



ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Αριθμ. Πρωτοκ. <u>342</u>
Ημερομηνία <u>28-2-2011</u>

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΑΛΛΩΝ ΑΤΟΜΩΝ ΤΟΥ ΙΔΙΟΥ ΦΥΛΟΥ ΣΤΗ ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΑ
ΕΝΗΛΙΚΩΝ ΤΗΣ ΜΥΓΑΣ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ



Κυριακή Ζαχαριάδου

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Βόλος, 2011



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 9487/1

Ημερ. Εισ.: 04-04-2011

Δωρεά: Συγγραφέας

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ

2011

ZAX



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΑΛΛΩΝ ΑΤΟΜΩΝ ΤΟΥ ΙΔΙΟΥ ΦΥΛΟΥ ΣΤΗ ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΑ
ΕΝΗΛΙΚΩΝ ΤΗΣ ΜΥΓΑΣ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ**

Κυριακή Ζαχαριάδου

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Βόλος, 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ	3
1.2. ΚΑΤΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ	4
1.3. ΞΕΝΙΣΤΕΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ	6
1.4. ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ ΚΑΙ ΖΗΜΙΕΣ	7
1.5. ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ	9
1.5.1. ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ	9
1.5.2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ	11
1.5.3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΚΡΑΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ	13
1.6. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΕ ΝΕΑΡΗ ΗΛΙΚΙΑ ΕΝΗΛΙΚΩΝ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥΣ	13
1.6.1. ΟΠΤΙΚΑ - ΟΣΜΗΡΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ	14
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	19
2.1. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	19
2.2. ΣΤΗΣΙΜΟ ΚΛΟΥΒΙΩΝ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΝΕΑΡΩΝ ΜΥΓΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΡΩΤΕΣ 5 ΗΜΕΡΕΣ ΤΗΣ ΕΝΗΛΙΚΗΣ ΖΩΗΣ ΤΟΥΣ	20
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	24
3.1. ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ – ΕΠΙΒΙΩΣΗ	24
3.2. ΩΟΠΑΡΑΓΩΓΗ	30
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	34
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	36

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Ν. Θ. Παπαδόπουλο, επιβλέποντα της πτυχιακής μου διατριβής, για την ανάθεση του θέματος και την πολύτιμη βοήθεια του κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, καθώς και για τις συμβουλές και τις υποδείξεις του κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς επιτροπής Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Γ. Δ. Νάνο και τον Λέκτορα κ. Χ. Θ. Νάκα.

Επίσης, εκφράζω ιδιαίτερες ευχαριστίες στον Δρ. Α. Διαμαντίδη για την πολύτιμη βοήθειά του κατά τη διάρκεια του πειράματος, αλλά και για την ουσιαστική συμβολή του στην τελική διαμόρφωση της εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου για την στήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μύγα της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*, Diptera: Tephritidae) αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους εχθρούς της παγκόσμιας παραγωγής φρούτων, καθώς προσβάλλει πάνω από 250 διαφορετικούς ξενιστές.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε, σε συνθήκες εργαστηρίου, η επίδραση οπτικών, οσμηρών και κοινωνικών ερεθισμάτων στην επιβίωση και αναπαραγωγή ενήλικων της μύγας της Μεσογείου.

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν άτομα F1 εργαστηριακής γενεάς, προερχόμενα από άγριο πληθυσμό της περιοχής της Μαγνησίας. Ενήλικα αρσενικά και θηλυκά εκτέθηκαν σε τρία διαφορετικά περιβάλλοντα (οπτικά-οσμηρά ερεθίσματα και κοινωνικό περιβάλλον, κοινωνικό περιβάλλον, απουσία ερεθισμάτων-μάρτυρας) για τις πρώτες πέντε ημέρες της ζωής τους. Κατά τη διάρκεια του πειράματος παρατηρήθηκε και καταγράφηκε η διάρκεια ζωής (επιβίωση) των ατόμων και η ωοπαραγωγή των θηλυκών.

Από τα αποτελέσματα του πειράματος διαπιστώθηκε ότι: (1) η έκθεση των ενήλικων αρσενικών και θηλυκών στα διαφορετικά ερεθίσματα δεν επηρέασε την διάρκεια ζωής τους, (2) στο κοινωνικό περιβάλλον (απουσία χημικών ερεθισμάτων) η ωοπαραγωγή των θηλυκών ατόμων ευνοήθηκε σημαντικά και (3) τα αρσενικά ήταν μακροβιότερα από τα θηλυκά σε όλες τις μεταχειρίσεις,

ABSTRACT

The Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) represents an important threat to global fruit production with a broad host range that exceeds 250 species. Under constant conditions ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ R.H., and a photoperiod of L14:D10) in the laboratory we studied the effect of visual, olfactory and social stimulants on important medfly life history traits, such as life span and reproduction. Specifically, adults of the F1 laboratory generation were exposed to three different environments for the first five days of their life span: (1) visual, olfactory stimulants and social environment, (2) social environment, and (3) absence of visual, olfactory stimulants and social environment (control). Afterwards, fifty males and females from each one of the above three treatments were placed into cages containing adult diet and water in the case of males, whereas food, water and oviposition substrates (domes) in the case of females. Mortality and female fecundity were recorded as a daily egg count until death. The results of our study indicate that: (1) visual and olfactory stimulants had no affect on male and female life span, (2) social environment positively affected female fecundity rates, and (3) males outlived females in all three treatments.

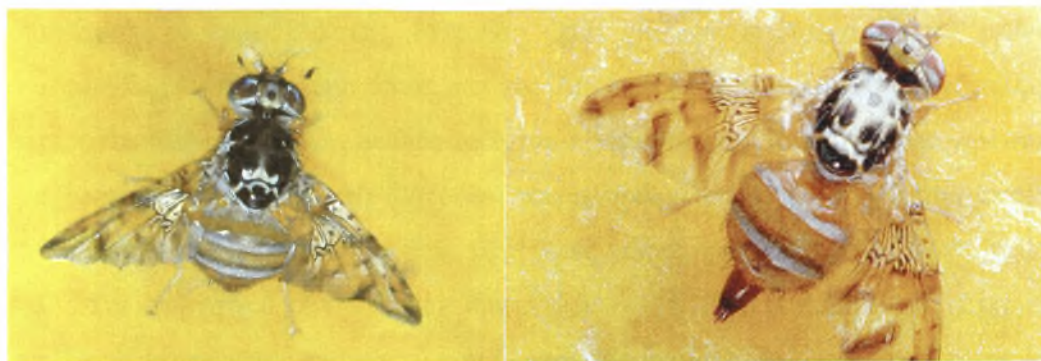
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μύγα της Μεσογείου, ευρέως γνωστή ως *Ceratitis capitata* (Wiedemann), ανήκει στην Τάξη των Διπτέρων (Diptera), στην Οικογένεια Tephritidae. Το έντομο αυτό εντοπίστηκε, περιγράφηκε και κατατάχθηκε πρώτη φορά από τον Wiedemann το 1824. Το *C. capitata* θεωρείται ένα από τα σημαντικότερα είδη της οικογένειας των Tephritidae, καθώς προσβάλλει τους καρπούς περισσότερων από 250 διαφορετικών φυτικών ειδών (φυτά-ξενιστές), η πλειοψηφία των οποίων είναι καλλιεργούμενα, και κατ' επέκταση έχει τεράστια οικονομική σημασία για τον αγροτικό κόσμο. Η μύγα της Μεσογείου έχει εισβάλει σε πολλές χώρες και έχει προκαλέσει σημαντικές οικονομικές απώλειες στους εκάστοτε αγρότες. Η μεγάλη γεωγραφική εξάπλωση της μύγας αυτής έγινε, και συνεχίζει να γίνεται, μέσω της πώλησης και της εξαγωγής φρούτων που περιέχουν αυγά και προνύμφες του εντόμου. Η επιβίωση, στη συνέχεια, της μύγας της Μεσογείου στις νέες περιοχές οφείλεται στην ικανότητά της να ανέχεται ψυχρότερα κλίματα και να προσαρμόζεται σε αυτά καλύτερα σε σχέση με άλλα είδη της οικογένειας Tephritidae. Τα θηλυκά του *C. capitata* προτιμούν να εναποθέτουν τα αυγά σε σχισμές της σάρκας των καρπών. Λόγω αυτής της αναπαραγωγικής συνήθειας, το έντομο ευδοκίμει σε γεωργικές περιοχές όπου οι καρποί έχουν παραμεληθεί και έχουν υποστεί ζημιές.

1.1. Μορφολογικά χαρακτηριστικά του εντόμου

Μια ενήλικη μύγα της Μεσογείου (Εικόνα 1) έχει μήκος περίπου 4-6 mm και πλάτος 1,2-2 mm. Η κεφαλή της είναι κίτρινη, πιο σκοτεινή ανάμεσα στις βάσεις των κεραιών και με μαύρες τρίχες μεταξύ των σύνθετων οφθαλμών (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Το μεγαλύτερο τμήμα της καταλαμβάνεται από τους σύνθετους οφθαλμούς χρώματος ιριδίζον πορφυρό έως σκούρο καστανέρυθρο, ενώ οι κεραιές που φέρει έχουν χρώμα καστανό. Ο θώρακας είναι στα νώτα του μαύρος με ανοιχτόχρωμες κηλίδες. Η κοιλιά είναι πορτοκαλοκίτρινη με δύο καστανέρυθρες εγκάρσιες ζώνες και πολλά λεπτά στίγματα. Το ενήλικο φέρει διαφανείς πτέρυγες, με μαύρες, καστανές και κίτρινες ζώνες και κηλίδες και έχουν μήκος 4,5 mm η καθεμιά. Χαρακτηριστικό του *C. capitata* είναι ότι όταν βαδίζει ή αναπαύεται κρατά τις πτέρυγές του μισάνοιχτες, έτσι ώστε οι πρόσθιες πλευρές τους να σχηματίζουν περίπου ορθή γωνία, και με κάποια κλίση της οπίσθιας παρυφής τους προς το

υπόστρωμα (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Τα πόδια είναι κιτρινέρυθρα. Ο εξέχων ωσθέτης των θηλυκών έχει χρώμα κιτρινέρυθρο, ενώ προς την άκρη του γίνεται καστανός και έχει μήκος 0,9-1,3 mm. Χαρακτηριστικό των αρσενικών είναι τα δύο έμμισχα ροπαλοειδή εξαρτήματα που φέρει στο μέτωπο.



Εικόνα 1. Ενήλικο αρσενικό (αριστερά) και θηλυκό (δεξιά) του *C. capitata* (Πηγή: Διαδίκτυο).

Το αυγό της μύγας της Μεσογείου είναι λευκό, λείο, ελλειπτικού σχήματος και διαστάσεων 0,9-1,1 x 0,2 mm.

Η προνύμφη του *C. capitata*, όπως οι περισσότερες της οικογένειας των Terphritidae, είναι κυλινδρικού σχήματος, ακέφαλη, με στενότερο το πρόσθιο άκρο και πεπλατυσμένο το ουραίο άκρο. Είναι χρώματος λευκοκίτρινο και τα δύο οπίσθια αναπνευστικά στίγματα αποτελούνται από τρία στενόμακρα ανοίγματα το καθένα. Το μέγεθος της προνύμφης εξαρτάται από τη διατροφή της. Στο πρώτο προνυμφικό στάδιο το μέγεθος της προνύμφης είναι περίπου 1 mm ή λιγότερο και το σώμα είναι συνήθως διαφανές, στο δεύτερο στάδιο το σώμα είναι μερικώς διαφανές, ενώ στο τρίτο και τελευταίο στάδιο της πλήρους ανάπτυξης της προνύμφης το σώμα είναι αδιαφανές και λευκό (Mau & Kessing, 1992) και έχει διαστάσεις 7-9 x 1,5-2 mm.

Η νύμφη του εντόμου είναι ελλειψοειδής, ανοιχτοκάστανη ως σκοτεινοκάστανη, διαστάσεων 4-4,5 x 2-2,5 mm. Βρίσκεται συνήθως στο έδαφος (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Το χρώμα της νύμφης εξαρτάται και από τον ξενιστή στον οποίο αναπτύσσεται η προνύμφη και μπορεί να κυμαίνεται από υπόλευκο έως και πολύ σκούρο καστανό (Παπαδόπουλος, 1998).

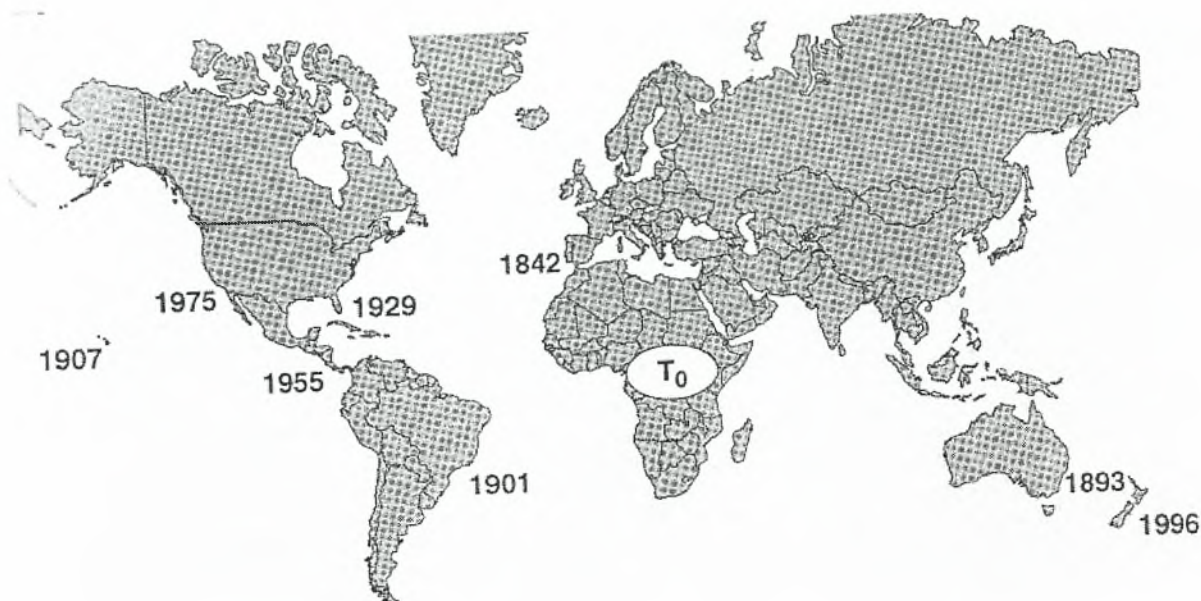
1.2. Καταγωγή και γεωργική κατανομή του εντόμου

Σύμφωνα με παλαιότερες αλλά και πιο πρόσφατες μελέτες, το *C. capitata* κατάγεται από την τροπική Αφρική και συγκεκριμένα από τις περιοχές που

βρίσκονται κάτω από την έρημο Σαχάρα. Η παρουσία του εντόμου στην περιοχή της Μεσογείου διαπιστώθηκε πριν από περίπου 160 χρόνια, πρώτα στην Ισπανία. Φαίνεται, λοιπόν, πως η εποίκηση της περιοχής έγινε προοδευτικά δια μέσου της Ισπανίας (Παπαδόπουλος, 1998).

