.

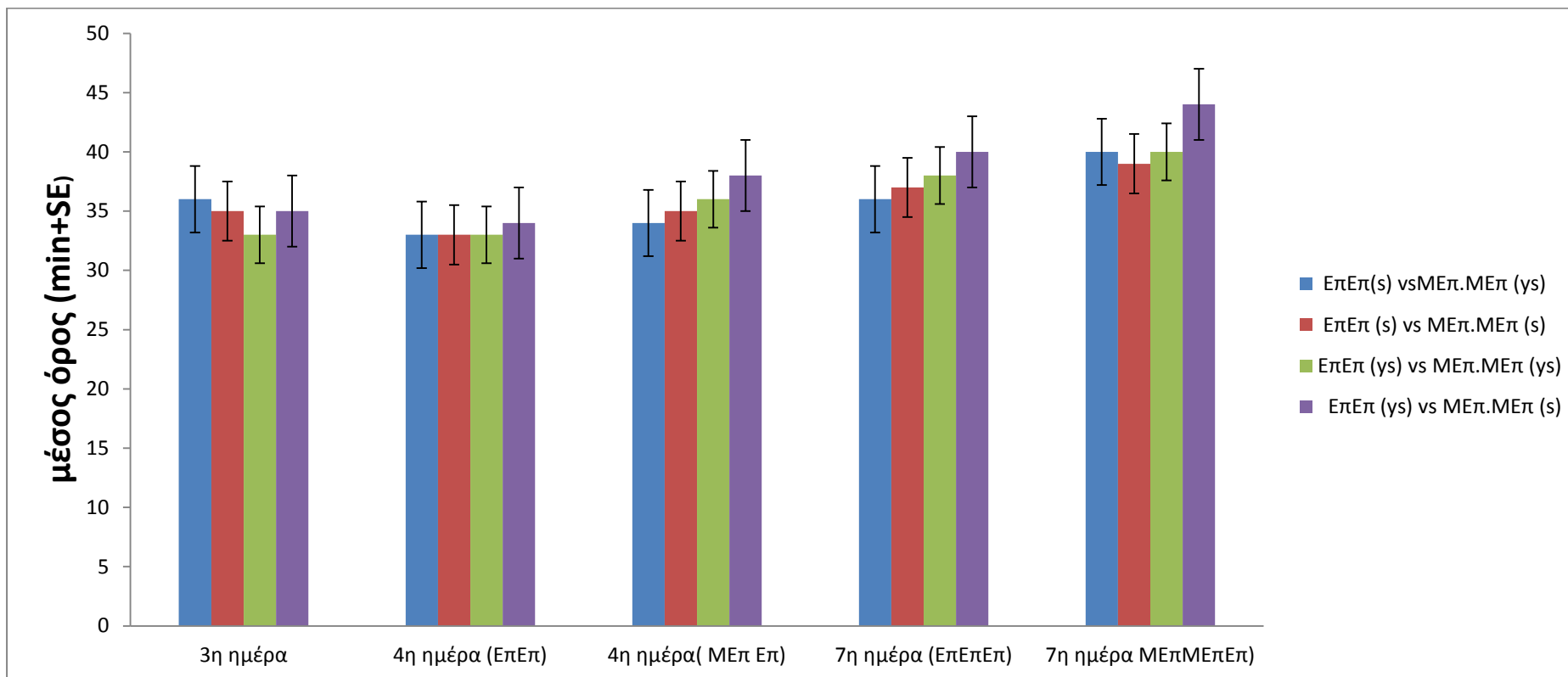
Ποσοστό (%) αρσενικών που επιλέχθηκαν για σύζευξη την 7^η ημέρα, καθώς και ποσοστό που παρέμειναν επιτυχημένα από την 3^η - 7^η ημέρα.

Δοκιμές σύζευξης	7 ^η ημέρα	x ² test			3 ^η ημέρα- 7 ^η ημέρα			
		x ² test	df	p	x ² test	df	p	
Επ-ΕπΕπ-ΕπΕπΕπ								
1) ΕπΕπ (S) vs ΜΕπ.ΜΕπ (YS)								
ΕπΕπ (S)	45,3	0,145	1	0,52	22,3	0,192	1	0,96
ΜΕπ.ΜΕπ (YS)	54,7							
2) ΕπΕπ (YS) vs ΜΕπ.ΜΕπ (YS)								
ΕπΕπ (YS)	71,7	0,472	1	0,05	38,3	0,97	1	0,84
ΜΕπΜΕπ. (YS)	28,3							
3) ΕπΕπ (S) vs ΜΕπΜΕπ (S)								
ΕπΕπ(S)	64,0	0,285	1	0,09	28,0	0,487	1	0,67
ΜΕπΜΕπ (S)	36,0							
4) ΕπΕπ(ys) vs ΜΕπ.ΜΕπ(s)								
ΕπΕπ(ys)	66,0	0,44	1	0,44	31,0	0,567	1	0,76
ΜΕπ.ΜΕπ(s)	34,0							



Διάγραμμα 2: Στο διάγραμμα αυτό απεικονίζονται οι διαφορετικοί συνδυασμοί σύζευξης των εντόμων στο πείραμα με την αλλαγή της συνθήκης τροφής καθώς και τα ποσοστά επιτυχίας τους στις δοκιμές σύζευξης τις 3 ημέρες διεξαγωγής των πειραμάτων.

Στο Διάγραμμα 3 δίνεται ο μέσος χρόνος για τα αρσενικά των διαφορετικών μεταχειρίσεων στις σχετικές δοκιμές σύζευξης. Οι συγκρίσεις μεταξύ των επιτυχημένων αρσενικών την 3^η και 4^η ημέρα δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στο χρόνο έως την σύζευξη. Παραπλήσια ήταν τα αποτελέσματα για τα μη επιλεγμένα αρσενικά που επιλέχθηκαν για σύζευξη την 7^η ημέρα ($F=1,2$, $df=1$, $P>0,05$). Συγκρίνοντας τους χρόνους έως την σύζευξη μεταξύ επιλεγμένων και μη επιλεγμένων αρσενικών που επιλέχθηκαν για σύζευξη την 7^η ημέρα διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στις μεταχειρίσεις ΕπΕπ(s) vs ΜΕπΜΕπ (ys) με $P=0,025$, ΕπΕπ (ys) vs ΜΕπΜΕπ (s) με $P< 0,00$.



Διάγραμμα 3 : Μέσος όρος χρόνου έως την σύζευξη (+ τυπικό σφάλμα) των επιτυχημένων αρσενικών στο πείραμα με την αλλαγή συνθήκης τροφής στις 3 μέρες δοκιμών σύζευξης.

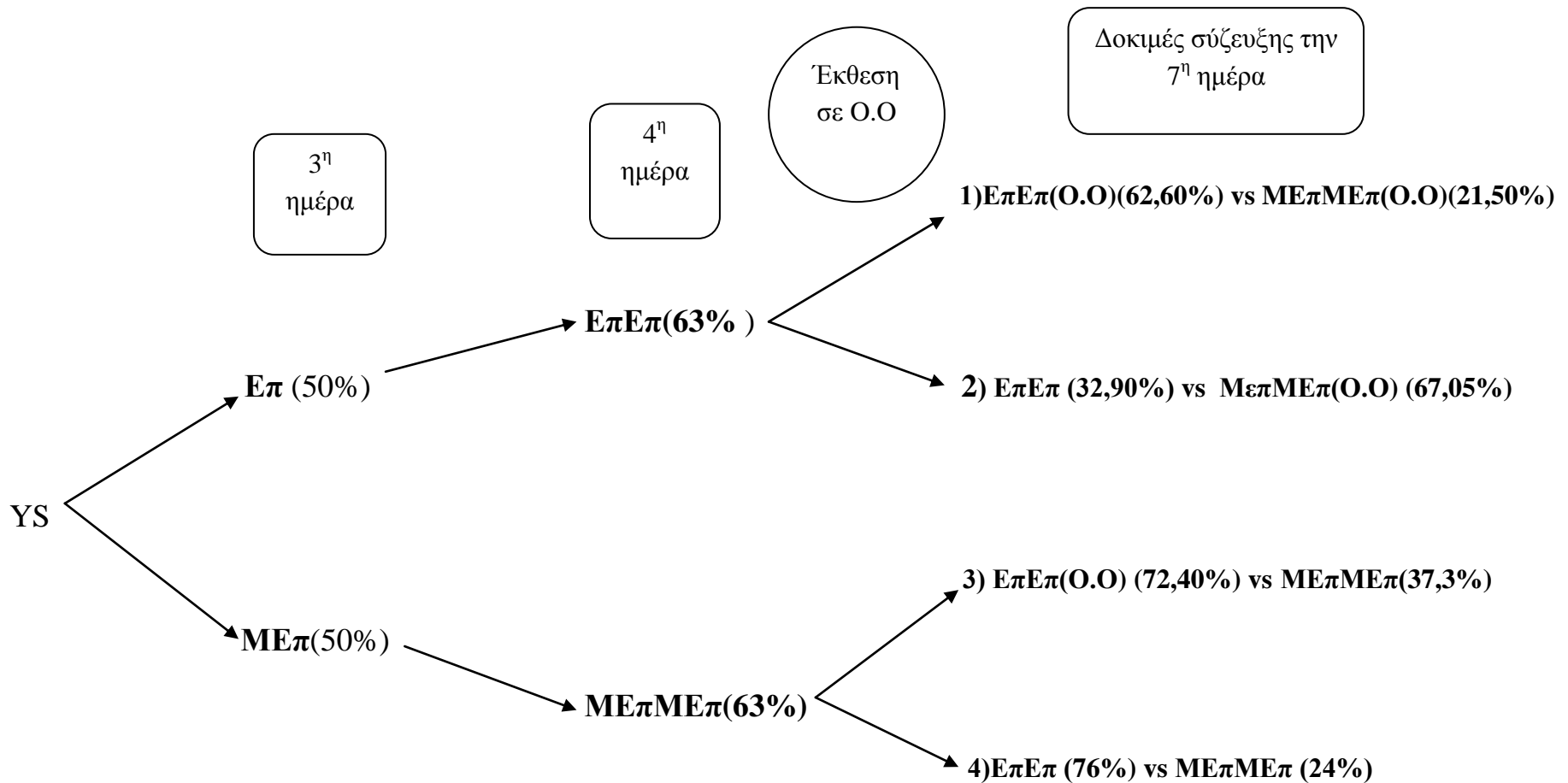
1.3.2 Επίδραση της ποιότητας των αρσενικών και της έκθεσης σε αιθέριο έλαιο στην επιτυχία σύζευξης.

