

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

‘Η επίδραση της θερμοκρασίας στα δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου που προέρχεται από τη Θεσσαλονίκη και αναπτύχθηκε στα μήλα’

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΚΟΚΚΩΝΑ ΗΛΕΚΤΡΑ

ΒΟΛΟΣ 2019-2021

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
ΣΤΑ ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ
ΤΗΣ ΜΥΓΑΣ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ
ΠΟΥ ΠΡΟΕΡΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΧΘΗΚΕ ΣΕ ΜΗΛΑ

EFFECT OF TEMPERATURE
ON THE DEMOGRAPHIC TRAITS OF A MEDITERRANEAN FRUIT FLY
POPULATION FROM THESSALONIKI DEVELOPED IN APPLES

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1. Παπαδόπουλος Νικόλαος, Δρ. Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εντομολογίας,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Επιβλέπων
2. Χρήστος Αθανασίου, Δρ. Καθηγητής Εντομολογίας Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας
3. Βέλλιος Ευάγγελος, Δρ. Επίκουρος Καθηγητής Φυτοπαθολογίας
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Βεβαιώνω ότι εγώ, η Κόκκωνα Ηλέκτρα, είμαι η συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΓΦΠΑΠ.

Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στον καθηγητή του εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κύριο Νικόλαο Παπαδόπουλο για την υπόδειξη του θέματος και τις συμβουλές του σε όλη τη διάρκεια του πειραματικού μέρους της διατριβής μου καθώς και για την καθοδήγηση της συγγραφής και τις διορθώσεις στο τελικό κείμενο.

Ευχαριστίες και την εκτίμηση μου θα ήθελα να εκφράσω επίσης και στην κ. Γεωργία Παπαδογιώργου, υποψήφια διδάκτορα, για την στενή επίβλεψη των εργασιών κατά τη διάρκεια εξαγωγής των πειραμάτων, καθώς και στη συγγραφή αυτής.

Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου, τους φίλους μου και ιδιαίτερα την κ. Καρατζίου Αλεξάνδρα για τη συνεχή υποστήριξή τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Contents

Ευχαριστίες	iv
Περίληψη	1
Summary	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1 Η μύγα της Μεσογείου	3
1.2 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά:.....	3
1.3 Καταγωγή και Γεωγραφική εξάπλωση:.....	7
1.4 Ξενιστές και οικονομική σημασία:.....	8
1.5 Βιολογία του εντόμου:	9
1.6 Καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου:	10
1.6.1 Καλλιεργητικά μέτρα:.....	10
1.6.2 Βιολογικά μέτρα αντιμετώπισης:.....	11
1.6.3 Χημική αντιμετώπιση:	12
1.6.4 Μαζική παγίδευση:	13
1.6.5 Εξαπόλυση στειρωμένων εντόμων:	14

1.7 Παράγοντες που επιδρούν στην επιβίωση και στην ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου	15
1.7.1 Αβιοτικοί παράγοντες	15
1.7.2 Βιοτικοί παράγοντες.....	16
1.8 Παράγοντες που επιδρούν στα δημογραφικά χαρακτηριστικά της μύγας της Μεσογείου	18
1.8.1 Αβιοτικοί Παράγοντες	19
1.8.2 Βιοτικοί παράγοντες.....	20
1.9 Σκοπός:	21
2. Υλικά και Μέθοδοι	21
2.1 Συνθήκες εργαστηρίου και έντομα που χρησιμοποιήθηκαν	21
2.1.1 Συνθήκες εργαστηρίου.....	21
2.1.2 Πληθυσμός	22
2.2 Πειραματική Διαδικασία.....	23
2.2.1 Ξενιστής.....	23
2.2.2 Μεθοδολογία	23
2.2.3 Στατιστική Ανάλυση.....	27
3. Αποτελέσματα	28
3.1 Επιβίωση και ανάπτυξη ανηλικών σταδίων από το αυγό ως τη νύμφη	28
3.2 Επιβίωση και ανάπτυξη από το στάδιο της νύμφης στο ενήλικο	30
3.3 Δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενήλικων.....	35
4. Συζήτηση.....	40
5. Βιβλιογραφία:.....	43

Περίληψη

Στην κάτωθι πτυχιακή μελέτη, εξετάστηκε ο ρόλος που έχει η θερμοκρασία στην ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων καθώς και στην επιβίωσή και την ωοπαραγωγή των ενήλικων της μύγας της Μεσογείου, *Ceratitis capitata*, σε συνθήκες εργαστηρίου. Αναλυτικότερα, ερευνήθηκε το πως η έκθεση σε διαφορετικές θερμοκρασίες μπορούν να επιδράσουν στη μύγα της Μεσογείου που προήλθε από τη Θεσσαλονίκη. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν ως ξενιστές τα μήλα.

Η πειραματική αυτή μελέτη πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Τα ανήλικα αναπτύχθηκαν σε μήλα σε τέσσερις θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις. Αυτές ήταν οι 25°C, 20°C, Θερμόκυκλος 1 (2 ημέρες σε 20°C, 2 ημέρες σε 7°C) και Θερμόκυκλος 2 (2 ημέρες σε 20°C, 6 ημέρες σε 7°C). Μετά και από την ολοκλήρωση της νύμφωσης, τα έντομα που εξέρχονταν τοποθετούνταν ανά ζεύγη σε ατομικά κλουβιά δημογραφίας στους 25°C. Καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους, καταγράφονταν η επιβίωση των ενηλίκων καθώς και η ωοπαραγωγή των θηλυκών ατόμων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν άμεση επίδραση της θερμοκρασίας, τόσο κατά τα ανήλικα στάδια, στη διάρκεια ανάπτυξης και στα ποσοστά επιβίωσης, όσο και κατά τα ενήλικα στάδια στα δημογραφικά χαρακτηριστικά τους. Όσον αφορά τα ποσοστά νύμφωσης, αν και δεν σημειώθηκε κάποια σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων, φάνηκε πως η μείωση της θερμοκρασίας κατά την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων, οδήγησε σε μακρύτερη διάρκεια ανάπτυξης αυτών, ενώ και τα ποσοστά νύμφωσης και επιβίωσης ήταν χαμηλότερα. Τα παραπάνω παρατηρήθηκαν στη μεταχείριση του Θερμόκυκλου 1, ενώ από τον Θερμόκυκλο 2, καμία νύμφη δεν προέκυψε.

Τέλος, όσον αφορά την επιβίωση και την ωοπαραγωγή των ενηλίκων, φαίνεται ότι από τη θερμοκρασία των 25°C προέκυψαν μακροβιότερα ενήλικα, και θηλυκά με πιο αυξημένα ποσοστά ωοπαραγωγής σε σύγκριση με τους 20°C. Οι περίοδοι προ-ωοτοκίας, ωοτοκίας και μετά-ωοτοκίας δεν επηρεάστηκαν από τη θερμοκρασία.

Summary

The current thesis, dealt with the effect of temperature on the survival and development of immatures of the Mediterranean fly, *Ceratitis capitata*, originated from the area of the Thessaloniki, northern Greece. In addition, we explored the effect of temperature during the development of the immatures on the demographic characteristics of the obtained adults at standard constant laboratory conditions. In all experimental trials apples were used as the host of the Mediterranean fruit fly.

All laboratory experiments were executed in the laboratory of Entomology and Agricultural Zoology at the University of Thessaly. Eggs were implanted in bitter oranges and larvae were developed within fruit in four temperature treatments: 25°C, 20°C, Thermocycle 1 (2 days at 20°C, 2 days at 7°C) and Thermocycle 2 (2 days at 20°C, 6 days at 7°C). At conclusion of immature development, emerging adults were transferred to appropriate cages in pairs and were kept at 25°C. Survival and age specific oviposition rates were recorded at the adult stage, daily and until the death of the last individual of the cohort.

The results showed that temperature directly affects the developmental period and the survival of immatures, both larvae and pupae, as well as survival and oviposition rates of adults. Regarding the pupation rates, although no significant difference among treatments was noted, our data suggest that the lower the temperature during development of the immature stages, the longer the time required for adult emergence and the lower the pupation rates. As far as effects of the two thermocycles are regarded, only the first thermocycle (warmer conditions) allowed larvae survival, while the 2nd yielded neither pupae nor adults.

Adults obtained from immatures developed at 25°C lived longer and produced more eggs compared to those obtained from immature development at 20°C.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά για τη μύγα της Μεσογείου

Η μύγα της Μεσογείου, (*Ceratitis capitata*) (Wiedemann), γνωστή και ως φρουτόμυγα, είναι ένα ιδιαίτερα πολυφάγο, δίπτερο έντομο της οικογένεια των Tephritidae. Το γένος *Ceratitis* αποτελείται από περισσότερα των 90 ειδών, με κύρια προέλευση την υποσαχάρια Αφρικής (Kourti et al., 1992; Malacrida et al., 1998; Kourti, 2002). Είναι ίσως ο σημαντικότερος εχθρός των καρποφόρων δένδρων, τόσο σε τροπικές όσο και σε εύκρατες περιοχές καθώς προκαλεί μεγάλες οικονομικές καταστροφές, ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση των παραγόμενων προϊόντων. Έχει χαρακτηριστεί έντομο καραντίνας και αναφέρεται ότι οι ξενιστές του, ξεπερνούν τα 350 βοτανικά είδη παγκοσμίως, από 65 διαφορετικές οικογένειες, τα 250 εκ των οποίων καλλιεργούμενα (Weems Jr, 1981; Liquido et al., 1991).

1.2 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά:

Το μήκος του σώματος του ενήλικου εντόμου είναι περίπου 4 έως 6 mm, ενώ το πλάτος δεν υπερβαίνει τα 2 mm και ο χρωματισμός αυτού είναι καστανός και κίτρινος. Πιο συγκεκριμένα, ο θώρακας, η κοιλιά και οι πτέρυγες καλύπτονται από λευκές, κίτρινες, καστανές και μαύρες κηλίδες. Το κεφάλι έχει χρώμα κίτρινο που σκουραίνει στις βάσεις των κεραιών. Ανάμεσα από τους σύνθετους οφθαλμούς, οι οποίοι έχουν πολύ έντονο και λαμπερό χρώμα ενώ ταυτόχρονα καλύπτουν μεγάλο μέρος της κεφαλής, παρατηρούνται μαύρα τριχίδια. Στα αρσενικά, πάνω στις κεραιές, στην άκρη τους, φύονται δύο ροπαλοειδείς αποφύσεις (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Το νωτιαίο τμήμα του θώρακα, είναι μαύρο με γυαλιστερή επιφάνεια και αρκετά λευκά στίγματα. Μαύρου χρώματος είναι επίσης και το scutellum δηλαδή ο μεταθώρακας. Η κοιλιά έχει πορτοκαλί προς κίτρινο χρώμα και φέρει 2 εγκάρσιες καστανέρυθρου χρώματος ζώνες και αρκετά μαύρα λεπτά στίγματα. Το θηλυκό έντομο, στην απόληξη της κοιλιακής του χώρας, φέρει μια προεξοχή που ονομάζεται ωσθέτης, έχει εξίσου καστανέρυθρο χρώμα, μήκος περίπου 1,3 mm και αποτελεί κριτήριο διαχωρισμού των φύλων μεταξύ τους. Οι πτέρυγες της μύγας είναι διαφανείς με κίτρινες, καστανές και μαύρες κηλίδες και ζώνες, με το μήκος τους να φτάνει τα 4,5 mm. Τέλος τα πόδια είναι κίτρινα προς ερυθρά με σκληρές τρίχες στις οπίσθιες κνήμες (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Πιο συγκεκριμένα όταν το ενήλικο είναι σε σταθερή θέση

ή βαδίζει, κρατώντας τις πτέρυγες μισάνοιχτες, αυτές σχεδόν σχηματίζουν ορθή γωνία ως προς το υπόστρωμα όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1. Το δεύτερο ζεύγος των πτερύγων έχει διαμορφωθεί σε αλτήρες οι οποίοι μάλλον προσφέρουν στο έντομο καλύτερη ισορροπία κατά τη πτήση (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).



