



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**Επίδραση της θερμοκρασίας στα δημογραφικά χαρακτηριστικά  
πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου που προέρχεται από τη Βιέννη  
και αναπτύχθηκε στα μήλα**

**Δορδούρη Αικατερίνη Ραφαήλα**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**Παπαδόπουλος Νικόλαος**

**ΒΟΛΟΣ 2021**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, εκπονήθηκε στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κατά τα έτη 2020-2021. Θερμές ευχαριστίες προς τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου διατριβής κύριο Νικόλαο Παπαδόπουλο, για την υπόδειξη του θέματος αλλά και για τη βοήθεια του καθ' όλη τη διάρκεια της εκτέλεσης της πειραματικής διαδικασίας καθώς και της συγγραφής της παρούσας εργασίας.

Επιπλέον ευχαριστίες και προς την υποψήφια διδάκτορα Γεωργία Παπαδογιώργου καθώς και τη μεταδιδακτορικό ερευνητή Κλεοπάτρα Μωραΐτη, για την καθοδήγηση και τη συνεχή βοήθεια που μου προσέφεραν.

## Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	4
ABSTRACT .....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή.....	6
1.1 Γενικά για τη μύγα Μεσογείου.....	6
1.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του εντόμου .....	6
1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη και επιβίωση των ανήλικων σταδίων των εντόμων .....	8
1.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των εντόμων .....	11
1.5 Βιολογικός κύκλος .....	14
1.6 Ξενιστές και οικονομική σημασία.....	15
1.7 Συμπτώματα Προσβολής.....	16
1.8 Γεωγραφική Εξάπλωση .....	17
1.9 Καταπολέμηση .....	18
1.10 Σκοπός.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	23
2.1 Συνθήκες εργαστηρίου .....	23
2.2 Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν .....	23
2.3 Πειραματική διαδικασία.....	25
2.4 Ανάλυση δεδομένων.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Αποτελέσματα.....	27
3.1 Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων.....	27
3.2 Επίδραση της θερμοκρασίας στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενήλικων .....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Συζήτηση Και Συμπεράσματα .....	36
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	38

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε το πως η θερμοκρασία μπορεί να επιδράσει στην επιβίωση και ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων καθώς και στη μετέπειτα επιβίωση και ωοπαραγωγή των ενηλίκων που προκύπτουν. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε πληθυσμός ενήλικων της μύγας της Μεσογείου, *Ceratitis capitata*, που προήλθε από την περιοχή της Αυστρίας. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η ανάπτυξη και επιβίωση κατά τη διατήρηση των ανήλικων σταδίων του εντόμου σε 5 διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις 15°C, 20°C, 25°C, FTR1 (20°C : 7°C, 2:2) και FTR2 (20°C : 5°C, 2:6). Για την εκπόνηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τα ενήλικα της F5 γενιάς πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου που όπως προαναφέρθηκε προήλθε από τη Βιέννη.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Τα ανήλικα του *C. capitata* αναπτύχθηκαν σε μήλα της ποικιλίας Golden Delicious, σε τρεις διαφορετικές σταθερές θερμοκρασίες 15°C, 20°C, 25°C, σε θερμόκυκλο 20°C : 5°C διάρκειας 2 ημερών στους 20°C και 2 ημερών στους 5°C, και σε θερμόκυκλο 20°C : 5°C διάρκειας 2 ημερών στους 20°C και 6 ημερών στους 5°C. Οι νύμφες που προέκυπταν διατηρούνταν ατομικά σε ειδικά τρυβλία petri στην εκάστοτε μεταχείριση έως την έξοδο των ενήλικων, όπου ένα ζευγάρι θηλυκού και αρσενικού ατόμου μεταφέρονταν σε κλουβί δημογραφίας στους 25°C.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η θερμοκρασία επηρέασε την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων, την επιβίωση τους, όπως και τη μακροβιότητα των ενηλίκων που προέκυψαν. Ειδικότερα, παρατηρήθηκε πως η ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων ευνοήθηκε από τις υψηλές θερμοκρασίες, με ιδανικότερη θερμοκρασία αυτή των 25°C. Αντίθετα οι χαμηλότερες θερμοκρασίες δρούσαν ανασταλτικά, μειώνοντας την ταχύτητα ανάπτυξης. Όσον αφορά την περίοδο προ - ωτοκίας των θηλυκών, τα αποτελέσματα έδειξαν πως ήταν σημαντικά μεγαλύτερη για τα θηλυκά που διατηρήθηκαν σε θερμοκρασία 20°C. Τέλος, αν και τα ποσοστά επιβίωσης των ενήλικων της μύγας της Μεσογείου δεν διέφεραν μεταξύ των διάφορων θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων, παρατηρήθηκε πως τα αρσενικά ήταν αυτά που μακροβιότερα σε σχέση με τα θηλυκά.

## ABSTRACT

In the present study, the effect of temperature on the development of immature stages and the demographic characteristics of adults of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*, originating from Vienna, was studied. Specifically, the behavior of the insect during the maintenance of its immature stages in 5 different temperature treatments of 15°C, 20°C, 25°C, FTR1 (20°C :7°C, 2:2) and FTR2 (20°C : 5°C, 2:6) was studied. Adults of the F5 generation of the Mediterranean fruit fly population were used for the preparation of the experiment.

The experiment was performed in the laboratory of Entomology and Agricultural Zoology at the University of Thessaly. Immature stages of *C. capitata* were grown on Golden Delicious apples, at three different constant temperatures of 15°C, 20°C, 25°C, in a temperature treatment of 20°C : 5°C, lasting 2 days at 20°C and 2 days at 5°C and in a temperature treatment of 20°C : 5°C, lasting 2 days at 20°C and 6 days at 5°C. The nymphs were kept individually in special petri dishes, within each temperature treatment until the appearance of the adults, where a pair of a female and a male were transported to a demographic cage at 25°C.

The results of the experiment showed that temperature affects both the development of immature stages and the longevity of adults. In particular, it was observed that higher temperatures helped the development of the immature stages of *C. capitata*, and it appeared that the ideal temperature was 25°C. On the contrary, the lower temperatures acted as inhibitors. Regarding the oviposition of the females, the results showed that the pre-oviposition time was significantly longer in females which were maintained at a temperature of 20°C. Finally, although the survival rates of Mediterranean fruit fly adults did not differ between the different temperature treatments, it was observed that males were the ones who lived longer than females.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

### 1.1 Γενικά για τη μύγα Μεσογείου

Η μύγα της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (αλλιώς γνωστή ως medfly) ανήκει στην τάξη των Διπτέρων και ειδικότερα στην οικογένεια των Tephritidae και στο άθροισμα Ceratidini. Η μύγα αυτή αποτελεί εχθρό των φρούτων για περισσότερα από 300 είδη φρούτων παγκοσμίως (De Meyer et al., 2002; Naserzadeh et al., 2019). Μελέτες δείχνουν πως το *C. capitata* κατάγεται από την τροπική Αφρική (Malacrida et al., 1992; Diamantidis et al., 2009). Παρόλα αυτά πρόκειται για ένα κοσμοπολίτικο είδος το οποίο έχει εξαπλωθεί και εντοπίζεται πλέον και σε περιοχές της Νότιας Ευρώπης, στη Μέση Ανατολή, στην Κεντρική Αμερική, στην Καραϊβική, στην Αυστραλία καθώς και σε μέρη της Ωκεανίας (Ricalde et al., 2012). Η ικανότητα προσαρμογής της μύγας της Μεσογείου σε ποικιλία περιβαλλόντων σε συνδυασμό με το πλήθος των ξενιστών που προσβάλλει, την καθιστούν ως έναν από τους πιο σημαντικούς εχθρούς φρούτων υψηλής οικονομικής σημασίας παγκοσμίως (Papadopoulos et al., 2001; Diamantidis et al., 2008).

### 1.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του εντόμου

#### Ενήλικο στάδιο

Στο ενήλικο στάδιο το *C. capitata* έχει μήκος 4-6 mm και πλάτος περίπου 1,2-2 mm. Ως προς το χρωματισμό το έντομο διαθέτει θώρακα, με την περιοχής της κοιλιάς και αυτή των πτερύγων να καλύπτεται από κίτρινες, μαύρες, καστανές και λευκές κηλίδες (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Η κεφαλή είναι κίτρινου χρωματισμού, και στη βάση των κεραιών είναι πιο σκούρου χρώματος, ενώ ανάμεσα στους σύνθετους οφθαλμούς υπάρχουν μαύρες τρίχες (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Οι πτέρυγες, πιο συγκεκριμένα, είναι διαφανείς με το μήκος τους να κυμαίνεται περίπου στα 4,5mm η καθεμία, και επάνω τους εντοπίζονται ζώνες με διαφορετικούς χρωματισμούς (μαύρες, καστανές και κίτρινες). Το ενήλικο όταν αναπαύεται ή βαδίζει διατηρεί τις πτέρυγες του κατά το ήμισυ ανοιχτές, με τρόπο που να σχηματίζεται μία ορθή γωνία ως προς το υπόστρωμα (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Η κοιλιά από την άλλη, είναι ωοειδούς σχήματος, έχει χρώμα πορτοκαλοκίτρινο με δύο εγκάρσιες ζώνες καστανέρυθρου χρώματος και κάποια λεπτά μαύρα στίγματα (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Τα πόδια έχουν χρώμα κιτρινέρυθρο και διαθέτουν σκληρές, κίτρινες τρίχες στο πίσω μέρος της κνήμης

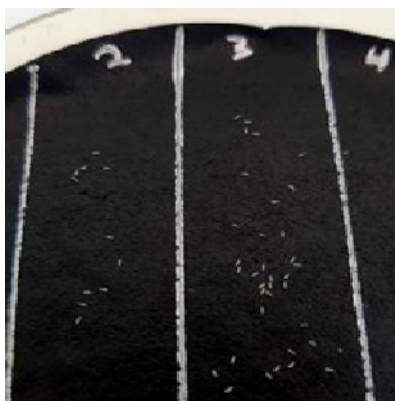
(Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Η διάκριση του θηλυκού από το αρσενικό γίνεται εύκολα λόγω της ύπαρξης ωοθήτη, καστανέρυθρου χρώματος και μήκους περίπου 1,3 mm, στο τελευταίο κοιλιακό τμήμα του θηλυκού. Η ύπαρξη ενός ζεύγους έμμισχων κερατοειδών αποφύσεων τοποθετημένων στο μέτωπο μόνο των ενήλικων αρσενικών , είναι ένας ακόμη τρόπος να διαχωριστούν τα δύο φύλα (Εικόνα 1).



**Εικόνα 1:** Ενήλικο αρσενικό της μύγας της Μεσογείου (Ηλεκτρονική πηγή 1)

### **Ανήλικα στάδια**

Τα αυγά της μύγας της Μεσογείου είναι λευκού χρωματισμού, και το σχήμα τους είναι επίμηκες και ελλειπτικό. Το μήκος και η διάμετρος τους κυμαίνεται στα 0,9-1,1mm και 0,2-0,3mm αντίστοιχα (Εικόνα 2).



**Εικόνα 2:** Αυγά της μύγας της Μεσογείου πάνω σε μαύρο διηθητικό χαρτί

Οι προνύμφες είναι ακέφαλες, χωρίς πόδια και έχουν υπόλευκο χρώμα και κυλινδρικό σχήμα ενώ παρατηρείται ότι το πρόσθιο τμήμα του σώματος τους είναι πιο στενό από το οπίσθιο. Γενικά διακρίνονται τρεις προνυμφικές ηλικίες με βάση το μέγεθος, το σχήμα και το χρώμα των στοματικών αγκίστρων του κεφαλοφαρυγγικού

σκελετού (White and Elson-Harris, 1992). Ειδικότερα η προνύμφη της πρώτης ηλικίας έχει μήκος 0,17-2,2 mm, της δεύτερης 2,3-5 mm και της τρίτης 6-10 mm (Papadopoulos et al., 2004).

Οι νύμφες έχουν βαρελόμορφο σχήμα με μήκος που κυμαίνεται από 4,4-4,5 mm και διάμετρο 2-2,5 mm. Ο χρωματισμός της νύμφης ποικίλει και μπορεί να είναι από υπόλευκο έως σκούρο καστανό, ενώ εξαρτάται κυρίως από τους ξενιστές στους οποίους αναπτύσσονται οι προνύμφες (Papadopoulos, 2004).

### **1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη και επιβίωση των ανήλικων σταδίων των εντόμων**

#### **Αβιοτικοί**

Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ανά καιρούς ότι ο χρόνος ανάπτυξης και η επιβίωση, καθώς και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αναπτυσσόμενων πληθυσμών εντόμων, ποικίλλουν σημαντικά. Οι παράγοντες που συμβάλλουν καθοριστικά προς αυτή την κατεύθυνση είναι η θερμοκρασία, η διαθεσιμότητα τροφής, καθώς και διάφορες κλιματολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες (υγρασία, βροχή κτλ.).