Από τον Πίνακα 3 και το Διάγραμμα 4 προκύπτει ότι το αιθέριο έλαιο επηρέασε την επιλογή για σύζευξη. Συγκεκριμένα όταν τα μη επιλεγμένα αρσενικά της 4^{ης} ημέρας εκτέθηκαν σε αιθέριο έλαιο ενώ τα επιλεγμένα δεν εκτέθηκαν σε αιθέριο έλαιο το ποσοστό σύζευξης των μη επιλεγμένων ήταν υψηλότερο από το ποσοστό των επιλεγμένων μη εκτεθειμένων σε αιθέριο έλαιο. Στατιστικώς σημαντικά διαφορές μεταξύ των 4 μεταχειρίσεων αλλαγής τροφής δεν παρατηρήθηκαν ($F=1,2$, $df=1$, $P>0,05$) ούτε την 3^η ούτε την 4^η ημέρα. Στην σύγκριση των ποσοστών σύζευξης σε κάθε μεταχείριση την 7^η ημέρα βρέθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στις μεταχειρίσεις ΕπΕπ vs ΜΕπ.ΜΕπ (Ο.Ο) με $P= 0,001$, ΕπΕπ (Ο.Ο) vs ΜΕπΜΕπ με $P=0,003$ και ΕπΕπ (Ο.Ο) vs ΜΕπ.ΜΕπ (Ο.Ο) με $P=0,04$.

Πίνακας 3: Επίδραση της έκθεσης σε αιθέριο έλαιο των ενηλίκων και της «ποιότητας» στην επιτυχία σύζευξης των αρσενικών σε πειράματα επιλογής.

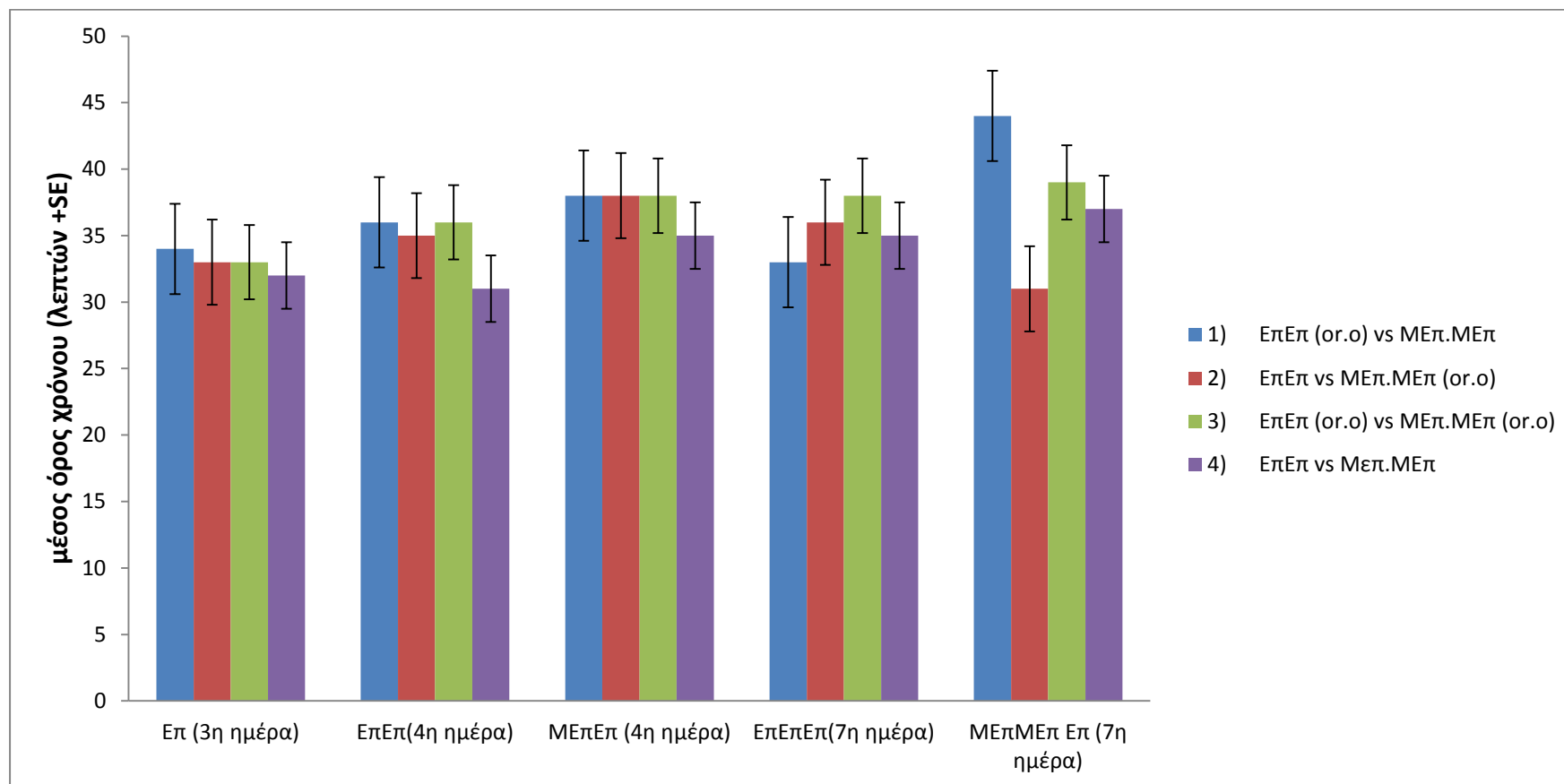
Ποσοστό (%) αρσενικών που επιλέχθηκαν για σύζευξη την 7^η ημέρα, καθώς και ποσοστό που παρέμειναν επιτυχημένα από την 3^η - 7^η ημέρα

Δοκιμές σύζευξης	7 ^η ημέρα	x ² test	df	p	3 ^η ημέρα- 7 ^η ημέρα	x ² test	df	p
	Επ-ΕπΕπ-ΕπΕπΕπ							
1) ΕπΕπ (Ο.Ο) vs ΜΕπΜΕπ								
ΕπΕπ(Ο.Ο)	72,4	0,473	1	0,003	48,9	0,504	1	0,599
ΜΕπΜΕπ	37,3							
2) ΕπΕπ vs ΜΕπΜΕπ (Ο.Ο)								
ΕπΕπ	32,9	14,44	1	0,001	19,8	12,28	1	0,003
ΜΕπΜΕπ(Ο.Ο)	67,05							
3) ΕπΕπ (Ο.Ο) vs ΜΕπ.ΜΕπ (Ο.Ο)								
ΕπΕπ (Ο.Ο)	62,6	0,504	1	0,04	37,2	0,482	1	0,589
ΜΕπΜΕπ (Ο.Ο)	37,3							
4) ΕπΕπ vs ΜΕπΜΕπ								
ΕπΕπ	76,0	0,382	1	0,06	38,3	0,513	1	0,497
ΜΕπΜΕπ	24,0							



Διάγραμμα 4: Στο διάγραμμα αυτό απεικονίζονται οι διαφορετικοί συνδυασμοί σύζευξης των εκτεθειμένων και μη εκτεθειμένων σε αιθέριο έλαιο εντόμων καθώς και τα ποσοστά επιτυχίας τους στις 3 δοκιμές σύζευξης .