Εικόνα 1: Ενήλικο θηλυκό της μύγας της Μεσογείου

Τα αυγά (Εικόνα 2) είναι λευκού χρώματος, λεία με ελλειπτικό και επίμηκες σχήμα, με μήκος που κυμαίνεται μεταξύ 0,9 mm και 1.1 mm και διάμετρο 0,2 και 0,3 αντίστοιχα.



Εικόνα 2: Αυγά του *Ceratitidis capitata* σε διηθητικό μαύρου χρώματος χαρτί

Οι προνύμφες είναι άποδες, ακέφαλες, με κυλινδρικό σχήμα υπόλευκου χρωματισμού (Εικόνα 3). Η διάκριση των 3 προνυμφικών σταδίων που υπάρχουν, γίνεται από τις διαφορές τόσο στο μήκος, όσο και στη μορφολογία των στοματικών αγκίστρων του κεφαλοφαρρυγγικού σκελετού. Στην προνύμφη 1^{ης} ηλικίας, το μήκος της κυμαίνεται μεταξύ 0,17 mm και 2,2 mm. Η προνύμφη 2^{ης} ηλικίας έχει μήκος μεταξύ 2,3-5 mm και τέλος η 3^{ης} ηλικίας έχει μήκος μεταξύ 6-10 mm (Ραπαδοπουλος 2004). Η προνύμφη, μετά από μία σειρά εκδύσεων, εισέρχεται στο νυμφικό στάδιο, όπου σχηματίζει βομβύκιο γύρω από τον εαυτό της «μετατρέπεται» σε νύμφη με αποτέλεσμα να σταματά να τρέφεται. Το σχήμα της νύμφης (Εικόνα 4) είναι ελλειψοειδές, με 4,4 - 4,5 mm μήκος και 2 - 2,5 mm διάμετρο, ενώ το χρώμα της ποικίλει από σκούρο καστανό έως υπόλευκο (Ραπαδοπουλος 2004).



Εικόνα 3: Προνύμφες του *Ceratitidis capitata* σε τεχνητή τροφή. Διακρίνονται προνύμφες σε εμποτισμένο με τροφή βαμβάκι σε τρυβλίο petri.

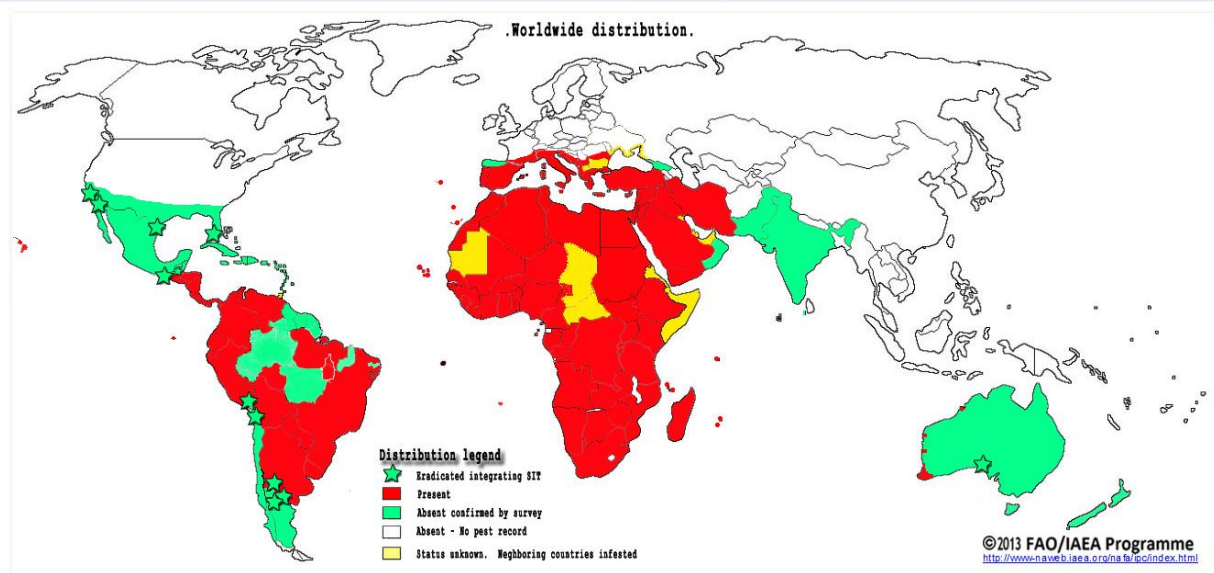


Εικόνα 4: Νύμφες του *Ceratitidis capitata* σε πλαστικό τρυβλίο τύπου Petri

1.3 Καταγωγή και Γεωγραφική εξάπλωση:

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η περιοχή καταγωγής του *C. capitata* θεωρείται ότι είναι η Αφρική και συγκεκριμένα, περιοχές της υποσαχάριας ανατολικής Αφρικής (Kourti et al., 1992; Malacrida et al., 1998; Kourti, 2002). Από τις προγονικές περιοχές της Αφρικής το έντομο εξαπλώθηκε από τη Μεσόγειο πιθανά μέσω της κοιλάδας του Νείλου και των περιοχών της Μέσης Ανατολής στις υπόλοιπες Μεσογειακές χώρες ή μέσω των παραλίων της Δυτικής Αφρικής στην Ιβηρική Χερσόνησο και στη συνέχεια στις υπόλοιπες περιοχές της Μεσογείου (Paradopoulos, 2004). Η γεωγραφική εξάπλωση του εντόμου υποβοηθείται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και ιδιαίτερα από την εμπορία νωπών φρούτων και λαχανικών. Η πρώτη καταγραφή παγκοσμίως ήταν στην Ισπανία, ενώ αργότερα καταγράφηκε η παρουσία της και στην Πορτογαλία (Fimiani, 1989). Όσον αφορά την Αμερική, το έντομο εντοπίζεται σε όλες τις χώρες, νότια και κεντρικά της ηπείρου με μοναδική ίσως εξαίρεση το βόρειο και κεντρικό Μεξικό, όπου φαίνεται να εξαλείφθηκε ύστερα και από πολυετείς προσπάθειες (White & Elson-Harris, 1992). Πρώτη καταγραφή του εντόμου στη Βόρεια Αμερική έγινε το 1926 (Hagen et al., 1981) στην περιοχή Φλόριντα. Άλλες περιοχές όπου έχει παρατηρηθεί ενδημική εμφάνιση της μύγας της Μεσογείου είναι τα νησιά του Ειρηνικού, Ατλαντικού και Ινδικού ωκεανού και η δυτική Αυστραλία σύμφωνα με τους White & Elson-Harris, (1992). Παρά το γεγονός ότι η μύγα της Μεσογείου δεν ενδημεί σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, παρουσία της σε χώρες όπως το Βέλγιο, η Ουγγαρία, και η Γερμανία, μπορεί να οφείλεται σε εισαγωγές προσβεβλημένων καρπών μέσω του εμπορίου (Paradopoulos, 2004). Έντονη φαίνεται να είναι η παρουσία του εντόμου και στη Μέση Ανατολή σε κράτη όπως το Ισραήλ, η Ιορδανία, η Συρία, η Τουρκία και ο Λίβανος (Malacrida et al., 1998; Ali et al., 2015). Στην χώρα μας, πρώτη φορά αναφέρεται στην Αττική και την Αίγινα σε καλλιέργειες εσπεριδοειδών το 1915 και Βόρεια Ελλάδα το 1959 (Tzimos, 1961). Στην Ελλάδα συναντάται σε πλήθος γεωγραφικών μηκών, από τη Βόρεια Ελλάδα έως τη Κρήτη (Παπαδόπουλος, 1999) (Εικόνα 5).

Mediterranean Fruit Fly - *Ceratitis capitata* (Wiedemann)



Εικόνα 5: Γεωγραφική εξάπλωση της μύγας της Μεσογείου. Με κόκκινο φαίνονται οι περιοχές που είναι επιβεβαιωμένη η ύπαρξη της μύγας τη Μεσογείου, με πράσινο οι περιοχές που η απουσία του εντόμου είναι επιβεβαιωμένη έπειτα από έρευνες, με λευκό περιοχές που απουσιάζει ή δεν έχει καταγραφεί η παρουσία του εντόμου και με κίτρινο περιοχές που είναι άγνωστη η παρουσία.

1.4 Ξενιστές και οικονομική σημασία:

Ο αριθμός των ξενιστών της μύγας της Μεσογείου υπολογίζεται περί τα 353 είδη φυτών διαφορετικών οικογενειών (67 οικογένειες), με τη μύγα των φρούτων να θεωρείται από τα πιο πολυφάγα είδη της οικογένειας των Tephritidae (Liquidó et al., 1991). Σε εύκρατες περιοχές, όπως η περιοχή της Μεσογείου, το έντομο προσβάλλει κυρίως πυρηνόκαρπα, γιγαρτόκαρπα, εσπεριδοειδή, μούσμουλα αλλά και λωτούς ενώ σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές προσβάλλονται φρούτα τροπικά όπως είναι για παράδειγμα η παπάγια, το αβοκάντο καθώς και άλλα ενδημικά είδη φρούτων. Στη Ελλάδα, ζημιές προκαλεί σε εσπεριδοειδή όπως είναι για παράδειγμα τα μανταρίνια και τα πορτοκάλια καθώς και σε άλλα φρούτα όπως σύκα, αχλάδια, ροδάκινα (Paradopoulos et al., 2004).