Το γεγονός ότι η μύγα της Μεσογείου αποτελεί επιζήμιο είδος σε ορισμένες περιοχές ενώ σε άλλες όχι, ίσως οφείλεται στις κλιματικές διαφορές των περιοχών αυτών. Μεταξύ των κλιματικών παραγόντων η θερμοκρασία αποτελεί τον κύριο οικολογικό παράγοντα που επηρεάζει την ανάπτυξη και αύξηση των εντόμων, επιδρώντας άμεσα στη φυσιολογία και στην ενζυμική δραστηριότητα αυτών (Trudgill et al., 2005; Ricalde et al., 2012). Η διάρκεια ζωής, το ποσοστό επιβίωσης των διαφόρων σταδίων ανάπτυξης καθώς και το διάστημα που μεσολαβεί από το αυγό έως το ενήλικο ποικίλλει ανάλογα με τη θερμοκρασία. Γενικά η διάρκεια των ανήλικων σταδίων αναφέρεται πως είναι αντιστρόφως ανάλογη της θερμοκρασίας (Ricalde et al., 2012). Μεταξύ όλων των αναπτυξιακών σταδίων, το αυγό είναι αυτό που αντέχει περισσότερο τις χαμηλές θερμοκρασίες, κάτι που φαίνεται να αποτελεί γενικό κανόνα για τα Tephritidae (Ricalde et al., 2012). Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε αναφέρεται πως η κατώτερη θερμοκρασία για την ανάπτυξη των αυγών είναι οι 11°C ενώ το ποσοστό εκκόλαψης τους μειώνεται ελαφρώς μόνο στους 35°C. Στην ίδια έρευνα, η έκθεση των σε χαμηλή θερμοκρασία περίπου 8-9°C για διάστημα δύο ημερών μείωσε το ποσοστό εκκόλαψης από 98% σε 48%, ενώ η παραμονή τους στις ίδιες θερμοκρασίες για έξι ημέρες προκάλεσε ολική αναστολή



της εκκόλαψης. Ανάλογες ήταν και οι επιδράσεις της σχετικής υγρασίας. Συγκεκριμένα, η εκκόλαψη δεν επηρεάστηκε όταν τα αυγά διατηρήθηκαν σε υγρασία 30% για μία ώρα, μειώθηκε όμως δραστικά από 98% σε 8% για διάρκεια παραμονής 6 ωρών και μηδενίστηκε όταν τα αυγά παρέμειναν σε υγρασία 30% για 12 ώρες (Shoukry et al., 1979). Μεταξύ διαφόρων ερευνών, το κατώτερο όριο αντοχής των αυγών του *C. capitata* μπορεί να διαφέρει ελαφρώς, γεγονός που αποδίδεται στην διαφορετική γεωγραφική προέλευση των μυγών της Μεσογείου που μελετούνται (Ricalde et al., 2012).

Η ανάπτυξη της προνύμφης αναστέλλεται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 5°C αλλά και σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 35°C (Shoukry et al., 1979). Η διάρκεια του νυμφικού σταδίου μειώνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία. Ειδικότερα όπως παρατηρήθηκε σε έρευνα των Duyck και Quilici (2002), η διάρκεια του σταδίου των νυμφών ανερχόταν σε 35, 17, 10 και 8 ημέρες για θερμοκρασίες 15, 20, 25 και 30°C αντίστοιχα. Η θερμοκρασία εκτροφής των προνυμφών επηρεάζει παράλληλα το χρόνο ανάπτυξης, το ποσοστό νύμφωσης και το βάρος των νυμφών το οποίο μειώνεται αναλογικά με τη μείωση της θερμοκρασίας (Hooper, 1978). Διαφορές που παρατηρούνται στη διάρκεια του προνυμφικού σταδίου μεταξύ διαφόρων ερευνών, πιθανόν να σχετίζονται με τη διαφορετική διατροφή των προνυμφών. Σημειώνεται πως οι πρωτεϊνικές πηγές είναι σημαντικές για τη μύγα της Μεσογείου καθώς της παρέχουν αμινοξέα που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξή της (Ricalde et al., 2012).

### **Βιοτικοί**

Οι ξενιστές αποτελούν τον κύριο βιοτικό παράγοντα που επηρεάζει τα αναπτυξιακά χαρακτηριστικά της μύγας της Μεσογείου κατά τα ανήλικα στάδια. Η επίδραση των φρούτων ξενιστών στην επιβίωση και στη διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων έχει εξετασθεί κυρίως κάτω από ιδανικές περιβαλλοντικές συνθήκες (Krainacker, Carey, Vargas, 1987; Vayssieres et al., 2008; Hafsi et al., 2016; Dionysopoulou et al., 2019). Το είδος, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά (pH) καθώς και το στάδιο ωρίμανσης του ξενιστή επηρεάζουν την απόδοση των ανήλικων σταδίων του *C. capitata* (Fernandes-Da-Silva and Zucoloto, 1993; Papadopoulos and Katsoyannos, 2002; Papachristos et al., 2008). Τα εσπεριδοειδή είναι από τους ξενιστές τους οποίους η μύγα της Μεσογείου προτιμά συχνά για να εναποθέσει τα αυγά της. Παρόλα αυτά διαφορετικά είδη αυτών βρέθηκε ότι έχουν

ποικίλες επιδράσεις στο ποσοστό επιβίωσης και στο χρόνο ανάπτυξης του *C. capitata* (Carey, 1984; Krainacker et al., 1987; Papachristos et al., 2008). Συγκεκριμένα, σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε από τους Papachristos και συνεργάτες (2008), εξετάστηκαν τρεις ποικιλίες πορτοκαλιών, μία λεμονιών και μία νεραντζιών για την καταλληλότητα τους ως ξενιστές της μύγας της Μεσογείου. Η σύσταση της επιδερμίδας και οι χημικές ιδιότητες του ενδοκαρπίου των φρούτων, όπως η οξύτητα και το pH, αλλά και η επιλογή του τμήματος του καρπού στο οποίο θα εναποτεθούν τα αυγά επηρεάζει άμεσα την διάρκεια ανάπτυξης και επιβίωσης των προνυμφών. Ο φλοιός των εσπεριδοειδών διακρίνεται από δύο στρώματα, το flavedo και το albedo. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι προνύμφες οι οποίες τοποθετήθηκαν στο στρώμα «flavedo» δεν επιβίωσαν σε καμία ποικιλία, εκτός από τα νεράντζια στα οποία παρατηρήθηκε μικρό ποσοστό επιβίωσης της τάξης του 22,5% περίπου. Στο «albedo», οι προνύμφες επιβίωσαν σε ποσοστό 76% στα νεράντζια, ενώ πολύ χαμηλότερα ήταν τα ποσοστά επιβίωσης στις ποικιλίες των πορτοκαλιών και λεμονιών (9,8% και 14,4% αντίστοιχα). Επιπλέον η υψηλή θνησιμότητα των προνυμφών που τοποθετήθηκαν στο στρώμα «flavedo» πιθανόν να οφείλεται στην μεγάλη περιεκτικότητα αυτού σε αιθέρια έλαια, τα οποία χαρακτηρίζονται τοξικά για τις προνύμφες του *C. capitata*. Στα πορτοκάλια και τα λεμόνια μάλιστα, η περιεκτικότητα αυτή είναι αυξημένη κατά 25-50% σε σχέση με την ποικιλία των νεραντζιών. Όσον αφορά το πως επιδρά η οξύτητα και το pH στην επιβίωση των προνυμφών, αναφέρεται πως βρέθηκε μία θετική συσχέτιση μεταξύ του pH του χυμού των εσπεριδοειδών και του βάρους των θηλυκών νυμφών, ενώ αντίθετα αρνητικά επηρεάστηκε η διάρκεια του προνυμφικού σταδίου. Τέλος οι διαφορετικές ποικιλίες εσπεριδοειδών καθώς και τα διαφορετικά τμήματα του φλοιού στα οποία τοποθετήθηκαν οι προνύμφες, φαίνεται πως δεν επηρέασαν την ανάπτυξη των αυγών της μύγας της Μεσογείου (Papachristos et al., 2008).

Οι Papadopoulos και Katsoyannos (2002), σε ερευνά τους μελέτησαν την ανάπτυξη του *C. capitata* σε τρεις ποικιλίες μήλων, τις Golden Delicious, Granny Smith και Red Delicious. Το υπόστρωμα ωοτοκίας και η σύσταση του φαίνεται πως επηρεάζει την γονιμότητα των θηλυκών. Παρατηρήθηκε πως η μύγα της Μεσογείου προτίμησε να ωοτοκήσει σε μήλα της ποικιλίας Golden Delicious, στα οποία το προνυμφικό στάδιο είχε μικρότερη διάρκεια (περίπου 23 ημέρες) σε σχέση με τις άλλες δύο ποικιλίες (33-35 ημέρες). Αυτό συνέβη καθώς η υψηλή οξύτητα και η

σκληρή σάρκα κυρίως των μήλων της ποικιλίας Granny Smith, αυξάνουν την θνησιμότητα των προνυμφών και δρουν αποτρεπτικά στην επιλογή τους ως ξενιστές.

Άλλοι ξενιστές στους οποίους οι πληθυσμοί της μύγας της Μεσογείου εμφανίζουν υψηλή ικανότητα επιβίωσης, αναφέρονται επίσης τα μαύρα βατόμουρα, τα σμέουρα αλλά και το μύρτιλο, σημειώνοντας συγκεκριμένα ποσοστό επιβίωσης προνυμφών περίπου 68%, ενώ εκείνες που εκτράφηκαν σε βερίκοκο και παπάγια φαίνεται πως επιβιώνουν μόνο κατά 1% περίπου (Krainacker et al., 1987). Μελέτες αναφέρουν ότι η μύγα της Μεσογείου προτιμά γενικά ώριμα φρούτα καθώς παρατηρήθηκε ότι τόσο στις άγριες όσο και στις εργαστηριακές εκτροφές αυτών, τα θηλυκά έδωσαν μεγαλύτερο αριθμό αυγών στους ώριμους ξενιστές (Joachim-Bravo et al., 2001). Παρόλα αυτά υποστηρίζεται ότι τα πολυφάγα έντομα αφήνουν τα αυγά τους σε ξενιστές ακατάλληλους για την ανάπτυξη των προνυμφών, όταν δεν υπάρχει κάποιος άλλος πιο κατάλληλος ξενιστής διαθέσιμος, με αποτέλεσμα ο αριθμός των αυγών αυτών να είναι μειωμένος (Joachim-Bravo et al., 2001).

Από την άλλη, τα χαρακτηριστικά των μυγών των φρούτων επηρεάζουν την επιτυχία της εισβολής, η οποία έγκειται κατά ένα μεγάλο ποσοστό στη διαθεσιμότητα τροφής (Chesson, 2000; Pieterse et al., 2019). Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της μικρής κινητικότητας που παρουσιάζουν οι προνύμφες, οι οποίες εξαρτώνται κατά συνέπεια από τις θρεπτικές πηγές τις οποίες παρέχει το φυτό ξενιστής που επιλέγεται εκάστοτε από το θηλυκό άτομο (Joachim-Bravo et al., 2001). Ο Krainacker (1987) επιπλέον αναφέρει ότι τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού της μύγας, μπορεί να σχετίζονται με τα ποσοστά γονιμότητας της, και πιο συγκεκριμένα ότι τα μεγάλα σε μέγεθος θηλυκά παρουσιάζουν αυξημένη γονιμότητα σε σχέση με τα μικρότερα, καθώς τα πρώτα φαίνεται πως παρουσιάζουν υψηλό ανταγωνισμό για σύζευξη και μεγαλύτερη διασπορά, ανεξάρτητα από το αν έχουν εκτραφεί στον ίδιο ξενιστή (Krainacker et al., 1987; Navarro-Campos et al., 2011).

#### **1.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των εντόμων Αβιοτικοί**

Τα δημογραφικά χαρακτηριστικά ενός είδους, καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την αλληλεπίδραση μεταξύ περιβάλλοντος και γενετικών παραγόντων που επιδρούν στην επιβίωση και στην αναπαραγωγή των διαφόρων ηλικιακών σταδίων αυτού (Diamantidis et al., 2008). Οι περιβαλλοντικές συνθήκες και ιδιαίτερα η θερμοκρασία επηρεάζουν, όπως είναι φυσικό, την επιβίωση και την αρμοστικότητα

των εντόμων. Τα Terphritidae είναι ικανά να αναπτύσσονται και να ανταπεξέρχονται σε διαφορετικά εύρη θερμοκρασιών, και αυτό γιατί η ανάπτυξη τους εξαρτάται από τις θερμικές απαιτήσεις τους. Συγκεκριμένα, κάθε είδος εντόμου διακρίνεται από ένα βέλτιστο εύρος θερμοκρασιών, οριοθετούμενο από μια ελάχιστη ( $T_b$ ) και μια μέγιστη ( $T_s$ ) τιμή θερμοκρασίας, πέρα των οποίων η ανάπτυξη διακόπτεται (Ricalde et al., 2012). Η θερμοκρασία εκτροφής των προνυμφών σχετίζεται μάλιστα με τη μεταγενέστερη εμφάνιση ενηλίκων. Έχει καταγραφεί ότι έντομα που εκτρέφονται σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά και πλαστικότητα όταν εκτίθενται αργότερα σε ψυχρά ή και θερμά περιβάλλοντα (Vargas et al., 1997). Παρόλα αυτά, οι θερμικές απαιτήσεις των ειδών ποικίλλουν ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης και τη γεωγραφική προέλευση τους (Ricalde et al., 2012).