Στο Διάγραμμα 5 δίνεται ο μέσος χρόνος για τα αρσενικά των διαφορετικών μεταχειρίσεων στις σχετικές δοκιμές σύζευξης. Οι συγκρίσεις μεταξύ των επιτυχημένων αρσενικών, την 3^η, την 4^η και την 7^η ημέρα δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στο χρόνο έως την σύζευξη. Παραπλήσια ήταν τα αποτελέσματα για τα μην επιλεγμένα αρσενικά που επιλέχθηκαν για σύζευξη την 7^η ημέρα ($F=1,4$, $df=1$, $P>0,05$). Παρατηρήθηκε επίσης η τάση τα εκτεθειμένα σε αιθέριο έλαιο αρσενικά να έχουν λιγότερο χρόνο έως την σύζευξη σε σχέση με τις δοκιμές σύζευξης προηγούμενων ημερών. Συγκρίνοντας τους χρόνους έως την σύζευξη μεταξύ επιλεγμένων και μη επιλεγμένων αρσενικών που επιλέχθηκαν για σύζευξη την 7^η ημέρα διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην μετααχείριση ΕπΕπ vs ΜΕπΜΕπ (ο.ο) με $P=0,002$.



Διάγραμμα 5: Μέσος όρος χρόνου έως την σύζευξη (+ τυπικό σφάλμα) των επιτυχημένων αρσενικών στο πείραμα με την έκθεση σε αιθέριο έλαιο στις 3 μέρες δοκιμών σύζευξης.

4.Συζήτηση

Τα αποτελέσματα του παρόντος κεφαλαίου δείχνουν ότι η τροφή διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή των αρσενικών καθώς επίσης και η έκθεση σε αιθέριο έλαιο. Σημαντικό ρόλο στην επιτυχία των αρσενικών για σύζευξη παίζει η έκθεση σε αιθέρια έλαια και η διατροφή τους. Σε κάθε περίπτωση η συνθήκη υπερισχύει της ποιότητας των αρσενικών.

Η παρούσα μελέτη έδειξε ότι η διαθεσιμότητα πρωτεΐνης αύξησε την σεξουαλική επιτυχία και διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην τελική επιλογή των "επιτυχημένων" αρσενικών από τα θηλυκά. Η προσθήκη πρωτεΐνης στην τροφή των ενηλίκων την 4^η ημέρα έχει σαν αποτέλεσμα τα αρσενικά που τρέφονται με την πλήρη τροφή να προτιμούνται από τα θηλυκά για σύζευξη ενώ εκείνα που παραμένουν σε ζάχαρη να μην προτιμούνται έναντι των αρσενικών που τράφηκαν με πλήρη τροφή. Υπάρχουν και άλλες μελέτες όπου η σεξουαλική συμπεριφορά και η διατροφή της μύγας της Μεσογείου είναι άρρηκτα συνδεδεμένες. Σε παλαιότερες μελέτες των Warburg & Yuval (1997) παρατηρήθηκαν ιδιαίτερα αυξημένα επίπεδα λιπιδίων σε αρσενικά που τρέφονταν με υδατάνθρακες σε αντίθεση με εκείνα που τρέφονταν με μίγμα πρωτεΐνης και ζάχαρης. Η μείωση των απαιτούμενων ενεργειακών αποθεμάτων των αρσενικών που τρέφονταν με ζάχαρη και πρωτεΐνη αποδόθηκε στην αυξημένη διάθεση τους για σύζευξη. Κατέληξαν επομένως ότι η διατροφή των αρσενικών με τροφές με υψηλή θρεπτική αξία (ζάχαρη και πρωτεΐνη) επιτρέπει στα αρσενικά να χρησιμοποιούν τα λιπίδια τους με καλύτερο τρόπο και τα κάνει πιο επιτυχημένα σε σχέση με άλλα που τρέφονται μόνο με ζάχαρη. Επομένως η σωστή διατροφή είναι καθοριστικός παράγοντας για την έναρξη της αναπαραγωγικής συμπεριφοράς των αρσενικών και εκείνα που τρέφονται με ζάχαρη και πρωτεΐνη έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα σύζευξης σε σχέση με αρσενικά που τρέφονται μόνο με ζάχαρη (Blay&Yuval, 1997).

Όσο αφορά στην επίδραση του αιθέριου ελαίου πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι η έκθεση των δίπτερων εντόμων της οικογένειας Tephritidae σε ερεθίσματα προερχόμενα από φυτά ξενιστές μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την σεξουαλική συμπεριφορά τους (ερωτοτροπία και σεξουαλικό κάλεσμα). Αυτό παρατηρείται και από τα αποτελέσματα των πειραμάτων της παρούσας διατριβής καθώς τα αρσενικά που εκτίθενται σε αιθέριο έλαιο γίνονται πιο ελκυστικά στα θηλυκά και προτιμούνται

για σύζευξη. Σε πειράματα υπαίθρου (Hendrichs & Hendrichs, 1990) σε οπωρώνες που περιείχαν εσπεριδοειδή διαπιστώθηκε παρατηρήθηκε ότι πάνω από 50% του ποσοστού συζεύξεων των εντόμων της μύγας της Μεσογείου πραγματοποιήθηκαν πάνω σε δέντρα πορτοκαλιάς.

Έτσι οι Shelly et al. (2007) πρότειναν την μέθοδο της αρωματοθεραπείας δηλαδή την έκθεση σε χημικά ερεθίσματα προερχόμενα από φυτά ξενιστές (αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού και έλαιο από ρίζες φυτού τζίντζερ) με στόχο την αύξηση του σεξουαλικού καλέσματος αλλά και της ικανότητας σύζευξης των αρσενικών που εξαπολύονται στα πλαίσια της μεθόδου των στειρών εντόμων.

Ο τρόπος με τον οποίο τα αιθέρια έλαια επιδρούν στην αύξηση του σεξουαλικού καλέσματος και γενικά στην ερωτοτροπία της μύγας της Μεσογείου δεν είναι γνωστός. Πιθανόν τα αιθέρια έλαια να περιέχουν αρκετές ουσίες που βρίσκονται και στην φερομόνη φύλου των αρσενικών (Howse & Knapp, 1996 : Light & Jang, 1996). Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι τα έντομα που εκτίθενται σε αιθέριο έλαιο χρησιμοποιούν αυτές τις ουσίες για την σύνθεση της φερομόνης τους μειώνοντας έτσι το μεταβολικό κόστος παραγωγής, ενώ αυξάνεται το διάστημα της σεξουαλικής ενεργής δραστηριότητας τους. Μια ακόμη εξήγηση στο πως το αιθέριο έλαιο επιδρά στη σεξουαλική επιτυχία είναι η αύξηση της ικανότητας σύζευξης μέσω της ενίσχυσης της οσμής του εξωσκελετού των αρσενικών προκαλώντας έτσι τα θηλυκά μέσω της αναγνώρισης της οσμής του αιθέριου ελαίου (Shelly et al., 2007).

Περαιτέρω έρευνες θα δώσουν ακόμα πιο ξεκάθαρα αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έχουν ως στόχο την καλύτερη κατανόηση της σεξουαλικής συμπεριφοράς της μύγας της Μεσογείου και παρουσιάζουν πρακτικό ενδιαφέρον. Η έκθεση των εντόμων σε αιθέριο έλαιο σε συνδυασμό με την κατάλληλη διατροφή θα μπορούσε να συντελέσει στην αύξηση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου εξαπόλυσης στειρωμένων εντόμων και στην ελάττωση του κόστους της.

2. Επίδραση δυο συνθηκών (μέγεθος και έκθεση σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού) στην επιτυχία σύζευξης «επιτυχημένων» αρσενικών.