Η διασπορά του *C. capitata* είναι δυνατό να γίνει είτε ενεργητικά είτε παθητικά. Η εποίκηση της Ισπανίας έγινε μάλλον παθητικά με τη μεταφορά προσβεβλημένων καρπών, όπως και της Αμερικανικής ηπείρου, με την έναρξη των υπερατλαντικών ταξιδιών, καθώς το έντομο φαίνεται πως βρισκόταν στα φρούτα που μετέφεραν τα πλοία για τη διατροφή του πληρώματος. Η διασπορά της μύγας της Μεσογείου από την Ισπανία στις υπόλοιπες χώρες της Μεσογείου έγινε παθητικά αλλά και ενεργητικά με την πτήση των ενηλίκων (Mitchell & Saul, 1990) (Εικόνα 2).

Η γεωγραφική κατανομή του *C. capitata* περιλαμβάνει σχεδόν όλες τις χώρες της Αφρικής, της Μέσης Ανατολής και της Μεσογείου (White & Elson-Harris, 1992). Η παρουσία του εντόμου αναφέρεται περιστασιακά σε χώρες τις κεντρικής Ευρώπης (Βέλγιο, Αυστρία, Γερμανία κλπ.), όμως πιστεύεται ότι δεν έχει εγκατασταθεί στις περιοχές αυτές, αλλά εμφανίζεται μεταφερόμενο με φορτία φρούτων από νοτιότερες χώρες (Παπαδόπουλος, 1998). Το *C. capitata* ενδημεί σχεδόν σε όλες της χώρες της κεντρικής και νότιας Αμερικής (εκτός του Μεξικού), σε νησιά της Καραϊβικής, του Ατλαντικού, σε νησιά του Ειρηνικού, στη δυτική Αυστραλία και σε κάποια νησιά του Ινδικού ωκεανού (White & Elson-Harris, 1992). Όσον αφορά στην εμφάνιση της μύγας της Μεσογείου στη βόρεια Αμερική, η παρουσία της στην Καλιφόρνια διχάζει τους ερευνητές καθώς κάποιοι μιλούν για μόνιμη εγκατάσταση του εντόμου, ενώ άλλοι μιλούν για μεταφορά της εκεί από άλλες περιοχές και όχι για μόνιμα εγκατεστημένο πληθυσμό. Κατά καιρούς έχει εγκατασταθεί σε Τέξας και Φλόριντα, απ' όπου και εξαλείφθηκε.



Εικόνα 2. Χάρτης διασποράς της Μεσογειακής μύγας *C. capitata* χρονολογικά. (T₀ : πιθανό αρχικό σημείο προέλευσης) (Πηγή: Διαδίκτυο).

Στην Ελλάδα το έντομο απαντάται σχεδόν σε όλη την χώρα, από την Κρήτη έως και την περιοχή της Θεσσαλονίκης (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

1.3. Ξενιστές και Οικονομική σημασία

Η μύγα της Μεσογείου είναι το πιο πολυφάγο είδος της οικογένειας των Tephritidae, προσβάλλοντας ξενιστές που ανήκουν σε περισσότερες από 67 οικογένειες φυτών. Από τους 353 ξενιστές που έχουν αναφερθεί έως σήμερα, το 40% αυτών ανήκει στις οικογένειες Myrtaceae (6%), Rosaceae (10%), Rutaceae (9%), Sapotaceae (9%) και Solanaceae (6%) (Carinera, 2004). Αναπτύσσεται σε ημιώριμους, σχεδόν ώριμους ή και ώριμους καρπούς δέντρων, θάμνων ή ποωδών φυτών, σε τροπικά, υποτροπικά και εύκρατα κλίματα.

Το έντομο αυτό είναι ένας από τους σοβαρότερους εντομολογικούς εχθρούς παγκοσμίως, καθώς σε ορισμένες περιπτώσεις τα επίπεδα προσβολής των ξενιστών του από αυτό αγγίζουν σε ποσοστό το 100%. Εκτός από την άμεση ζημιά που προκαλεί καταστρέφοντας τους καρπούς, σημαντικό είναι και το κόστος για την καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου, καθώς και οι απώλειες αγορών λόγω των υπολειμμάτων των εντομοκτόνων στους καρπούς (Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου, 1999). Είναι έντομο καραντίνας και σε πολλές χώρες έχουν θεσπιστεί νόμοι για να ελέγχεται ή και να απαγορεύεται η διακίνηση προϊόντων από περιοχές στις οποίες είναι εγκατεστημένο σε περιοχές όπου δεν έχει διαπιστωθεί η παρουσία του.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα νησιά της Χαβάης τα οποία υπόκεινται σε σημαντικούς περιορισμούς εξαγωγής προϊόντων προς τις Η.Π.Α., καθώς υπολογίζεται πως η μόνιμη εγκατάσταση του *C. capitata* στην πολιτεία της Καλιφόρνια θα προκαλούσε ετήσιες ζημιές δισεκατομμυρίων δολαρίων (Παπαδόπουλος, 1998).

Στη χώρα μας προκαλεί σοβαρές ζημιές σε εσπεριδοειδή, αχλάδια, μήλα, ροδάκινα, βερίκοκα, σύκα και άλλα φρούτα (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003), με εντονότερο το πρόβλημα να απαντάται στις νοτιότερες περιοχές και στα νησιά.

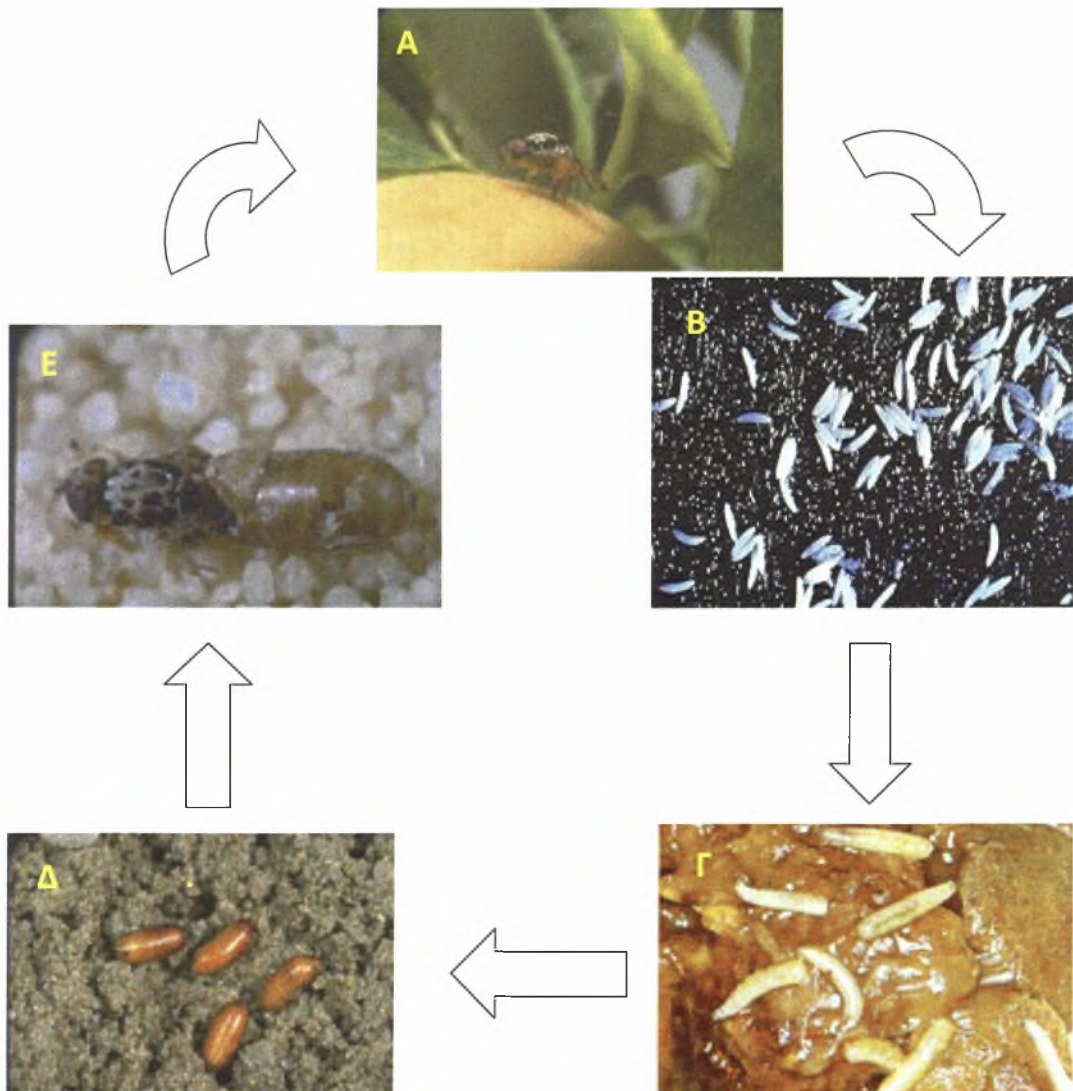
1.4. Βιολογία του εντόμου και Ζημιές

Τα ενήλικα του *C. capitata* απαντώνται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, καθώς ζουν για αρκετό χρονικό διάστημα και η διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου είναι σχετικά μικρή, συμπληρώνοντας 3-7 γενεές το έτος (della Beffa, 1962). Ο αριθμός των γενεών εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τις κλιματικές συνθήκες, ιδιαίτερα την θερμοκρασία, και από τους διαθέσιμους ξενιστές. Ο πλήρης βιολογικός κύκλος (Εικόνα 3) μπορεί να διαρκέσει από 35 έως και 117 ημέρες, ανάλογα με την εποχή του έτους. Σε εργαστηριακές συνθήκες (25 °C-σταθερές συνθήκες) η μέση διάρκεια της γενεάς κυμαίνεται από 30 μέχρι 60 ημέρες (Παπαδόπουλος, 1998).

Διαχειμάζει είτε ως νύμφη στο έδαφος είτε ως προνύμφη εντός των προσβεβλημένων καρπών που βρίσκονται πάνω στο δέντρο ή στο έδαφος. Τα ενήλικα, μετά την έξοδό τους από το νυμφικό περίβλημα, τρέφονται απομυζώντας ζαχαρούχους και πρωτεϊνούχους χυμούς και ωριμάζουν αναπαραγωγικά (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Η σύζευξη πραγματοποιείται 4-12 ημέρες μετά την έξοδό τους και στη συνέχεια το θηλυκό αρχίζει την αναζήτηση του κατάλληλου φυτικού ιστού για την εναπόθεση των αυγών (ωοτοκία). Η επιλογή του ιστού γίνεται με συνδυασμό ερεθισμάτων αφής, όσφρησης και όρασης (Mitchell & Saul, 1990). Επικάθεται αρχικά του καρπού, τον εξερευνά για να χρησιμοποιήσει ενδεχομένως προϋπάρχουσες πληγές ή οπές ωοτοκίας, και σε περίπτωση έλλειψης αυτών ανοίγει με τον ωσθέτη του οπή (ή νύγμα ωοτοκίας) βάθους λίγων χιλιοστών, η οποία ορισμένες φορές διαπερνά το επικάρπιο και φτάνει στο μεσοκάρπιο. Εισάγει σε διάφορα σημεία αρκετά αυγά και στη συνέχεια μεταβαίνει σε άλλον καρπό όπου και ακολουθεί την ίδια διαδικασία (della Beffa, 1962). Εντός ενός καρπού εναποθέτει περίπου 1-6 αυγά, ημερησίως δύναται να γεννήσει περισσότερα από 40 αυγά και καθ'

όλη τη διάρκεια της ζωής του ένα θηλυκό μπορεί να αποθέσει από 250 έως 1000 αυγά (Παπαδόπουλος, 1998).

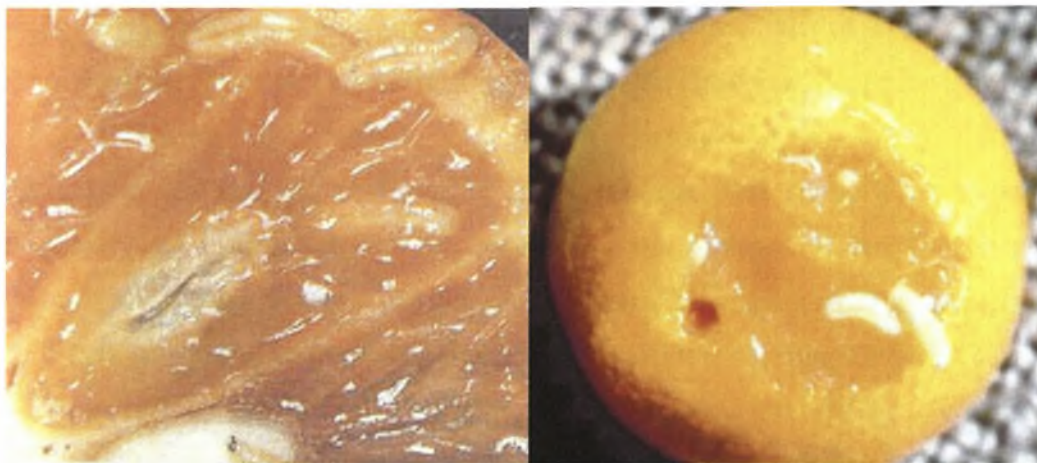
Μετά από δύο ή περισσότερες ημέρες (αναλόγως εποχής) τα αυγά εκκολάπτονται και οι προνύμφες, συνήθως η μία κοντά στην άλλη, αναπτύσσονται σε βάρος του ώριμου ή σχεδόν ώριμου καρπού ορύσσοντας στοές στη σάρκα του. Αφού ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους, εγκαταλείπουν τον καρπό και πέφτουν στο έδαφος, όπου και νυμφώνονται σε μικρό βάθος (Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου, 1999). Η ζημιά στον καρπό συνεχίζεται και μετά τη συγκομιδή. Εκτός από την άμεση ζημιά που προκαλούν οι προνύμφες με τη διάβρωση και τη νέκρωση της σάρκας των καρπών, παρατηρείται και ανάπτυξη μυκήτων ή άλλων μικροοργανισμών που επιτείνουν τη σήψη (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).