Όσον αφορά το οικονομικό κόστος που προκαλεί η μύγα της Μεσογείου, αυτό προκύπτει τόσο από τις άμεσες απώλειες των φρούτων που μπορεί να φθάσουν σε πολύ υψηλά επίπεδα, όσο

και από το υψηλό κόστος παρακολούθησης και ελέγχου των πληθυσμών σε επίπεδα που να μην προκαλούν μεγάλες οικονομικές ζημιές. Πιο συγκεκριμένα, έρευνες κατέδειξαν πως οι οικονομικές απώλειες, έμμεσες και άμεσες, που προκαλούνται από το έντομο σε Μεσόγειο, ανέρχονται περίπου στα 192 εκατομμύρια δολάρια το έτος (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Η μύγα της Μεσογείου έχει χαρακτηριστεί επιβλαβής οργανισμός καραντίνας δυσχεραίνοντας το εμπόριο μεταξύ προσβεβλημένων χωρών και μη. Πιο συγκεκριμένα, όταν ένας επιβλαβής οργανισμός δεν έχει εντοπιστεί σε μία χώρα ή γεωγραφική τοποθεσία, καθορίζεται ως επιβλαβής οργανισμός καραντίνας. Έτσι, σε ελέγχους σε σημεία εισόδου, σε περίπτωση που επισημανθεί, θα πρέπει να ληφθούν μέτρα όπως άρνηση εισαγωγής, καταστροφή και βιομηχανική ή χημική επεξεργασία των προϊόντων αυτών. Η ζημιά στους καρπούς αναφέρεται στο νύγμα ωτοκίας που πραγματοποιεί το θηλυκό με σκοπό να εναποθέσει τα ωά στον καρπό ξενιστή, το οποίο είναι αρκετά ευδιάκριτο και περιβάλλεται από χλωρωτική κηλίδα και βέβαια στη διατροφή των προνυμφών που θα εκκολαφθούν οι οποίες αναπτύσσονται σε βάρος της σάρκας του φρούτου καταναλώνοντας την ώριμη ή σχεδόν ώριμη σάρκα του. Τέλος ένα ακόμα στοιχείο υποβάθμισης είναι φυσικά η αποσύνθεση και η σήψη του καρπού εξαιτίας της εισόδου παθογόνων μικροοργανισμών από το νύγμα ωτοκίας (Παπαδογιώργου, 2017).

1.5 Βιολογία του εντόμου:

Η μύγα της Μεσογείου συμπληρώνει αρκετές γενεές ανά έτος (πολυκυκλικό είδος), γεγονός το οποίο διαμορφώνεται από το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της περιοχής, από τη διαθεσιμότητα των ξενιστών σε μία περιοχή καθώς επίσης και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν (Fletcher, 1989). Στην Ελλάδα, όπως προαναφέρθηκε, προσβάλλει εσπεριδοειδή, μήλα, αχλάδια, ροδάκινα, σύκα και άλλα φρούτα, αφού πρώτα το θηλυκό εναποθέσει τα αυγά κάτω από την επιδερμίδα των φρούτων, όταν αυτά ωριμάσουν ή είναι ώριμα (Παπαδόπουλος, 1999; Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 2003; Διαμαντίδης, 2009). Οι προνύμφες τρέφονται με τη σάρκα των φρούτων και όταν η ανάπτυξή τους ολοκληρωθεί, εξέρχονται από τα φρούτα, πέφτουν στο έδαφος και νυμφώνονται. Στις ψυχρότερες περιοχές της γεωγραφικής του εξάπλωσης το έντομο διαχειμάζει ως προνύμφη μέσα σε προσβεβλημένους καρπούς που παραμένουν στους οπωρώνες κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Ωστόσο αναφέρεται ότι σε περιοχές με πιο ευνοϊκές χειμερινές θερμοκρασίες ενδέχεται να διαχειμάζει και ως νύμφη στο έδαφος ή ως ενήλικο (Παπαδόπουλος, 1999). Θεωρείται ότι στην Ελλάδα συμπληρώνει 3-7 γενιές το έτος, πάντα σε συσχέτιση με τις εκάστοτε επικρατούσες τοπικές και ετήσιες θερμοκρασίες (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Τα ενήλικα της μύγας της Μεσογείου εμφανίζονται της άνοιξη, μεταξύ Απριλίου και Μαΐου και τρέφονται με σακχαρούχες ουσίες όπως νέκταρ, αζωτούχες και πρωτεϊνούχες ουσίες, ακόμα και μελιτώδη απεκκρίματα κοκκοειδών. Τα ενήλικα καθίστανται αναπαραγωγικά ώριμα σε διάστημα 10 με 15 ημερών, από την έξοδο τους από το νυμφικό περίβλημα. Μόλις τα έντομα ωριμάσουν αναπαραγωγικά, τα αρσενικά, με την έκλυση φερομόνης προσελκύουν τα θηλυκά με σκοπό τη σύζευξη. Τα συζευγμένα και γόνιμα θηλυκά ορύσσουν οπή διαμέτρου 1 mm στον ώριμο καρπό, όπου εισάγουν τον ωοθέτη τους και στη συνέχεια τοποθετούν από 6 έως 10 αυγά. Επιπροσθέτως, στον καρπό, το θηλυκό εναποθέτει και μία ορμόνη με σκοπό να απωθήσει τα άλλα θηλυκά να επιλέξουν τον ίδιο καρπό για ωοτοκία (Prokory et al., 1978). Όταν οι προνύμφες εκκολαφθούν αποχωρίζονται τον καρπό ξενιστή, πέφτουν στο έδαφος και νυμφώνονται σε αυτό μερικά εκατοστά κάτω από την επιφάνεια. Σε θερμοκρασίες μεταξύ 24°C και 25°C και 60-70% σχετική υγρασία ο βιολογικός κύκλος συμπληρώνεται σε διάστημα μικρότερο από ένα μήνα (Papadopoulos et al., 2001; Papachristos et al., 2008).

1.6 Αντιμετώπιση της μύγας της Μεσογείου:

Η καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου είναι ιδιαίτερα υψηλής σημασίας, καθώς το έντομο αυτό όπως προαναφέρθηκε συμπληρώνει πολλές γενεές ανά έτος, και η ζημιά που προκαλεί στους καρπούς είναι όταν αυτοί βρίσκονται στο στάδιο της ωρίμανσης. Οι τρόποι αντιμετώπισης της μύγας της Μεσογείου ποικίλουν. Παρακάτω αναπτύσσονται μερικοί από αυτούς.

1.6.1 Καλλιεργητικά μέτρα:

Όσον αφορά την αντιμετώπιση του εντόμου με καλλιεργητικά μέτρα, σε έρευνα που διεξήχθη από τους Papadopoulos et al., (2001), προτείνεται συλλογή και καταστροφή όλων των πεσμένων προσβεβλημένων φρούτων σε μια μεγάλη περιοχή κατά τη διάρκεια του χειμώνα, μέσα στα οποία διαχειμάζουν οι προνύμφες του είδους υπό μελέτη, με αποτέλεσμα τη μείωση των πληθυσμών την ερχόμενη άνοιξη. Η παραπάνω πρακτική μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση

των πληθυσμών του *C. capitata*, σε χαμηλά επίπεδα μέχρι το φθινόπωρο. Άλλα μέτρα είναι η χρήση ποικιλιών ανθεκτικών στις προσβολές από το έντομο, με ταυτόχρονη ισορροπημένη ανάπτυξη των φυτών καθώς και καλλιεργητικές πρακτικές όπως παραδείγματος χάριν το φρεζάρισμα του εδάφους που δύναται να καταστρέψει μέρος των νυμφών που είναι στην επιφάνεια του εδάφους.

1.6.2 Βιολογική Αντιμετώπιση:

Άλλη μια φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος είναι αυτή της αντιμετώπισης της μύγας της Μεσογείου με την εφαρμογή εντομοπαθογόνων μυκήτων. Αν και η μόλυνση της μύγας της Μεσογείου από εντομοπαθογόνους μύκητες στο φυσικό περιβάλλον είναι ασυνήθιστη, πολλές εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Ωστόσο έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες μελέτες σε επίπεδο αγρού. Αυτές όμως που έχουν λάβει χώρα καταδεικνύουν τη σημασία που μπορούν να διαδραματίσουν οι εντομοπαθογόνοι μύκητες στην ολοκληρωμένη διαχείριση αυτού του εντόμου καραντίνας. Στρατηγικές επιλογές που διατίθενται επί του παρόντος περιλαμβάνουν τη χρήση σπορίων μυκήτων και των τοξικών προϊόντων του μεταβολισμού τους, σε ψεκασμούς δολώματος που στοχεύουν σε ενήλικα άτομα. Δηλαδή, πιο συγκεκριμένα, τον συνδυασμό κονιδίων του εντομοπαθογόνου μύκητα με ουσίες ελκυστικές για τη μύγα της Μεσογείου και την εφαρμογή στο περιβάλλον από δολωματικούς σταθμούς. Η μόλυνση από εντομοπαθογόνους μύκητες έχει επίσης αποδειχθεί ότι μειώνει τη γονιμότητα των μυγών των φρούτων και αυτό μπορεί να συμβάλει στη μείωση των πληθυσμών μακροπρόθεσμα. Ωστόσο, είναι απίθανο οι παθογόνοι μύκητες να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αυτόνομη μέθοδος ελέγχου για συγκεκριμένο το έντομο, παρά μόνο θα πρέπει να ενταχθούν στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης διαχείρισης της *C. capitata* (Ekesi, Dimbi, Maniania, 2007).

Μία ακόμη μέθοδος βιολογικής αντιμετώπισης που έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα τα τελευταία έτη είναι αυτή της εξαπόλυσης παρασιτοειδών εντόμων όπως παραδείγματος χάριν το *Aganaspis daci*. Πρόκειται για ένα Υμενόπτερο, του οποίου η πρώτη καταγραφή στην Ευρώπη έγινε στη Χίο και το οποίο ωτοκεί στις προνύμφες του *C. capitata* (Papadopoulos and Katsoyannos, 2003).

Τέλος άλλη μια ικανή μέθοδος καταπολέμησης είναι η χρήση εντομοπαθογόνων νηματωδών (ΕΠΝ), με τη μορφή βιολογικού σκευάσματος. Φαίνεται να είναι υπό ευρεία χρήση, αν και ανασταλτικός παράγοντας χρήσης τους είναι το αυξημένο κόστος εφαρμογής. Ένας ακόμη περιοριστικός παράγοντας χρήσης των ΕΠΝ είναι το μεγάλο ποσοστό προνυμφών της μύγας της Μεσογείου, καθώς παρουσιάζει πολλές γενιές ανά έτος, με αποτέλεσμα να απαιτούνται εξίσου πολλές εφαρμογές ΕΠΝ και σε μεγάλες δόσεις. Αναλυτικότερα σε έρευνα που διεξήχθη στο τμήμα Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου, οι οικογένειες των ΕΠΝ είναι δύο, οι Steinemernatidae και Heterorhabditidae. Η προσβολή των προνυμφών γίνεται στο έδαφος, από μολυσμένα ανήλικα άτομα που όταν εντοπίσουν τον ξενιστή (προνύμφη, νύμφη ή ενήλικο μύγας Μεσογείου κατά την έξοδό του στο έδαφος), εισέρχονται στο σώμα του και προκαλούν σηψαιμία με απελευθέρωση βακτηρίων, μέσα σε 48 ώρες. Μέσα στο νεκρό σώμα του ξενιστή θα αναπτυχθούν 2-3 γενιές από όπου θα εξέλθουν πάλι ανήλικα άτομα με τη δυνατότητα να μολύνουν εκ νέου τον ξενιστή (Καπράνας και συνεργάτες 2020)

1.6.3 Χημική αντιμετώπιση:

Η χημική καταπολέμηση γίνεται με τη χρήση δολωματικών ψεκασμών και ψεκασμών κάλυψης που στοχεύουν στη μείωση του αριθμού των εντόμων της μύγας της Μεσογείου. Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και οι περιφερειακές του δομές, είναι υπεύθυνα για τις γεωργικές προειδοποιήσεις που αφορούν στο πότε θα πρέπει να γίνει ο ψεκασμός, αλλά και κάθε πόσο χρονικό διάστημα πρέπει να επαναλαμβάνεται. Πραγματοποιούνται δολωματικοί ψεκασμοί με το συνδυασμό εγκεκριμένων εντομοκτόνων και ελκυστικού υγρού (υδρολυμένη πρωτεΐνη). Οι δολωματικοί ψεκασμοί εφαρμόζονται στο δένδρο, στα κλαδιά που όμως δεν φέρουν καρπούς για να αποφευχθεί ο κίνδυνος σχηματισμού κηλίδων και η μείωση της εμπορικής τους αξίας. Να σημειωθεί ότι αυτή η μέθοδος είναι πιο αποτελεσματική όταν εφαρμόζεται σε μια περιοχή καθολικά και όχι σε μεμονωμένους οπωρώνες ενώ η δράση των ψεκασμών αυτών είναι κυρίως προληπτική και δευτερευόντως κατασταλτική (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Οι ψεκασμοί καλύψεως, γίνονται σε ολόκληρη τη κόμη του δένδρου με τη χρήση εγκεκριμένων σκευασμάτων. Ωστόσο σύμφωνα με τους Τζανακάκη και Κατσόγιαννο (2003) οι συγκεκριμένοι ψεκασμοί φαίνεται να ελαττώνουν τους φυσικούς εχθρούς των

κοκκοειδών με αποτέλεσμα την αύξηση του πληθυσμού τους. Από τα παραπάνω κρίνεται απαραίτητο η εφαρμογή τους να περιορίζεται σε αναγκαίες μόνο περιπτώσεις.

1.6.4 Μαζική παγίδευση:

Φερομονικές και τροφικές παγίδες, χρησιμοποιούνται ευρέως για την παρακολούθηση των πληθυσμών της μύγας της Μεσογείου. Τέτοιες είναι οι τύπου Jackson, οι τύπου McPhail, οι Bucket , Steiner καθώς επίσης και πολλές παραλλαγές των παραπάνω (Katsoyannos, 1994)(Εικόνα 6). Πιο συγκεκριμένα στις παγίδες Jackson το ελκυστικό που χρησιμοποιείται είναι η παραφερομόνη trimedlure (TML) η οποία έλκει τα αρσενικά άτομα του είδους. Ωστόσο οι παραπάνω θεωρούνται σχετικά ακατάλληλες για την καταπολέμηση του εντόμου, όταν αυτό βρίσκεται σε μεγάλη πυκνότητα καθώς οι κολλητικές τους επιφάνειες γεμίζουν εύκολα με σκόνη και έντομα, με αποτέλεσμα να καθίστανται μη χρηστικές (Katsoyannos, 1994). Όσον αφορά τις τύπου McPhail, σαν ελκυστικό χρησιμοποιείται συνδυασμός της πουτρεσκίνης, τριμεθυλαμίνης καθώς και του οξικού αμμωνίου (Katsoyannos et al., 1999; Papadopoulos 2004). Μία ακόμα ελκυστική ουσία στην οποία αξίζει να αναφερθούμε είναι το Biodelear. Συγκεκριμένα μέσα από την έρευνα Bempelou et al., (2018), φάνηκε ότι η μαζική παγίδευση με τη χρήση του προαναφερόμενου ελκυστικού μπορεί να ελέγξει με επιτυχία τον πληθυσμό του *C. capitata* ενώ ταυτόχρονα φαίνεται να διατηρεί και τη βιοποικιλότητα των αρθροπόδων του εδάφους λόγω της μειωμένης τοξικότητάς του. Τέλος οι παγίδες Bucket κρίνονται καταλληλότερες συγκριτικά με τις Jackson για την αντιμετώπιση μεγάλου αριθμού εντόμων του *C. capitata*, πιο εύχρηστες, φθηνές και παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευκολία στη συντήρησή τους (Wijesuriya and de Lima, C. (1995).



Εικόνα 6: Α. παγίδα τύπου McPhail και Β. παγίδα τύπου Jackson.

Ηλεκτρονική Πηγή 1: <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1316099>

Ηλεκτρονική Πηγή 2: <https://www.abc.net.au/news/2017-01-18/a-jackson-fruit-fly-trap-hanging-in-a-mango-tree-in-carnarvon./8191322?nw=0>

1.6.5 Τεχνική εξαπόλυσης στειρωμένων εντόμων:

Μια άλλη μέθοδος που αναφέρεται συχνά είναι η απελευθέρωση στο περιβάλλον, στειρωμένων εντόμων του είδους, ή αλλιώς SIT (Sterile Insect Technique), τα οποία εκτρέφονται μαζικά, στειρώνονται με εφαρμογή ακτινοβολίας γ και απελευθερώνονται στον αγρό. Πιο συγκεκριμένα, σε περιοχές που παρουσιάζουν παρόμοιες κλιματικές συνθήκες και ξενιστές με τη χώρα μας, θα πρέπει να ξεκινήσει τους μήνες Απρίλιο – Μάιο, όταν οι ενήλικοι πληθυσμοί είναι πολύ χαμηλοί. Η παραπάνω μέθοδος μπορεί να αποδειχθεί πολύ αποτελεσματική διότι τα θηλυκά άτομα που συζεύγονται με τα στείρα αρσενικά δεν παράγουν βιώσιμους απογόνους οπότε και επιτυγχάνεται σταδιακή μείωση του πληθυσμού (Robinson and Hooper 1989). Η εξαπόλυση μόνο στειρών αρσενικών είναι πιο αποτελεσματική μέθοδος, καθώς μειώνει το ποσοστό συζεύξεων των στειρών ατόμων μεταξύ τους, φαινόμενο που συμβαίνει συχνά όταν γίνεται εξαπόλυση και των δύο φύλων. Ωστόσο σύμφωνα με την έρευνα των Kraaijeveld & Charpan (2004), φαίνεται ότι τα στείρα αρσενικά παρουσιάζουν λιγότερες πιθανότητες σύζευξης από ότι τα άγρια και αυτό οφείλεται στην έκλυση μικρότερων ποσοστών φερομόνης των πρώτων σε

σύγκριση με τα δεύτερα, γεγονός που οδηγεί στη λιγότερο επιτυχημένη προσέλκυση σεξουαλικών συντρόφων.

1.7 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιβίωση και την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου

Η βιολογική επιτυχία της μύγας της Μεσογείου, υποστηρίζεται από διάφορα μορφολογικά, φυσιολογικά και προσαρμοστικά χαρακτηριστικά που περιλαμβάνουν κάθε στάδιο του κύκλου ζωής, από προνύμφες έως τα ενήλικα στάδια (Yuval and Hendrichs, 2000). Για παράδειγμα, σύμφωνα με τους παραπάνω συγγραφείς, οι προνύμφες της μύγας της Μεσογείου εξασφαλίζουν την επιβίωσή τους από αρπακτικά και παράσιτα στο εσωτερικό του καρπού ξενιστή. Εσωτερικά του καρπού ξενιστή τοποθετούνται από τον θηλυκό γονέα κατά τη διάρκεια της ωοτοκίας. Ταυτόχρονα, οι προνύμφες είναι ικανές, προσαρμόζοντας τη συμπεριφορά τους, να βελτιστοποιήσουν τη διαδικασία πρόσληψης τροφής, καθώς μετακινούνται ενεργά, δηλαδή μεταναστεύουν στο μέρος του φρούτου με τη μέγιστη ποσότητα σε θρεπτικά συστατικά. Επιπλέον, καθώς πρέπει να αναπτυχθούν στο νυμφικό στάδιο, που λαμβάνει χώρα στο έδαφος κάτω από τον ξενιστή τους, οι προνύμφες φαίνεται ότι αφήνουν τον καρπό ξενιστή σε καθημερινή βάση αλλά όχι όλες μαζί την ίδια μέρα, με σκοπό να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος της αρπαγής, για παράδειγμα, από μυρμηγκία (Yuval and Hendrichs, 2000).

1.7.1 Αβιοτικοί παράγοντες

Οι αβιοτικοί παράγοντες όπως η υγρασία και η θερμοκρασία επηρεάζουν την ανάπτυξη και τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά της μύγας της Μεσογείου με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με τον παράγοντα προς εξέταση.

Οι χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα και η απουσία καρπών - ξενιστή για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορούν να καθορίσουν την πυκνότητα πληθυσμού του *C. capitata* και την περίοδο της δραστηριότητας των ενήλικων τόσο στη βόρεια Ελλάδα, όσο και περιοχές ανάλογων κλιματολογικών συνθηκών. Η πτώση της θερμοκρασίας καθορίζει το τέλος της δραστηριότητας

των ενήλικων ατόμων του είδους, τον Νοέμβριο. Αργότερα το χειμώνα, η πτώση της θερμοκρασίας προκαλεί υψηλή θνησιμότητα των προνυμφών και μια δραματική μείωση του χειμερινού πληθυσμού (Paradopoulos et al., 1996). Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ένας ασυνήθιστα ήπιος χειμώνας μπορεί να επιτρέψει υψηλότερα ποσοστά επιβίωσης των προνυμφών το χειμώνα, με αποτέλεσμα να είναι υψηλότερη και η πυκνότητα του πληθυσμού που θα αναπτυχθεί το επόμενο έτος.

Αυτό συνέβη στην περίοδο 1993-1994 στην περιοχή της Θεσσαλονίκης (Παπαδόπουλος 1999). Ωστόσο, ασυνήθιστα χαμηλές θερμοκρασίες στις αρχές της άνοιξης μετά από έναν ήπιο χειμώνα μπορεί να προκαλέσουν μία δραματικά υψηλή θνησιμότητα στον πληθυσμό που βγήκε από το στάδιο της διαχείμασης (Katsoyannos et al., 1998).

Γενικά όσον αφορά την υγρασία, σε έρευνες (Bento et al., 2010) έχει αναφερθεί ότι εξαιτίας της αδυναμίας να δημιουργηθούν εργαστηριακά, οι ακριβείς συνθήκες που το έντομο αναπτύσσεται στο φυσικό του περιβάλλον, και η αδυναμία να συνδυαστούν οι παράμετροι μεταξύ τους, παραδείγματος χάριν η επίδραση της υγρασίας σε συνάρτηση με τον τύπο του εδάφους και η ανάπτυξη εντομοπαθογόνων μικροοργανισμών όπως μύκητες, καθιστούν δύσκολη τη μελέτη και τη διεξαγωγή συγκρίσεων ως προς την επίδραση της υγρασίας στην ανάπτυξη των ατόμων του είδους. Ωστόσο σύμφωνα με την ίδια έρευνα, αναφέρεται ότι παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση της υγρασίας και του τύπου εδάφους στην εμφάνιση του εντόμου και από τους διάφορους τύπους εδάφους που μελετήθηκαν, φαίνεται να προτιμά λιγότερο υγρά εδάφη. Αυτό επιβεβαιώνεται και από την έρευνα των Milward-de-Azevedo και Parra (1989), όπου η αύξηση της εδαφικής υγρασίας σε αμμώδη εδάφη φάνηκε να δρα ανασταλτικά στη νύμφωση του εντόμου

1.7.2 Βιοτικοί παράγοντες

Μια ομάδα παραγόντων που επιδρούν σημαντικά στην επιβίωση και ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων είναι οι βιοτικοί. Το είδος του ξενιστή, ο αριθμός των εντόμων όσο διατρέφονται, καθώς και οι διάφοροι ανταγωνιστές όπως είναι για παράδειγμα έντομα, μύκητες κλπ. είναι μερικοί βιοτικοί παράγοντες.