Παράγοντες όπως το κλίμα, η διαθεσιμότητα των πόρων διατροφής και οι δυνατότητες αναπαραγωγής μπορούν επίσης να επηρεάσουν τη διάρκεια της ζωής των ατόμων (Diamantidis et al., 2009). Αν και δεν είναι εντελώς ξεκάθαρο ποιο φύλο ζει περισσότερο, φαίνεται πως τα αρσενικά είναι μακροβιότερα των θηλυκών σε σταθερές συνθήκες στο εργαστήριο (Diamantidis et al., 2008). Οι διαφορές στη θνησιμότητα μεταξύ των θηλυκών ίσως υπόκεινται σε παράγοντες σχετικούς με τους θηρευτές και την έλλειψη τροφής, αλλά και με τα οικοσυστήματα στα οποία ζουν. Η υπεροχή των αρσενικών στη μακροζωία από την άλλη, πιθανόν να συνδέεται με τις αναπαραγωγικές προτιμήσεις και τη σεξουαλική τους συμπεριφορά. Τα αρσενικά μπορούν να συζευχθούν παραπάνω από μία φορές κατά τη διάρκεια της ζωής τους ενώ τα θηλυκά χαρακτηρίζονται ως ολιγογαμικά (Papadopoulos et al., 2003; Diamantidis et al., 2008). Η δυνατότητα πολλαπλών συζεύξεων με θηλυκά άτομα διαφορετικών γενεών έχουν ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της αρμοστικότητας, των αρσενικών ατόμων, συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση της διάρκειας της ζωής τους. Τέλος, όσον αφορά τη διατροφή της μύγας της Μεσογείου, οι Kaspi et al. (2002), αναφέρουν ότι η ανάπτυξη προνυμφών σε συνθήκες επαρκούς διαθεσιμότητας πρωτεϊνικών πηγών, αποφέρει την έξοδο περισσότερων ενηλίκων. Η Παπαναστασίου (2014), σε μελέτη που αφορούσε το πως η τροφή μπορεί να επηρεάσει τη συμπεριφορά των ενηλίκων του *C. capitata* κατέληξε επίσης στο συμπέρασμα πως η πρωτεΐνη βοηθούσε τα ενήλικα να ζήσουν περισσότερο συγκριτικά με εκείνα που τρεφόταν μόνο με ζάχαρη.

## Βιοτικοί

Η σχέση μεταξύ αύξησης πληθυσμού των μυγών των φρούτων και παρουσίας ξενιστή έχει αναφερθεί από πολλούς συγγραφείς (Leite et al., 2019). Τα φυτά ξενιστές παίζουν σημαντικό ρόλο στην ικανότητα των διαφόρων ειδών των μυγών των φρούτων να επιζήσουν και να εξαπλωθούν (Malacrída et al., 2007; Pieterse et al., 2019). Σε εύκρατες περιοχές, υψηλές προσβολές σε πυρηνόκαρπα καθώς και σε ξενιστές χαμηλότερης οικονομικής αξίας, όπως σύκα και λωτούς, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, οδηγούν στην ανάπτυξη υψηλών πληθυσμών του εντόμου το φθινόπωρο. Οι πληθυσμοί αυτοί απειλούν τα φρούτα που ωριμάζουν αργότερα, όπως τα μήλα. Όπως αναφέρουν σε έρευνα τους ο Joachim-Bravo et al. (2001), τα μήλα δεν αποτελούν κατάλληλους ξενιστές για τη μύγα της Μεσογείου λόγω του μικρού ποσοστού εξόδου ενήλικων που παρατηρείται. Παρόλα αυτά, η ανάπτυξη του *C. capitata* στα μήλα, συνδέεται άμεσα με την επιτυχή διαχείμαση του εντόμου στο στάδιο της προνύμφης (Papadopoulos et al., 2002; Dionysoroulou et al., 2019). Σε άλλες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν αναφέρεται ότι φρούτα όπως το σταφύλι και το μάνγκο έδωσαν ενήλικα που έζησαν για χρονικό διάστημα περίπου 20-23 ημερών αντίστοιχα, ενώ ικανοποιητικά αποτελέσματα ως ξενιστής έδωσε και το ροδάκινο με τα ενήλικα να ζούνε για 79 ημέρες περίπου (Krainacker et al., 1987).

Η Διονυσοπούλου και συνεργάτες (2019), μελέτησαν την επίδραση διάφορων παραγόντων στην επιβίωση τεσσάρων διαφορετικής προέλευσης πληθυσμών της μύγας της Μεσογείου. Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν πληθυσμοί που εκτράφηκαν στο εργαστήριο, μολυσμένοι με στελέχη του βακτηρίου *Wolbachia* και μη, καθώς και ένας άγριος πληθυσμός. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν ότι εμφανίζονται διαφορετικά δημογραφικά χαρακτηριστικά μεταξύ άγριων πληθυσμών και αυτών που εκτράφηκαν σε εργαστήρια (Krainacker et al., 1987; Papadopoulos et al., 2008; Dionysoroulou et al., 2019). Ο άγριος πληθυσμός σημείωσε μεγαλύτερα ποσοστά επιβίωσης σε διαφορετικούς ξενιστές (μήλα και νεράντζια), αλλά και σε διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις σε σχέση με τους άλλους πληθυσμούς. Αυτό πιθανόν συμβαίνει γιατί οι τελευταίοι, εκτρέφονται στο εργαστήριο υπό ιδανικές συνθήκες (θερμοκρασία, τροφή, απουσία εχθρών), με αποτέλεσμα την μεταβολή της αρμοστικότητας και τη μείωση της πλαστικότητας τους. Κατά συνέπεια, οι πληθυσμοί που έχουν προσαρμοστεί σε εργαστηριακές συνθήκες, δεν μπορούν να αναπτυχθούν ικανοποιητικά σε άγριους ξενιστές και μεταβαλλόμενες

περιβαλλοντικές συνθήκες όπου παρουσιάζουν μειωμένη γονιμότητα, μακροβιότητα αλλά και ικανότητα διασποράς.

Μόλυνση από στελέχη του βακτηρίου *Wolbachia* τέλος, αυξάνει τα ποσοστά θνησιμότητας των προνυμφών της μύγας της Μεσογείου, επηρεάζοντας έτσι άμεσα και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του εντόμου, καθώς παρατηρήθηκε ότι τα μολυσμένα άτομα χρειάστηκαν γενικά περισσότερο χρόνο για να αναπτυχθούν και παρουσίασαν μικρότερα ποσοστά επιβίωσης συγκριτικά με τα υγιή (Dionysoroulou et al., 2019).

### 1.5 Βιολογικός κύκλος

Το *C. capitata* είναι ένα πολυκυκλικό είδος, καθώς μπορεί και ολοκληρώνει πολλές γενεές μέσα σε ένα έτος, κάτι που σχετίζεται με τις εκάστοτε κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στις περιοχές που εντοπίζεται, τη γεωγραφική της θέση αλλά και τη διαθεσιμότητα των καρπών (Fletcher, 1989). Συγκεκριμένα στη χώρα μας, η μύγα της Μεσογείου φαίνεται να ολοκληρώνει 3-7 γενεές ανά έτος, ενώ σε περιοχές με υψηλή θερμοκρασία ο αριθμός αυτός μπορεί να αυξηθεί (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Αντίθετα σε περιοχές στις οποίες οι χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα καταστέλλουν την επιβίωση των ενηλίκων, το έντομο μπορεί και διαχειμάζει ως προνύμφη εντός των καρπών που ήταν ήδη προσβεβλημένοι και είχαν παραμείνει επάνω στα δένδρα ή έχουν πέσει στο έδαφος (Papadopoulos et al., 2001). Τα ενήλικα της μύγας της Μεσογείου εμφανίζονται την άνοιξη. Ο βιολογικός κύκλος των εντόμων διαρκεί 25 μέρες ή έναν μήνα, όταν η ανάπτυξη τους πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 25°C περίπου και σε σχετική υγρασία 60-70% (Papadopoulos et al., 2002). Το θηλυκό μπορεί και ορύσσει με τη βοήθεια του ωοθέτη την οπή ωοτοκίας στο επικάρπιο ή μεσοκάρπιο ενός ώριμου συνήθως καρπού και εναποθέτει εκεί τα αυγά του, τα οποία κυμαίνονται από 1 έως 6 (Papadopoulos et al., 2001; Papadopoulos et al., 2002). Όταν ολοκληρώνεται η ωοτοκία το θηλυκό θέλοντας να αποτρέψει την εναπόθεση αυγών από άλλα θηλυκά στον ίδιο καρπό, αποθέτει φερομόνη γύρω το νύγμα της ωοτοκίας καθώς και σε άλλα σημεία στην επιφάνεια του καρπού (Prokory et al., 1978). Η εκκόλαψη των αυγών συμπληρώνεται εντός των πρώτων 48 ωρών σε ιδανικές θερμοκρασίες. Οι προνύμφες που εμφανίζονται, ορύσσουν στοά στο εσωτερικό των καρπών και τρέφονται από τη σάρκα του καρπού, οδηγώντας συχνά στην καταστροφή του. Στη συνέχεια εξέρχονται από αυτόν και νυμφώνονται στο έδαφος, σε μικρό βάθος. Το στάδιο της νύμφης διαρκεί περίπου 10

ημέρες πριν εμφανιστούν τα πρώτα ενήλικα (Papadopoulos et al., 2002; Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003).

### 1.6 Ξενιστές και οικονομική σημασία

Τα είδη της οικογένειας Tephritidae ανήκουν στους σημαντικότερους εντομολογικούς εχθρούς στον κόσμο, καθώς προσβάλλουν μια μεγάλη ποικιλία τροπικών και υποτροπικών καλλιεργειών καθώς και καλλιεργειών εύκρατων περιοχών, με μεγάλη οικονομική σημασία (Diamantidis et al., 2009). Συγκεκριμένα, η μύγα της Μεσογείου ως πολυφάγο είδος προσβάλλει μεγάλο αριθμό ξενιστών, διαφορετικών οικογενειών και ανέρχονται περίπου στις 67. Οι καρποί που το έντομο μπορεί να προσβάλλει ξεπερνούν τους 300 σε αριθμό εκ των οποίων το 40% ανήκει στις ακόλουθες οικογένειες: Rutaceae (9%), Solanaceae (6%), Rosaceae (10%) Myrtaceae (6%), , Spotaceae (9%) και (Papachristos et al., 2014). Μεταξύ αυτών κύριοι ξενιστές αναφέρονται ειδικότερα τα εσπεριδοειδή, τα πυρηνόκαρπα και τα γιγαρτόκαρπα, ενώ σημαντικό ποσοστό προσβολών παρατηρείται και τροπικά φυτά όπως είναι η παπάγια, ο καφές, το μάνγκο, το αβοκάντο και άλλα (Papadopoulos et al., 2004; Naserzadeh et al., 2019). Στη χώρα μας οι ζημιές από το *C. capitata* εντοπίζονται κυρίως σε πορτοκάλια, μανταρίνια, ροδάκινα, μήλα, σύκα, κυδώνια, αχλάδια και πολλά άλλα φρούτα (Papadopoulos et al., 2004). Φαίνεται επιπλέον η προτίμηση του είδους σε ώριμους καρπούς φρούτων (Joachim-Bravo et al., 2001).

Η εμφάνιση και τελικά η εγκατάσταση της μύγας της Μεσογείου σε μια νέα περιοχή, διευκολύνεται λόγω της εμπορικής δραστηριότητας των χωρών και συνδέεται άμεσα με σημαντικές οικονομικές συνέπειες, που απορρέουν από την ανάγκη προστασίας της παραγωγής. Σε μελέτες που έχουν διεξαχθεί, αναφέρεται, πως οι απώλειες λόγω του *C. capitata* σε Ισραήλ, Ιρλανδία και Παλαιστίνη φτάνουν τα 192 εκατομμύρια δολάρια ετησίως (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Το έντομο αυτό μάλιστα, χαρακτηρίζεται ως έντομο «καραντίνας» στις χώρες δηλαδή που η παρουσία του εντόμου δεν έχει διαπιστωθεί καθώς δυσκολεύει το εμπόριο προς τις περιοχές αυτές, ενώ, δυσχεραίνει παράλληλα και τη μεταφορά των φρούτων από τις χώρες στις οποίες ενδημεί. Εξαιτίας των μέτρων απεντόμωσης που λαμβάνονται σε αυτές τις περιοχές, παρατηρείται σημαντική αύξηση του κόστους (Mitchell and Saul, 1990). Τελευταία, πραγματοποιούνται εκτενώς προσπάθειες από διεθνείς και εθνικούς οργανισμούς στοχεύοντας στον περιορισμό της εξάπλωσης της μύγας της

Μεσογείου αλλά και στην απομάκρυνση αυτής από περιοχές στις οποίες έχει ήδη εγκατασταθεί (Mitchell and Saul, 1990).

### 1.7 Συμπτώματα Προσβολής

Όπως προαναφέρθηκε το ενήλικο της μύγας της Μεσογείου εναποθέτει τα αυγά του στο νύγμα φωτοκίας που δημιουργεί στη σάρκα του καρπού, ενώ και οι προνύμφες αναπτύσσονται στη συνέχεια εις βάρος αυτού. Το νύγμα αυτό μοιάζει με μαύρο στίγμα που είναι ευδιάκριτο όταν ο καρπός διατηρεί ακόμα το πράσινο χρώμα του, και περιβάλλεται από μια χλωρωτική κηλίδα που συχνά είναι δύσκολο να διακριθεί. Μετά την προσβολή παρατηρείται νέκρωση και σήψη της σάρκας, ενώ και στο εσωτερικό του καρπού δημιουργούνται στοές. Εξαιτίας της αποσύνθεσης του καρπού, συχνή είναι και η εμφάνιση δευτερογενών προσβολών, που προκύπτουν από την είσοδο άλλων μικροοργανισμών και μυκήτων στην προϋπάρχουσα οπή. Στο τελικό στάδιο, ο καρπός σαπίζει και πολλές φορές πέφτει στο έδαφος, ενώ πιθανή είναι και η εναπόθεση αυγών από άλλα είδη εντόμων, όπως της οικογένειας *Drosophilidae*, δημιουργώντας έτσι και δευτερογενείς ζημιές (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Οι προσβεβλημένοι καρποί δεν μπορούν να καταναλωθούν και επομένως η ζημιά θα αποφέρει σοβαρές συνέπειες, αν το έντομο δεν αντιμετωπισθεί άμεσα (Papadopoulos et al., 2002) (Εικόνα 3).