5.1 Εισαγωγή

Το μέγεθος των ενηλίκων εντόμων είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην αναπαραγωγική τους επιτυχία (Fox & Czesak, 2006; Joyce et al., 2009). Από τους Anderson (1994) και Kaspi et al. (2000) έχει αποδειχθεί με βάση την θεωρία της σεξουαλικής επιλογής, ότι, γενικά αρσενικά με μεγαλύτερο μέγεθος σώματος έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες για σύζευξη. Πιθανόν, τα μεγαλύτερα αρσενικά υπερικχούν στον ανταγωνισμό με τα μικρότερα αρσενικά λόγω της εκδήλωσης αρτιότερης ερωτοτροπίας, παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας φερομόνης και υψηλότερη ποιότητα εκδήλωσης σεξουαλικού καλέσματος με μεγαλύτερη συχνότητα και επικρατούν στην μάχη μεταξύ τους. Επίσης μεγαλύτερα αρσενικά μπορεί να μεταφέρουν μεγαλύτερες ποσότητες σπερματοζωαρίων με αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των γονιμοποιήσεων (Taylor & Yuval, 1999; Bonduriansky & Rowe, 2003) την αύξηση της περιόδου επανασύζευξης ή και την μείωση της τάσης να ζευγαρώσουν ξανά (Aluja & Norrbom, 2001).

Σύμφωνα με τον Yuval et al. (1998) μεγάλα, υγιή αρσενικά που συμμετέχουν σε “leks” συχνά επιδεικνύουν μεγαλύτερη επιτυχία στην σύζευξη από ότι άλλα αρσενικά που τρέφονται λιγότερο καλά και είναι μικρότερου μεγέθους. Η σημασία του μεγέθους του σώματος στην επιτυχία σύζευξης της μύγας της Μεσογείου σχετίζεται με τον ανταγωνισμό μεταξύ των αρσενικών στα “leks” και την μεταγενέστερη επιλογή τους από τα θηλυκά (Anjos-Duarte et al., 2010).

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί μελετήθηκε αν το μέγεθος ή η έκθεση σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού αποτελούν σημαντικό εκτιμητή της επιτυχίας σύζευξης σε πειράματα επιλογής που σχετίζονται κυρίως με την διατροφή των ενηλίκων.

5.2 Υλικά και μέθοδοι

5.2.1 Πειραματική διαδικασία

Σε μια τρίτη σειρά πειραμάτων δοκιμών σύζευξης μελετήσαμε την επίδραση του συνδυασμού δυο συνθηκών στην επιτυχία σύζευξης των αρσενικών. Οι συνθήκες που επιλέχθηκαν ήταν το μέγεθος των αρσενικών και η έκθεση σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού.

Συγκεκριμένα τα αρσενικά διαχωρίστηκαν με βάση το μέγεθος (μήκος) της νύμφης. Ο διαχωρισμός έγινε με την βοήθεια στερεοσκοπίου όπου οι νύμφες διαχωρίστηκαν σε δυο ομάδες : μικρό μέγεθος (< 2,5 cm) και μεγάλο μέγεθος (> 3 cm). Τα ενήλικα που προέκυπταν από τις παραπάνω δυο κατηγορίες αμέσως μετά την έξοδο τους από το νυμφικό περίβλημα διαχωρίστηκαν σε αρσενικά και θηλυκά.

Τόσο τα μεγαλόσωμα αρσενικά (L) όσο και του μικρότερου μεγέθους (S) υποβλήθηκαν στην διαδικασία επιλογής των επιτυχημένων και μη επιτυχημένων (επιλεγόμενα για σύζευξη και μη αντίστοιχα) με την διαδικασία που περιγράψαμε στο Κεφάλαιο 3. Στην συνέχεια ανάλογα με την επιλεγόμενη δοκιμή σύζευξης επιτυχημένα και μη επιτυχημένα αρσενικά εκτίθονταν ή παρέμεναν μη εκτεθειμένα σε αιθέριο έλαιο όπως περιγράφεται σε παραπάνω κεφάλαιο και έτσι δημιουργήθηκαν 4 κατηγορίες: (α) μεγαλόσωμα αρσενικά εκτεθειμένα σε αιθέριο έλαιο, (β) μεγαλόσωμα αρσενικά μη εκτεθειμένα σε αιθέριο έλαιο, (γ) μικρόσωμα αρσενικά εκτεθειμένα σε αιθέριο έλαιο και (δ) μικρόσωμα αρσενικά μη εκτεθειμένα σε αιθέριο έλαιο. Οι δοκιμές σύζευξης έγιναν την 7^η ημέρα με τους παρακάτω συνδυασμούς και σύμφωνα με την διαδικασία που περιγράφεται στο πείραμα 1 του κεφαλαίου 3:

- 1) ΕπΕπL(O.O) vs ΕπΕπS(O.O)
- 2) ΕπΕπL vs ΜΕπΜΕπS(O.O)
- 3) ΜΕπΜΕπL(O.O) vs ΜΕπΜΕπS(O.O)
- 4) ΕπΕπL(O.O) vs ΜΕπΜΕπS

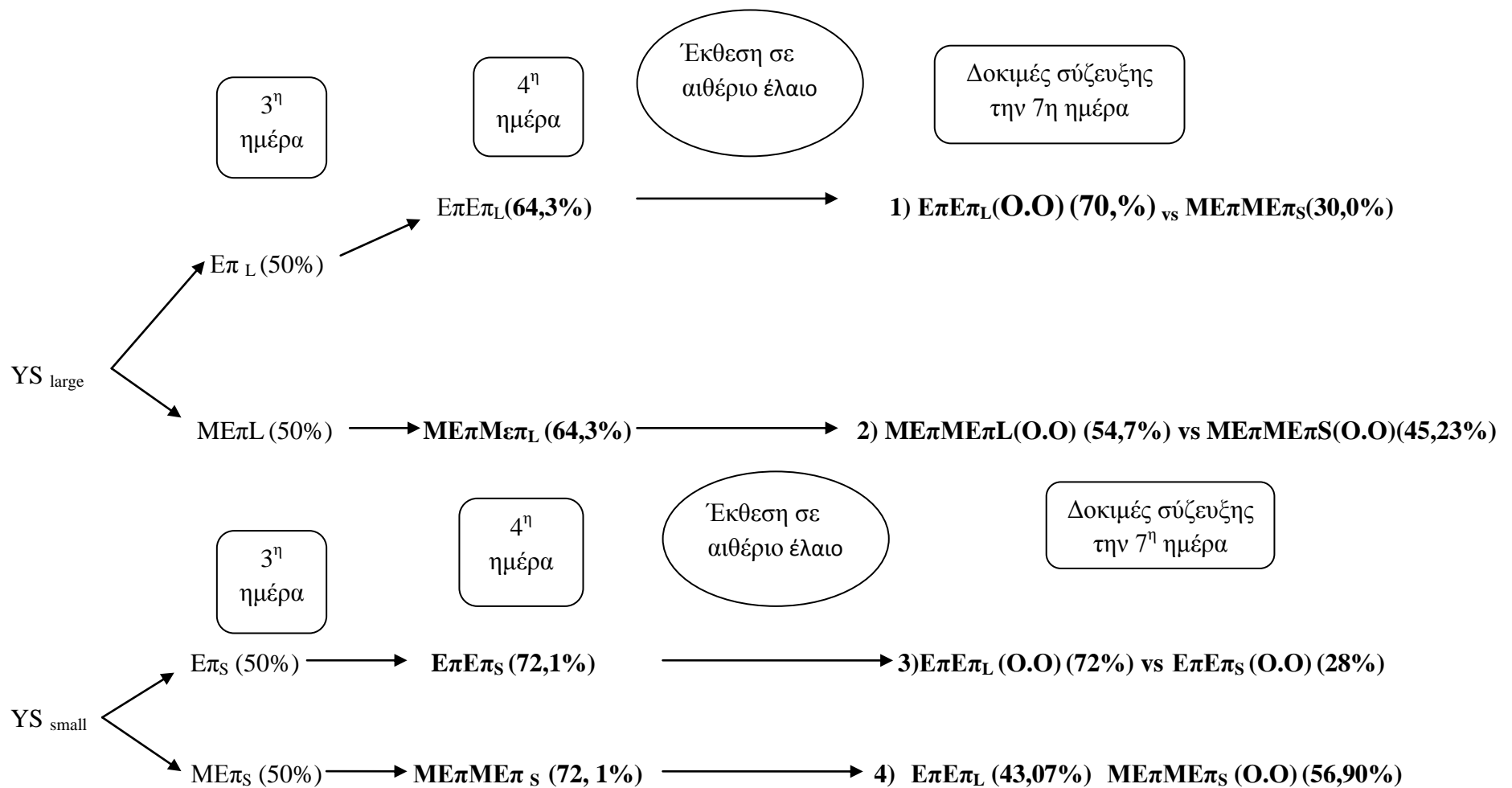
Με την παραπάνω πειραματική διαδικασία προσπαθήσαμε να κατανοήσουμε αν η επιλογή των αρσενικών με βάση το μέγεθος τους από τα θηλυκά συνεχίζει να ισχύει ακόμα και μετά την έκθεση σε αιθέριο έλαιο.