Αρχικά το είδος του ξενιστή μπορεί να παίζει καθοριστικό ρόλο στη διάρκεια ανάπτυξης των προνυμφών και στα ποσοστά νύμφωσης. Για παράδειγμα οι Dionysoroulou et al., (2020), προσδιόρισαν τα ποσοστά επιβίωσης και ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου σε διαφορετικούς καρπούς ξενιστές, και συγκεκριμένα στα μήλα και στα νεράντζια. Αναφέρεται ότι στα μήλα, η διάρκεια ανάπτυξης των προνυμφών ήταν μακρύτερη και τα ποσοστά επιβίωσης τους υψηλότερα σε σύγκριση με τα νεράντζια. Σύμφωνα με τους Papadopoulos and Katsogiannos (2002) η διάρκεια από το αυγό έως και τη προνύμφη στα μήλα είναι σημαντικά μεγαλύτερη συγκριτικά με άλλους ξενιστές και ανάλογη με τα επίπεδα οξύτητας της κάθε ποικιλίας. Αντίστοιχα, τα αιθέρια έλαια των εσπεριδοειδών θεωρούνται τοξικά για την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων με το νεράντζι να φαίνεται ως το πιο ευνοϊκό, το πορτοκάλι να είναι λιγότερο, και το λεμόνι να μην θεωρείται ιδανικός ξενιστής για την ανάπτυξη και επιβίωση του εντόμου (Parachristos et al., 2008). Με βάση την έρευνα του Carey (1984) το ποσοστό επιβίωσης των προνυμφών εντός διαφορετικών ξενιστών μπορεί να φτάσει έως και 70% . Η διαθεσιμότητα των φρούτων σε όλη τη διάρκεια του έτους και η θερμοκρασία που επικρατεί μπορούν και αυτοί να καθορίσουν την παρουσία της μύγας της Μεσογείου. Μετά από μελέτες στις πιο εύκρατες περιοχές της Μεσογείου αλλά και σε τμήματα της κεντρικής και νότιας Ελλάδας (Mourikis 1965; Fimiani and Pandolfo 1973; Katsogiannos et al., 1998) παρατηρήθηκε, ότι σε αυτές τις περιοχές η παρουσία φρούτων όπως εσπεριδοειδών όλο το χρόνο ευνοεί την αυξημένη παρουσία του *C. capitata*. Στην εγχώρια πραγματικότητα και συγκεκριμένα στη Βόρεια Ελλάδα, η μύγα δεν μπορεί να διαχειμάσει ως ενήλικο έντομο, με αποτέλεσμα κάποια είδη ξενιστών, όπως παραδείγματος χάριν τα μήλα, να λειτουργούν ως 'καταφύγιο' διαχείμασης για τη προνύμφη, αφού βέβαια έχουν προσβληθεί αργά το φθινόπωρο (Papadopoulos et al., 1996). Βερίκοκα και δαμάσκηνα απέδωσαν χαμηλό αριθμό νυμφών ανά καρπό και σε μούσμουλα, κεράσια και βύσσινα δεν καταγράφηκε καμία μόλυνση. Τα βερίκοκα συγκεκριμένα, είχαν χαμηλά ποσοστά προσβολής αλλά η σημασία τους για την πρώτη αναπαραγωγική γενιά του εντόμου είναι μεγάλη, καθώς όλες οι νύμφες του Ιουνίου και του Ιουλίου προέρχονται από προσβολή σε βερίκοκα. Ροδάκινα, σύκα και αχλάδια είναι ο βασικός ξενιστής του Αυγούστου και του Σεπτεμβρίου ενώ η σημασία των μήλων έγκειται αργότερα το φθινόπωρο και ως τον Δεκέμβριο (Papadopoulos et al., 1996).

Άλλος ένας βιοτικός παράγοντας είναι η πληθυσμιακή πυκνότητα των προνυμφών, όπου σύμφωνα με την έρευνα των Duyck and Quilici (2002), μεγάλος πληθυσμός προνυμφών συνεπάγεται παραγωγή θερμότητας λόγω μεταβολικών διεργασιών, η οποία οδηγεί σε μείωση του ρυθμού ανάπτυξης των εντόμων. Συγκεκριμένα, προσπαθώντας η προνύμφη να εντοπίσει το καταλληλότερο σημείο του υποστρώματος (μεγάλη θρεπτική αξία), καθυστερεί στη συγκέντρωση των απαραίτητων για εκείνη θρεπτικών συστατικών, που θα την διευκολύνουν στη νύμφωσή της. Από τα παραπάνω προκύπτει μείωση του ρυθμού ανάπτυξης και νύμφες με μικρότερο βάρος και μήκος. Τέλος αύξηση της πυκνότητας των προνυμφών κατά το στάδιο της ανάπτυξης, συνεπάγεται και αύξηση της διάρκειας ανάπτυξης τους (Δημοτάκης, 2010).

Τέλος, οι φυσικοί εχθροί των εντόμων αποτελούν άλλον έναν βιοτικό παράγοντα που επηρεάζει την ανάπτυξη των πληθυσμών. Αυτοί είναι όλοι οι οργανισμοί που τρέφονται ή αναπτύσσονται σε βάρος των εντόμων όπως αρπακτικά, παράσιτα, παρασιτοειδή ή παθογόνοι οργανισμοί και πολλοί από αυτούς χρησιμοποιούνται αρκετά αποτελεσματικά στη βιολογική αντιμετώπιση των εντόμων. Με βάση την μελέτη των El Keroumi et al., (2010), ένας οργανισμός που μπορεί να επηρεάσει την επιβίωση των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου, είναι τα αρπακτικά μυρμηγκία. Η έρευνα διεξήχθη σε επίπεδο αγρού σε περιοχή του Μαρόκο και σύμφωνα με τα αποτελέσματά της το 47% των προνυμφών που έπεσαν στο έδαφος δεν κατάφεραν να περάσουν στο νυμφικό στάδιο εξαιτίας της αρπαγής τους από μυρμηγκία και αράχνες.

1.8 Παράγοντες που επηρεάζουν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενήλικων της μύγας της Μεσογείου

Η επιτυχημένη εξάπλωση της μύγας της Μεσογείου έχει αποδοθεί σε μια σειρά παραγόντων όπως το μικρό μέγεθός της, το πλήθος των ξενιστών, οι υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης, η ικανότητά της να επιβιώνει σε πλήθος θερμοκρασιών καθώς και η αντοχή της σε χαμηλά επίπεδα υγρασίας, καθιστούν τη διασπορά της ιδιαίτερος αποτελεσματική. Η μύγα της Μεσογείου ανήκει στα έντομα εισβολείς καθώς είναι εισαγόμενο είδος με μεγάλη ικανότητα επιβίωσης σε μεταβλητές περιβαλλοντικές συνθήκες, χαρακτηριστικό που συμβάλλει στη διασπορά και στη δυνατότητα να εισβάλλει σε νέους οικοτόπους (Weldon et al., 2016).

1.8.1 Αβιοτικοί Παράγοντες

Η ανάπτυξη των εντόμων εξαρτάται από τις θερμικές απαιτήσεις. Κάθε είδος εντόμου έχει ένα βέλτιστο εύρος θερμοκρασίας για ανάπτυξη που περιορίζεται από το κατώτερο και το ανώτερο όριο (θερμοκρασία βάσης (T_b) και ανώτερο όριο (T_s)). Κάτω και πάνω από αυτά τα όρια θερμοκρασίας, η ανάπτυξη αναστέλλεται (Haddad et al., 1999). Ωστόσο, οι θερμικές απαιτήσεις ενός είδους ποικίλλουν ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης και τη γεωγραφική προέλευση (Haddad et al., 1999; Honék and Kocourek 1990). Σύμφωνα με τον Honék (2013), η T_b έχει την τάση να μειώνεται όσο αυξάνεται το γεωγραφικό πλάτος. Τα είδη εντόμων που ζουν στις τροπικές περιοχές έχουν υψηλότερη T_b ($13,7^\circ\text{C}$) σε σχέση με εκείνα που ζουν σε υποτροπικές περιοχές ($10,5^\circ\text{C}$) ή εύκρατες περιοχές ($7,9^\circ\text{C}$). Ωστόσο, τα δεδομένα που ελήφθησαν από τη μελέτη των Ricalde et al., (2012) σε τρεις πληθυσμούς του *C. capitata* από τη Βραζιλία που είχαν συλλεχθεί από εύκρατες, υποτροπικές και τροπικές περιοχές με σκοπό να προσδιοριστεί εάν διέφεραν στην απόκρισή τους στη θερμοκρασία κατά την ανάπτυξη, καταδεικνύουν ότι είδη από διαφορετικές κλιματικές ζώνες όπως οι παραπάνω, έχουν τις ίδιες θερμικές απαιτήσεις μεταξύ τους. Αντίστοιχα, σύμφωνα με μια μελέτη, (Nyamukondiwa & Terblanche, 2009) στην οποία εξετάστηκε η ανταπόκριση των διάφορων αναπτυξιακών σταδίων σε εύρος ακραίων θερμοκρασιών, φαίνεται ότι η κατώτερη θερμοκρασιακή τιμή στην οποία μπορεί να συνεχίσει την ανάπτυξη και επιβίωση του είναι οι $5,4^\circ\text{C}$ και η υψηλότερη, οι 43°C . Τέλος, η Dionysorouliou et al., (2020) αναφέρει για τη μελέτη σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες (15°C , 25°C & 30°C) ότι όσο η θερμοκρασία αυξανόταν, τα ενήλικα χρειάζονταν λιγότερο χρόνο για την ολοκλήρωση των αναπτυξιακών τους σταδίων.