**Εικόνα 3:** Προσβεβλημένος καρπός μήλου, σε κουτί με υπόστρωμα άμμου



## 1.8 Γεωγραφική Εξάπλωση

Ένας μεγάλος αριθμός γενετικών μελετών που έχουν διεξαχθεί υποστηρίζει πως η μύγα της Μεσογείου προέρχεται από την Αφρική και πιο συγκεκριμένα από την περιοχή της Σαχάρα (Kourti, 2002; Diamantidis et al., 2009). Από αυτούς τους οικοτόπους, η μύγα φαίνεται πως έχει επεκταθεί, σε λιγότερο από 200 χρόνια, σε διάφορες περιοχές ανά τον κόσμο, επεκτείνοντας την ποικιλία των ξενιστών αλλά και των γεωγραφικών περιοχών που προσβάλλει. Πιστεύεται ότι το *C. capitata* ξεκίνησε την εγκατάσταση νέων αποικιών της στη Μεσόγειο, όπου πρώτη φορά εντοπίστηκε στην Ισπανία το 1842 (Robinson and Hooper, 1989; Diamantidis et al., 2009). Η μετακίνηση στη λεκάνη της Μεσογείου λέγεται πως πραγματοποιήθηκε είτε μέσω της κοιλάδας του Νείλου, είτε μέσω της Ισπανίας από τη βορειοδυτική ακτή της Αφρικής και το Γιβραλτάρ (Papadopoulos, 2004). Δεδομένου ότι η εμφάνιση του είδους στην Ισπανία αποτελεί την πρώτη ένδειξη εισβολής εκτός της Αφρικής, θεωρείται πως η εγκατάσταση της μύγας στην δυτική Αυστραλία αντιπροσωπεύει την δεύτερη περίπτωση αποικισμού (Diamantidis et al., 2009).

Η αύξηση τόσο της συχνότητας των γεγονότων εισβολής, όσο και του αριθμού των ειδών που εισάγονται σε διαφορετικούς βιότοπους, οφείλεται κατά μεγάλο ποσοστό στην παγκοσμιοποίηση σε συνδυασμό με τις εμπορικές δραστηριότητες που διευκόλυναν σημαντικά τις μετακινήσεις εκτός των γεωγραφικών τους ορίων (Diamantidis et al., 2009). Η οικογένεια των Tephritidae περιλαμβάνει κύρια είδη εισβολέων φρούτων όπως *Ceratitis*, *Anastrepha*, *Bactocera*, *Dacus* και *Rhagoletus*. Τα μέλη της μάλιστα, κατέχουν μια σειρά τεκμηριωμένων εισβολών σε ηπείρους, προωθούμενες από ανθρώπινες ενέργειες όπως το διεθνές εμπόριο και ο τουρισμός (Diamantidis et al., 2009). Έχει επιβεβαιωθεί μάλιστα η ύπαρξη πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου στη Βόρεια Αμερική και συγκεκριμένα στην Καλιφόρνια, ενώ η μόνη χώρα της Νότιας και Κεντρικής Αμερικής στην οποία δεν ενδημεί το είδος είναι το Μεξικό (Diamantidis et al., 2009). Άλλες χώρες στις οποίες έχει καταγραφεί η παρουσία του εντόμου είναι η Ουγγαρία, η Γερμανία, η Ολλανδία και άλλες χώρες της Ευρώπης όπου εικάζεται, πως η εμφάνιση του *C. capitata* στις περιοχές αυτές μπορεί να οφείλεται στη μετακίνηση μολυσμένων καρπών από άλλες χώρες στις οποίες ενδημεί (Papadopoulos, 2004; Παπαδογιώργου, 2017).

Συγκεκριμένα στην Ελλάδα η μύγα της Μεσογείου παρουσιάστηκε αρχικά σε καλλιέργειες εσπεριδοειδών στην περιοχή της Αττικής και της Αίγινας το 1915. Στη συνέχεια καταγράφηκε εμφάνιση της σε περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας καθώς



συστήνεται η εφαρμογή τους να αποφεύγεται και να περιορίζεται στο ελάχιστο και όπου κρίνεται αναγκαίο (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003; Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Από την άλλη, στο δολωματικό ψεκασμό, γίνεται προσθήκη μιας ελκυστικής ουσίας, και συγκεκριμένα ενός διαλύματος υδρολυμένων πρωτεϊνών ή ενός προϊόντος της αποσύνθεσης πρωτεϊνούχων ουσιών, στο οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο υγρό. Οι δολωματικοί ψεκασμοί αναφέρεται πως δεν επιδρούν αρνητικά στα ωφέλιμα αρπακτικά και παράσιτα (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003; Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

Η μαζική παγίδευση φαίνεται πως δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα κατά της μύγας της Μεσογείου σε περιπτώσεις που ο πληθυσμός του εντόμου είναι σε χαμηλό επίπεδο (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Ουσιαστικά η μέθοδος αυτή στοχεύει στη σύλληψη επαρκούς αριθμού ενήλικων εντόμων και κατ' επέκταση στη μείωση του πληθυσμού τους, ώστε αυτός να μην είναι ικανός να προκαλέσει σημαντική οικονομική ζημιά στις καλλιέργειες (Παπαδογιώργου, 2017). Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιείται μεγάλος αριθμός παγίδων στις οποίες έχουν προστεθεί ελκυστικές ουσίες, ώστε να προσελκύνονται και να συλλαμβάνονται τα ενήλικα άτομα. Τα έντομα αυτά θανατώνονται στη συνέχεια με διάφορους τρόπους, ανάλογα με το είδος της παγίδας (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Δύο από τα πιο γνωστά είδη παγίδων που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση του πληθυσμού, αποτελούν οι παγίδες Jackson και οι McPhail.

A) Οι παγίδες τύπου Jackson αποτελούν φερομονικές παγίδες τριγωνικού σχήματος  $\Delta$  με κολλώδη βάση. Σε αυτές, χρησιμοποιείται σε πολλά προγράμματα παγίδευσης από το 1960 το trimedlure, μια ισχυρή ελκυστική ουσία που προσελκύει αρσενικά μόνο άτομα της μύγας της Μεσογείου. Το θετικό με αυτές τις παγίδες είναι πως δεν χρειάζονται συχνή ανανέωση των ελκυστικών ουσιών (Prokopy et al., 1996; Midgarden et al., 2004; Dean et al., 2018).



**Εικόνα 5:** Παγίδα τύπου Jackson (Ηλεκτρονική πηγή 3)

Β) Για τη σύλληψη διπτέρων Tephritidae, όπως της μύγας της Μεσογείου, γίνεται ευρεία χρήση τροφικών παγίδων και κυρίως τύπου McPhail οι οποίες μπορεί να είναι είτε γυάλινες είτε πλαστικές. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την προσέλκυση θηλυκών ατόμων, φέροντας ως ελκυστικό ένα πρωτεϊνικό διάλυμα ή ακόμα ουσίες που εκλύουν αμμωνία (Kouloussis et al, 2009). Τα ενήλικα που παγιδεύονται πνίγονται στο υγρό ή θανατώνονται από το εντομοκτόνο που υπάρχει στο εσωτερικό της παγίδας (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).



Εικόνα 6: Παγίδα τύπου McPhail (Ηλεκτρονική πηγή 4)

Όσον αφορά τη βιολογική καταπολέμηση, εστιάζει στη χρήση ζωντανών εντομοφάγων και εντομοπαθογόνων οργανισμών που λειτουργούν ως φυσικοί εχθροί, με σκοπό τον περιορισμό του πληθυσμού του *C. capitata*. Ωφέλιμα είδη επιλέγονται και αφήνονται να αναπαραχθούν για 1-2 γενιές στο εργαστήριο, ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιούνται εις βάρος των επιβλαβών οργανισμών, λειτουργώντας ως αρπακτικά ή παράσιτα. Συγκεκριμένα η βιολογική καταπολέμηση στη μύγα της Μεσογείου στηρίζεται στην εξαπόλυση ιθαγενών ή εξωτικών παρασιτοειδών, όπως το *Forpūs arisanus* και το *Diachasmimorpha logicaudata* (Meirelles et al., 2013; Groth et al., 2017). Στην Ελλάδα η πρώτη προσπάθεια βιολογικής καταπολέμησης έγινε με τη χρήση του παρασιτοειδούς *Dirhinus giffardi* (Hymenoptera: Clachididae) στο ηπειρωτικό τμήμα της χώρας, χωρίς παρόλα αυτά ιδιαίτερα αποτελέσματα (Papadopoulos and Katsoyannos, 2003). Στα τέλη του 1999 καταγράφηκε στη Χίο και η παρουσία του *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Eucoididae) στο εσωτερικό των νυμφών της μύγας της Μεσογείου, που είχαν προέλθει από ανάπτυξη σε σύκα. Το ίδιο είχε χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση του *C. capitata*, το 1970 στη Γαλλία. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η θνησιμότητα των νυμφών που αποδιδόταν στην

παρουσία του *A.daci*, ανερχόταν σε 62-65%, όταν το αντίστοιχο ποσοστό για νύμφες που δεν είχαν προσβληθεί, ήταν περίπου 10%. Παρόλα αυτά, παραμένει άγνωστο αν το *A.daci* μπορεί να παρασιτήσει και σε άλλους ξενιστές εκτός των σύκων, ή ακόμα και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας (Papadopoulos and Katsoyannos, 2003).

Η μέθοδος της εξαπόλυσης στερωμένων εντόμων, είναι ένας άλλος τρόπος που χρησιμοποιείται στην αντιμετώπιση του *C. capitata*. Η μέθοδος αυτή επικεντρώνεται ουσιαστικά, στη συλλογή ή παραγωγή μεγάλου αριθμού ατόμων από το είδος που πρέπει να καταπολεμηθεί που στη συνέχεια στερώνονται με τη χρήση ακτινοβολίας και εξαπολύονται στον αγρό (Dyck V.A et al., 2005). Σκοπός είναι, τα θηλυκά να συζευγνύονται με στείρα αρσενικά άτομα, έτσι ώστε να μη δίνουν απογόνους, μειώνοντας σταδιακά τον πληθυσμό της μύγας.

Τέλος, αναφέρεται ότι η εφαρμογή καλλιεργητικών μέτρων καθώς και φυτοϋγειονομικού ελέγχου, συμβάλλει στον περιορισμό της μύγας της Μεσογείου. Τα καλλιεργητικά μέτρα, απευθύνονται κυρίως στην αμειψισπορά, τη χρήση ανθεκτικών ποικιλιών, την καταστροφή ζιζανίων και φυτικών υπολειμμάτων καθώς και στην απομάκρυνση των προσβεβλημένων καρπών, ώστε να προληφθεί ή να διακοπεί η περαιτέρω διασπορά του εντόμου (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Για τη μύγα της Μεσογείου συγκεκριμένα, οι καρποί όταν συγκομίζονται μπορούν να εμβαπτιστούν σε κρύο ή ζεστό νερό, να αφεθούν εκτεθειμένοι σε ζεστό πεπιεσμένο αέρα ή ακόμα να χρησιμοποιηθεί ιονίζουσα ακτινοβολία όταν αυτοί κριθεί πως έχουν προσβληθεί από το έντομο (Παπαδογιώργου, 2017). Από την άλλη, ο φυτοϋγειονομικός έλεγχος έχει ως σκοπό να παρεμποδίσει την εισαγωγή και την εξάπλωση εντόμων «καραντίνας» όπως το *C. capitata*, από κάποια μολυσμένη χώρα σε μία άλλη, στην οποία δεν έχει γίνει εγκατάσταση των εντόμων αυτών (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

### 1.10 Σκοπός

Η ανάπτυξη και επιβίωση της μύγας της Μεσογείου επηρεάζονται από ποικίλους παράγοντες, τόσο βιοτικών όσο και αβιοτικών. Σε παλαιότερες έρευνες, έχει μελετηθεί εκτενώς η συμπεριφορά που εκδηλώνουν τόσο τα ανήλικα στάδια (αυγά, προνύμφη, νύμφη), όσο και τα ενήλικα άτομα του *C. capitata* κάτω από την επίδραση διαφορετικών θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων, διαφορετικής διατροφής και ποικίλων ξενιστών. Οι μελέτες αυτές αφορούν πληθυσμούς που προέρχονται από θερμότερες, εύκρατες και τροπικές περιοχές. Παρόλα αυτά δεν υπάρχουν σχετικά στοιχεία για πληθυσμούς της μύγας της Μεσογείου με καταγωγή από βορειότερες και ψυχρότερες περιοχές, όπως αυτή της Βιέννης, που αποτελεί το όριο της γεωγραφικής κατανομής του εντόμου. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνηθεί η επίδραση των συνθηκών ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων:

A) στην επιβίωση και ανάπτυξη αυτών

B) στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου που προέρχεται από πληθυσμό της Βιέννης και αναπτύχθηκε στα μήλα.

Συγκεκριμένα μελετήθηκε ο χρόνος που χρειάζεται για την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων του εντόμου, το ποσοστό εξόδου ενηλίκων και η επιβίωση τους κάτω από διαφορετικές συνθήκες εργαστηρίου, καθώς και η αναπαραγωγική ικανότητα των θηλυκών ατόμων μετά τη σύζευξη τους με αρσενικά σε ειδικά διαμορφωμένα κλουβιά στο εργαστήριο.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Συνθήκες εργαστηρίου

Το πείραμα διεξήχθη σε εντομοδομάτια του εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν 5 θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις για την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων. Τα δημογραφικά χαρακτηριστικά όλων των ενήλικων μελετήθηκαν σε εντομοδομάτιο με θερμοκρασία 25°C, σχετική υγρασία που ανερχόταν σε 50±20% και φωτοπερίοδο Φ 14: Σ 10. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε κατά τη χρονική περίοδο Φεβρουαρίου-Αυγούστου 2020.