2.3 Αποτελέσματα

Από το Διάγραμμα 6 και τον Πίνακα 4 παρατηρούμε ότι η έκθεση σε αιθέριο έλαιο επηρέασε την επιλογή για σύζευξη των αρσενικών από τα θηλυκά. Μικρότερα σε μέγεθος αρσενικά εκτεθειμένα σε αιθέριο έλαιο προτιμήθηκαν έναντι μεγαλόσωμων μη εκτεθειμένων σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού. Την 3^η, την 4^η και την 7^η ημέρα τα ποσοστά σύζευξης δεν είναι στατιστικώς σημαντικά συγκρινόμενα και στις τέσσερις μεταχειρίσεις ($F=0,9$, $df=1$, $P>0,05$). Ωστόσο, συγκρινόμενα τα ποσοστά σε κάθε μεταχείριση παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικά διαφορές (χ^2 , $P < 0,05$) την 7^η ημέρα στις μεταχειρίσεις ΕπΕπL vs ΜΕπΜΕπS(O.O) με $P=0,03$, ΕπΕπL(O.O) vs ΕπΕπS(O.O) με $P=0,05$ και ΕπΕπL(O.O) vs ΜΕπΜΕπS με $P=0,04$.

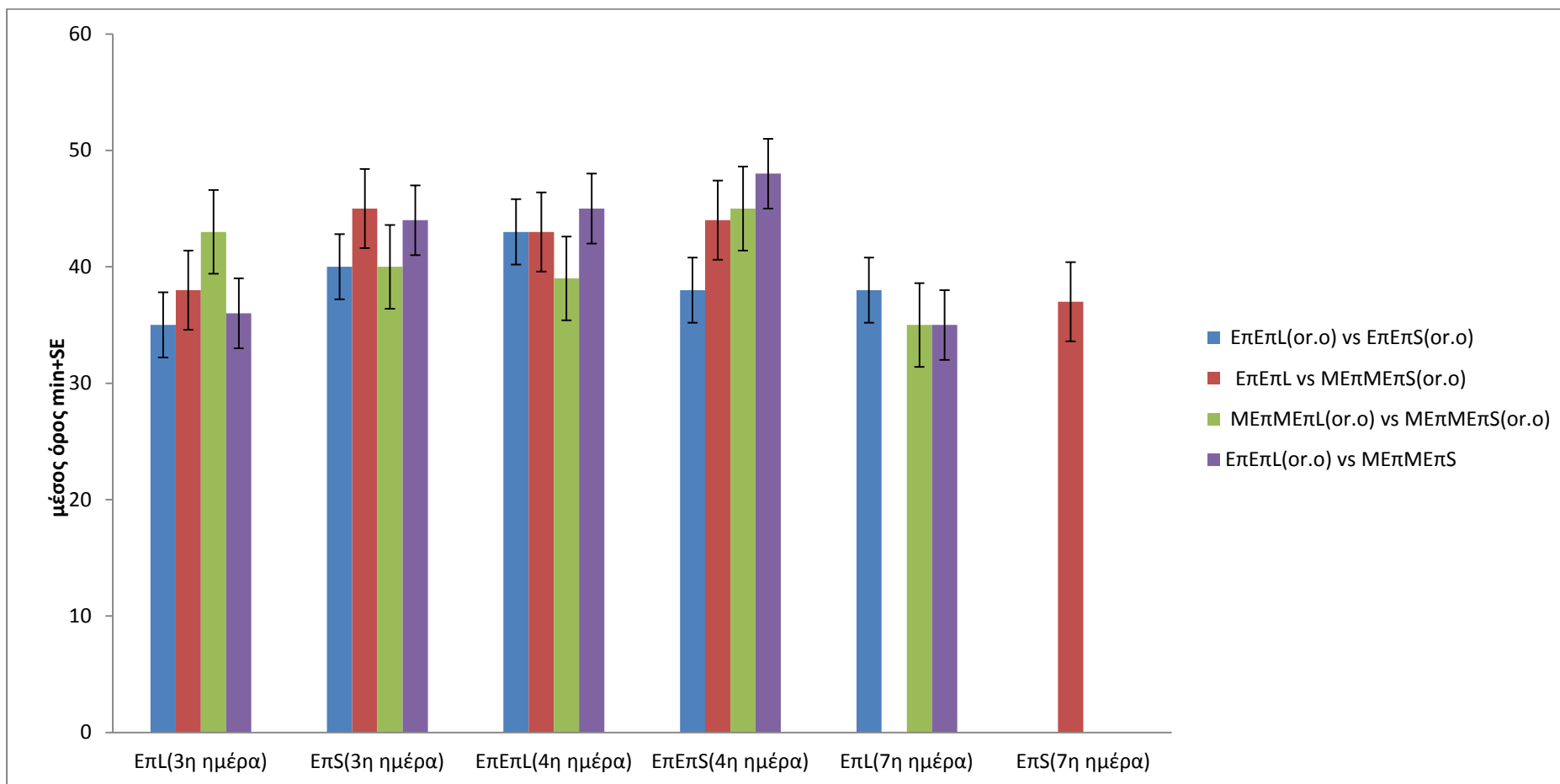
Πίνακας 4: Ποσοστό (%) που χαρακτηρίστηκαν επιτυχημένα για σύζευξη 7^η (3^η δοκιμή σύζευξης) ημέρα καθώς και ποσοστό (%) που παρέμειναν επιτυχημένα από την 3^η ημέρα έως και την 7^η ημέρα.

	7 ^η ημέρα	x ² test	df	p	3 ^η ημέρα- 7 ^η ημέρα	x ² test	df	p
Επ-ΕπΕπ-ΕπΕπΕπ								
1) ΕπΕπL(O.O) vs ΕπΕπS(O.O)								
ΕπΕπL(O.O)	72,0	1,095	1	0,05	40,9	1,002	1	0,732
ΕπΕπS(O.O)	28,0							
2) ΕπΕπL vs ΜΕπΜΕπS(O.O)								
ΕπΕπL	43,1	4,388	1	0,031	21,3	3,022	1	0,043
ΜΕπΜΕπS (O.O)	56,9							
3) ΜΕπΜΕπL(O.O) vs ΜΕπΜΕπS(O.O)								
ΜΕπΜΕπL (O.O)	54,7	0,564	1	0,342	-	-	-	-
ΜΕπΜΕπS (O.O)	45,3							
4) ΕπΕπL(O.O) vs ΜΕπΜΕπS								
ΕπΕπL(O.O)	70,0	1,182	1	0,04	50,4	1,121	1	0,644
ΜΕπΜΕπS	30,0							



Διάγραμμα 6 : Στο διάγραμμα αυτό απεικονίζονται οι διαφορετικοί συνδυασμοί σύζευξης των μικρών και μεγάλων εντόμων εκτεθειμένων και μη εκτεθειμένων σε αιθέριο έλαιο καθώς και τα ποσοστά επιτυχίας τους στις 3 δοκιμές σύζευξης.

Στο Διάγραμμα 7 δίνεται ο μέσος όρος λεπτών και το τυπικό σφάλμα των αρσενικών του χρόνου έως την σύζευξη στις 3 δοκιμές σύζευξης. Από τα αποτελέσματα και το διάγραμμα αποδεικνύεται ότι επίδραση του αιθέριου ελαίου μείωσε τον χρόνο ως την σύζευξη είτε και στα μικρά και στα μεγάλα αρσενικά έντομα ακόμα και όταν τα μικρά έντομα δεν είχαν επιλεχθεί την 4^η ημέρα. Σε κάθε πείραμα ο χρόνος που έκαναν τα εκτεθειμένα σε αιθέριο έλαιο έντομα ήταν μικρότερος από αυτά που δεν είχαν εκτεθεί. Με την ανάλυση της παραλλακτικότητας (ANOVA) οι χρόνοι έως τη σύζευξη δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους ($F=1,3$, $df=1$, $P>0,05$) την 3^η, 4^η και 7^η ημέρα και στις 4 μεταχειρίσεις. Συγκρίνοντας τους χρόνους σε κάθε μεταχείριση μεταξύ επιτυχημένων και μη επιτυχημένων στατιστικώς σημαντικές διαφορές βρέθηκαν στις μεταχειρίσεις ΜΕπΜΕπL(O.O) vs ΜΕπΜΕπS(O.O) με $P=0,033$, ΕπΕπL(O.O) vs ΕπΕπS(O.O) με $P=0,001$.



Διάγραμμα 7: Μέσος όρος σε λεπτά του χρόνου έως την σύζευξης (+ τυπικό σφάλμα) των αρσενικών (μικρών και μεγάλων) του χρόνου έως την σύζευξη στις 3 δοκιμές σύζευξης.