Η στέρση τροφής φαίνεται να αποτελεί παράγοντα που επηρεάζει τα βιολογικά χαρακτηριστικά του *C. capitata*. Σύμφωνα με τη Κουκουγιαννίδου (2013), σε συνθήκες έλλειψης τροφής, η *C. capitata*, έχει την ικανότητα να χρησιμοποιεί απόθεμα λιπιδίων που έχει δημιουργήσει κατά την ενήλικη ζωή της. Αυτή όμως η διαδικασία έχει κόστος για το έντομο καθώς αναστέλλει άλλες βασικές λειτουργίες όπως η ωτοκία. Το έντομο μπορεί να επιβιώσει χρησιμοποιώντας αυτό το απόθεμα για 4 ημέρες κατά μέσο όρο. Από την ίδια μελέτη φανερώνεται ότι τα θηλυκά είναι μακροβιότερα, όταν στερούνται τη τροφή, συγκριτικά με τα αρσενικά. Επιπλέον όσον αφορά τα αρσενικά αναφέρεται ότι αν οι ποσότητες τροφής είναι

ελλιπείς, είναι πιθανό να αδυνατούν να παράξουν ικανοποιητικές ποσότητες σπέρματος. Αντίστοιχα, η Παπαδογιώργου (2017), υποστηρίζει ότι όταν τα θηλυκά συζευγνύονται με αρσενικά των οποίων η τροφή είναι ανεπαρκής σε πρωτεΐνη, τότε η ωοπαραγωγή τους είναι μικρότερη συγκριτικά με αυτή των θηλυκών που είχαν συζευχθεί με αρσενικά που η τροφή τους περιείχε πρωτεΐνη. Στην έρευνα ακόμα, των Papanastasiou et al., (2013), αναφέρεται ότι τροφή πλούσια σε πρωτεΐνη, προσέδιδε στα θηλυκά που την κατανάλωναν, αυξημένη ωοτοκία καθώς και μακροζωία, σε σύγκριση με άλλα άτομα του ίδιου φύλου που στερούνταν τη πρωτεΐνη στη τροφή τους. Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, η έλλειψη της στη τροφή, είναι συνδεδεμένη με μειωμένη σεξουαλική δεκτικότητα και ελκυστικότητα των θηλυκών. Αντίστοιχα όμως, φαίνεται ότι θηλυκά που έχουν τραφεί με πρωτεΐνη, παρουσιάζουν αυξημένη παραγωγή αυγών, πράγμα που οδηγεί επίσης μικρότερη επιβίωση εξαιτίας της συγκέντρωσης των ενεργειακών πόρων στη διαδικασία παραγωγής αυγών.

1.8.2 Βιοτικοί παράγοντες

Η πληθυσμιακή ανάπτυξη του *C. capitata* είναι στενά συσχετιζόμενη με τα είδη φρούτων ξενιστών που καλλιεργούνται σε κάθε περιοχή, με την καταλληλότητα των φρούτων καθώς και τη συνολική βιομάζα των διαφορετικών ειδών των ξενιστών (Katsoyannos et al., 1998; Vargas et al., 1983). Σύμφωνα με τους Papadopoulos et al., (2001), τα βερίκοκα πρώιμης ωρίμανσης αποτελούν τον ξενιστή για την ανάπτυξη της πρώτης γενιάς του καλοκαιριού, δηλαδή των ενήλικων που προήλθαν από διαχείμαση. Ωστόσο αυτή η γενιά είναι περιορισμένη πληθυσμιακά, επομένως και η προσβολή είναι μικρή. Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η απουσία ξενιστών πρώιμης ωρίμανσης θα μπορούσε να εμποδίσει σημαντικά την εξέλιξη της πρώτης γενιάς και συνεπώς να μειώσει δραματικά το μέγεθος του πληθυσμού. Σημαντικοί ξενιστές για τα ενήλικα άτομα των καλοκαιρινών μηνών αποτελούν τα ροδάκινα, τα σύκα και φυσικά το φθινόπωρο τα αχλάδια και τα μήλα, με τα τελευταία να μην καθιστούν τον ιδανικό ξενιστή για τη μύγα της Μεσογείου, αλλά τον μοναδικό διαθέσιμο τη συγκεκριμένη περίοδο (Carey, 1984; Fernandes-da-silva & Zucoloto, 1993; Krainacker et al., 1987; Παπαδόπουλος, 1999). Από τα παραπάνω αποδεικνύεται και η σημαντικότητα των φυτών ξενιστών στην εξάπλωση του είδους. Η ικανότητα της μύγας της Μεσογείου να επιβιώνει, οδηγεί στην ανάπτυξη υψηλών πληθυσμών το φθινόπωρο.

1.9 Σκοπός:

Στη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, μελετήθηκε το κατά πόσο η θερμοκρασία μπορεί να συμβάλλει στην ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων του *C. capitata*, αλλά και κατά πόσο μπορούν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του να επηρεαστούν. Για τη μελέτη επιλέχθηκε πληθυσμός της μύγας της Μεσογείου που προήλθε από τη Θεσσαλονίκη που βρίσκεται εντός των ορίων της προς βορρά εξάπλωσης του εντόμου.

Πιο συγκεκριμένα, για τα ανήλικα στάδια (αυγό, προνύμφη, νύμφη), η μελέτη αφορούσε την επιβίωση και τη διάρκεια ανάπτυξης των παραπάνω σταδίων κατά την ανάπτυξή τους σε μήλα και σε διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας. Πιο συγκεκριμένα οι σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας ήταν οι 25°C, οι 20°C καθώς και 2 Θερμόκυκλοι δηλαδή, κύκλοι θερμοκρασιών που εναλλάσσονται. Όσον αφορά τον πρώτο Θερμόκυκλο, τα μήλα παρέμεναν για 2 ημέρες στο εντομοδωμάτιο των 20°C και μετά για άλλες 2 ημέρες σε θερμοκρασία 7°C και αυτή η διαδικασία επαναλαμβανόταν διαρκώς. Στον δεύτερο Θερμόκυκλο οι καρποί παρέμεναν για 6 ημέρες στο ψυγείο στους 7°C και για 2 ημέρες στους 20°C.

Στα ενήλικα στάδια μελετήθηκαν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά και πιο συγκεκριμένα η διάρκεια ζωής των ενηλικών που αναπτύχθηκαν σε μήλα καθώς και η ωοπαραγωγή αυτών. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε στους 25°C.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Συνθήκες εργαστηρίου και έντομα που χρησιμοποιήθηκαν

2.1.1 Συνθήκες εργαστηρίου

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στη σχολή Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας από τον Δεκέμβριο του 2019 έως τον Ιούλιο του 2020. Οι συνθήκες στις οποίες αναπτύχθηκαν τα ενήλικα στάδια ήταν σταθερές (25 ± 2°C η θερμοκρασία, 50% ± 20% σχετική υγρασία και φωτοπερίοδο 14:10 (14 ώρες

φως: 10 ώρες σκοτάδι). Λάμπες φθορισμού που ήταν ενεργές από τις 07:00 έως και τις 20:00 παρείχαν τον φωτισμό στο εντομοδωμάτιο.

2.1.2 Πληθυσμός

Ο πληθυσμός του *C. capitata* που χρησιμοποιήθηκε, προήλθε από μια περιοχή της Θεσσαλονίκης τη Θέρμη. Πιο συγκεκριμένα, προσβεβλημένα μήλα συλλέχθηκαν από τη Θεσσαλονίκη το φθινόπωρο του 2019 και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο σε συνθήκες ($25 \pm 2^\circ\text{C}$ θερμοκρασία, $50\% \pm 20\%$ σχετική υγρασία, 14Φ:10Σ) ώστε να ολοκληρωθεί η ανάπτυξη των ανηλικών και να εξέλθουν τα ενήλικα του εντόμου. Τα ενήλικα που προέκυψαν είχαν πρόσβαση σε τροφή (κρυσταλλική ζάχαρη και υδρολυμένη μαγιά και νερό σε αναλογία 4:1:5) (Εικόνα 7) και σε τεχνητά υποστρώματα ωτοκίας. Τα τεχνητά υποστρώματα ωτοκίας ήταν πλαστικά, με μορφή ημισφαιρίου, χρώματος κόκκινου και με οπές, διαμέτρου 1mm, όπου τα θηλυκά εναπόθεταν τα αυγά τους (Εικόνα 8). Τα ενήλικα της F1 εργαστηριακής γενιάς χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεση του παρακάτω πειράματος



Εικόνα 7: Τροφή ενήλικων σε στερεοποιημένη μορφή, αποτελούμενη από κρυσταλλική ζάχαρη, υδρολυμένη μαγιά και νερό σε αναλογία 4:1:5



Εικόνα 8: Ειδικό υπόστρωμα ωτοκίας (dome)

2.2 Πειραματική Διαδικασία

2.2.1 Ξενιστής

Χρησιμοποιήθηκαν μήλα της ποικιλίας Golden Delicious τα οποία συλλέχθηκαν από περιοχή της Πέλλας, ενώ βεβαιώθηκε ότι δεν ήταν προσβεβλημένα από άλλο έντομο ή παθογόνο οργανισμό καθώς και απαλλαγμένα από χημικές επεμβάσεις.

2.2.2 Μεθοδολογία

Η εμφύτευση των αυγών στα (80) μήλα έγινε με τη βοήθεια μικροσκοπίου. Χρησιμοποιήθηκαν 24 ωρών αυγά, άγριου πληθυσμού που εναποτέθηκαν στα τεχνητά υποστρώματα ωτοκίας. Σε κάθε μήλο, μετά τη δημιουργία 2 αντιδιαμετρικών οπών με τη βοήθεια βελόνας, μεταφέρονταν 5 αυγά στη κάθε οπή. Στη συνέχεια, οι οπές καλύπτονταν με διαφανή ταινία και με τη βοήθεια βελόνας γινόταν μια οπή στη ταινία για σκοπούς αερισμού. Πραγματοποιήθηκαν 20 επαναλήψεις/ θερμοκρασία/ μεταχείριση.

Οι καρποί τοποθετούνταν ατομικά σε πλαστικά δοχεία, που στη βάση του περιείχαν μια μικρή στρώση άμμου με σκοπό τη διευκόλυνση του εντόμου στη διαδικασία της νύμφωσης (Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Μήλο σε προχωρημένη σήψη, μέσα σε πλαστικό δοχείο με υπόστρωμα άμμου.

Προκειμένου να αποφευχθούν προσβολές από άλλα έντομα, το κάθε δοχείο με μήλο καλυπτόταν με μία καλά στερεωμένη με λαστιχάκι οργαντίνη (Εικόνα 10). Εξωτερικά του δοχείου τοποθετούταν επίσης κατάλληλη ετικέτα για αναγνώριση, με στοιχεία όπως τον αριθμό της γενιάς, στη συγκεκριμένη περίπτωση γενιά F1, την περιοχή προέλευσης του εντόμου (Θεσσαλονίκη), η θερμοκρασιακή μεταχείριση στην οποία βρίσκεται ο καρπός και η ημερομηνία τεχνητής προσβολής. Τα δοχεία αυτά με τους καρπούς εντός τους μοιράστηκαν ισόποσα στις τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις, όπως αναλύεται και παρακάτω:

- 20 καρποί στο Εντομοδωμάτιο #1 σε θερμοκρασία 20 ± 2 °C, σχετική υγρασία $50 \pm 20\%$ και φωτοπερίοδο Φ14:Σ10 με έναρξη στις 07:00 και λήξη στις 20:00.°C
- 20 καρποί στο Εντομοδωμάτιο #4 σε θερμοκρασία 25 ± 2 °C, σχετική υγρασία $50 \pm 20\%$ και φωτοπερίοδο Φ14:Σ10 με έναρξη στις 07:00 και λήξη στις 20:00.

- 20 καρποί σε Θερμόκυκλο με διάρκεια 2 ημερών στους 20°C και 2 ημερών στους 7°C σχετική υγρασία $50 \pm 20\%$ και φωτοπερίοδο Φ14:Σ10 με έναρξη στις 07:00 και λήξη στις 20:00.
- 20 καρποί σε Θερμόκυκλο με διάρκεια 2 ημερών στους 20°C και 6 ημερών στους 7°C σχετική υγρασία $50 \pm 20\%$ και φωτοπερίοδο Φ14:Σ10 με έναρξη στις 07:00 και λήξη στις 20:00.