### 2.2 Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν

Για την εκτέλεση του πειράματος χρησιμοποιήθηκε η πέμπτη γενιά του πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου F5 που εκτράφηκε στο εργαστήριο, τα αυγά της οποίας προερχόταν από την περιοχή της Βιέννης. Για την έναρξη του πειράματος συλλέχθηκαν 120 καρποί μήλων ποικιλίας Golden Delicious από την περιοχή της Πέλλας και έγινε χρήση αυγών 24 ωρών, που εναποτέθηκαν στα τεχνητά υποστρώματα ωοτοκίας. Σε κάθε μήλο ανοίγονταν δύο οπές αντιδιαμετρικά η μία από την άλλη, με τη βοήθεια βελόνας. Στη συνέχεια μεταφέρονταν 5 αυγά σε κάθε οπή χρησιμοποιώντας πινέλο, έχοντας συνολικά 10 αυγά σε κάθε καρπό. Οι οπές αυτές καλύπτονταν με μία διαφανή ταινία, στην οποία σχηματιζόταν άλλη μια οπή, ώστε να εξασφαλιστεί ο σωστός αερισμός. Κάθε προσβεβλημένος πλέον καρπός, τοποθετούνταν σε πλαστικό κουτί, γιαουρτόκουτο, το οποίο περιείχε ένα μικρό στρώμα άμμου. Τα κουτιά αυτά καλύπτονταν έπειτα με κομμάτια οργανίνης, καλά στερεωμένης με λαστιχάκια, ώστε να αποφευχθούν προσβολές των καρπών από άλλα έντομα (Εικόνα 7). Όταν οι προνύμφες νυμφώνονταν, καταμετρούνταν και μεταφέρονταν με μικρή λαβίδα σε ατομικά μικρά τρυβλία, στα οποία και αναγραφόταν τα στοιχεία της νύμφωσης (Εικόνα 8). Την πρώτη ημέρα εξόδου των ενήλικων, γινόταν μεταφορά τους με τη βοήθεια ενός αναρροφητήρα (aspirator) σε ειδικά διαμορφωμένα ατομικά ποτηράκια, που χρησίμευαν ως κλουβιά για τη μελέτη της δημογραφίας των μυγών. Σε αυτά είχε προσαρμοστεί τεχνητό υπόστρωμα ωοτοκίας (dome), με 50 οπές διαμέτρου 0,5 mm, όπου τα θηλυκά γεννούσαν τα αυγά τους. Κάθε ποτηράκι στηριζόταν πάνω σε τρυβλίο Petri με νερό, και περιείχε ένα μικρό κομμάτι απορροφητικού πανιού, που εμβαπτιζόταν σε αυτό μέσω μιας μικρής

οπής, ώστε να εξασφαλίζεται η πηγή νερού για τα ενήλικα (Εικόνα 9). Όσον αφορά την τροφή τους, η μια πλευρά του κλουβιού καλύπτονταν με δίχτυ για τον αερισμό, στο οποίο και προσθέτονταν τροφή ζάχαρης, νερού και υδρολυμένης μαγιάς σε αναλογία 4:5:1. Σε κάθε κλουβί τοποθετούνταν ένα ζεύγος θηλυκού-αρσενικού (Εικόνα 10).



**Εικόνα 7.** Προσβεβλημένοι καρποί σε ειδικό κουτί καλυμμένο με οργαντίνα



**Εικόνα 8.** Ατομικά τρυβλία με προνύμφες της μύγας της Μεσογείου



**Εικόνα 9.** Κλουβιά με υπόστρωμα φωτοκίας για την αναπαραγωγή ζευγών του *C. capitata*



**Εικόνα 10.** Σύζευξη θηλυκού και αρσενικού ατόμου της μύγας Μεσογείου



Τα αυγά συλλέγονταν, με τη βοήθεια πινέλου από το υπόστρωμα ωοτοκίας του κλουβιού, και απλώνονταν σε μαύρο διηθητικό χαρτί, με σκοπό τη διευκόλυνση της καταμέτρησης τους (Εικόνα 11).



**Εικόνα 11.** Αυγά προς καταμέτρηση, σε μαύρο διηθητικό χαρτί, σε τρυβλίο Petri

### 2.3 Πειραματική διαδικασία

Στο πείραμα ελέγχθηκε η επιβίωση των ανήλικων σταδίων και η διάρκεια ανάπτυξης των ενήλικων, κάτω υπό 3 σταθερές θερμοκρασίες και 2 θερμοκύκλους. Συγκεκριμένα μετά την εμφύτευση των αυγών στα μήλα, αυτά τοποθετούνταν σε ατομικά κουτιά καλυπτόμενα από οργαντίνα και μεταφέρονταν στις παρακάτω θερμοκρασίες. Ειδικότερα:

- A) 20 προσβεβλημένοι καρποί μήλων τοποθετήθηκαν στο εντομοδωμάτιο 4 με θερμοκρασία 25°C.
- B) 20 προσβεβλημένοι καρποί τοποθετήθηκαν στο εντομοδωμάτιο 1 σε θερμοκρασία 20°C.
- Γ) 20 προσβεβλημένοι καρποί τοποθετήθηκαν σε κλίβανο θερμοκρασίας 15°C.
- Δ) 20 προσβεβλημένοι καρποί μεταφέρονταν μέσα σε κλούβες από το εντομοδωμάτιο με θερμοκρασία 20°C στο ψυγείο με θερμοκρασία 5°C, με αναλογία ημερών 2:2 αντίστοιχα.
- E) 20 προσβεβλημένοι καρποί μεταφέρονταν από τους 20°C στους 5°C, με αναλογία ημερών 2:6 αντίστοιχα.

Οι προνύμφες που εμφανίζονταν, νυμφώνονταν στο υπόστρωμα άμμου και με τη βοήθεια λαβίδας, οι νύμφες που προέκυπταν τοποθετούνταν σε μικρά ατομικά τρυβλία, παραμένοντας στις συνθήκες κάτω από τις οποίες νυμφώθηκαν μέχρι την

έξοδο των ενηλίκων. Μετά την εμφάνιση των ενηλίκων, χρησιμοποιήθηκε ο αναρροφητήρας aspirator, ώστε να μεταφερθούν στα ειδικά διαμορφωμένα κλουβιά. Όλα τα κλουβιά τοποθετήθηκαν στο εντομοδομάτιο με θερμοκρασία  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , με σκοπό να μελετηθεί η δημογραφία των ατόμων. Κάθε κλουβί περιείχε ένα ζεύγος θηλυκού και αρσενικού.

Στα κλουβιά συμπληρωνόταν νερό και μείγμα τροφής (ζάχαρη, νερό και υδρολυμένη μαγιά σε αναλογία 4:7:1), όποτε αυτό κρίνονταν απαραίτητο. Με την έναρξη της ωοτοκίας των μυγών, τα αυγά λαμβάνονταν με τη χρήση ενός λεπτού πινέλου από το υπόστρωμα ωοτοκίας και εναποθέτονταν σε τρυβλίο με μαύρο διηθητικό χαρτί. Σε καθημερινή βάση, πραγματοποιούνταν η καταμέτρηση και καταγραφή τόσο της ωοτοκίας των θηλυκών, όσο και της θνησιμότητας των ενηλίκων.

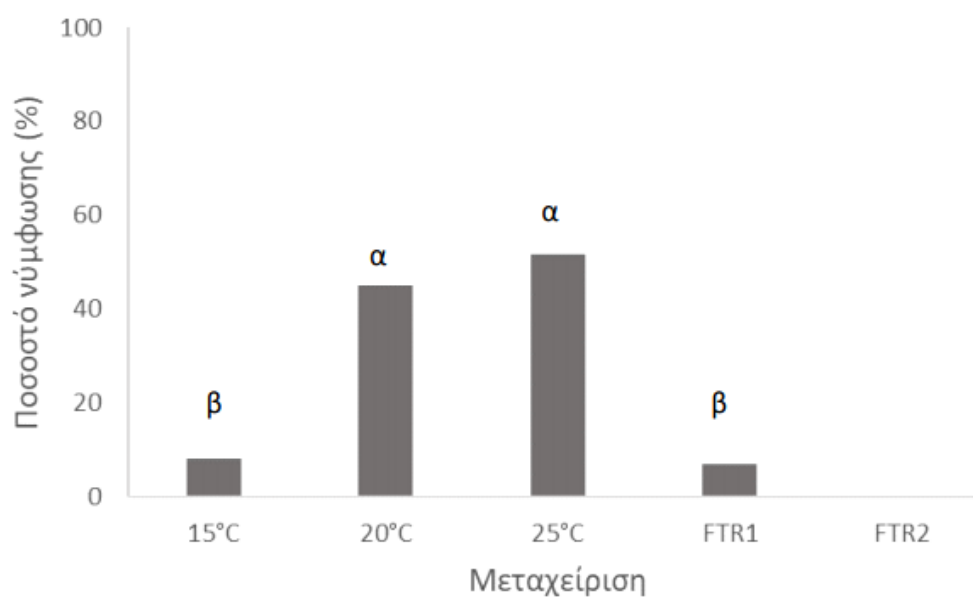
## 2.4 Ανάλυση δεδομένων

Τα στοιχεία αναλύθηκαν τόσο με παραμετρικές όσο και μη παραμετρικές μεθόδους. Αναλυτικότερα, το λογαριθμικό πακέτο SPSS 26.0 (SPSS, Chicago, IL., USA), χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δεδομένων. Η ανάλυση binary logistic regression χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστεί το πώς η θερμοκρασία επιδρά στην ανάπτυξη ανήλικων και ενήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου. Επιπλέον, τα μοντέλα Cox regression analysis και general linear models χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη των δημογραφικών χαρακτηριστικών δηλαδή την επιβίωση των ενηλίκων όσο και την ωοπαραγωγή των θηλυκών χρησιμοποιήθηκαν. Οι περίοδοι προ – ωοτοκίας, ωοτοκίας και μετά την ωοτοκίας εκτιμήθηκαν με τη χρήση του Kaplan – Meyer.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Αποτελέσματα

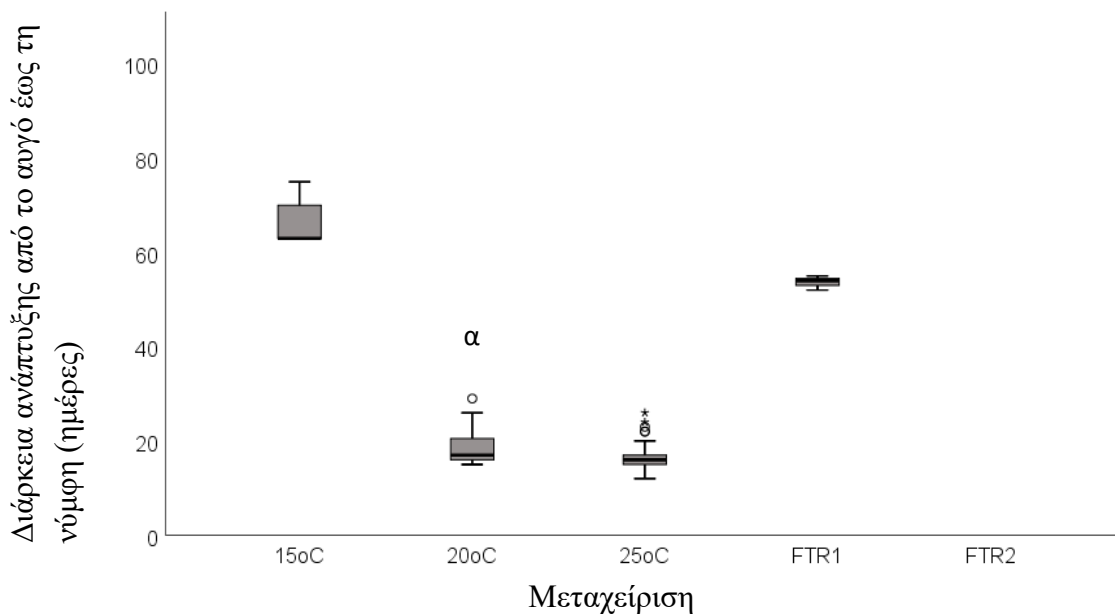
### 3.1 Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων

Στο Διάγραμμα 1, απεικονίζεται το συνολικό ποσοστό της νύμφωσης για τις νύμφες που κατά το ανήλικό τους στάδιο, διατηρήθηκαν σε διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις. Η θερμοκρασία διατήρησης φάνηκε να επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό το ποσοστό νύμφωσης (Wald test  $t=254,196$ ,  $df=4$ ,  $P<0,001$ ). Συγκεκριμένα, οι νύμφες που κατά το ανήλικό τους στάδιο αναπτύχθηκαν στους 20°C και στους 25°C, είχαν σημαντικά υψηλότερο ποσοστό νύμφωσης σε σχέση με τις νύμφες που είχαν διατηρηθεί στις άλλες θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις ( $P<0,05$ ), χωρίς όμως να διαφέρει σημαντικά μεταξύ των δύο αυτών. Επιπλέον, μεταξύ των νυμφών που είχαν αναπτυχθεί στους 15°C και το θερμόκυκλου 1, το ποσοστό νύμφωσης δεν διέφερε σημαντικά ( $P>0,05$ ). Τέλος, μηδενικό εμφανίστηκε το ποσοστό νύμφωσης σε καρπούς που διατηρούνταν στον θερμόκυκλο 2.



**Διάγραμμα 1:** Συνολικό ποσοστό νύμφωσης για προνύμφες που κατά το ανήλικό τους στάδιο αναπτύχθηκαν σε τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις (25°C, 20°C, Θερμόκυκλος 1 και Θερμόκυκλος 2). Στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός της κάθε δοκιμής δε διαφέρουν σημαντικά ( $P>0,05$ ).