Εικόνα 3. Κύκλος ζωής του εντόμου: (Α) Ωοθεσία θηλυκού, (Β) Αυγά, (Γ) Στάδιο προνύμφης, (Δ) Στάδιο νύμφης και (Ε) Έξοδος ενήλικου (Πηγή: Διαδίκτυο).

Η οπή ή νύγμα ωοτοκίας σε ορισμένους ξενιστές είναι ευδιάκριτη ενώ σε άλλους όχι. Σε άγουρους καρπούς παρατηρείται έκκριση κόμεος στην περιοχή του νύγματος, μέσα στο οποίο συχνά βρίσκονται νεκρά αυγά ή προνύμφες του εντόμου (Εικόνα 4). Στα εσπεριδοειδή η οπή ωοτοκίας είναι συνήθως ευδιάκριτη. Είναι ένα μαύρο-σκοτεινοκάστανο στίγμα διαμέτρου 1 mm. Όταν οι καρποί είναι ακόμα πρασινωποί το στίγμα περιβάλλεται από μια χλωρωτική κηλίδα διαμέτρου 10-20 mm. Σε ώριμους καρπούς χρώματος πορτοκαλί ή κίτρινο η κηλίδα αυτή δεν είναι ευδιάκριτη (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

Η εκκόλαψη των προνυμφών κάνει τους προσβεβλημένους καρπούς ακατάλληλους για κατανάλωση. Έτσι η ζημιά που θα προκληθεί στους παραγωγούς μπορεί να είναι πολύ σοβαρή εάν το έντομο δεν καταπολεμηθεί εγκαίρως.



Εικόνα 4. Προσβολή πορτοκαλιού από προνύμφες του *C. capitata* (Πηγή: Διαδίκτυο).

1.5. Καταπολέμηση του εντόμου

Η καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου για να είναι επιτυχής πρέπει να περιλαμβάνει ποικιλία μέτρων, όπως καλλιεργητικά, χρήση χημικών σκευασμάτων, εφαρμογή βιολογικών μεθόδων καταπολέμησης και πραγματοποίηση φυτοϋγειονομικού ελέγχου (Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου, 1999). Επιπλέον, απαιτείται λεπτομερής γνώση της βιολογίας και οικολογίας της σε σχέση με το αγροοικοσύστημα στο οποίο αναπτύσσεται.

1.5.1. Χημική καταπολέμηση

Η χημική καταπολέμηση βασίζεται στην παρακολούθηση του πληθυσμού του εντόμου, με την βοήθεια τροφικών και φερομονικών παγίδων (παγίδες τύπου

McPhail και τύπου Jackson αντίστοιχα) (Εικόνα 5). Οι παγίδες αναρτώνται λίγες εβδομάδες πριν οι καρποί γίνουν κατάλληλοι για ωτοκία και μόλις συλληφθούν τα πρώτα ενήλικα ενδείκνυται η έναρξη της καταπολέμησης.

Συνήθως πραγματοποιούνται δολωματικοί ψεκασμοί, με οργανοφωσφορικά κυρίως εντομοκτόνα, όπως τα dimethoate, fenthion και malathion, με το τελευταίο να έχει την πιο ευρεία χρήση (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Στο ψεκαστικό διάλυμα προστίθεται και ποσότητα κάποιου ελκυστικού υγρού, το οποίο συνήθως είναι υδρόλυμα πρωτεϊνών και η ελκυστικότητά του οφείλεται κατά κύριο λόγο στην έκλυση αμμωνίας. Με τους δολωματικούς ψεκασμούς επιδιώκεται η θανάτωση μόνο των ενηλίκων (della Beffa, 1962).

Σε πολλές περιοχές εφαρμόζονται ψεκασμοί καλύψεως οι οποίοι στοχεύουν στην άμεση εξόντωση τόσο των ενηλίκων όσο και των προνυμφών. Παρουσιάζουν όμως σημαντικά μειονεκτήματα, καθώς προκαλούν τον θάνατο και σε ωφέλιμα έντομα και παράσιτα με αποτέλεσμα τις πληθυσμιακές εξάρσεις βλαβερών ειδών.

Ως επιπρόσθετο μέτρο της χημικής καταπολέμησης του *C. capitata*, προτείνεται σε κάποιες περιπτώσεις η απεντόμωση του εδάφους με σκοπό τη θανάτωση των προνυμφών τελευταίου σταδίου που εισέρχονται στο έδαφος για να νυμφωθούν, αλλά και των εξερχόμενων ενηλίκων. Σε πειράματα που έλαβαν χώρα στις Η.Π.Α. χρησιμοποιήθηκε το εντομοκτόνο diazinon και σημειώθηκε μείωση του αριθμού των ενηλίκων που εξέρχονταν από το έδαφος κατά 91-99 % (Mitchell & Saul, 1990). Προς το παρόν, η εφαρμογή εντομοκτόνου στο έδαφος χρησιμοποιείται μόνο όταν εντοπιστούν προνύμφες.



Εικόνα 5. Παγίδα τύπου McPhail (αριστερά) και παγίδα τύπου Jackson (δεξιά) (Πηγή: Διαδίκτυο).

Όταν δεν χρησιμοποιούνται παγίδες για την παρακολούθηση του πληθυσμού ώστε να προσδιοριστεί η ανάγκη και ο κατάλληλος χρόνος καταπολέμησης, οι καρποί πρέπει να προστατεύονται καθ' όλη την περίοδο που είναι ευπρόσβλητοι από το έντομο. Αυτό γίνεται με ψεκασμούς που ο αριθμός τους εξαρτάται από την εποχή, την περιοχή και το είδος του δέντρου (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

1.5.2. Βιολογική καταπολέμηση

Από μόνη της η χρήση βιολογικών μεθόδων για την εξόντωση του εντόμου δεν επαρκεί. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν αρκετοί φυσικοί εχθροί της μύγας της Μεσογείου που μπορούν να μειώσουν τους πληθυσμούς της, κάνοντας έτσι πιο εύκολη και αποτελεσματική την εφαρμογή άλλων μεθόδων.

Επιπλέον, έχουν αναφερθεί και αρκετοί παθογόνοι μικροοργανισμοί και ιοί (παράσιτα) οι οποίοι προσβάλλουν το έντομο. Τα αποτελέσματα όμως αυτής της μεθόδου βιολογικής καταπολέμησης εναντίον της μύγας της Μεσογείου δεν ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά (Wharton, 1989) κι έτσι δεν έχει βρει ακόμη πρακτική εφαρμογή στον αγρό.

Ικανοποιητικός τρόπος καταπολέμησης της μύγας τα τελευταία χρόνια θεωρείται και η μέθοδος της μαζικής παγίδευσης (Εικόνα 6). Χρησιμοποιούνται τριών ειδών παγίδες. Για τα αρσενικά χρησιμοποιείται μια παγίδα με παραφερομόνη (trimedlure) μαζί με εντομοκτόνο, για τα θηλυκά μια παγίδα με ελκυστικό υγρό και τέλος μια υγρή παγίδα, κοινή για το αρσενικό και το θηλυκό, που αποτελείται από μια πηγή τροφής (σάκχαρα ή πρωτεΐνη) μαζί με ένα εντομοκτόνο (Mau & Kessing, 1992). Η χρήση ελκυστικών ουσιών τόσο για τα αρσενικά όσο και για τα θηλυκά του εντόμου και η τοποθέτηση των παγίδων σε μη καρποφόρα δέντρα ή και σε κάποια απόσταση από την καλλιέργεια, ώστε οι μύγες να ελκύονται μακριά από τους καρπούς, φαίνεται να δίνουν ενθαρρυντικά αποτελέσματα για τη μείωση των πληθυσμών της μύγας της Μεσογείου (Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου, 1999).



Εικόνα 6. Μαζική παγίδευση ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου (Πηγή: Διαδίκτυο).

Η Τεχνική της Εξαπόλυσης Στειωμένων Εντόμων (SIT: Sterile Insect Technique) βασίζεται στην μαζική παραγωγή και απελευθέρωση στειωμένων αρσενικών. Η στείρωση γίνεται με χρήση ακτινοβολίας γ όταν τα αρσενικά βρίσκονται στο στάδιο της νύμφης. Τα αρσενικά στειωμένα έντομα ζευγαρώνουν στον αγρό με άγρια θηλυκά τα οποία γεννούν αυγά που δεν εκκολάπτονται. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε μείωση του πληθυσμού του εντόμου. Η SIT είναι μια αποτελεσματική λύση για την καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου σε μεγάλες εκτάσεις. Η χρήση της SIT στην Καλιφόρνια, στην Φλόριδα, στο Μεξικό, στην κεντρική Αμερική και στη Χιλή έχει δείξει ότι είναι μια οικονομική αλλά και αποτελεσματική εναλλακτική λύση στα χημικά εντομοκτόνα. Οι μελέτες που εφαρμόστηκαν στην Σικελία, την Αλγερία και την Κύπρο και η μικρής κλίμακας δοκιμές SIT στη Μαδέρα, στη Βαλένθια, στην Κρήτη και στο Ισραήλ δείχνουν ότι, με κάποιες προσαρμογές και βελτιώσεις, η SIT μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά και στην Ευρώπη (http://www.incofruit.gr/eidiseis/methodos_SIT).

Η επιτυχής εφαρμογή της Τεχνικής Εξαπόλυσης Στειωμένων Εντόμων για την αντιμετώπιση της Μεσογειακής μύγας εξαρτάται από την ποιότητα των αρσενικών που απελευθερώνονται, η οποία πρέπει να είναι εφάμιλλη με των άγριων αρσενικών. Τα στείρα αρσενικά οφείλουν να παρουσιάζουν μια συστοιχία χαρακτηριστικών, όπως επαρκή κινητικότητα και διάρκεια επιβίωσης, ικανότητα για προσανατολισμό στο περιβάλλον, συμβατότητα σύζευξης με τα άγρια θηλυκά του αγρού, καθώς και την ικανότητα να ανταγωνίζονται επιτυχώς με τα άγρια αρσενικά (Katsoyannos et al., 1999). Η SIT είναι πιο αποτελεσματική έναντι χαμηλού ύψους πληθυσμών του εντόμου όπου μπορεί να επιτευχθεί υψηλή αναλογία στείρων μυγών προς άγριες, ώστε να διασφαλιστεί η επιτυχία της μεθόδου.

Η μέθοδος SIT εφαρμόζεται σε μεγάλες περιοχές από κρατικούς φορείς μιας και είναι πέραν των δυνατοτήτων μεμονωμένων καλλιεργητών.

1.5.3. Καλλιεργητικά και κρατικά μέτρα

Τα διάφορα καλλιεργητικά μέτρα που βοηθούν στην πρόληψη ή στην ταχύτερη καταπολέμηση της Μεσογειακής μύγας είναι η έγκαιρη συγκομιδή και η συλλογή όλων των καρπών από τα δέντρα, ώστε να προλαμβάνεται η ζημιά, καθώς και η αποφυγή της συγκαλλιέργειας ειδών δέντρων που έχουν διαφορετικό χρόνο ωρίμανσης (Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου, 1999). Όμως το σημαντικότερο καλλιεργητικό μέτρο είναι η συλλογή και καταστροφή ή ενταφίαση των προσβεβλημένων καρπών που βρίσκονται στο έδαφος. Η ενταφίαση δεν συστήνεται για βάρη μικρότερα των 46 cm, καθώς οι μύγες είναι ικανές να επιζήσουν της ταφής. Επίσης η καταστροφή των μη καλλιεργούμενων άγριων ξενιστών αποτρέπει την παρουσία του εντόμου καθ' όλη τη διάρκεια της χρονιάς, μειώνοντας έτσι το αναπαραγωγικό δυναμικό του *C. capitata*. Ένα άλλο προσυλλεκτικό μέτρο θα μπορούσε να είναι η αποφυγή της ωοτοκίας των θηλυκών με τον εγκλωβισμό των ημιώριμων καρπών (Παπαδόπουλος, 1998).

Μετασυλλεκτικά προτείνεται η απεντόμωση των καρπών με εμβάπτιση τους σε νερό που καλύπτεται από ένα στρώμα κηροζίνης (ώστε να αποκοπεί η παροχή οξυγόνου), η κατάψυξη τους για μερικές ημέρες ή χρήση υψηλών θερμοκρασιών και η έκθεσή τους σε ακτινοβολία γ (Mau & Kessing, 1992).

Τα κρατικά μέτρα είναι κυρίως νομοθετικά και αφορούν στην αποτροπή της εισαγωγής προσβεβλημένων καρπών με την πραγματοποίηση αυστηρών φυτοϋγειονομικών ελέγχων, την εντατική παρακολούθηση περιοχών υψηλού κινδύνου για τυχόν εμφάνιση του εντόμου και την εκτεταμένη έρευνα σε προϊόντα που πιθανώς να περιέχουν την Μεσογειακή μύγα, ώστε να αποτραπεί η μετακίνησή της σε μη μολυσμένες από αυτήν περιοχές.

1.6. Επίδραση εμπλουτισμένου περιβάλλοντος σε νεαρή ηλικία ενήλικων του εντόμου στη συμπεριφορά τους

Ο τυπικός ορισμός ενός εμπλουτισμένου περιβάλλοντος είναι "ένας συνδυασμός υλικής και κοινωνικής διέγερσης" (Rosenzweig et al., 1978). Ο σκοπός του περιβαλλοντικού εμπλουτισμού είναι η παροχή των ερεθισμάτων που ωθούν την

έκφραση των κατά είδη προσδιορισμένων συμπεριφορικών και διανοητικών δραστηριοτήτων των ενήλικων εντόμων (van Praag et al., 2000).