2.4 Συζήτηση

Η παρούσα μελέτη έδειξε ότι η έκθεση σε αιθέριο έλαιο των αρσενικών εντόμων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή τους από τα θηλυκά ανεξαρτήτως μεγέθους το οποίο σύμφωνα με τα αποτελέσματα αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην επιλογή για σύζευξη.

Σε προηγούμενες μελέτες των Anjos-Duarte et al. (2010) και Silva-Neto et al. (2012) με εργαστηριακούς πληθυσμούς της μύγας της Μεσογείου απέδειξαν ότι ανεξάρτητα από το μέγεθος τους τα θηλυκά άτομα προτίμησαν να ζευγαρώσουν με αρσενικά μεγαλύτερα ακόμα κι αν τα αρσενικά βρίσκονταν σε μεγαλύτερες αναλογίες. Παρόμοιες μελέτες με άγρια έντομα έδωσαν αμφιλεγόμενα αποτελέσματα (Arita & Kaneshiro, 1988). Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης αποδεικνύουν ότι η έκθεση σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού υπερισχύει της ποιότητας των αρσενικών, καθώς μικρότερα σωματικά αρσενικά εκτεθειμένα σε αιθέριο έλαιο προτιμούνται έναντι άλλων μεγαλύτερων μη εκτεθειμένων. Όπως και στα παραπάνω πειράματα η συνθήκη υπερισχύει της ποιότητας. Οι Orozco & Lopez (1993) καθώς και οι Blay & Yuval (1997) έχουν αναφέρει άμεσες σχέσεις μεταξύ του μεγέθους των αρσενικών και της επιτυχίας για σύζευξη, ενώ οι Whittier & Kaneshiro (1994), Hunt et al. (1998) και Aluja et al. (2008) απέδειξαν ότι το μέγεθος του σώματος από μόνο του δεν είναι το μόνο χαρακτηριστικό που επηρεάζει την σεξουαλική επιτυχία.

Όταν όμως τα αρσενικά δέχονται την επίδραση του αιθέριου ελαίου το μέγεθος του σώματος φαίνεται να μην παίζει και τόσο σημαντικό ρόλο καθώς μικρότερα σωματικά αρσενικά εκτεθειμένα σε αιθέριο έλαιο υπερισχύουν στην επιλογή για σύζευξη σε σχέση με μεγαλύτερα σωματικά αρσενικά τα οποία ήταν επιτυχημένα και επιλεγμένα για σύζευξη πριν την έκθεση των μικρότερων σε αιθέριο έλαιο. Αποδεικνύεται επομένως, ότι η επίδραση του αιθέριου ελαίου υπερισχύει συγκριτικά με το μέγεθος. Επιπλέον μελέτες καθώς και περισσότεροι συνδυασμοί σύζευξης θα μπορούσαν να επιβεβαιώσουν τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας σχετικά με την επίδραση του αιθέριου ελαίου στην επιλογή των αρσενικών από τα θηλυκά ανεξάρτητα από το μέγεθος τους.

3. Γενικά συμπεράσματα και προοπτικές πρακτικής εφαρμογής των αποτελεσμάτων

Από τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής προκύπτει η συνθήκη υπερισχύει της ποιότητας των αρσενικών. Ουσίες που προέρχονται από φυτά ξενιστές διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην σεξουαλική συμπεριφορά των δίπτερων εντόμων της οικογένειας Terphritidae και συγκεκριμένα της μύγας της Μεσογείου καθώς επίσης και ότι η διατροφή των ενήλικων αρσενικών (πρωτεΐνη και ζάχαρη) αποτελεί παράγοντα στην επιλογή τους για σύζευξη από τα θηλυκά. Επιπρόσθετα, το μέγεθος του σώματος των αρσενικών που σε προηγούμενες μελέτες βρέθηκε ότι επηρεάζει την επιλογή των θηλυκών με την έκθεση σε αιθέριο έλαιο φαίνεται να μην έχει την ίδια επίδραση στην τελική επιλογή τους.

Πιο συγκεκριμένα, η έκθεση σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού αυξάνει την ικανότητα σύζευξης των αρσενικών εντόμων της μύγας της Μεσογείου. Βρέθηκε επίσης ότι με την έκθεση σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού μειώνεται ο χρόνος έως την σύζευξη. Επιπλέον βρέθηκε ότι, η επίδραση της έκθεσης σε αιθέριο έλαιο υπερισχύει της επιλογής βάση του μεγέθους του σώματος. Μικρόσωμα άτομα που δεν ήταν επιλεγμένα στην αρχή μετά την έκθεση τους σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού προτιμήθηκαν για σύζευξη από τα θηλυκά έναντι μεγαλύτερων σωματικά εντόμων που στις αρχικές δοκιμές σύζευξης είχαν επιλεγθεί.

Επιπρόσθετα βρέθηκε ότι, η προσθήκη πρωτεΐνης στην διατροφή των ενήλικων αρσενικών έχει ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη επιλογή τους από τα θηλυκά. Αρσενικά που τρέφονταν με ζάχαρη δεν ήταν το ίδιο επιτυχημένα στην σύζευξη έναντι άλλων αρσενικών που τρέφονταν με πλήρης τροφή. Ο χρόνος έως την σύζευξη δεν επηρεάστηκε ιδιαίτερα από την αλλαγή της συνθήκης τροφής.

Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας δίνουν χρήσιμες πληροφορίες για την καλύτερη κατανόηση της σεξουαλικής συμπεριφοράς της Μύγας της Μεσογείου και πιο συγκεκριμένα πως επιδρά η τροφή και η έκθεση σε αιθέριο έλαιο στην ερωτοτροπία και στο σεξουαλικό κάλεσμα καθώς μπορούν επίσης να αποκτήσουν και πρακτικό ενδιαφέρον. Η καλύτερη κατανόηση μπορεί να αποτελέσει την βάση για την εξεύρεση νέων μεθόδων και σκευασμάτων για την αντιμετώπιση των ζημιών που οφείλονται στην μύγα της Μεσογείου. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν

μελλοντικά για διάφορα προγράμματα εξαπόλυσης στείρων εντόμων (SIT – Sterile Insect Technique) έχοντας σαν στόχο να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα της μεθόδου αυτής . Είναι γνωστό ότι η ικανότητα σύζευξης των στείρων αρσενικών επηρεάζεται εκτός από τη ραδιενεργό ακτινοβολία στην οποία εκτίθενται και από τη τροφή των ενηλίκων καθώς η τροφή αποτελεί μια ιδιαίτερη παράμετρο που καθορίζει την επιτυχία του προγράμματος εξαπόλυσης στείρων εντόμων. Η έκθεση των εντόμων σε ουσίες που προέρχονται από φυτά ξενιστές (αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού) σε μαζική κλίμακα θα μπορούσε να συντελέσει στην αύξηση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου εξαπόλυσης στερημένων εντόμων και στην ελάττωση του κόστους της.

Δεδομένου ότι η επιτυχία της τεχνικής της εξαπόλυσης στερημένων εντόμων εξαρτάται από σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ άγριων και εργαστηριακών πληθυσμών των μυγών των φρούτων, η σημασία του αρσενικού μεγέθους σε επιτυχή ζευγαρώματα μεταξύ των άγριων πληθυσμών, θα βοηθήσει στην θέσπιση κριτηρίων για τον έλεγχο των εργαστηριακών φυλών, έτσι ώστε να μπορούν να παραχθούν πιο ανταγωνιστικά άτομα και η τεχνική SIT να γίνει πιο αποτελεσματική. Πειράματα επίσης θα πρέπει να γίνουν και σε κλουβιά υπαίθρου εξομοιώνοντας στο μέγιστο δυνατό τις συνθήκες που επικρατούν στο φυσικό περιβάλλον. Ακόμα θα μπορούσε να εξεταστεί και ο κατάλληλος συνδυασμός τροφής ενηλίκων και έκθεσης σε αιθέριο έλαιο καθώς αυτό θα μπορούσε να έχει μεγάλη αποτελεσματικότητα στην τεχνική SIT.

Η παρούσα διατριβή συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση της σεξουαλικής συμπεριφοράς της μύγας της Μεσογείου. Μελλοντικά πειράματα θα μπορούσαν να επιβεβαιώσουν τα ευρήματα αυτής της εργασίας. Τα έντομα που έχουν εκτεθεί σε κάποιο χημικό ερέθισμα είναι περισσότερο ανταγωνιστικά στην στο σεξουαλικό κάλεσμα ακόμα και όταν είναι μικρότερα σε μέγεθος, ανάλογη επίδραση έχει και η διατροφή των εντόμων καθώς η προσθήκη πρωτεΐνης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της σεξουαλικής επιτυχίας. Η έκθεση επομένως των εντόμων σε ουσίες από φυτά ξενιστές σε συνδυασμό με την κατάλληλη διατροφή θα μπορούσαν να συντελέσουν στην αύξηση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου εξαπόλυσης στερημένων εντόμων και στην ελάττωση του κόστους της.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-REFERENCES

Alcock J. & Pyle D.W., 1979. The complex courtship of *Physiphera dematata* (F) ,(Diptera:Otitidae) *Zeitschrift für Tierpsychologie* 49:352-362.