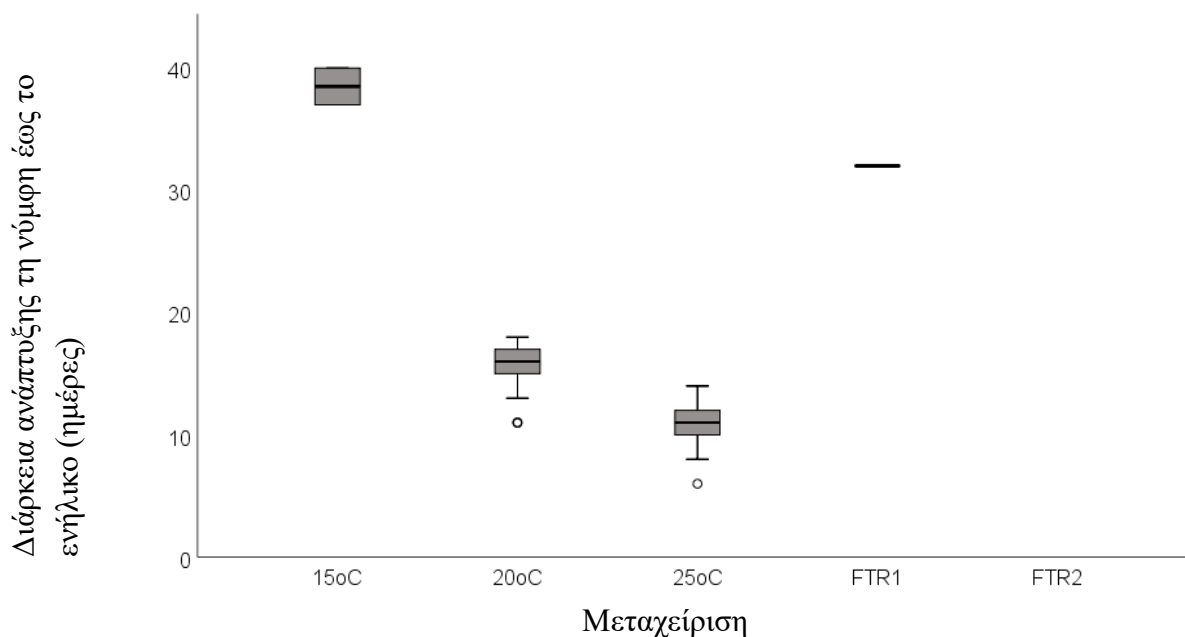
Όπως προκύπτει από το Διάγραμμα 2, ο χρόνος που μεσολάβησε από το στάδιο του αυγού έως και το στάδιο της νύμφης διέφερε σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων (Wald test  $t=608,555$ ,  $df=3$ ,  $P<0,01$ ). Συγκεκριμένα, οι προνύμφες που αναπτύχθηκαν σε καρπούς που διατηρούνταν στους  $15^{\circ}\text{C}$  και το θερμοκύκλο 1, χρειάστηκαν περισσότερες ημέρες έως και τη νύμφωση (περίπου 70 και 50 ημέρες αντίστοιχα), συγκριτικά με τις άλλες δυο θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις ( $P<0,05$ ), χωρίς όμως να διαφέρουν μεταξύ τους αυτές οι δύο. Επιπλέον, οι θερμοκρασίες των  $20^{\circ}\text{C}$  και  $25^{\circ}\text{C}$  φάνηκε να ευνοούν την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων και συγκεκριμένα στη θερμοκρασία των  $25^{\circ}\text{C}$ , χρειάστηκε σημαντικά λιγότερος χρόνος για την ανάπτυξη νυμφών ( $P<0,05$ ) και συγκεκριμένα 20 περίπου ημέρες, σε σχέση με όλες τις θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις.



**Διάγραμμα 2:** Κυτιογράφημα της επίδρασης της θερμοκρασίας διατήρησης των ανήλικων σταδίων στη διάρκεια ανάπτυξής τους. Στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός της κάθε δοκιμής δε διαφέρουν σημαντικά ( $P>0,05$ ).

Από το Διάγραμμα 3 προκύπτει πως η διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών από το στάδιο της νύμφης έως και την έξοδο ενηλίκων επηρεάζεται σημαντικά από τις θερμοκρασίες διατήρησης των καρπών (Wald test  $t=191,636$ ,  $df=3$ ,  $P<0,01$ ). Συγκεκριμένα, όπως προκύπτει από το διάγραμμα οι νύμφες που είχαν διατηρηθεί

στους 15°C, χρειάστηκαν περισσότερες ημέρες έως και την ενηλικίωση συγκριτικά με τη θερμοκρασία των 20°C αλλά και αυτή των 25°C ( $P < 0,05$ ). Επιπλέον, το λιγότερο χρόνο για την ενηλικίωση από το στάδιο της νύμφης χρειάστηκαν οι νύμφες που είχαν διατηρηθεί στους 25°C. Τέλος, καθώς από το θερμοκύκλο 1 προέκυψε μόνο ένα ενήλικο, δεν ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί σύγκριση με τις άλλες θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις.

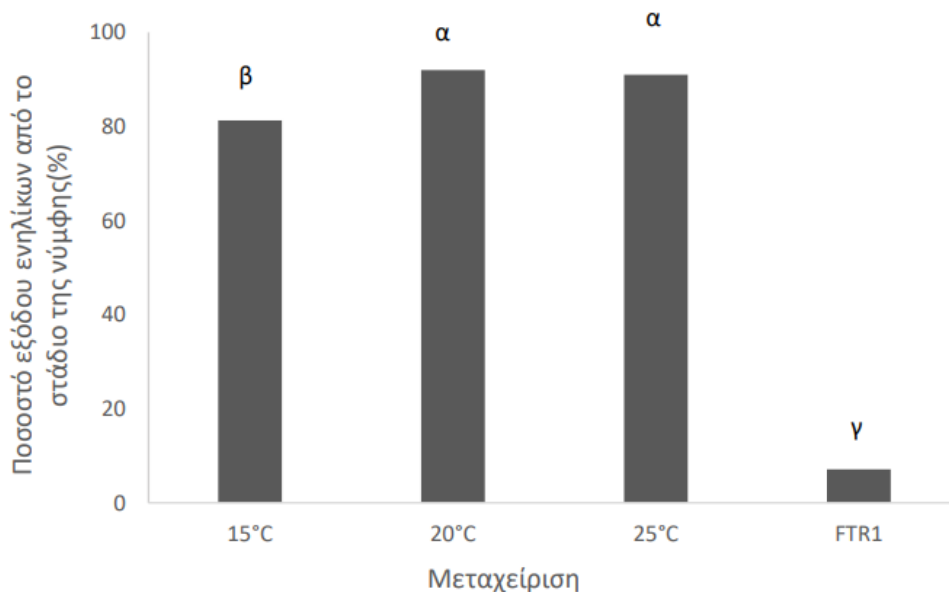


**Διάγραμμα 3:** Κυτιογράφημα επίδρασης της θερμοκρασίας διατήρησης των ανήλικων σταδίων στη διάρκεια έως και την έξοδο ενηλίκων. Στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός της κάθε δοκιμής δε διαφέρουν σημαντικά ( $P > 0,05$ ).

**Πίνακας 1:** Μέσοι όροι διάρκειας ανάπτυξης που αφορούν το στάδιο από το αυγό έως και τη νύμφη και από τη νύμφη έως το ενήλικο σε ημέρες.

Μεταχείριση	Μέση διάρκεια ανάπτυξης (ημέρες ± SE)	
	Αυγό έως νύμφη	Νύμφη έως ενήλικο
25°C	16,36 ± 0,3 (n= 99)	10,36 ± 0,1 (n= 114)
20°C	21,79 ± 0,3 (n= 73)	13,65 ± 0,2 (n= 67)
15°C	52,62 ± 2,2 (n= 16)	29,6 ± 0,1 (n= 13)
FTR1	45 ± 2,81 (n= 14)	32 (n=1)
FTR2	0	0

Όπως προκύπτει από το Διάγραμμα 4, η έξοδος των ενηλίκων επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία που έχουν αναπτυχθεί κατά το ανήλικό τους στάδιο (Wald test  $t=11,417$ ,  $df=3$ ,  $P<0,001$ ). Οι 25°C, ήταν η θερμοκρασία με το μέγιστο ποσοστό εξόδου των ενηλίκων, ακολουθούμενο από τους 20°C, χωρίς όμως να υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ( $P>0,05$ ). Τέλος, το μικρότερο ποσοστό εξόδου ενηλίκων καταγράφηκε σε νύμφες που προήλθαν από το θερμόκυκλο 1 ( $P<0,05$ ).



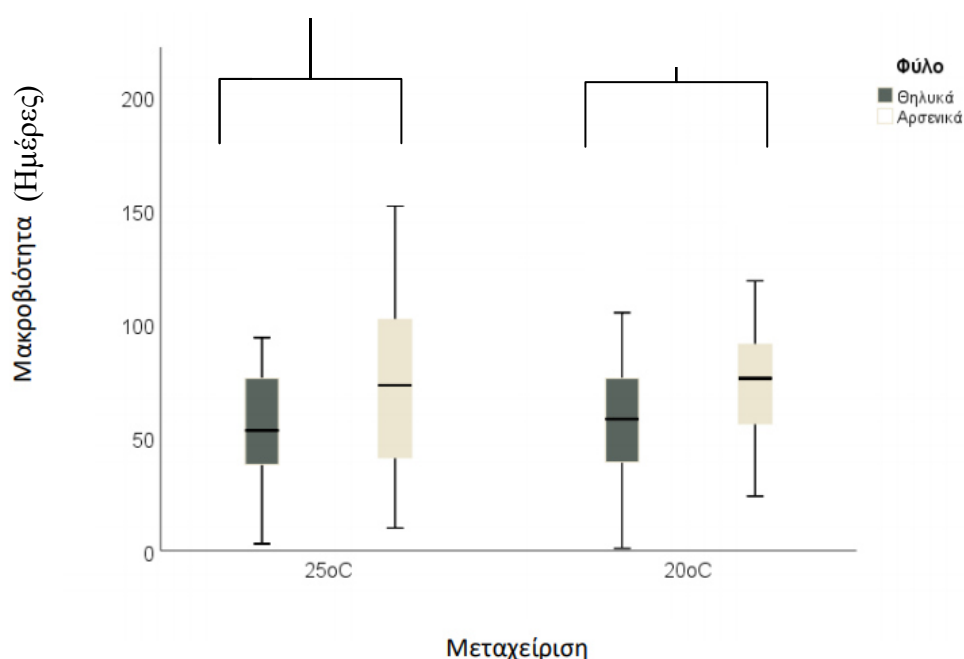
**Διάγραμμα 4:** Έξοδος των ενηλίκων από το στάδιο της νύμφης εκφρασμένο σε ποσοστό (%). Στήλες που ακολουθούνται από το διαφορετικό γράμμα εντός της κάθε δοκιμής διαφέρουν σημαντικά ( $P>0,05$ ). Στήλες που δεν ακολουθούνται από γράμμα δεν είχαν ικανοποιητικό αριθμό επαναλήψεων.

**Πίνακας 2:**Συνολικά ποσοστά νύμφωσης και ενηλικίωσης από το στάδιο της νύμφης στις διαφορετικές μεταχειρίσεις θερμοκρασίας.

Μεταχείριση	Συνολικό ποσοστό νύμφωσης (%)	Συνολικό ποσοστό ενηλικίωσης από το στάδιο της νύμφης
25°C	51,5 (n= 99)	91 (n=114)
20°C	45,25 (n=73)	92 (n=67)
15°C	8 (n=16)	81,3 (n=13)
FTR1	7 (n=14)	7,11 (n=1)
FTR2	0	0

### 3.2 Επίδραση της θερμοκρασίας στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενήλικων

Στο Διάγραμμα 5, παρουσιάζεται η μακροβιότητα τόσο των θηλυκών όσο και των αρσενικών ατόμων, που ως ανήλικα είχαν αναπτυχθεί στους 25°C και 20°C. Όπως προκύπτει από το διάγραμμα, η διάρκεια επιβίωσης δεν φάνηκε να επηρεάζεται από τη θερμοκρασία διατήρησης των ανήλικων σταδίων (Wald test  $t=0,000$ ,  $df=1$ ,  $P>0,05$ ). Τέλος, η σύγκριση των δύο φύλων έδειξε πως τα αρσενικά επιβίωσαν σημαντικά περισσότερο συγκριτικά με τα θηλυκά, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία μεταχείρισής τους (Wald test  $t=19,849$ ,  $df=1$ ,  $P<0,001$ ).