Η έκθεση των εντόμων σε ένα εμπλουτισμένο περιβάλλον σε νεαρή ηλικία ευνοεί την ευελιξία τους σε διαφορετικές καταστάσεις και μειώνει την ανάπτυξη συμπεριφορικών τάσεων, όπως η επιθετικότητα, που μπορούν να αποβούν μοιραίες για την επιβίωση και αναπαραγωγή των ατόμων (Diaz-Fleischer et al., 2009). Επίσης, οι κοινωνικές εμπειρίες κατά τα προ-αναπαραγωγικά στάδια της ζωής μπορούν να ασκήσουν ισχυρή επίδραση στην ενήλικη αναπαραγωγική συμπεριφορά (Hebets, 2003).

Η επεξεργασία οπτικών, χημικών και κινητικοαισθητικών πληροφοριών που λαμβάνουν από το περιβάλλον καθοδηγεί τα έντομα προς τον εντοπισμό φυτών-ξενιστών και κατόπιν προς την τροφή και την ωτοκία, δια μέσου μιας σειράς βημάτων (Papadopoulos et al., 2006). Οι χημικές ουσίες των φυτών μπορούν επίσης να επηρεάσουν τους ρυθμούς ανάπτυξης και την πρόοδο της ωρίμανσης και κατ' επέκταση την αναπαραγωγική επιτυχία των εντόμων.

1.6.1. Οπτικά-Οσμηρά ερεθίσματα

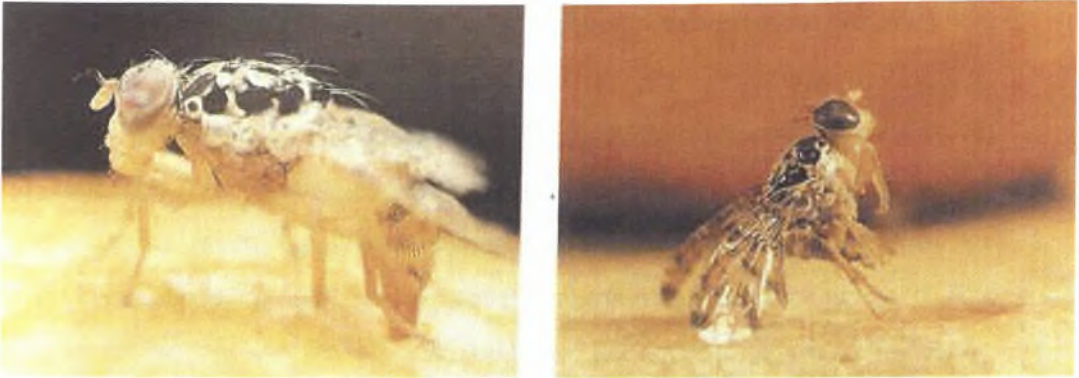
Ωτοκία

Τα οπτικά και χημικά ερεθίσματα που εκπέμπονται από τα φυτά-ξενιστές προσελκύουν τις μύγες προς αυτά (Katsoyannos, 1989).

Κατά την προσγείωση σε δέντρο-ξενιστή, το σχήμα, μέγεθος και χρώμα των καρπών καθώς και άλλες οπτικές ιδιότητες προσελκύουν τις θηλυκές μύγες των φρούτων σε καρπούς κατάλληλους για ωτοκία. Η πυκνότητα των καρπών ίσως έχει επίσης ένα ρόλο. Οι μορφολογικές ιδιότητες της επιφάνειας των καρπών, τα γευστικά ή/και τα μικρής εμβέλειας οσμηρά ερεθίσματα επηρεάζουν την απόφαση αποδοχής ή απόρριψης του συγκεκριμένου καρπού (Diaz-Fleischer et al., 2009). Το έντομο θα ωτοκήσει (Εικόνα 7) ή θα αποχωρήσει αναλόγως.

Όπως προτείνεται από τους Levinson et al. (2003), η ωτοκία των θηλυκών ευνοείται από υψηλή υγρασία των καρπών και κατάλληλα απτικά και οπτικά ερεθίσματα, ενώ η οσμή των καρπών λαμβάνει δευτερεύοντα ρόλο. Παρόλο που οσμές από μικρές ποσότητες αιθέριου ελαίου φλούδας εσπεριδοειδών δεν επηρεάζουν την ωτοκία, υψηλότερες δόσεις ελαίου έχουν, σε ορισμένες περιπτώσεις, αποτρεπτικά αποτελέσματα. Συνεπώς, τα θηλυκά μπορούν να χρησιμοποιήσουν την

οσμή από αιθέρια έλαια εσπεριδοειδών ως σινιάλο για την αποφυγή ωτοκίας σε σημεία όπου η επιβίωση των απογόνων πιθανώς να είναι χαμηλή.



Εικόνα 7. Ωτοκία ενήλικου θηλυκού σε φλούδα πορτοκαλιού (Πηγή: Διαδίκτυο).

Σε μια μελέτη με κλωβούς, οι θηλυκές Μεσογειακές μύγες δεν αντέδρασαν στην οσμή αιθέριου ελαίου της φλούδας πορτοκαλιού, αλλά ανταποκρίθηκαν στην οσμή χυμού από το εσωτερικό του καρπού. Οι αρσενικές μύγες ανταποκρίθηκαν στις οσμές τόσο της φλούδας όσο και του μεσοκαρπίου (Katsoyannos et al., 1997). Και τα δύο φύλα αναζητούν τροφή, συνεπώς οι χημικές ουσίες του μεσοκαρπίου πιθανώς λειτουργούν ως προσελκυστικό τροφής. Όμως, τα ώριμα αναπαραγωγικά θηλυκά μπορεί να χρησιμοποιήσουν την οσμή της σάρκας και για να εντοπίσουν σημεία ωτοκίας. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα θηλυκά αξιοποιούν φυσικά ή τεχνητά τραύματα που διεισδύουν πέρα από τη φλούδα του καρπού για να αποθέσουν τα αυγά τους (Paraj et al., 1989).

Υψηλές συγκεντρώσεις ελαίων εσπεριδοειδών μπορεί να υποδείξουν ένα σημείο ωτοκίας με επιβλαβή χαρακτηριστικά, χρήση του οποίου θα είχε ως αποτέλεσμα μειωμένη εκκόλαψη των αυγών, αυξημένη θνησιμότητα των προνυμφών ή επιβράδυνση της ανάπτυξης των προνυμφών (Katsoyannos et al., 1997). Σε αντίθεση, οι πτητικές ουσίες του χυμού ίσως καταδεικνύουν ένα κατάλληλο μέρος για εναπόθεση αυγών το οποίο θα μπορούσε να αυξήσει την εκκόλαψη και τις επιδόσεις των προνυμφών.

Σεξουαλική Συμπεριφορά

Σε ορισμένες περιπτώσεις τα σήματα σεξουαλικού περιεχομένου και η εκπομπή φερομονών (Εικόνα 8) αρχίζουν με την παρουσία φυτικών πτητικών ουσιών, ενώ σε άλλες περιπτώσεις φυτικές χημικές ενώσεις χρησιμοποιούνται ως

πρόδρομοι των φερομονών και συνεπώς εμπλέκονται έμμεσα ως χημικά που τροποποιούν τη σεξουαλική συμπεριφορά των εντόμων (Papadopoulos et al., 2006).

Τα αρσενικά του *C. capitata* σχηματίζουν αραιές συναθροίσεις που ονομάζονται leks. Τα δεκτικά προς σύζευξη θηλυκά επισκέπτονται τα leks και επιλέγουν σεξουαλικούς συντρόφους. Τα αρσενικά μάλλον αξιολογούνται και επιλέγονται ως σύντροφοι με κριτήριο τα φυσικά τους χαρακτηριστικά και τις επιδόσεις τους στη συμπεριφορά ερωτοτροπίας (Papadopoulos et al., 2006). Η γενικότερη επιτυχία σύζευξης των αρσενικών εξαρτάται από την ικανότητα να ιδρύσουν ή να συμμετάσχουν σε leks, να εκπέμψουν σήματα προσέλκυσης του άλλου φύλου, να κάμψουν την αντίσταση των θηλυκών με την εκδήλωση κατάλληλης συμπεριφοράς και τελικώς να συζευχθούν και να μεταφέρουν σπέρμα.



Εικόνα 8. Έκλυση φερομόνης από αρσενικό του *C. capitata* (Πηγή: Διαδίκτυο).

Τα αρσενικά της μύγας της Μεσογείου εμφανίζουν ισχυρή έλξη για ορισμένες φυτικές ουσίες, όπως τα αιθέρια έλαια που περιέχονται στη φλούδα των καρπών των εσπεριδοειδών. Μια εκτενώς μελετημένη φυτική ουσία είναι η α -coraene, ένα σεσκιτερπένιο που παρουσιάζεται στα παραπάνω αναφερθέντα έλαια (Nishida et al., 2000). Τα αρσενικά προσελκύονται στην α -coraene από μεγάλη απόσταση, καθώς έχει προταθεί ότι η α -coraene σηματοδοτεί τη δημιουργία lek λειτουργώντας ως ερεθιστικό συνάθροισης για τα αρσενικά (Nishida et al., 2000). Η έκθεση των αρσενικών σε φυσικές πηγές α -coraene, εκπεμπόμενη από τραυματισμένους καρπούς, αυξάνει επίσης την ανταγωνιστικότητα στο ζευγάρωμα, καθώς ενισχύει το σεξουαλικό κάλεσμα (Shelly, 2000).

Χωρική και Χρονική Κατανομή

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα φυτικά χημικά επηρεάζουν την ανεύρεση ξενιστών, την ωτοκοκία, την επιλογή ενδιαιτήματος και τη συζευκτική συμπεριφορά των μυγών, που μπορεί με τη σειρά τους να επηρεάζουν την χρονική και χωρική κατανομή τους. Συνεπώς, τα ενήλικα θα κατανέμονται σε συστάδες σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές της εποχής ως αποτέλεσμα της απόκρισής τους στα παραπάνω φυτικά συστατικά (Nestel et al., 2004; Papadopoulos et al., 2003).

Η χωρική κατανομή ίσως διαφέρει μεταξύ των δύο φύλων εξαιτίας των διαφορετικών οικολογικών και συμπεριφορικών αναγκών. Η χωρική κατανομή των αρσενικών επηρεάζεται από την κατά συστάδες διαθεσιμότητα φυτικών χημικών και ίσως να επηρεάζει την κατανομή των θηλυκών μέσω της έλξης προς την αρσενική φερομόνη (Papadopoulos et al., 2006).

Κοινωνικότητα

Σε πρόσφατη μελέτη αρσενικά που αντιμετώπιζαν χαμηλότερες πληθυσμιακές πυκνότητες στην πρώιμη ενήλικη ζωή επιτύγχαναν το υψηλότερο ποσοστό συζεύξεων (Diaz-Fleischer et al., 2009). Αντίθετα, η συμπεριφορά των θηλυκών στη σύζευξη δεν διαφοροποιήθηκε από την ανδρική πυκνότητα.

Τα αρσενικά και τα θηλυκά του *C. capitata* αντιδρούν σε κοινωνικά-περιβαλλοντικά ερεθίσματα βάση διακριτών σχετιζόμενων με το φύλο ενδογενών συμπεριφορών. Ενώ ο διαθέσιμος χώρος στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης έχει πιο βαθιές επιδράσεις από τις λοιπές περιβαλλοντικές συνθήκες επί της συμπεριφοράς των αρσενικών, η παρουσία καρπών ξενιστών και φύλλων επηρεάζει τη συμπεριφορά των θηλυκών (Diaz-Fleischer et al., 2009). Αναφέρεται ότι υπάρχει μια ελάχιστη περιοχή απαραίτητη στα αρσενικά ώστε αυτά να καθορίσουν τις περιοχές τους και να μειώσουν τις από αρσενικό προς αρσενικό επιθετικές αλληλεπιδράσεις που επιδρούν αρνητικά την σεξουαλική τους θελκτικότητα.

Συμπερασματικά, τα ενήλικα της μύγας της Μεσογείου χρησιμοποιούν εξίσου οπτικά και χημικά σήματα για να εντοπίσουν και να προσεγγίσουν στο περιβάλλον τροφή, σημεία ωτοκοκίας και αναπαραγωγικούς πόρους (Papadopoulos et al., 2006). Τα ενήλικα ανταποκρίνονται σε φυτικά οσμηρά ερεθίσματα τα οποία αξιοποιούν για να κατευθυνθούν προς δέντρα ξενιστές. Η απόσταση στην οποία πρώτιστα ανιχνεύονται τα οπτικά ή φυτικά οσμηρά ερεθίσματα και εντός της οποίας παρακινούν αντιδράσεις παραμένει άγνωστη (Prokopy & Roitberg, 1989).

Οι πρώιμες ενήλικες εμπειρίες σε εμπλουτισμένα περιβάλλοντα ενισχύουν την ανάπτυξη εγκεφάλου και συμπεριφορών που σε τελική ανάλυση συνεπάγονται αυξημένη προσαρμογή. Οι ενήλικες εμπειρίες έχουν συνδεθεί με αλλαγές στον όγκο των σαρκωδών σωμάτων (mushroom bodies) - ένα όργανο που εμπλέκεται στην οπτική και οσφρητική μάθηση και τη μνήμη (Díaz-Fleischer et al., 2009). Τα διεγερτικά συμβάντα στην πρώιμη ανάπτυξη είναι δυνατό να έχουν επί μακρόν επιδράσεις στη συμπεριφορά εξαιτίας ενός μη αναστρέψιμου γεγονότος ανάπτυξης. Για παράδειγμα, στη *Drosophila melanogaster* η ανάπτυξη του οπτικού λοβού επηρεάζεται από τη φωτεινότητα στα περιβάλλοντα όπου εκτράφησαν οι μύγες, με αποτέλεσμα διαφορές στη συμπεριφορά κατά το ζευγάρισμα.

Έως σήμερα, μελέτες που αναφέρουν εγκεφαλικά και συμπεριφορικά πλεονεκτήματα εντόμων που διατηρούνται σε εμπλουτισμένα περιβάλλοντα έχουν εκτελεστεί σε εργαστηριακές συνθήκες με χρήση διαφορετικών επιπέδων κοινωνικής αλληλεπίδρασης και υλικά αντικείμενα. Στα πειράματα έχουν χρησιμοποιηθεί κατά κύριο λόγο έντομα του γένους *Anastrepha* και η μύγα της ελιάς *Bactrocera oleae* (Rossi), καθώς και μέλη της οικογένειας *Drosophilidae* (Díaz-Fleischer et al., 2009). Όμως ελάχιστα είναι γνωστά για τις επιδράσεις του συνδυασμού κοινωνικών περιβαλλόντων και φυσικών ερεθισμάτων επί της συμπεριφοράς των ενηλίκων του *C. capitata*.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης κοινωνικών, οπτικών και οσμηρών ερεθισμάτων, κατά τις πρώτες πέντε ημέρες της ζωής των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου, στην επιβίωση και στο δυναμικό αναπαραγωγής τους.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Συνθήκες διεξαγωγής του πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στους χώρους του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, από τον Οκτώβριο του 2007 έως τον Ιούνιο του 2008.