Alcock J., 1977. *Animal behavior* 6th ed., Simauers, Sunderland Massachusetts.

Andersson, M. 1994 *Sexual selection*. Princeton University Press

Anderson M., 1994. *Sexual selection*. Princeton University Press, Princeton, NJ

Aluja M. & Norrbom A.L., 2001. *Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and evolution of behavior*. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Aluja M., Rull J., Sivinski J., Trujillo-Rodriguez G. & Pérez-Staples D., 2008. Male and female condition influence mating performance and sexual receptivity in two tropical fruit flies (Diptera: Tephritidae) with contrasting life histories. *J Insect Physiol* 55:1091–1098

Anjos-Duarte C.S, Costa A.M. & Joachim-Bravo I.S., 2010. Sexual behaviour of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae): the influence of female size on mate choice. *J Appl Entomol* 1:1–7

Arita L.H. & Kaneshiro K.Y., 1985. The dynamic of the lek system and mating success in males of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. *Proceedings of the Hawaiian Entomology Society*, 26, 27-30.

Arita L.H & Kaneshiro K.Y., 1988. Body size and differential mating success between males of two populations of the Mediterranean fruit fly. *Pacific Science Center* 42:173–177

Back E.A. & Pemberton C.E., 1918. *The Mediterranean fruit fly in Hawaii*. United States Department of Agriculture Bulletin, No. 536, Government Printing Office, Washington D.C. USA. pp. 1-118.

Blay S. & Yuval B., 1997. Nutritional correlates of reproductive success of male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Animal Behaviour* 54: 59-66.

Bonizzoni M., Malacrida A.R., Guglielmino C.R., Gomulski L.M., Gasperi G. & Zheng L., 2000. Microsatellite polymorphism in the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. *Insect Molecular Biology*, 9(3): 251 – 261.

Bonduriansky R. & Rowe L., 2003. Interactions among mechanisms of sexual selection on male body size and head shape in a sexually dimorphic fly. *Evolution* 57:2046–2053

Briceno R.D., Ramos D. & Eberhard W.G, 1996. Courtship behavior of male *Ceratitis capitata* (Diptera:Tephritidae) associated with geography, mass rearing, and courtship success. *Florida Entomologist* 85(1): 32-40.

Briceno R.D. & Eberhard W.G, 2000. Male wing positions during courtship by Mediterranean fruit flies *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 73, 143-147.

Byers John A. & Waits Lisette, 2006. "Good genes sexual selection in nature". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 103 (44): 16343–16344.

Cangussu, J.A. & F.S. Zucoloto. 1997. Effect of protein sources on fecundity, food acceptance and sexual choice by *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). *Revista Brasileira de Biologia*. 57: 611-618.

Christenson L.D. & Foote R.H., 1960. Biology of fruit flies. *Annual Review of Entomology* , 5, 171-192.

Dyck V.A., Hendrichs J. & Robinson A.S., 2005 .Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management. Dordrecht, The Netherlands

Eberhard W.G., 2000. Sexual behavior and sexual selection in the medfly, *Ceratitis capitata*. In Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behavior Ed. By M.Aluja and A.L Norrbom, pp. 457-487, CRC Press.

Falconer D.S. & Mackay T., 1989. Introduction to quantitative genetics. Addison Wesley Longman Limited. Essex, England.

Fox C.W. & Czesak M.E., 2006. Selection on body size and sexual size dimorphism differs between host species in a seed-feeding beetle. *J Evol Biol* 19:1167–1174.

Fletcher B.S., 1989. Ecology; movements of tephritid fruit flies. In: World Crop Pests 3(B). Fruit flies; their biology, natural enemies and control (Ed. by Robinson, A.S.; Hooper, G.), pp. 209-219. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.

Gonzalez J. & Troncoso P., 2007. The fruit fly exclusion programme in Chile, pp. 641–651. In M.J.B. Vreysen, A.S. Robinson, and J. Hendrichs (eds.), Area-wide control of insect pests: from research to field implementation. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

Gwynne D.T., 1988. Courtship feeding and the fitness of female katydids (Orthoptera, Tettigoniidae). *Evolution* 42: 545-555.

Haniotakis G., Kozyakis T., Fitsakis T. & Antonidaki A., 1991. An effective mass trapping method for the control of *Dacus oleae* (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 84: 564-569.

Hendrichs J., Franz G. & Rendon P., 1995. Increased effectiveness and applicability of the sterile insect technique through male-only releases for control of Mediterranean fruit flies during fruiting season. *J. Appl. Entomol.* 119: 371-377.

Hendrichs J., J. Reyes & M. Aluja, 1989. Behaviour of female and male Mediterranean fruit flies, *Ceratitis capitata* in and around jackson traps placed on fruiting host trees. *Insect Science and its Application* 10: 285–294.

Hendrichs J. & Hendrichs M.A., 1990. Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in nature: Location and diel pattern of feeding and other activities on fruiting and nonfruiting hosts and nonhosts. *Annals of the Entomological Society of America* 83: 632-641.

Hendrichs J., Robinson A.S., Cayol J.P. & Enkerlin W., 2002. Medfly area wide sterile insect technique programmes for prevention, suppression or eradication : The importance of mating behavior studies. *Florida Entomologist*, 85, 1-13.

Howse P.E. & J. J. Knapp, 1996. Pheromones of Mediterranean fruit fly: presumed mode of action and implications for improved trapping techniques, pp. 91-99. *In* Fruit Fly Pests A World Assessment of Their Biology and Management, B. A. McPheron and G. J. Steck, [eds]. St. Lucie Press, Delray Beach, Florida.

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). *Biol J Linn Soc* 64:385–396

Zakim K. & Vessey D.A., 1975. Regulation of microsomal enzymes by phospholipids. IX. Production of uniquely modified forms of microsomal UDP-glucuronyltransferase by treatment with phospholipase A and detergents. *Biochim. Biophys. Acta* 410 (1): 61-73.

Jang E.B. & Light D.M., 1996. Olfactory semiochemicals of Tephritids , p. 73-89. , *In* E.B McPheron and Steck G.J., eds, *Fruit Fly Pests: AWorld Assessment of their Biology and Management* . St. Lucir Press.

Kapsi R., Taylor W. & Yuval B., 2000. Diet and size influence sexual advertisement and copulatory success of males in Mediterranean fruit fly leks. *Ecological Entomology* 25: 279-284.

Katsoyannos B.I., Heath R.R., Papadopoulos N.T., Hendrichs J. & Kouloussis N.A., 1999. Evaluation of synthetic food-based attractants for female Mediterranean fruit flies (Diptera:Tephritidae) in McPhail type traps. *Journal of Applied Entomology* , 123, 607-612.

Katsoyannos B.I., Kouloussis N.A. & Papadopoulos N.T., 1997. Response of *Ceratitidis capitata* to citrus chemicals under semi- natural conditions. *Entomologia Experimentalis Applicata* 83:181-188

Katsoyannos P., 1996. Integrated Insect Pest Management for Citrus, In Northern Mediterranean Countries, Benakio Phytopathological Institute, Athens.

Katsoyannos, B.I., N.A. Kouloussis & N.T. Papadopoulos, 1997. Response of *Ceratitidis capitata* to citrus chemicals under semi-natural conditions. *Entomol. Exp. Appl.* 82: 181-188.

Kouloussis N.A., Papadopoulos N.T., Müller H.G., Wang J.L., Mao M., Katsoyannos B.I., Duyck P.F. & Carey J.R., 2009. Life table assay for assessing relative age bias in medfly capture methods. *Entomol experimentalis et applicata.* 132:172–181.

Landlot P.J. & T.W. Phillips, 1997. Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. *Ann. Rev. Entomol.* 42: 371-391

Lux S.A., Munyiri F.N, Vilardi J.C., Liedo P., Economopoulos A., Hasson O., Quilici S., Gaggi K., Cayol J.P. & Rendon P., 2002. Consistency in courtship pattern among population of medfly (Diptera: Tephritidae): Comparisons among wild strains and strains mass reared for sit operations. *Florida Entomologist*, 85, 113-125.