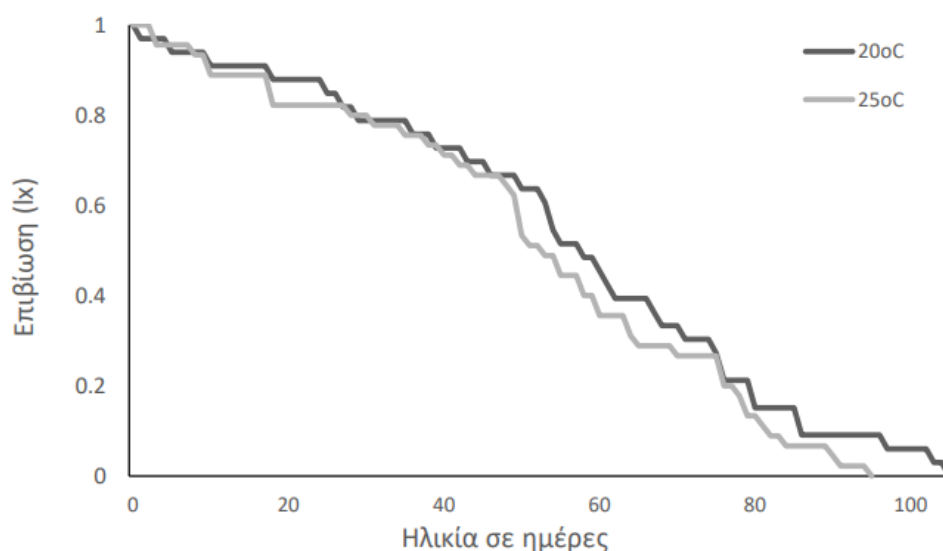


**Διάγραμμα 5:** Κυτιογράφημα επίδρασης της θερμοκρασίας που επικρατούσε κατά την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων στη μακροβιότητα των ενήλικων που προέκυψαν. Στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός της κάθε δοκιμής δε διαφέρουν σημαντικά ( $P>0,05$ )

Στο Διάγραμμα 6, παρουσιάζονται οι καμπύλες επιβίωσης μόνο των θηλυκών ατόμων, που ως ανήλικα αναπτύχθηκαν σε θερμοκρασία 25°C, και αυτών που αναπτύχθηκαν σε θερμοκρασία 20°C. Για τα θηλυκά άτομα καταγράφηκε βαθμιαία μείωση της επιβίωσης με τη πάροδο του χρόνου, ανεξάρτητα από τη μεταχείρισή

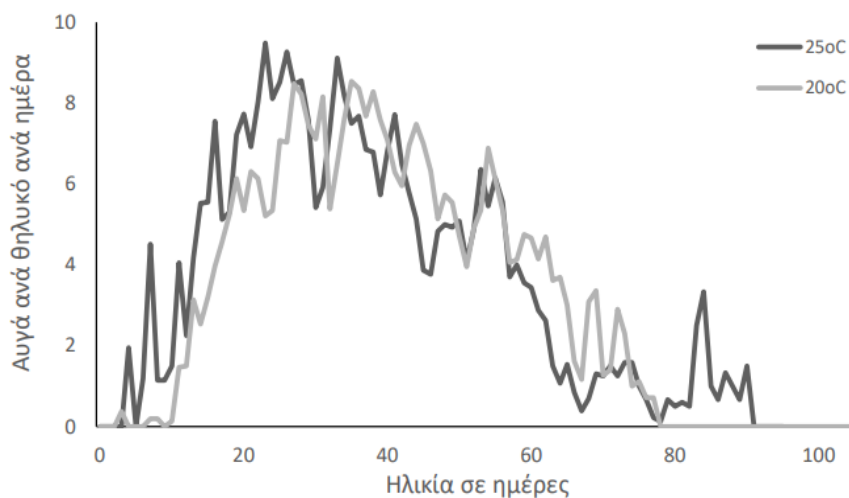


στην οποία ανήκαν. Επιπλέον, τα θηλυκά προερχόμενα από τους 25°C επιβιώνουν για μικρότερο χρονικό διάστημα σε σχέση με αυτά τα όποια προήλθαν από τους 20°C, χωρίς όμως να υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (Wald test  $t=0,763$ ,  $df=1$ ,  $P>0,05$ ).



**Διάγραμμα 6:** Καμπύλες επιβίωσης των θηλυκών που κατά το ανήλικό τους στάδιο αναπτύχθηκαν στους 20°C και τους 25°C αντίστοιχα.

Το Διάγραμμα 7 απεικονίζεται στο διάγραμμα ο μέσος αριθμός αυγών που ωοτοκούσε το κάθε θηλυκό, το οποίο στο ανήλικό στάδιο ανάπτυξης διατηρήθηκε σε θερμοκρασία 25°C και 20°C, σε συνάρτηση με την ηλικία του. Συγκεκριμένα όπως προκύπτει, μέχρι την πάροδο των 30-35 περίπου πρώτων ημερών, παρατηρήθηκε ανοδική πορεία της ωοτοκίας των θηλυκών και των δύο θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων. Στις μεγαλύτερες ηλικίες σημειώθηκε μια σταδιακή μείωση της ωοτοκίας των θηλυκών και των δύο μεταχειρίσεων, με τα θηλυκά της μεταχείρισης των 20°C να σταματούν την ωοπαραγωγή λίγο γρηγορότερα σε σχέση με αυτά των 25°C. Παρόλα αυτά, μεταξύ των θηλυκών που ως ανήλικα στάδια είχαν διατηρηθεί στους 25°C και 20°C αντίστοιχα, δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές ως προς το μέσο αριθμό αυγών (Wald test  $t=0,047$ ,  $df=1$ ,  $P>0,05$ ).



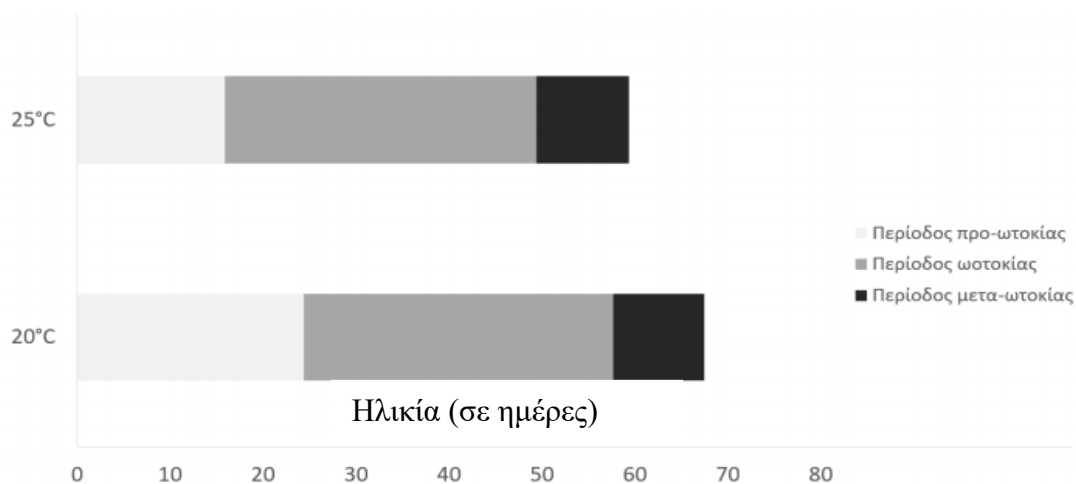
**Διάγραμμα 7:** Μέσος αριθμός αυγών σε σχέση με την ηλικία, μεταξύ θηλυκών που κατά το ανήλικό τους στάδιο είχαν αναπτυχθεί στους 20°C και 25°C αντίστοιχα.

**Πίνακας 3:** Μέσος όρος επιβίωσης και συνολική ωοπαραγωγή των θηλυκών που ως ανήλικα είχαν αναπτυχθεί σε θερμοκρασίες 20°C και 25°C αντίστοιχα.

Μεταχείριση	Μακροβιότητα (ημέρες ± SE)	Συνολική ωοπαραγωγή
25°C (n=90)	61,78 ± 3,39	241,64 ± 38,77
20°C (n=66)	60 ± 3,52	232,27 ± 39

Στο Διάγραμμα 8, παρουσιάζεται η διάρκεια σε ημέρες των περιόδων της προ-ωοτοκίας, ωοτοκίας καθώς και της μετα-ωοτοκίας μεταξύ των θηλυκών, που ως ανήλικα είχαν αναπτυχθεί στις θερμοκρασίες 20°C και 25°C αντίστοιχα. Όπως προκύπτει από το διάγραμμα, η περίοδος προ-ωοτοκίας φάνηκε να διαφέρει σημαντικά μεταξύ των δύο θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων. Συγκεκριμένα, στα θηλυκά που είχαν αναπτυχθεί έως και την ενηλικίωσή τους στους 20°C, η περίοδος προ-ωοτοκίας ήταν σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με αυτών που είχαν αναπτυχθεί στους 25°C (Wald test  $t=4,320$ ,  $df=1$ ,  $P<0,05$ ). Τέλος τόσο η διάρκεια ωοτοκίας (Wald test  $t=0,941$ ,  $df=1$ ,  $P>0,05$ ), όσο και η διάρκεια μετά-ωοτοκίας (Wald test

$t=0,105$ ,  $df=1$ ,  $P>0,05$ ), ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων.



**Διάγραμμα 8:** Περίοδοι προ-ωτοκίας, ωτοκίας και μετά-ωτοκίας των δύο θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων σε σχέση με τις ημέρες.

**Πίνακας 4:** Μέσος όρος περιόδων προ-ωτοκίας, ωτοκίας και μετά-ωτοκίας στους 20°C και 25°C.

Μεταχείριση	Αναπαραγωγική περίοδος (ημέρες ± SE)		
	Περίοδος προ-ωτοκίας	Περίοδος ωτοκίας	Περίοδος μετά-ωτοκίας
25°C (n= 90)	15,91 ± 2,02	33,49 ± 3,17	10 ± 2,32
20°C (n= 66)	24,38 ± 3,14	33,33 ± 3,17	9,76 ± 3,68

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Συζήτηση Και Συμπεράσματα

Στην παρούσα διατριβή μελετήθηκε το πως οι διαφορετικές θερμοκρασίες ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου, μπορούν να επηρεάσουν τα μετέπειτα δημογραφικά χαρακτηριστικά αυτής. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε ο χρόνος νύμφωσης, η ωοπαραγωγή, αλλά και η επιβίωση των ενήλικων που διατηρήθηκαν σε διαφορετικές θερμοκρασίες, τόσο σταθερές όσο και σε θερμοκύκλους. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στην πέμπτη γενιά F5 πληθυσμού του *C. capitata* που προέρχεται από τη Βιέννη.

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν, πως οι θερμοκρασιακές συνθήκες των μεταχειρίσεων που εξετάστηκαν επηρέασαν σημαντικά την έκβαση του πειράματος, καθορίζοντας κυρίως το χρόνο ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου. Αναλυτικότερα, όσον αφορά τα ανήλικα στάδια του εντόμου, προέκυψε ότι α) η εκκόλαψη των αυγών ευνοούταν από τις υψηλότερες θερμοκρασίες, β) ο χρόνος νύμφωσης αυξανόταν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, με ιδανική να παρουσιάζεται η θερμοκρασία των 25°C και γ) ο απαιτούμενος χρόνος από το στάδιο της νύμφης έως την ενηλικίωση ήταν επίσης αντιστρόφως ανάλογος της θερμοκρασίας. Αντιστοίχως, για τα δημογραφικά χαρακτηριστικά της μύγας της Μεσογείου, προέκυψε μέσω του πειράματος πως α) η μακροβιότητα των ενήλικων δεν επηρεάστηκε από τη θερμοκρασία αλλά τα αρσενικά έζησαν περισσότερο σε σχέση με τα θηλυκά και β) όσον αφορά τα θηλυκά παρατηρήθηκε μικρή αύξηση του χρόνου επιβίωσης τους σε θερμοκρασία 20°C συγκριτικά με τους 25°C. Τέλος, αν και δεν παρατηρήθηκαν διαφορές ως προς τους χρόνους της ωοτοκίας και της μετα-ωοτοκίας, το διάστημα της προ-ωοτοκίας ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στους 20°C.

Σύμφωνα με τους Trudgill et al. (2005) και Ricalde et al. (2012), η θερμοκρασία αποτελεί τον κυριότερο κλιματικό παράγοντα που επιδρά άμεσα στην ανάπτυξη και επιβίωση των εντόμων. Οι Vargas et al. (1996) και οι Ricalde et al. (2012), διαπίστωσαν μέσα από έρευνες τους, πως ο χρόνος ανάπτυξης όλων των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου ήταν αντιστρόφως ανάλογος της θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα, η εκκόλαψη αυγών καθυστερούσε όταν αυτά είχαν εμφυτευθεί σε καρπούς που διατηρούνταν στους 15°C και επομένως χρειαζόταν περισσότερες ημέρες μέχρι τη νύμφωση, ενώ αντίθετα ευκρινώς λιγότερος χρόνος νύμφωσης απαιτούνταν για τα αυγά που προερχόταν από καρπούς που διατηρούνταν στους 25°C. Ο απαιτούμενος χρόνος ανάπτυξης μέχρι την ενηλικίωση των εντόμων επίσης

αυξανόταν στις χαμηλότερες θερμοκρασίες (Shoukry and Hafez, 1979). Τα αποτελέσματα αυτά, συμφωνούν με τα αυτά που παρατηρήθηκαν και στην συγκεκριμένη εργασία, όπου φάνηκε πως οι 15°C λειτουργούσαν ανασταλτικά για την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων, σε σχέση με τους 25°C που λειτούργησαν ευνοϊκότερα.

Στην συγκεκριμένη διατριβή μελετήθηκε επιπλέον η διάρκεια των περιόδων της προ-ωοτοκίας, της ωοτοκίας αλλά και της μετα-ωοτοκίας μεταξύ των θηλυκών που διατηρήθηκαν σε δύο θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις, με τα αποτελέσματα να δείχνουν πως ο χρόνος της προ-ωοτοκίας ήταν εμφανώς πολύ μεγαλύτερος στα θηλυκά που διατηρήθηκαν στους 20°C από ότι σε αυτά που διατηρήθηκαν στους 25°C. Η διάρκεια των δύο άλλων περιόδων δεν διέφεραν σημαντικά. Σε ίδια συμπεράσματα κατέληξαν και οι Vargas et al. (1997) σε μελέτη τους με αντίστοιχες θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις, όπου αναφέρεται πως το διάστημα προ-ωοτοκίας υπερέχουσε στα θηλυκά που κατά το ανήλικό τους στάδιο είχαν διατηρηθεί στους 20°C. Επιπλέον, τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής δείχνουν πως η περίοδος της ωοτοκίας μετρημένη σε ημέρες, ήταν αρκετά μεγαλύτερη από την περίοδο προ-ωοτοκίας, ανεξαρτήτως των θερμοκρασιών, διαπίστωση που συμφωνεί με προγενέστερες μελέτες των Papadopoulos et al. (2002) και Diamantidis et al. (2008).