Σε όλη τη διάρκεια του πειράματος οι συνθήκες που επικρατούσαν στο χώρο ήταν:

- Θερμοκρασία: 25 ± 2 °C
- Σχετική υγρασία: $65 \pm 5\%$
- Φωτοπερίοδος: 14:10 (Φως : Σκοτάδι)

Τα έντομα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα ήταν έντομα F1 εργαστηριακής γενεάς, προερχόμενα από την περιοχή της Μαγνησίας. Η εκτροφή του άγριου πληθυσμού για τη δημιουργία της F1 γενεάς έγινε με καθορισμένη μεθοδολογία. Οι προνύμφες εκτράφηκαν σε τεχνητή τροφή εμποτισμένη σε δισκία βάμβακος τα οποία τοποθετήθηκαν σε πλαστικά τρυβλία Petri. Η τροφή αποτελούνταν από 100 gr ζάχαρης, 100 gr μαγιά μύρας, 50 gr αλεύρι σόγιας, 2 gr μίγμα αλάτων, 8 gr ασκορβικό οξύ, 8 gr κιτρικό οξύ και 1,5 gr προπιονικό οξύ, διαλυμένα σε 500 mL νερού.

Στο στάδιο τις νύμφης, τα έντομα χωρίστηκαν στις αντίστοιχες μεταχειρίσεις και με την έξοδό τους από το νυμφικό περίβλημα τα ενήλικα εκτέθηκαν στα παρακάτω περιβάλλοντα:

- Κανένα ερέθισμα (μάρτυρας)
- Κοινωνικό περιβάλλον
- Οπτικά-οσμηρά ερεθίσματα και κοινωνικό περιβάλλον

Οι νύμφες της F1 γενεάς αρχικά χωρίστηκαν σε 44 τρυβλία Petri. Κάθε τρυβλίο περιείχε από 50 νύμφες του εντόμου (συνολικά 2.200 νύμφες). Τα τρυβλία με τις νύμφες που προορίζονταν για τις μεταχειρίσεις της επίδρασης του κοινωνικού περιβάλλοντος και των οπτικο-οσμηρών ερεθισμάτων τοποθετήθηκαν απευθείας στα κλουβιά όπου και θα παρέμεναν τα έντομα για τις πρώτες 5 ημέρες της ζωής τους (από 6 τρυβλία σε κάθε κλουβί). Οι νύμφες του μάρτυρα τοποθετήθηκαν αρχικά σε ξύλινα κλουβιά (από 4 τρυβλία σε κάθε κλουβί) διαστάσεων 30 x 30 x 30 cm, που



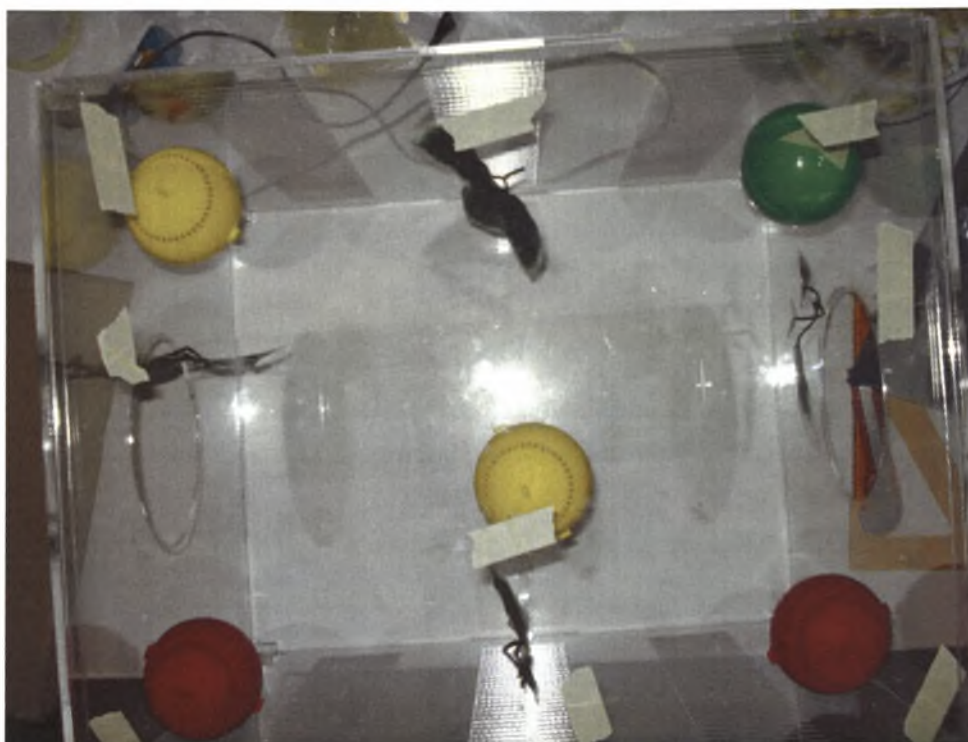
είχαν τις τρεις πλευρές τους καλυμμένες με συρμάτινο πλέγμα και τη μία με γυαλί, και παρέμειναν εκεί μέχρι την ημέρα της εκκόλαψης των ενηλίκων.

Η έξοδος των ενηλίκων και των τριών μεταχειρίσεων που έλαβαν μέρος στο πείραμα πραγματοποιήθηκε σε δύο διαδοχικές ημέρες.

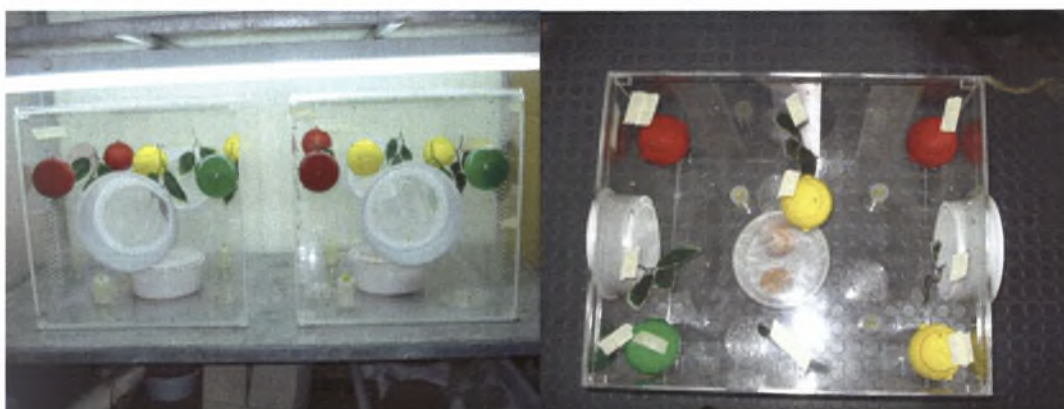
2.2. Στήσιμο κλουβιών – Περιβάλλον ανάπτυξης των νεαρών μυγών για τις πρώτες 5 ημέρες της ενήλικης ζωής τους

Για τη δημιουργία οπτικών-οσμικών ερεθισμάτων και κοινωνικού περιβάλλοντος χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφανή κλουβιά από Plexiglass διαστάσεων 50 x 40 x 40 cm. Από την οροφή κρεμάστηκαν 4 πλαστικά πράσινα φύλλα σε σχήμα σταυρού και 5 πλαστικές σφαίρες διαφορετικών χρωμάτων (2 κόκκινες, 2 κίτρινες, 1 πράσινη) και διαμέτρου 8 cm, σε ίση απόσταση η μία από την άλλη (Εικόνα 9). Στο εσωτερικό μιας κίτρινης και μιας κόκκινης μπάλας τοποθετήθηκε από ένα μανταρίνι. Μέσα σε κάθε κλουβί υπήρχε, επίσης, ένα πλαστικό κύπελλο που περιείχε ένα νεράντζι και ένα μανταρίνι (Εικόνες 10 & 11). Από το καπάκι του κυπέλλου είχε αφαιρεθεί κομμάτι και είχε καλυφθεί με τούλι, ώστε να απελευθερώνονται οι οσμές των καρπών αλλά οι μύγες να μην έχουν άμεση επαφή με αυτόν. Όλοι οι καρποί είχαν υποστεί προηγουμένως τραυματισμό (διαμέτρου 2 cm) στην επιφάνεια της φλούδας τους με ξυράφι. Επιπλέον, σε κάθε κλουβί είχε τοποθετηθεί επαρκής ποσότητα τροφής ενηλίκων και νερό.

Για την μεταχείριση του κοινωνικού περιβάλλοντος χρησιμοποιήθηκαν δύο κλουβιά από Plexiglass πανομοιότυπα με τα παραπάνω, με τη διαφορά ότι σε αυτά δεν τοποθετήθηκε κανενός είδους οπτικό ή οσμικό ερέθισμα, παρά μόνο τροφή και νερό για τις μύγες (Εικόνες 12 & 13).

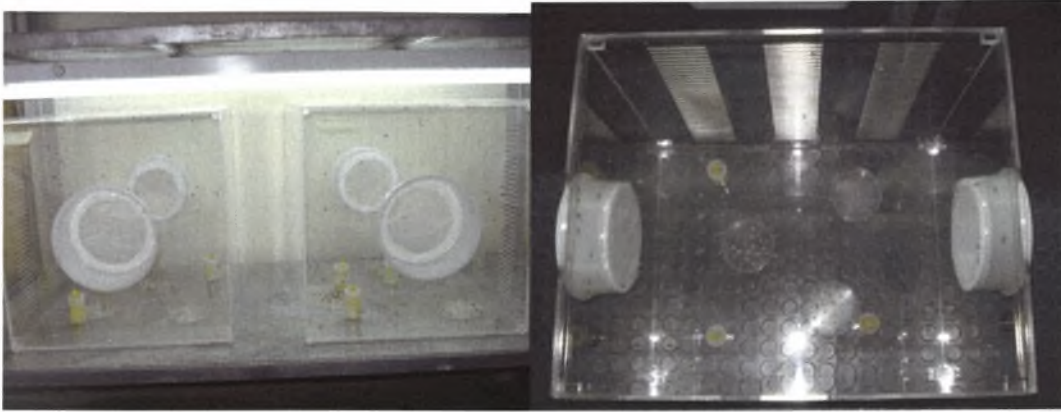


Εικόνα 9. Τοποθέτηση πλαστικών φύλλων και σφαιρών διαφορετικών χρωμάτων στο κλουβί.



Εικόνες 10 και 11. Περιβάλλον οπτικών-οσμικών και κοινωνικών ερεθισμάτων.

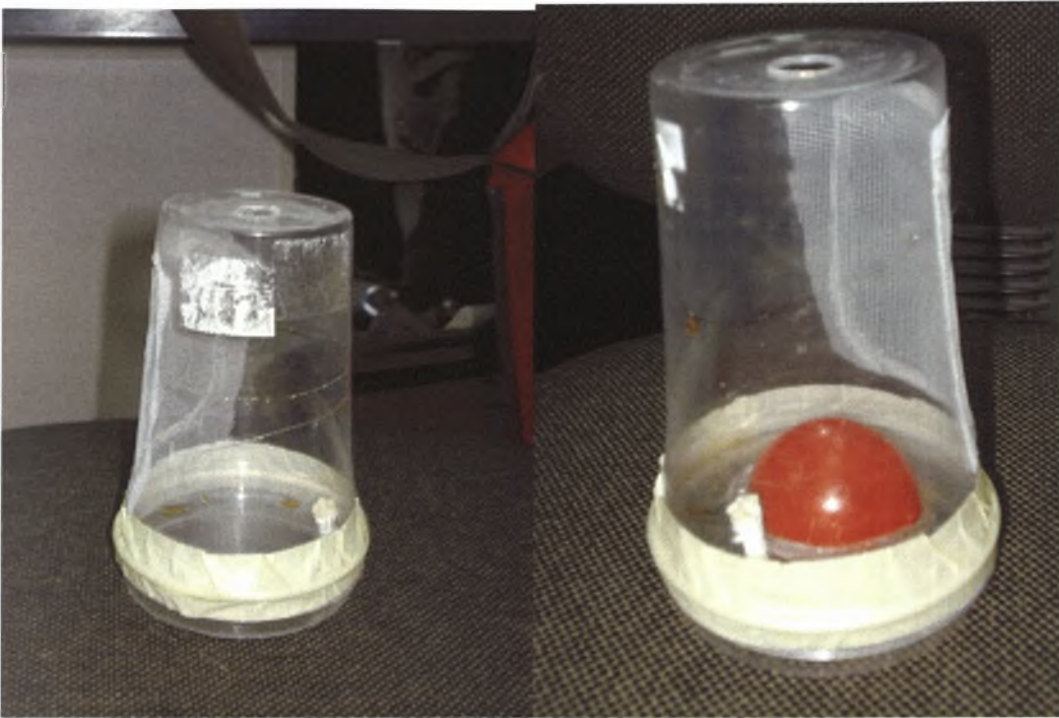
Μετά το πέρας τις έκθεσης στα εμπλουτισμένα περιβάλλοντα (5 ημέρες) δείγμα των εντόμων (25 ♀ και 25 ♂ από κάθε κλουβί, δηλαδή 50 ♀ και 50 ♂ από κάθε μεταχείριση) μεταφέρθηκε σε ατομικά κλουβιά, τα οποία περιγράφονται παρακάτω.



Εικόνες 12 και 13. Μεταχείριση κοινωνικού περιβάλλοντος.

Τα ενήλικα του μάρτυρα, μετά την έξοδό τους από το νυμφικό περίβλημα, μεταφέρθηκαν σε ατομικά κλουβιά και με την τοποθέτηση χαρτονιών μεταξύ των κλουβιών εμποδίστηκε η οπτική επαφή για τις πρώτες 5 ημέρες της ζωής τους. Στη συνέχεια τα χαρτόνια αφαιρέθηκαν.