Mansour J. & Franz G., 1996. A rapid test for distinguishing irradiated from unirradiated Mediterranean fruit-fly, *Ceratitidis capitata*, larvae. In: *Fruit fly pests: a world assessment of their biology and management.* Bruce A. McPherson, Gary J. Steck (eds). St. Lucie Press. pp. 505-510.

Mavrikakis S. P.G., Economopoulos A.P. & Carey J.R., 2000. Continuous winter reproduction and growth of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Heraklion, Crete, Southern Greece. *Environ Entomol* 29(6), 1180-1187

McLain D.K. & Marsh N.B., 1990. Male copulatory success: heritability and relationship to mate fecundity in the southern green stinkbug, *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Heredity* 64: 161-167.

Mithcell W.C. & S.H Saul, 1990. Current control methods for the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*, and their application in the U.S.A.. *Review of Agricultural Entomology* 78: 923-940.

Moore A.J., 1989. Sexual selection in *Nauphoeta cinerea*: Inherited mating preference? *Behav. Genet.* 19: 712-724.

Nakagawa S., Cunnigman R.T. & Urago T., 1971. The repellent effect of high trimedlure concentrations in plastic traps to Mediterranean fruit fly in Hawaii. *Journal of Economic Entomology* 64:762-763.

Nijhoot H.F., 2003. Development and evolution of adaptive polyphenisms. *Evolution & Development* 5, 9-18. of champions or kiss of death? Survival and sexual performance of protein-fed, sterile Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist* 90 (1): 115-12.

Orozco D. & Lopez R.O., 1993. Mating competitiveness of wild and laboratory mass-reared medflies: Effect of male size. In: Aluja M, Liedo P (eds) *Fruit flies: Biology and management*. Springer, NY, pp 185–188

Papadopoulos N.T., 2004. Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). In *Encyclopedia of Entomology* (ed J. Caminera), Vol. 2, pp. 1367-1370. Kluwer Academic Press.

Papadopoulos N.T., Katsoyannos B.I. & Carrey J.R., 1998. Temporal changes in the composition of the overwintering larval population of the Mediterranean fruit fly (Diptera:Tephritidae) in Northern Greece. *Annals of the Entomological Society of America* Vol.91, no. 4:430-434.

Papadopoulos N.T., Katsoyannos B.I. & Carrey J.R., 2002. Demographic parameters of the Mediterranean fruit fly (Diptera :Tephritidae) reared in apples. *Annals of the Entomological Society of America* Vol.95, no.5 : 564-569.

Papadopoulos N.T., T.E. Shelly., Niyazi & E. Jang, 2006. Old factory and behavioral mechanisms underlying enhanced mating competitiveness following exposure to ginger root oil and orange oil in males of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Insect Behavior* 19(3) : 403-418.

Papadopoulos, N.T., B.I. Katsoyannos, N.A. Kouloussis & J. Hendrichs. 2001. Effect of orange peel substances on mating competitiveness of male *Ceratitis capitata*. *Entomol. Exp. Appl.* 99: 253-261

Prokopy R.J., A.L. Averill, T.A. Green & T.Y. Wong, 1993. Does food shortage cause fruit flies (Diptera: Tephritidae) to “dump” eggs? *Ann. Ent. Soc. Am.* 86: 362-365.

Prokopy P.J & Hendricks 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.

Prokopy R.J., Ziegler J.R & Wong T.T.Y, 1978. Deterrence of Repeated Oviposition by fruit –marking Pheromone in *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of chemical ecology*, 4, 5-63.

Robinson A.S., Cayol J.P., & Hendrichs J., 2002. Recent findings on medfly sexual behavior:Implications for sit. *Florida Entomologist* , 85, 171-181.

Shelly T. E., 1999. Trimedlure and the mating competitiveness of irradiated male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Environ. Entomol.* 28: 780-786.

Shelly T.E, Dang C. & Kenelly S., 2004. Exposure to orange (*Citrus cinensis* L.) trees, fruit, and oil enhances mating success of male Mediterranean fruit flies (*Ceratitis capitata* Wiedemann). *Journal of Insect Behavior* 17, 303-315.

Shelly T.E, Kenelly S. & McInnis 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, Edu J. & Pahio E., 2008. Age-dependent variation in mating success of sterile male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae): Implications for sterile insect technique. *Journal of Economic Entomology*. 2007;100:1180–1187.

Shelly T.E, Edu J., Smith E., Hoffman K., War M., Santos R., Favela R., Garagliano, Iberwiro B. & McInnis O., 2007. Aromatherapy on a large scale : exposing entire holding rooms to dinger root oils increases the mating competitiveness of sterile males of the Mediterranean fruit fly. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 123: 193-201.

Shelly, T.E. & E.M. Villalobos, 2004. Host plant influence on the mating success of male Mediterranean fruit flies: variable effects within and between individual plants. *Anim. Behav.* 68: 417–426.

Silva-Neto A.M, Santos T.R.O, Dias V.S, Joachim-Bravo I.S, Benevides L.J, Benevides C.M.J, Silva M.V.L, Santos DCC, Virgínio J, Oliveira GB, Walder JMM, Paranhos BAJ & Nascimento AS, 2012. Mass-rearing of Mediterranean fruit fly using low-cost yeast products produced in Brazil. *Scientia Agricola* 69(6)

Taylor R.W. & Yuval B., 1999. Post copulatory sexual selection in Mediterranean Fruit flies: advantages for large and protein-fed males. *Animal Behavior* 58: 247-254.

Thornhill R., & Alcock J., 1983. *The evolution of Insect mating systems* Harvard University Press, Cambridge, M.A, USA.

Thornhill, R. & Alcock, J., 1983. *The Evolution of Insect Mating Systems* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Vreysen M.J.B., Robinson A.S., & Hendricks J., 2007. Area-Wide control of insects pests springer, Doedrecht, The Netherlands.

Warburg M.S & Yuval B., 1997. Effects of energetic reserves on behavioral patterns of Mediterranean fruit flies (Diptera:Tephritidae), *Oecologia* 112: 314-319.

Weatherhead P.J. & R.J. Robertson, 1979. Offspring quality and the polygene thresh old: "the sexy son hypothesis." *Am. Nat.* 113: 201-08.

White I.M. & Elson-Harris M.M., 1994. Fruit Flies of Economic Significance: Their Identification and Bionomics. CAB International. Oxon, UK. 601

Whittier T.S., Nam F.Y., Shelly T.E. & Kaneshiro K.Y., 1994. Male courtship success and female discrimination in the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Insect Behavior* 7: 159-170.

Whittier, T.S. & K.Y. Kaneshiro., 1991. Male mating success and female fitness in the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 84: 608-11.

Yuval B., Kaspi R., Shloush S. & Warburg M.S., 1998. Nutritional reserves regulate male participation in Mediterranean fruit fly leks. *Ecological Entomology* 23: 211-215.

Βασιλακάκης Μ. & Θεριός Ι., 2006. Μαθήματα Ειδικής Δενδροκομίας-Εσπεριδοειδή, 1-12, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Οικονόμου Α., 2006. Διδακτορική Διατριβή, Ανάλυση φυσικών πληθυσμών της μεσογειακής μύγας *ceratitis capitata* - διερεύνηση της σχέσης γενοτύπου και των ξενιστών της με τη χρήση μικροδορυφορικών δεικτών, 1-93, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Ροδιτάκης Ε., Τσαγκαράκου και Ροδιτάκης Ν.Ε., 2008. Εκτεταμένες προσβολές από τη Μύγα της Μεσογείου *Ceratitis capitata* σε επιτραπέζια σταφύλια στο Ν. Ηρακλείου. *Γεωργία και Κτηνοτροφία* 5: 38-41. (Available from agrotypos.gr)

Τζανακάκης, Μ.Ε. και Β.Ι. Κατσόγιαννος. 1998. Έντομα καρποφόρων δένδρων και αμπέλου. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα, σελ. 213-219, 359.

Φερτάκης Ε.Β., 2006. Μεταπτυχιακή διατριβή. Σηματοδοτικά πολυπρωτεϊνικά σύμπλοκα ρυθμίζουν τη μεταγωγή μηνυμάτων κατά την κυτταροφαγία των αιμοκυττάρων της μύγας της μεσογείου. Ο ρυθμιστικός ρόλος της FAK και η συμμετοχή των ιντεγκρινών, των MAPKs και άλλων σηματοδοτικών μορίων, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Υλικό (φωτογραφίες) από ιστοσελίδες

agspsrv/agric.wa.gov.au

<http://bugguide.net/node/view/373403>

http://www.eppo.int/QUARANTINE/insects/Ceratitis_capitata/CERTCA_images.htm

<http://www.bayercropscience.gr>

<http://www.jardin-mundani.com/English/Phytopatologies.htm>

<http://www.oxitec.com/wpcms/wp-content/uploads/Fruit-Flies-photo.jpg>