Τέλος διαπιστώθηκε, πως αν και η μακροβιότητα των ενήλικων ατόμων της μύγας της Μεσογείου δεν επηρεάστηκε από τη θερμοκρασία στην οποία διατηρούνταν τα ανήλικα στάδια τους, τα αρσενικά ήταν μακροβιότερα από τα θηλυκά. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται μάλιστα σε συμφωνία με έρευνα που έγινε από τους Papadopoulos et al. (2002), όπου τονίζεται πως αν και τα ποσοστά επιβίωσης και για τα δύο φύλα αρχίζουν να μειώνονται μετά τις 40 πρώτες ημέρες, τα ενήλικα αρσενικά υπερέχουν όσον αφορά τη μακροβιότητα έναντι των θηλυκών και πεθαίνουν τελευταία.

Συμπερασματικά, ο χρόνος ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενήλικων της μύγας της Μεσογείου επηρεάζονται άμεσα από τις θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις στις οποίες υπόκεινται. Πιο συγκεκριμένα, οι χαμηλές θερμοκρασίες δρουν ανασταλτικά επιβραδύνοντας και εμποδίζοντας ίσως την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων έως την ενηλικίωση, ενώ οι πιο υψηλές θερμοκρασίες χαρακτηρίζονται ευνοϊκότερες, με ιδανικότερη μάλιστα αυτή των 25°C.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Carey, J. R., (1984) Host-specific demographic studies of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata*. *Ecological Entomology*, 9:261-270.
- 2) Chesson P., (2000) Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31:343–366.
- 3) David Midgarden , Oscar Ovalle, Nancy D. Epsky, Helena Puche, Paul E. Kendra, Pedro Rendon, Robert R., (2004) Heath, Capture of Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in dry traps baited with a food-based attractant and Jackson traps baited with trimedlure during sterile male release in Guatemala. *Journal of Economic Entomology*, 97:2137–2143
- 4) De Meyer M., R.S. Copeland, R.A. Wharton and B.A. McPherson, (2002) On the geographic origin of the Medfly *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae), *Proceedings of 6th International Fruit Fly Symposium*, South Africa, pp. 45–53
- 5) Dean D., Pierre H., Mosser L., Kurashima R., Shelly T., (2018) Field Longevity and Attractiveness of Trimedlure Plugs to Male *Ceratitidis capitata* in Florida and Hawaii. *Florida Entomological Society*, 101(3) : 441-446
- 6) Diamantidis A.D., Carey, J.R., Nakas, C.T. and Papadopoulos N.T., (2011) Population-specific demography and invasion potential in medfly. *Ecology and Evolution*, 1:479-488.
- 7) Diamantidis A.D., Papadopoulos N.T., Nakas C.T., Wu. S., Mueller H.G. and Carey J.R., (2009) Life history evolution in a globally invading tephritid: patterns of survival and reproduction in medflies from six world regions. *Biological Journal of the Linnean Society*, 97:106-117.
- 8) Dionysopoulou N.K, Papanastasiou Stella A., Kyritsis G.A, Papadopoulos N.T., (2019) Effect of host fruit, temperature and Wolbachia infection on survival and development of *Ceratitidis capitata* immature stages. Department of Agriculture Crop Production and Rural Environment, University of Thessaly, Volos, Greece, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229727>
- 9) Duyck P.F. and Quilici S., (2002) Survival and development of different life stages of three *Ceratitidis* spp. (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. *Bulletin of Entomological Research*, 92:461-469.
- 10) Duyck P.F., Quilici S. and Glenac S., (2002) Comparative study of the developmental biology of three species of fruit flies (*Ceratitidis* spp.) (Diptera: Tephritidae), pests of fruit crops on Réunion Island. In *Proceedings of the 6th International Fruit Fly Symposium*, South Africa, pp. 6-10.
- 11) Fernandes-Da-Silva, P.G. and F.S Zucoloto, (1993) The influence of host nutritive value on the performance and food selection in *Ceratitidis capitata* (Diptera, Tephritidae). *Journal of Insect Physiology*, 39:883–887
- 12) Fimiani P., (1989) Mediterranean region. *Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control* (ed. by A. S. Robinson and G. Hooper), Vol 3A, pp. 3950. Elsevier, The Netherlands.

- 13) Fletcher B.S, (1989) Life history strategies of Tephritidae fruit flies, Vol. A: Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control (ed. by AS Robinson & G Hooper) Elsevier, Amsterdam, pp. 195-208.
- 14) Hafsi A., Facon B., Ravigne V., Chiroleu F., Quilici S. et al., (2016) Host plant range of a fruit fly community (Diptera: Tephritidae): does fruit composition influence larval performance? BMC ecology, 16:40.
- 15) Heming B.S., 2003. Insect Development and Evolution Cornell University Press, Ithaca, NY.
- 16) Hooper G.H.S., (1978) Effects of larval rearing temperature on the development of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 23:222-226.
- 17) Joachim-Bravo I.S., Odair A. Fernandes , Sergio A. De Bortoli and Fernando S. Zucoloto, (2001) Oviposition behavior of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae): association between oviposition preference and larval performance in individual females. Neotropical Entomology, 30:559-564.
- 18) Kaspi R., Mossinson S., Drezner T., Kamensky B., Yuval B., (2002) Effects of larval diet on developmental rates and reproductive maturation of male and female Mediterranean fruit flies. Physiological Entomology 27:29–38.
- 19) Kouloussis N.A., Papadopoulos N.T., Müller H.G., Wang J.L., Mao M., Katsoyannos B.I. and Carey J.R., (2009) Life table assay of field-caught Mediterranean fruit flies, *Ceratitis capitata*, reveals age bias. Entomologia experimentalis et applicata, 132:172-181.
- 20) Kourti A., (2002). Estimates of heterozygosity and patterns of geographic differentiation in natural populations of the medfly (*Ceratitis capitata*). Hereditas, 137:173-179.
- 21) Krainacker D.A., Carey J.R. and Vargas R.I., (1987) Effect of larval host on life history traits of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. Oecologia, 73:583-590.
- 22) Leite S.A., Costa D.R.D., Ribeiro A.E.L., Moreira A.A., Sá Neto R.J.D. and Castellani M.A., (2019) Oviposition preference and biological performance of *Ceratitis capitata* in Anacardiaceae, Cactaceae and Vitaceae fruit. Arquivos do Instituto Biológico, 86:1-8
- 23) M.Z Groth , A.E Loeck , S.D Nornberg, D. Bernardi, De Nava, (2017) Biology and Thermal Requirements of *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) Reared on *Ceratitis capitata* Eggs (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). Neotrop. Entomol, 46:554–560.
- 24) Malacrida A.R, Gomulski L.M, Bonizzoni M., Bertin S., Gasperi G. and Guglielmino C.R., (2007) Globalization and fruitfly invasion and expansion: the medfly paradigm. Genetica 131:1–9.
- 25) Malacrida A.R, Guglielmino C.R, Gasperi G., Baruffi L., Milani R., (1992) Spatial and temporal differentiation in colonizing populations of *Ceratitis-Capitata*. Heredity 69:101–111.

- 26) Mitchell A.C. and Saul S.H., (1990) Current control methods for the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*, and their application in the USA. Review of Agricultural Entomology, 78:923-940.
- 27) Naserzadeh Y., Mahmoudi N. and Pakina E., (2019) Biological and Reproductive Characteristics of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitidis capitata* (Dip.: Tephritidae), on Six Host Plants Under Vitro Conditions. Department of AgroBiotechnology, Agrarian Technological Institute, RUDN University, Russia
- 28) Navarro-Campos C., Martinez-Ferrer M.T., Campos J.M., Fibla J.M., Alcaide J., Bargues L., Marzal C. and Garcia-Mari F., (2011) The Influence of Host Fruit and Temperature on the Body Size of Adult *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) Under Laboratory and Field Conditions. Environmental Entomology 40, 931-938
- 29) Papachristos D.P., Papadopoulos N.T. and Nanos G.D., (2008) Survival and development of immature stages of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in citrus fruit. Journal of economic entomology, 101: 866-872.
- 30) Papachristos D.P., Papadopoulos N.T., Maglaras E., Michaelakis A. and Antonatos S.A., (2014) Susceptibility of kiwifruit (*Actinidia* spp.) cultivars to *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) infestation. Journal of applied entomology, 138:433-440.
- 31) Papadopoulos N.T. & Katsoyannos B.I., (2002) Development of *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in three apple varieties in the laboratory. Proceedings of 6th International Fruit Fly Symposium, Stellenbosch, South Africa, pp. 19-22
- 32) Papadopoulos N.T, Katsoyannos B.I, Carey J.R. and Kouloussis N.A., (2001) Seasonal and Annual Occurrence of the Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) in Northern Greece. Ann. Entomol. Soc. Am., 94:41-50
- 33) Papadopoulos N.T. and Katsoyannos B.I., (2003) Field parasitism of *Ceratitidis capitata* larvae by *Aganaspis daci* in Chios, Greece. BioControl 48:191–195.
- 34) Papadopoulos N.T., Katsoyannos B.I. and Carey J.R., (2002) Demographic parameters of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) reared in apples. Annals of the Entomological Society of America, 95:564-569.
- 35) Papadopoulos N.T., Katsoyannos B.I., Kouloussis N.A., Economopoulos A.P. and Carrey J.R., (1998) Effect of adult age, food, and time of day on sexual calling incidence of wild and mass-reared *Ceratitidis capitata* males. Entomologia Experimentalis et Applicata, 89:175–182.
- 36) Pieterse W., Manrakhan A., Terblanche J.S. and Addison P., (2019) Comparative demography of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) and *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) on deciduous fruit. Bulletin of Entomological Research, pp. 1-10.
- 37) Prokopy R.J., Ziegler J.R. and Wong T.T., (1978) Deterrence of repeated oviposition by fruit-marking pheromone in *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). Journal of Chemical Ecology, 4:55-63.



- 38) Rafael Narciso Meirelles , Luiza Rodrigues Redaelli and Cláudia Bernardes Ourique, (2013) Comparative Biology of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) Reared on *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 96:412-418.
- 39) Ricalde M.P., Nava D.E., Loeck A.E. and Donatti M.G., (2012) Temperature-dependent development and survival of Brazilian populations of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, from tropical, subtropical and temperate regions. *Journal of Insect Science*, 12:33.
- 40) Ronald J. Prokopy , Sotero S. Resilva and Roger I. Vargas, (1996) Post-Flighting behavior of *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae) on odor-baited traps. Department of Entomology, University of Massachusetts, Amherst, pp. 422-428
- 41) Shoukry A. and Hafez M., (1979) Studies on the biology of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. *Entomologia experimentalis et applicata*, 26:33-39.
- 42) Trudgill D.L, Honék A., Li D., Straalen N.M., (2005) Thermal time: concepts and utility. *Annals of Applied Biology*, 146:1 -14.
- 43) Vargas R.I., Walsh W.A., Jang E.B., Armstrong J.W. and Kanehisa D.T., (1996) Survival and development of immature stages of four Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, 89:64-69.
- 44) Vargas R.I., Walsh W.A., Kanehisa D., Jang E.B. and Armstrong J.W., (1997) Demography of four Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, 90: 162-168.
- 45) Vargas R.I., Walsh W.A., Kanehisa D., Stark J.D. and Nishida T., (2000) Comparative demography of three Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) at alternating temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, 93:75-81.
- 46) Vayssières J.F, Carel Y., Coubes M., Duyck P.F., (2008) Development of immature stages and comparative demography of two cucurbit-attacking fruit flies in Reunion Island: *Bactrocera cucurbitae* and *Dacus ciliatus* (Diptera: Tephritidae). *Environmental Entomology*, 37:307–314.
- 47) White I.M. and Elson-Harris M.M., (1992) *Fruit Flies of Economic Significance Their Identification and Bionomics*, England, UK.
- 48) Zabalou S., Riegler M., Theodorakopoulou M., Stauffer C., Savakis C. et al. (2004) Wolbachia-induced cytoplasmic incompatibility as a means for insect pest population control. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101:15042–15045
- 49) Παπαδογιώργου Γ. (2017), Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ αρσενικών σε φτωχό διατροφικό περιβάλλον, επηρεάζουν την επιλογή σύζευξης και την αρμοστικότητα των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*). Μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος
- 50) Παπαδόπουλος Ν.Θ., Σταυρίδης Δ.Γ. και Ζάρπας Κ.Δ., (2010) Η μύγα της Μεσογείου στην Ελλάδα: υφιστάμενη κατάσταση και σχεδιασμός της

αντιμετώπισής της. Πρακτικά 5ης Πανελλήνιας Συνάντησης Φυτοπροστασίας, Λάρισα.

- 51) Παπαναστασίου Σ.Α (2014), Επίδραση της ηλικίας και άλλων παραγόντων στη συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος
- 52) Τζανακάκης Μ. Ε. και Κατσόγιαννος Β. Ι., (2003) Έντομα Καρποφόρων Δέντρων και Αμπέλου. Εκδόσεις ΑγροΤύπος, Αθήνα.
- 53) Τζανακάκης Μ. Ε. και Κωβαίος Δ., 2018. Εντομολογία, Εκδόσεις University Studio Press.

## ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

Διαδικτυακή εικόνα 1:

<https://russellipm.com/insect/ceratitis-capitata-med-fruit-fly/>

Διαδικτυακή εικόνα 2:

<http://agroecosystem.gr/%CE%AC%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%B1/%CE%B7-%CE%BC%CF%8D%CE%B3%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%BC%CE%B5%CF%83%CE%BF%CE%B3%CE%B5%CE%AF%CE%BF%CF%85>

Διαδικτυακή εικόνα 3:

<https://www.abc.net.au/news/2017-01-18/a-jackson-fruit-fly-trap-hanging-in-a-mango-tree-in-carnarvon./8191322?nw=0>

Διαδικτυακή εικόνα 4:

<https://www.dailydemocrat.com/2017/09/28/medflies-discovered-in-fairfield-area-quarantined/>