Τα ατομικά κλουβιά (Εικόνες 14 & 15) ήταν κατασκευασμένα από πλαστικά, διαφανή ποτήρια, χωρητικότητας 300 mL, με διάμετρο βάσης 7,5 cm, κορυφής 5 cm και ύψος 12 cm. Για τον αερισμό του κλουβιού ανοίχτηκε στο πλευρικό τοίχωμά του παράθυρο διαστάσεων περίπου 2 x 2,5 cm, το οποίο καλύφθηκε με τούλι. Το επάνω μέρος του ποτηριού αποτέλεσε τη βάση του κλουβιού και ήταν προσαρμοσμένο σε κάλυμμα πλαστικού τρυβλίου Petri διαμέτρου 9 cm. Σε κάθε τρυβλίο υπήρχε ειδική υποδοχή για ένα φυτίλι το οποίο επικοινωνούσε με τη βάση του τρυβλίου, όπου είχε τοποθετηθεί νερό. Στα κλουβιά που προορίζονταν για τα θηλυκά του εντόμου είχε δημιουργηθεί στο τρυβλίο ειδική υποδοχή για το υπόστρωμα φωτοκίας. Το υπόστρωμα φωτοκίας ήταν ένα πλαστικό κοίλο ημισφαίριο (dome) κόκκινου χρώματος, πάχους 1,5 mm και διαμέτρου 5 cm. Κάτω από κάθε υπόστρωμα φωτοκίας τοποθετούνταν ένα φιαλίδιο που περιείχε αραιωμένο φυσικό χυμό πορτοκάλι, ο οποίος ανανεωνόταν κάθε δύο ημέρες. Ως τροφή των ενηλίκων χρησιμοποιήθηκε μίγμα υδρολυμένης πρωτεΐνης, ζάχαρης και νερού σε αναλογία 1:4:5. Η παροχή του νερού και της τροφής ήταν επαρκής καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.



Εικόνες 14 και 15. Ατομικό κλουβί για αρσενικό ενήλικο (αριστερά) και για θηλυκό ενήλικο (δεξιά).

Για όλες τις μεταχειρίσεις, η επιβίωση των ενηλίκων (♂ και ♀) και η ωοτοκία των θηλυκών ελεγχόταν κάθε μέρα. Τα αυγά που εναποθέτονταν στο εσωτερικό των υποστρωμάτων ωοτοκίας απομακρύνονταν και καταμετρούνταν με τη βοήθεια λεπτού πινέλου και τοποθετούνταν επάνω σε μαύρο, υγρό ύφασμα μέσα σε δίσκο ζαχαροπλαστικής. Οι παρατηρήσεις διήρκησαν ως τον θάνατο του μακροβιότερου ατόμου.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Διάρκεια ζωής – επιβίωση

Στον Πίνακα 1 φαίνεται η μέση διάρκεια ζωής αρσενικών και θηλυκών ενηλίκων του *C. capitata* ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο εκτέθηκαν για τις πρώτες 5 ημέρες της ζωής τους. Τα άτομα της μεταχείρισης του κοινωνικού περιβάλλοντος ήταν τα μακροβιότερα (♂: 75 ημέρες και ♀: 47 ημέρες) και ακολουθούν τα άτομα του μάρτυρα (♂: 67,1 ημέρες και ♀: 42,48 ημέρες) και τελευταία τα άτομα που είχαν εκτεθεί σε κοινωνικό και οπτικό-οσμηρό περιβάλλον (♂: 57,8 ημέρες και ♀: 39,3 ημέρες).

Οι διαφορές που καταγράφηκαν μεταξύ των μέσων όρων των ημερών επιβίωσης κυμάνθηκαν από 7 έως 17 ημέρες για τα αρσενικά και θηλυκά μεταξύ των μεταχειρίσεων, όμως οι διαφορές δεν ήταν σημαντικές (Log-Rank test, $P > 0,05$).

Πίνακας 1. Μέση διάρκεια ζωής αρσενικών και θηλυκών ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου σε σχέση με τη μεταχείριση που δέχτηκαν κατά τη διάρκεια των 5 πρώτων ημερών της ζωής τους.

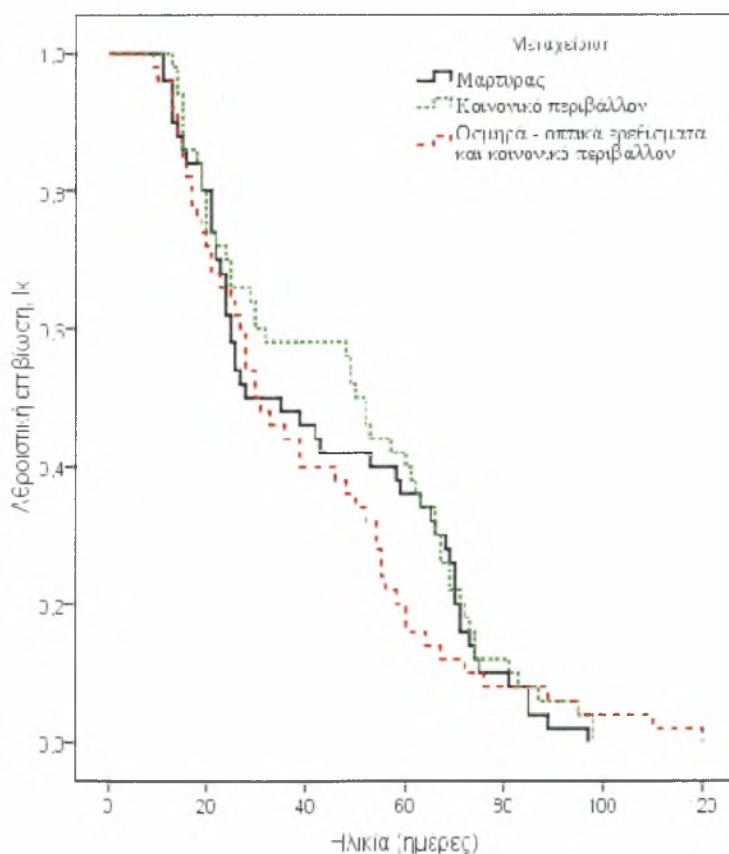
Μεταχειρίσεις	Μέση διάρκεια ζωής (ημέρες \pm SE)	
	Αρσενικά	Θηλυκά
Κοινωνικό περιβάλλον	75,0 \pm 7,01α	47,0 \pm 3,8α
Οπτικά-οσμηρά ερεθίσματα και κοινωνικό περιβάλλον	57,8 \pm 6,98α	39,3 \pm 3,8α
Μάρτυρας (απουσία ερεθισμάτων και κοινωνικού περιβάλλοντος)	67,1 \pm 7,24α	42,48 \pm 3,7α

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα, εντός της ίδιας στήλης, δε διαφέρουν σημαντικά (Log-Rank test, $P > 0,05$).

ΘΗΛΥΚΑ

Η επιβίωση των θηλυκών κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα για όλες τις μεταχειρίσεις μέχρι την ημέρα 30 (Διάγραμμα 1). Τα θηλυκά της μεταχείρισης του κοινωνικού περιβάλλοντος διατήρησαν ένα υψηλό ποσοστό επιβίωσης μέχρι και την 50^η περίπου ημέρα, ενώ η επιβίωση στις άλλες δύο μεταχειρίσεις μειώνονταν σταδιακά. Κατά την ημέρα 80 η επιβίωση των θηλυκών των μεταχειρίσεων του κοινωνικού περιβάλλοντος και των χημικών ερεθισμάτων είχε μειωθεί σημαντικά. Αντίθετα, η επιβίωση στην μεταχείριση του μάρτυρα διατηρήθηκε σε σχετικά υψηλά επίπεδα μέχρι και την 70^η ημέρα.

Η μέση διάρκεια ζωής των θηλυκών των τριών μεταχειρίσεων δε διέφερε σημαντικά, σύμφωνα με το Log-Rank test ($P > 0,05$) (Πίνακας 1).

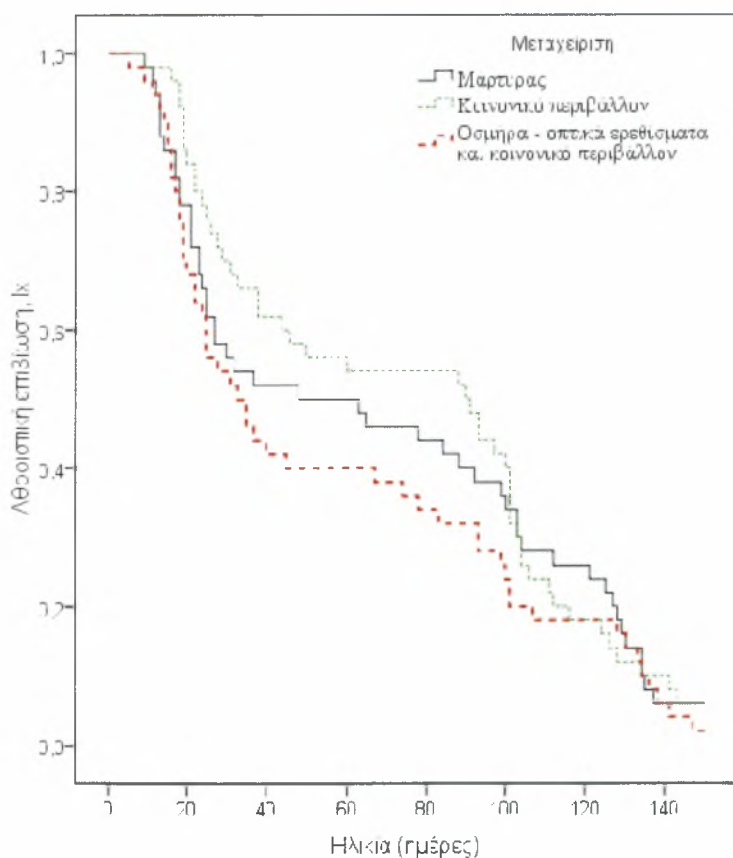


Διάγραμμα 1. Επιβίωση (lx) σε σχέση με την ηλικία των θηλυκών ατόμων όλων των μεταχειρίσεων.

ΑΡΣΕΝΙΚΑ

Τα αρσενικά ενήλικα της μύγας της Μεσογείου όλων των μεταχειρίσεων, σύμφωνα με το Διάγραμμα 2, διατήρησαν παρόμοια ποσοστά επιβίωσης για τις πρώτες 25 περίπου ημέρες της ζωής τους. Επίσης, μέχρι την 120^η ημέρα είχε απεικονιστεί η συντριπτική πλειοψηφία των ατόμων όλων των μεταχειρίσεων. Αισθητή διαφορά στην επιβίωση των αρσενικών που εκτέθηκαν στα διαφορετικά περιβάλλοντα παρατηρήθηκε από την 40^η μέχρι και την 100^η ημέρα της ζωής τους, με τον αριθμό των ατόμων της μεταχείρισης του κοινωνικού περιβάλλοντος να είναι σαφέστατα υψηλότερος και τον αριθμό των ατόμων που εκτέθηκαν στα χημικά ερεθίσματα να είναι εμφανώς μικρότερος από τις λοιπές μεταχειρίσεις.

Η μέση διάρκεια ζωής των αρσενικών των τριών μεταχειρίσεων δε διέφερε σημαντικά, σύμφωνα με το Log-Rank test ($P > 0,05$) (Πίνακας 1).

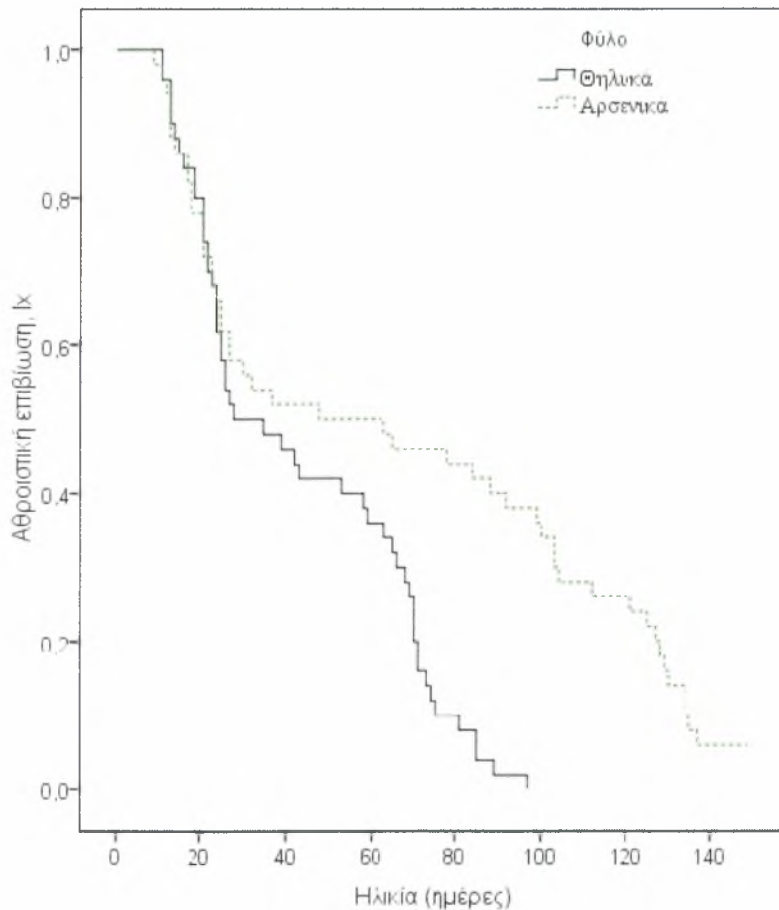


Διάγραμμα 2. Επιβίωση (lx) σε σχέση με την ηλικία των αρσενικών ατόμων όλων των μεταχειρίσεων.

ΜΑΡΤΥΡΑΣ

Στο Διάγραμμα 3 απεικονίζεται η επιβίωση αρσενικών και θηλυκών ενηλίκων της μεταχείρισης του μάρτυρα σε σχέση με την ηλικία. Η διαφορά στην επιβίωση μεταξύ των δύο φύλων ήταν μεγάλη. Την 30^η ημέρα ζούσε το 50% του πληθυσμού των θηλυκών, ενώ μέχρι την 50^η ημέρα το ποσοστό είχε μειωθεί στο 10%. Αντίστοιχα, το ποσοστό του εν ζώη πληθυσμού των αρσενικών δεν διέφερε σημαντικά από αυτό των θηλυκών κατά την 30^η ημέρα (58%). Κατά την 50^η ημέρα, ο πληθυσμός των αρσενικών συνέχισε να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα και άρχισε να παρατηρείται σταδιακή μείωσή του μετά την 100^η ημέρα.