Εικόνα 10: Πλαστικά δοχεία με τους καρπούς των μήλων και άμμο εντός τους, καλυμμένα με οργαντίνα.

Μόλις ολοκληρώνονταν το προνυμφικό στάδιο, οι προνύμφες που προέκυπταν εξέρχονταν από τον καρπό, έπεφταν στην άμμο και ξεκινούσε η διαδικασία της νύμφωσης. Σε καθημερινή βάση καταγραφόταν ο αριθμός των νυμφών από τον κάθε έναν καρπό ξεχωριστά και τοποθετούνταν

ατομικά σε τρυβλία πλαστικά έως και την έξοδο του ενήλικου. Καθημερινά καταγράφονταν τα ενήλικα που εξέρχονταν καθώς και το φύλο τους, αρσενικό ή θηλυκό αντίστοιχα.

Στη συνέχεια, τα ενήλικα έντομα μεταφέροντα με τη βοήθεια αναρροφητήρα και τοποθετούνται σε ζεύγη, ένα αρσενικό μαζί με ένα θηλυκό σε ατομικά, κλουβιά δημογραφίας σε συνθήκες θερμοκρασίας $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $50\% \pm 20\%$ η σχετική υγρασία και όσον αφορά τη φωτοπερίοδο αυτή ήταν 14 ώρες φως και 10 ώρες σκοτάδι. Τα πλαστικά κλουβιά δημογραφίας ήταν τροποποιημένα διαφανή πλαστικά ποτήρια, των οποίων η μία πλευρά καλυπτόταν από δίχτυ με σκοπό τον αερισμό. Πάνω στο δίχτυ τοποθετούταν η τροφή (ζάχαρη: υδρολυμένη μαγιά σε αναλογία 4:1). Η βάση του κλουβιού ήταν ειδικά διαμορφωμένη με τέτοιο τρόπο, ώστε ήταν προσαρμοσμένο ένα υπόστρωμα ωοτοκίας (dome) με 50 οπές διαμέτρου 0,5mm στις οποίες γεννούσαν τα αυγά τους τα θηλυκά. Κάθε ποτήρι στηριζόταν σε τρυβλίο petri με νερό, πάνω στο οποίο ήταν προσαρμοσμένο απορροφητικό χαρτί που εμβαπτιζόταν στο νερό, μέσω μίας οπής στη βάση του ποτηριού. Στην κορυφή του κλουβιού, υπήρχε μία ακόμη οπή η οποία χρησίμευε στην εισαγωγή των ενήλικων εντός του (Εικόνα 11). Τέλος, τα κλουβιά δημογραφίας ανάλογα με τη θερμοκρασία στην οποία είχαν αναπτυχθεί μέχρι το στάδιο του ενήλικου και διατηρούνταν όλα στους 25°C . Τα ενήλικα είχαν απεριόριστη πρόσβαση σε νερό, τροφή ενήλικων η οποία ήταν ζάχαρη-υδρολυμένη μαγιά σε αναλογία 4:1 και σε τεχνητό υπόστρωμα ωοτοκίας ενώ νερό και τροφή συμπληρωνόταν όποτε ήταν απαραίτητο. Στο κάθε κλουβιάκι τοποθετούταν μία ετικέτα σήμανσης που ανέφερε το φύλο του ενήλικου καθώς και την ημερομηνία εξόδου του. Σε καθημερινή βάση καταγραφόταν σε ειδικά διαμορφωμένα πρωτόκολλα η δημογραφία των ενήλικων.



Εικόνα 11: Ατομικό κλουβί διατήρησης ενήλικων με προσαρμοσμένο dome για την ωτοκία των θηλυκών.

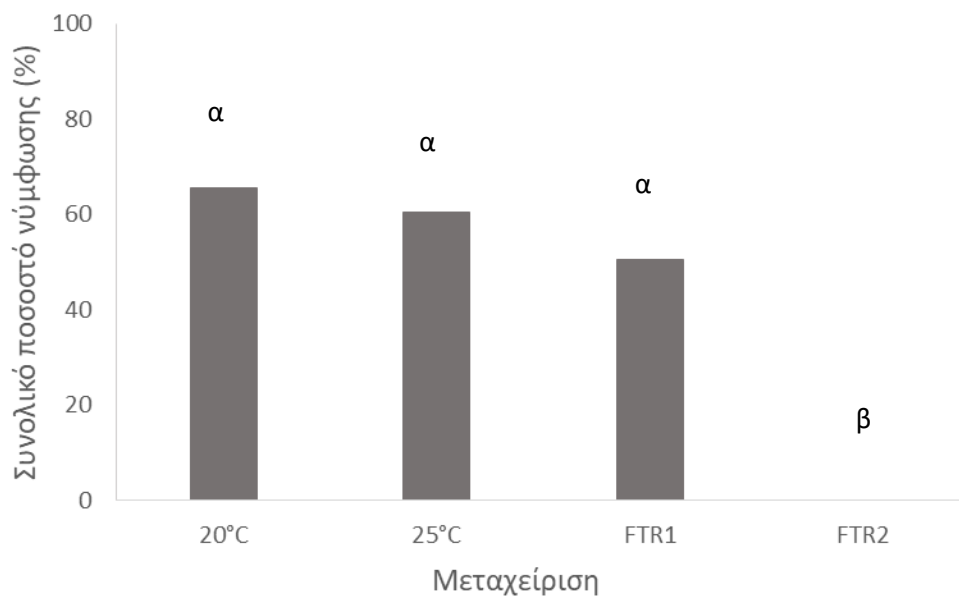
2.2.3 Στατιστική Ανάλυση

Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν στατιστικά με το λογισμικό πακέτο SPSS 26.0 (SPSS, Chicago, IL., USA). Εξετάσθηκε η επίδραση των διαφορετικών θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων στην επιβίωση των ανήλικων και ενήλικων σταδίων του *C. capitata* με λογιστική παλινδρόμηση (binary logistic regression). Επιπλέον έγινε χρήση του μοντέλου ανάλογων κινδύνων, Cox regression ανάλυσης, ώστε να ελεγχθεί η επίδραση των διαφορετικών θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων στη διάρκεια ανάπτυξης από το αυγό έως τη νύμφη και στη μακροβιότητα των ενήλικων. Cox regression analysis και general linear models, χρησιμοποιήθηκαν για τα δημογραφικά χαρακτηριστικά.

3. Αποτελέσματα

3.1 Επιβίωση και ανάπτυξη ανηλικών σταδίων από το αυγό ως τη νύμφη

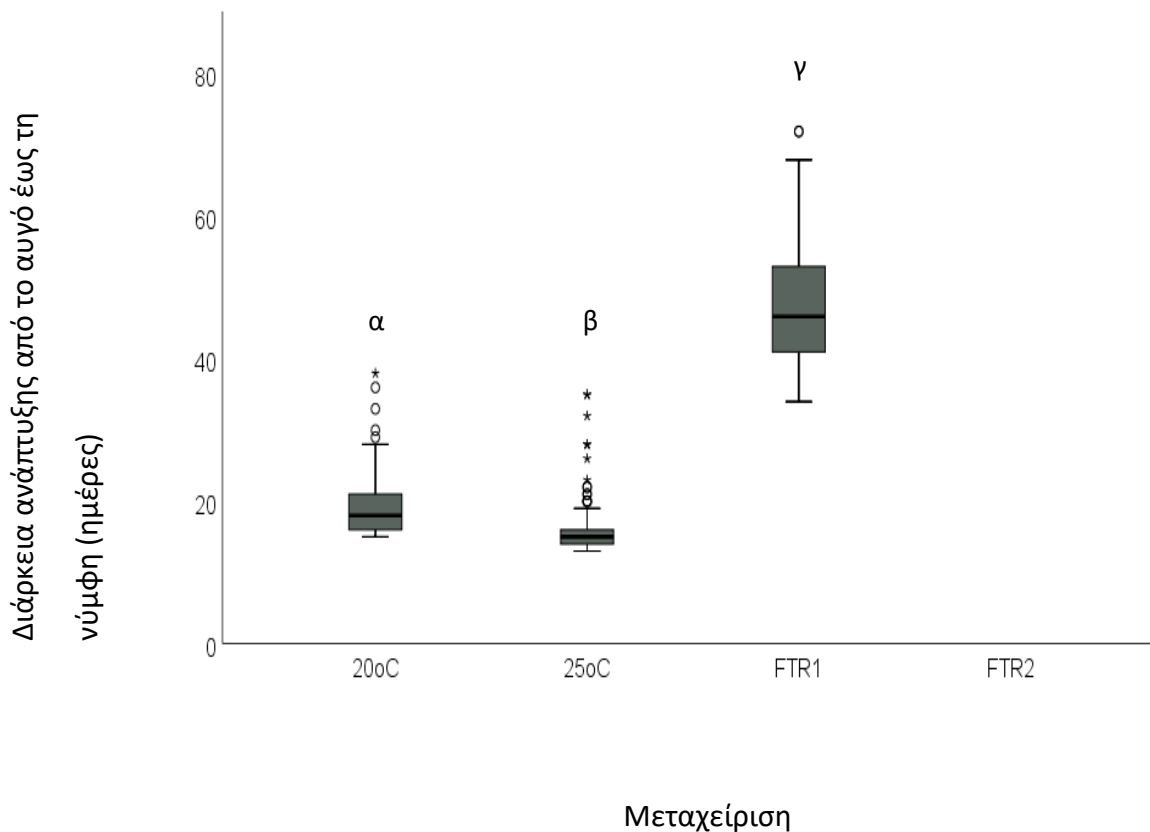
Στο Διάγραμμα 1, απεικονίζεται το ποσοστό νύμφωσης, στις διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις. Όπως προκύπτει από τη στατιστική ανάλυση δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στο συνολικό ποσοστό νύμφωσης στις τρεις διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις (Wald $\chi^2 = 838,669$, $df=3$, $P < 0,001$). Τέλος, από το Θερμόκυκλο 2 δεν αναπτύχθηκε καμία νύμφη (Πίνακας 2).



Διάγραμμα 1: Ποσοστό νύμφωσης προνυμφών που αναπτύχθηκαν σε μήλα που είχαν διατηρηθεί σε διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις (25°C, 20°C, Θερμόκυκλος 1 και Θερμόκυκλος 2). Στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά ($P > 0,05$).

Στο Διάγραμμα 2 δίνεται το διάστημα που χρειάστηκε η ανάπτυξη από το στάδιο του αυγού έως και το στάδιο της νύμφης, ανάμεσα σε καρπούς που διατηρήθηκαν στις διαφορετικές θερμοκρασίες. Όπως φαίνεται, το διάστημα που απαιτείται από το αυγό έως και τη νύμφη,

επηρεάζεται από τις θερμοκρασίες διατήρησης των καρπών (Wald $\chi^2=1679,278$, $df=2$, $P<0,001$). Πιο συγκεκριμένα στους 25°C χρειάστηκε λιγότερος χρόνος για τη νύμφωση σε σχέση με τους 20°C και το Θερμόκυκλο 1. Όσον αφορά το Θερμόκυκλο 2, καθώς δεν έδωσε καμία νύμφη, δεν πραγματοποιήθηκε και ανάλυση.