Η μέση διάρκεια ζωής των δύο φύλων της μεταχείρισης διέφερε σημαντικά, σύμφωνα με το Wilcoxon (Gehan) test ($P < 0,05$).

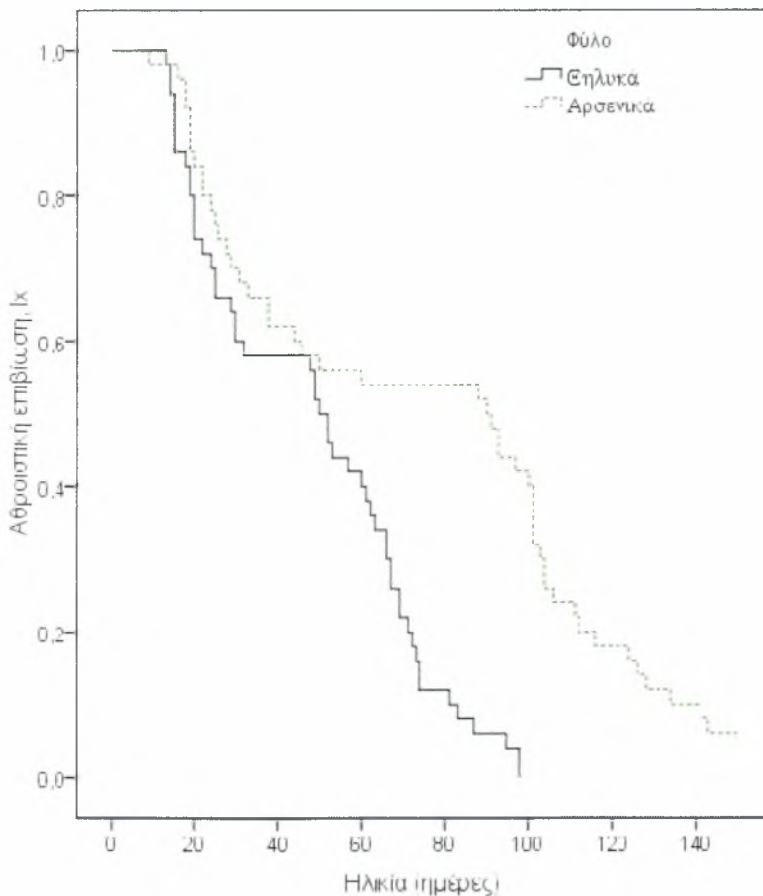


Διάγραμμα 3. Επιβίωση (Ix) σε σχέση με την ηλικία των αρσενικών και των θηλυκών ατόμων της μεταχείρισης του μάρτυρα.

ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Στο Διάγραμμα 4 φαίνεται η επιβίωση αρσενικών και θηλυκών ατόμων της μεταχείρισης του κοινωνικού περιβάλλοντος. Η επιβίωση των θηλυκών ακολουθεί μια σταδιακή μείωση μέχρι και την 98^η περίπου ημέρα, με εξαίρεση το διάστημα 40^{ης} με 60^{ης} ημέρας που το ποσοστό επιβίωσης τους παρέμεινε σταθερό στο 58%. Αντίθετα, η επιβίωση των αρσενικών ατόμων παρέμεινε σε ένα σταθερό επίπεδο από την 50^η μέχρι και την 90^η περίπου ημέρα, το οποίο ήταν σαφώς πολύ υψηλότερο από το αντίστοιχο των θηλυκών ατόμων για το ίδιο χρονικό διάστημα. Στη συνέχεια, ο αριθμός των αρσενικών ατόμων μειώθηκε σταδιακά.

Η μέση διάρκεια ζωής των δύο φύλων της μεταχείρισης διέφερε σημαντικά, σύμφωνα με το Wilcoxon (Gehan) test ($P < 0,05$).

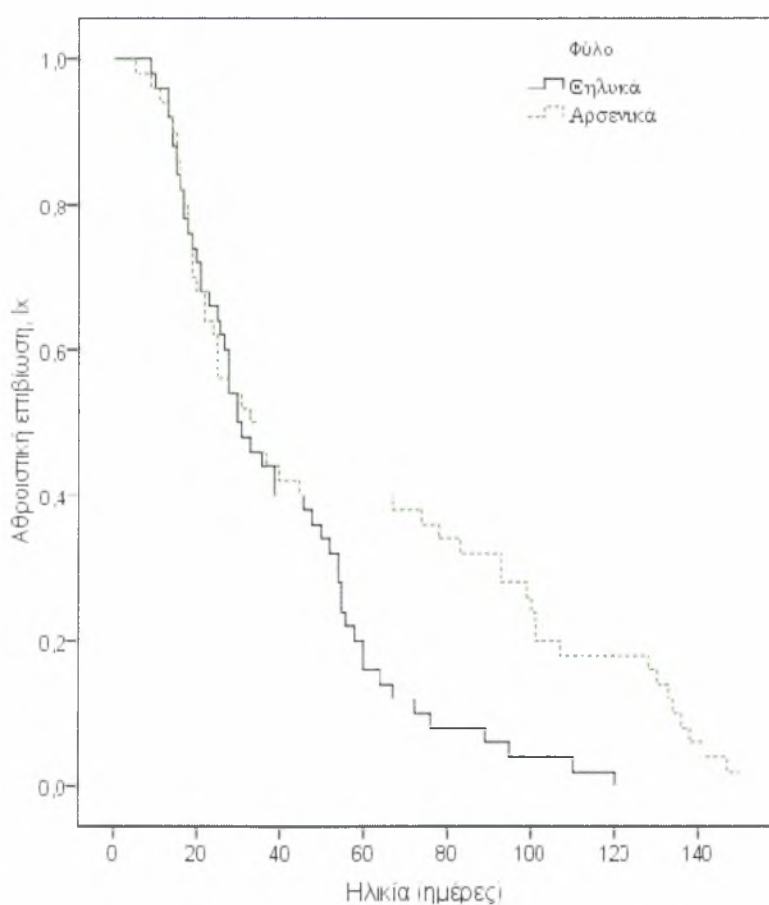


Διάγραμμα 4. Επιβίωση (lx) σε σχέση με την ηλικία των αρσενικών και των θηλυκών ατόμων της μεταχείρισης του κοινωνικού περιβάλλοντος.

ΟΠΤΙΚΑ – ΟΣΜΗΡΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Από το Διάγραμμα 5 διαπιστώνεται ότι σε αυτή την μεταχείριση η επιβίωση των δύο φύλων κυμάνθηκε με τον ίδιο ρυθμό μέχρι και την 50^η περίπου ημέρα. Στη συνέχεια, η επιβίωση των θηλυκών ατόμων μειώθηκε αισθητά, ενώ αυτή των αρσενικών διατηρήθηκε σε ποσοστό μέχρι 20% (έναντι του αντίστοιχου 5% για τα θηλυκά) φτάνοντας στην 100^η ημέρα.

Η μέση διάρκεια ζωής των δύο φύλων της μεταχείρισης δεν διαφέρει σημαντικά, σύμφωνα με το Wilcoxon (Gehan) test ($P>0,05$).



Διάγραμμα 5. Επιβίωση (lx) σε σχέση με την ηλικία των αρσενικών και των θηλυκών ατόμων της μεταχείρισης των οπτικών-οσμηρών ερεθισμάτων και του κοινωνικού περιβάλλοντος.

3.2. Ωοπαραγωγή

Στον Πίνακα 2 δίνεται η μέση ωοπαραγωγή των ενήλικων θηλυκών, ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο εκτέθηκαν για τις πρώτες 5 ημέρες της ζωής τους. Η μεταχείριση είχε σημαντική επίδραση (Πίνακας 3) στη μέση ωοπαραγωγή των θηλυκών ($P < 0,05$). Τα θηλυκά της μεταχείρισης του κοινωνικού περιβάλλοντος απέθεσαν σημαντικά περισσότερα αυγά (≈ 351 αυγά/θηλυκό) σε σχέση με τα άτομα των άλλων δύο μεταχειρίσεων. Η μέση ωοτοκία των θηλυκών που εκτέθηκαν σε χημικά ερεθίσματα και κοινωνικό περιβάλλον ήταν ελαφρώς υψηλότερη σε σύγκριση με την μέση ωοτοκία των ατόμων του μάρτυρα (≈ 216 αυγά/θηλυκό έναντι ≈ 212 αυγά/θηλυκό αντίστοιχα).

Επιπλέον, στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται και η μέση διάρκεια των περιόδων ωοπαραγωγής (προ-ωοτοκία, ωοτοκία, μετά-ωοτοκία) των θηλυκών των τριών μεταχειρίσεων. Τα άτομα που εκτέθηκαν στο περιβάλλον των χημικών ερεθισμάτων ήταν αυτά με τη μικρότερη περίοδο προωτοκίας ($\approx 9,7$ ημέρες). Ωστόσο, η περίοδος της ωοτοκίας τους διήρκησε λιγότερο ($\approx 18,6$ ημέρες) από τις αντίστοιχες των λοιπών μεταχειρίσεων. Τέλος, τα άτομα αυτά επέζησαν περισσότερο από τα άλλα μετά την λήξη της περιόδου ωοτοκίας (11 ημέρες). Τα θηλυκά της μεταχείρισης του κοινωνικού περιβάλλοντος παρουσίασαν τη μεγαλύτερη περίοδο προωτοκίας ($\approx 11,5$ ημέρες), όμως η περίοδος της ωοτοκίας τους ($\approx 27,7$ ημέρες) ήταν μεγαλύτερη από εκείνη των θηλυκών των λοιπών μεταχειρίσεων (Πίνακας 2). Επιπλέον τα θηλυκά αυτά παρουσίασαν τη μικρότερη περίοδο μετά την ωοτοκία ($\approx 7,9$ ημέρες) σε σχέση με τα θηλυκά των άλλων δύο μεταχειρίσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι στους παραπάνω υπολογισμούς δεν λήφθηκαν υπόψη οι 5 πρώτες ημέρες της ζωής των ενηλίκων.

Οι μέσοι όροι των περιόδων προ-ωοτοκίας των θηλυκών όλων των μεταχειρίσεων δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ($P > 0,05$). Το ίδιο ισχύει και για τους μέσους όρους των περιόδων μετά-ωοτοκίας. Αντίθετα, ο μέσος όρος των περιόδων ωοτοκίας των ατόμων της μεταχείρισης των χημικών ερεθισμάτων διέφερε σημαντικά ($P < 0,05$) από τους μέσους όρους των λοιπών μεταχειρίσεων.

Πίνακας 2. Μέση ωοπαραγωγή και μέση διάρκεια περιόδων αναπαραγωγής των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου σε σχέση με τη μεταχείριση κατά τη διάρκεια των 5 πρώτων ημερών της ζωής τους.

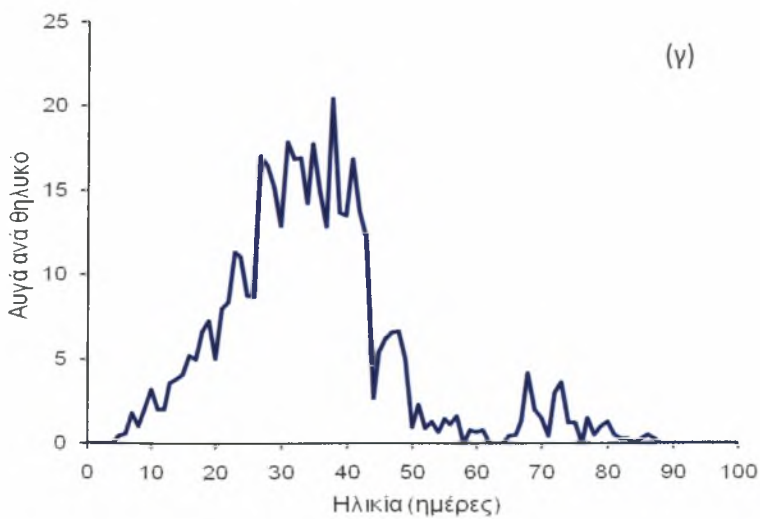
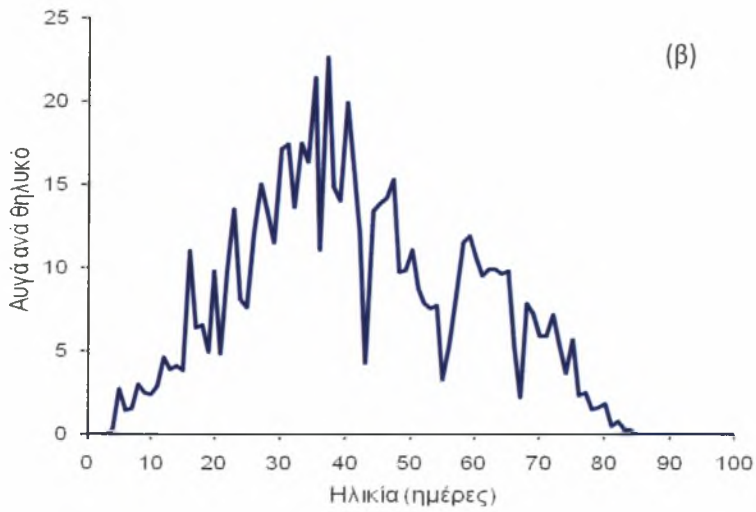
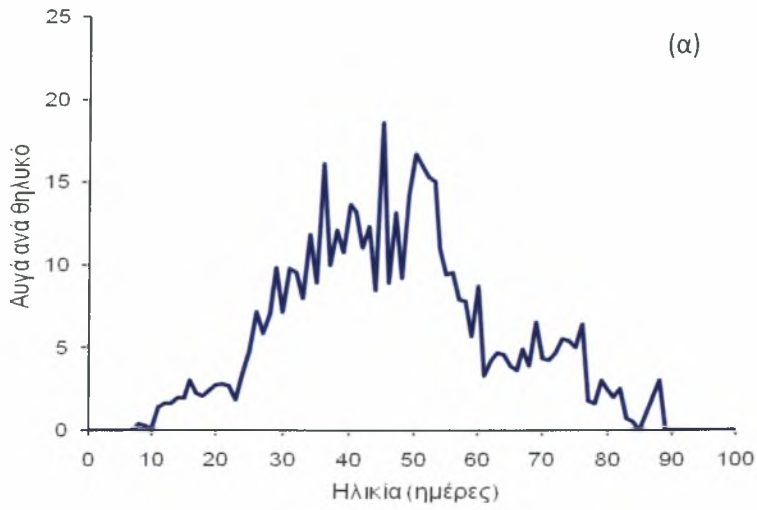
Μεταχειρίσεις	Αυγά/ θηλυκό ± SE	Μέση διάρκεια περιόδου (ημέρες ± SE)		
		Προ- ωοτοκίας	Ωοτοκίας	Μετά- ωοτοκίας
Κοινωνικό περιβάλλον	350,94 ± 49,6β	11,46 ± 1,1α	27,66 ± 3,1α	7,92 ± 1,2α
Οπτικά-οσμηνά ερεθίσματα και κοινωνικό περιβάλλον	215,62 ± 43,7α	9,66 ± 1,6α	18,64 ± 2,9β	11,0 ± 1,4α
Μάρτυρας (απουσία ερεθισμάτων και κοινωνικού περιβάλλοντος)	211,92 ± 39,9α	9,76 ± 1,3α	22,0 ± 3,5α	10,72 ± 1,5α

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα, εντός της ίδιας στήλης, δε διαφέρουν σημαντικά (*Log-Rank test, P > 0,05*) για τις περιόδους ωοτοκίας και (*LSD, P > 0,05*) για τη μέση ωοπαραγωγή/θηλυκό.

Πίνακας 3. Ανάλυση παραλλακτικότητας για την επίδραση της μεταχείρισης στη ωοπαραγωγή των θηλυκών.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Άθροισμα		Μέσα		
	Τετραγώνων	df	Τετράγωνα	F	P
Μεταχείριση	627712,12	2	313856,06	3,23	0,042
Σφάλμα	1,43E+07	147	97179,166		
Σύνολο	2,50E+07	150			

Στο Διάγραμμα 6 δίνεται η πορεία της ωοπαραγωγής σε σχέση με την ηλικία για τα θηλυκά των τριών μεταχειρίσεων. Στα θηλυκά του μάρτυρα η ωοπαραγωγή κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα μέχρι την 28^η ημέρα. Στη συνέχεια παρατηρήθηκε σταδιακή αύξηση με το μέγιστο της ωοπαραγωγής να καταγράφεται περίπου την 45^η ημέρα. Μεγάλη πτώση στην ωοπαραγωγή καταγράφηκε μετά την 57^η περίπου ημέρα, με την ωοπαραγωγή να μηδενίζεται περίπου την 90^η ημέρα. Η μέση ωοπαραγωγή των θηλυκών της μεταχείρισης του κοινωνικού περιβάλλοντος αυξανόταν με σταθερό ρυθμό από την 18^η ημέρα, φτάνοντας πολύ υψηλά ποσοστά ωοτοκίας κατά την 32^η με 48^η ημέρα και μέγιστο την 40^η περίπου ημέρα. Τα θηλυκά συνέχισαν να ωοτοκούν σε ικανοποιητικά επίπεδα μέχρι και την 67^η ημέρα. Την 85^η ημέρα η ωοπαραγωγή μηδενίστηκε. Στη μεταχείριση των οπτικών-οσμικών ερεθισμάτων και κοινωνικού περιβάλλοντος η μέση ωοπαραγωγή/θηλυκό αυξανόταν σταθερά από την 4^η ημέρα μέχρι και την 23^η περίπου ημέρα. Το μέγιστο της ωοπαραγωγής καταγράφηκε την 37^η ημέρα. Στη συνέχεια, η ωοπαραγωγή μειώθηκε απότομα και συνέχισε σε χαμηλές τιμές μέχρι την 88^η ημέρα που μηδενίστηκε.



Διάγραμμα 6. Ωοπαραγωγή των θηλυκών των τριών μεταχειρίσεων σε σχέση με την ηλικία: (α) μάρτυρας, (β) κοινωνικό περιβάλλον, (γ) οπτικά-οσμηρά ερεθίσματα και κοινωνικό περιβάλλον.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η έκθεση των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου σε εμπλουτισμένο με χημικά ερεθίσματα περιβάλλον και σε κοινωνικό περιβάλλον, για τις πρώτες πέντε ημέρες της ζωής τους, δεν επηρέασε σημαντικά την επιβίωση τους, συγκρινόμενη με την επιβίωση ατόμων που εκτέθηκαν σε περιβάλλον χωρίς ερεθίσματα (μάρτυρας).

Στην ωοπαραγωγή των θηλυκών καταγράφηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων. Συγκεκριμένα, η ωοπαραγωγή των θηλυκών του κοινωνικού περιβάλλοντος ήταν αισθητά πιο αυξημένη από την ωοπαραγωγή των θηλυκών των άλλων δύο μεταχειρίσεων (οπτικά-οσμηρά ερεθίσματα και κοινωνικό περιβάλλον, μάρτυρας). Όσον αφορά στη διάρκεια ζωής αρσενικών και θηλυκών μεταξύ της ίδιας μεταχείρισης, διαπιστώθηκε ότι και στις τρεις διαφορετικές μεταχειρίσεις τα αρσενικά ήταν μακροβιότερα των θηλυκών.

Σύμφωνα με εργασία των Diaz-Fleischer et al. (2009), η έκθεση των ενηλίκων σε οπτικά και οσμηρά ερεθίσματα ευνοεί την ανάπτυξη των εγκεφαλικών νευρώνων τους και κατ' επέκταση την προσαρμοστικότητά τους σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Στην ίδια εργασία αναφέρεται ότι η πυκνότητα διατήρησης των αρσενικών αποτελεί τον πλέον καθοριστικό παράγοντα στην επιτυχία σύζευξης αρσενικών του είδους *Anastrepha ludens*. Τα αρσενικά που διατηρούνταν σε χαμηλές πυκνότητες στα πρώτα στάδια της ενήλικης ζωής τους είχαν υψηλότερα ποσοστά επιτυχίας σύζευξης. Αντίθετα, η συζευκτική συμπεριφορά των θηλυκών δεν επηρεάστηκε από την πυκνότητα διατήρησής τους. Τα θηλυκά που εκτέθηκαν σε εμπλουτισμένο περιβάλλον είχαν μικρότερη πιθανότητα να συζευχθούν, καθώς και μικρότερη διάρκεια σύζευξης σε σχέση με θηλυκά που εκτέθηκαν σε περιβάλλοντα χωρίς ερεθίσματα

Αντίστοιχα, σύμφωνα με τους Dukas et al. (2003), στο είδος *Drosophila melanogaster* το εμπλουτισμένο περιβάλλον διπλασίασε τις πιθανότητες των αρσενικών για σύζευξη. Σημαντικός παράγοντας, επίσης, στην διαδικασία της σύζευξης ήταν ο διαθέσιμος κατ' άτομο χώρος για τα δύο φύλλα.

Η μακροβιότητα των αρσενικών έναντι των θηλυκών σε όλες τις μεταχειρίσεις είναι πιθανόν να οφείλεται στην αναπαραγωγική βιολογία της μύγας της Μεσογείου. Τα αρσενικά είναι πολυγαμικά ενώ τα θηλυκά μονογαμικά ή ολιγογαμικά (Bonizzoni et al. 2002). Καθώς συμπληρώνουν αρκετές επικαλυπτόμενες γενεές το έτος, τα

σεξουαλικά ενεργά αρσενικά της μύγας της Μεσογείου με μεγάλη διάρκεια ζωής έχουν την ευκαιρία να συζευχθούν πολλές φορές με νεαρά επιδεκτικά θηλυκά των επόμενων γενεών.

Συμπερασματικά, διαπιστώνεται πως το εμπλουτισμένο περιβάλλον δεν σχετίζεται με την επιβίωσή των δύο φύλων, όμως επηρεάζει την ωοπαραγωγή των θηλυκών. Επιπλέον, η υψηλή πυκνότητα πληθυσμού φαίνεται να αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την σύζευξη, αλλά όχι για την ωοπαραγωγή των θηλυκών, η οποία σημειώνει υψηλά ποσοστά σε αυτές τις συνθήκες.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bonizzoni, M., L. Zheng, C. R. Guglielmino, D. S. Haymer, G. Gasperi, L. M. Gomulski, and A. R. Malacrida. 2001.** Microsatellite analysis of medfly bioinfestations in California. *Molecular Ecology*. 10: 2515-2524.
- della Beffa, G. 1962.** Γεωργική Εντομολογία. Εκδοτικός οίκος Μόσχου Χρ. Γκιούρδα, Αθήνα.
- Capinera J. L. 2004.** Encyclopedia of Entomology, Vol. 2. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Diaz-Fleischer, F., J. Arredondo, and M. Aluja. 2009.** Enriching early adult environment affects the copulation behaviour of a tephritid fly. *Journal of Experimental Biology*. 212: 2120-2127.
- Dukas, R., and A. Mooers. 2003.** Environmental enrichment improves mating success in fruit flies. *Anim. Behav.* 66: 741-749.
- Hebets, E. A. 2003.** Subadult experience influences adult mate choice in an arthropod: exposed female wolf spiders prefer males of a familiar phenotype. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 100: 13390-13395.
- Katsoyannos, B. I., N. T. Papadopoulos, I. Hendrichs, and V. Wornoayporn. 1999.** Comparative response to citrus foliage and citrus fruit odour by wild and mass-reared sterile Mediterranean fruit fly males of a genetic sexing strain. *Journal of Applied Entomology*. 123: 139-143.
- Katsoyannos, B. I., N. A. Kouloussis, and N. T. Papadopoulos. 1997.** Response of *Ceratitis capitata* to citrus chemicals under semi-natural conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 82: 181-188.
- Katsoyannos, B. I. 1989.** Response to shape, size and color, p. 307-324, In A. S. Robinson and G. Hooper, eds. *World Crop Pests*, Vol. 3a. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- Levinson, H., A. Levinson, and E. Osterried. 2003.** Orange-derived stimuli regulating oviposition in the Mediterranean fruit fly. *Journal of Applied Entomology*. 127: 269-275.
- Mitchell, A. C., and S. H. Saul. 1990.** Current control methods for the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, and their application in the USA. *Rev. Agric. Entomol.* 78: 923-940.

- Mau, R. F. L., and J. L. M. Kessing. 1992.** *Ceratitis capitata* (Wiedemann). Crop Knowledge Master (on-line database: <http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/ceratiti.htm>).
- Nestel, D., B. I. Katsoyannos, E. Nemni-Lavy, Z. Mendel, and N. T. Papadopoulos. 2004.** Spatial analysis of medfly populations in heterogeneous landscapes, p. 35-43, In B. Barnes, ed. 6th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, Stellenbosch, South Africa.
- Nishida, R., T. E. Shelly, T. S. Whittier, and K. Y. Kaneshiro. 2000.** Alpha-copaene, a potential rendezvous cue for the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. *Journal of Chemical Ecology*. 26: 87-100.
- Papadopoulos, N. T., N. A. Kouloussis, and B. I. Katsoyannos. 2006.** Effect of plant chemicals on the behavior of the Mediterranean fruit fly. 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, Salvador, Brazil.
- Papadopoulos, N. T., B. I. Katsoyannos, and D. Nestel. 2003.** Spatial autocorrelation analysis of a *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) adult population in a mixed deciduous fruit orchard in northern Greece. *Environmental Entomology*. 32: 319-326.
- Papaj, D. R., B. I. Katsoyannos, and J. Hendrichs. 1989.** Use of fruit wounds in oviposition by Mediterranean fruit flies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 53: 203-209.
- Prokopy, R. J., and B. D. Roitberg. 1989.** Fruit fly foraging behaviour, p. 293-306, In A. S. Robinson and G. Hooper, eds. *World Crop Pests*, Vol. 3a. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- Rosenzweig, M. R., E. L. Bennett, M. Hebert, and H. Morimoto. 1978.** Social grouping cannot account for cerebral effects of enriched environments. *Brain Res*. 153: 563-576.
- Shelly, T. E. 2000.** Male signaling and lek attractiveness in the Mediterranean fruit fly. *Animal Behavior*. 60: 245-251.
- van Praag, H., G. Kempermann, and F. H. Gage. 2000.** Neural consequences of environmental enrichment. *Nat. Rev. Neurosci*. 1: 191-198.
- Wharton, R. H. 1989.** Control; classical biological control of fruit-infesting Tephritidae, p. 303-313, In A. S. Robinson and G. Hooper, eds. *World Crop Pests*, Vol. 3b. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- White, I. M., and M. M. Elson-Harris. 1992.** Fruit flies of economic significance:

their identification and bionomics. CAB International, Wallingford, United Kingdom.

Παπαδόπουλος, Ν. Θ. 1998. Μελέτη της Βιολογίας και Οικολογίας της Μύγας της Μεσογείου *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) στη Βόρεια Ελλάδα. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη.

Τζανακάκης, Μ. Ε., και Β. Ι. Κατσόγιαννος. 2003. Έντομα Καρποφόρων Δέντρων και Αμπέλου. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα, σελ: 213-219.

Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος. 1999. Τμήμα Γεωργίας. Γραφείο Τύπου και Πληροφοριών, Λευκωσία.

Πηγές από Διαδίκτυο

http://www.incofruit.gr/eidiseis/methodos_SIT.pdf

http://www.fecier.org.ar/detalle_noti.php

<http://www.freshfromflorida.com/pi/enpp/ento/images/medfly6.jpg&imgrefurl>

<http://www.invasive.org/images/768x512/5193030.jpg&imgrefurl>

<http://entnemdept.ufl.edu/creatures/fruit/medfly02.jpg&imgrefurl=http://entnemdept.ufl.edu/creatures/fruit/medfly02.htm&usg>

<http://www.sciencedaily.com/images/2009/01/090121122940.jpg&imgrefurl>

<http://www.russellipm-agriculture.com/uploads/traps/flycatcher.jpg&imgrefurl>

<http://www.acgov.org/cda/awm/agprogrms/images/jacksontrap.jpg&imgrefurl>

http://farm6.static.flickr.com/5089/5376375122_26699e9b6e.jpg&imgrefurl

<http://www.sciencedaily.com/images/2010/03/100317101350-large.jpg&imgrefurl>

<http://www.inra.fr/hyppz/IMAGES/7031144.jpg&imgrefurl>

http://www.bayercropscience.gr/media/Images_CS/orange_pronimfes.jpg&imgrefurl

http://photos.eppo.org/albums/pests/Insects/Ceratitis_capitata__CERTCA_/CERTCA_14.jpg&imgrefurl

ΛΗΞΗ	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΑΝΕΙΖΟΜΕΝΟΥ

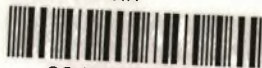
**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ**

Τηλ.: 24210 ~~466000~~

93141



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000105327