Διάγραμμα 2: Επίδραση της θερμοκρασιακής μεταχείρισης, στο χρόνο που μεσολαβεί από το στάδιο του αυγού έως και της νύμφης. Χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις 20°C, 25°C, FTR1 (20°C : 7°C, 2:2) και , FTR2 (20°C : 7°C, 2:6). Κυτιογράμματα, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός της κάθε μεταχείρισης δε διαφέρουν σημαντικά ($P>0,05$). Ο Θερμόκυκλος 2 δε χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση καθώς δεν έδωσε ικανοποιητικό αριθμό ατόμων.

3.2 Επιβίωση και ανάπτυξη από το στάδιο της νύμφης στο ενήλικο

Στο Διάγραμμα 3 δίνεται ο χρόνος που μεσολάβησε από το στάδιο της νύμφης έως και την έξοδο των ενηλίκων, για καρπούς που είχαν διατηρηθεί στις τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις. Όπως προκύπτει από το διάγραμμα, η διάρκεια ανάπτυξης της νύμφης στο στάδιο, επηρεάζεται από τις διαφορετικές συνθήκες μεταχείρισης (Wald $\chi^2 = 234,479$, $df=2$, $P < 0,001$). Όπως προκύπτει από το Διάγραμμα 3 η ενηλικίωση από το στάδιο της νύμφης ήταν παρόμοιας διάρκειας για τις νύμφες που είχαν αναπτυχθεί στους 20°C καθώς και στο Θερμόκυκλο 1, ενώ το λιγότερο χρόνο χρειάστηκαν οι νύμφες που αναπτύχθηκαν στους 25°C.



Διάγραμμα 3: Επίδραση της θερμοκρασιακής μεταχείριση στο χρόνο που μεσολαβεί από το στάδιο της νύμφης έως και αυτό του ενηλίκου. Χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις (20°C, 25°C, 15°C, FTR1 (20°C : 7°C, 2:2) και , FTR2 (20°C : 7°C, 2:6) αντίστοιχα). Κυτιογράμματα, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός της

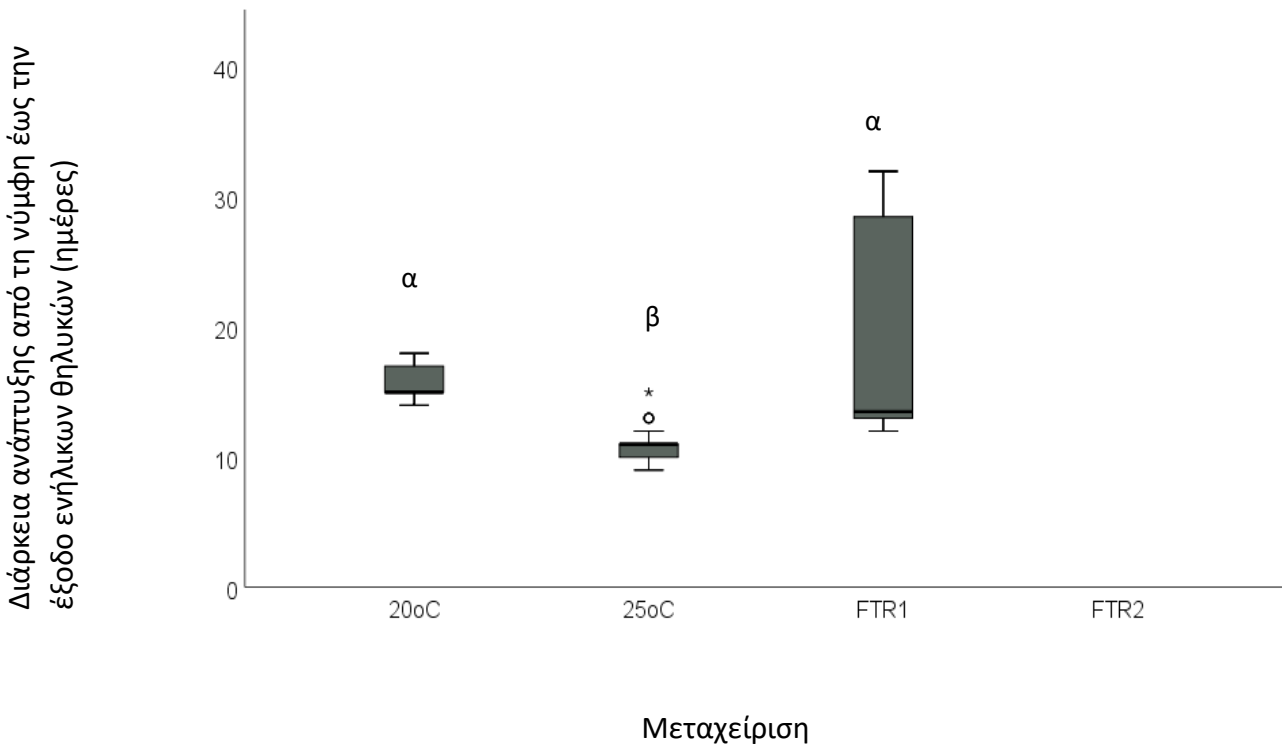
μεταχείρισης δε διαφέρουν σημαντικά ($P>0,05$). Στήλες που δεν συνοδεύονται από κάποιο γράμμα δεν έδωσαν ικανοποιητικό αριθμό ατόμων για να πραγματοποιηθεί η σχετική ανάλυση.

Πίνακας 1: Χρόνος ανάπτυξης από το στάδιο του αυγού έως την νύμφη και από νύμφη έως ενήλικο για τις διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις στις οποίες εκτέθηκαν τα τεχνητά προσβεβλημένα μήλα.

Μεταχείριση	Μέση διάρκεια ανάπτυξης (ημέρες \pm SE)	
	Αυγό έως νύμφη	Νύμφη έως ενήλικο
25°C	16,28 \pm 0,35 (n=131)	10,50 \pm 0,16 (n= 77)
20°C	19,53 \pm 0,40 (n=120)	15,52 \pm 0,22 (n= 34)
FTR1	47,63 \pm 0,69 (n=101)	16,74 \pm 1,18 (n= 20)
FTR2	0	

Στο Διάγραμμα 4, απεικονίζεται ο χρόνος που μεσολάβησε από το στάδιο της νύμφης έως και την έξοδο των ενήλικων θηλυκών, σε σχέση με τις τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασίες που διατηρήθηκαν οι καρποί. Η διάρκεια ανάπτυξης από τη νύμφη στο ενήλικο ήταν σημαντικά μακρύτερη σε έντομα που κατά το ανήλικό τους στάδιο διατηρήθηκαν στον Θερμόκυκλο 1

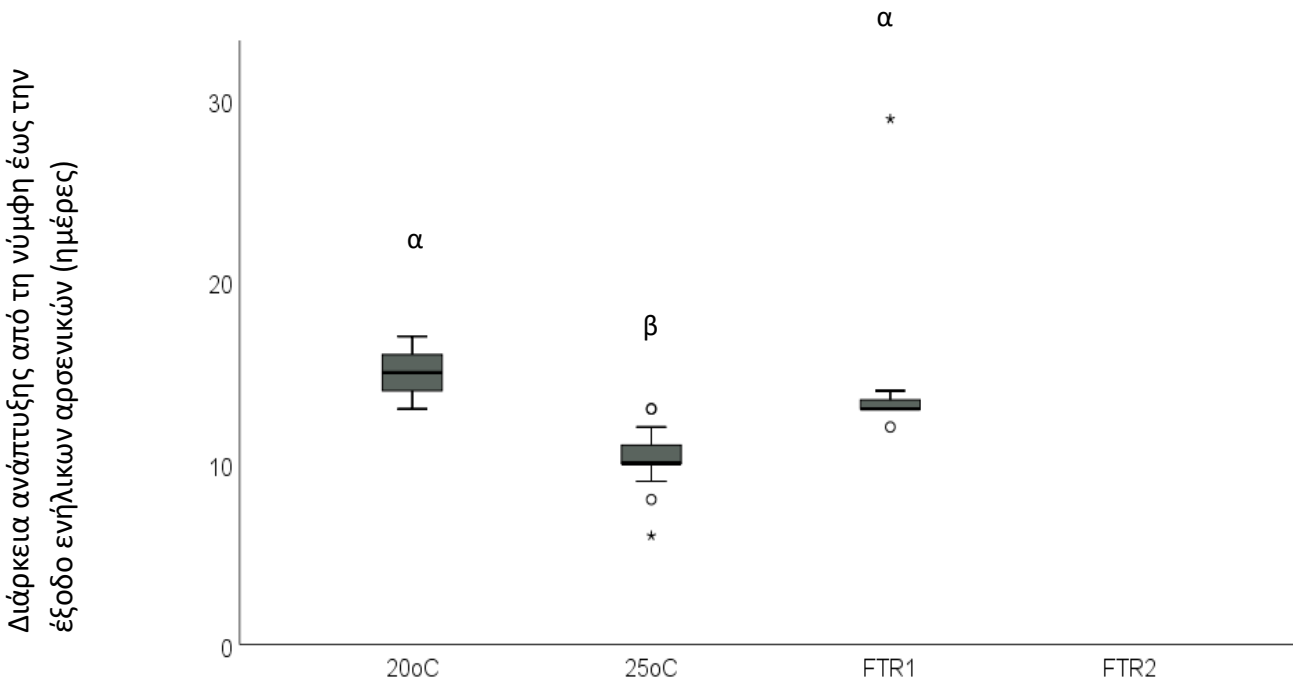
(20°C:7°C, 2:2). Όπως προκύπτει και από το Διάγραμμα 4, ο χρόνος που χρειάστηκαν τα ενήλικα θηλυκά από το στάδιο της νύμφης έως και την ενηλικίωσή τους ήταν σημαντικά μικρότερος για τις νύμφες που αναπτύχθηκαν στους 25°C, ακολουθούμενος από τις νύμφες που αναπτύχθηκαν στους 20°C (Wald $\chi^2 = 234,448$, $df=2$, $P < 0,001$).



Διάγραμμα 4: Επίδραση της θερμοκρασιακής μεταχείρισης στο χρόνο που μεσολαβεί από το στάδιο της νύμφης έως και την έξοδο ενήλικων θηλυκών. Χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις 20°C, 25°C, FTR1 (20°C : 7°C, 2:2) και , FTR2 (20°C : 7°C, 2:6) αντίστοιχα. Κυτιογράμματα που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά ($P > 0,05$). Στήλες που δεν συνοδεύονται από κάποιο γράμμα δεν έδωσαν ικανοποιητικό αριθμό ατόμων για να πραγματοποιηθεί η σχετική ανάλυση.

Στο Διάγραμμα 5, απεικονίζεται ο χρόνος που μεσολάβησε από το στάδιο της νύμφης έως και την έξοδο των ενήλικων αρσενικών, σε σχέση με τις τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασίες που

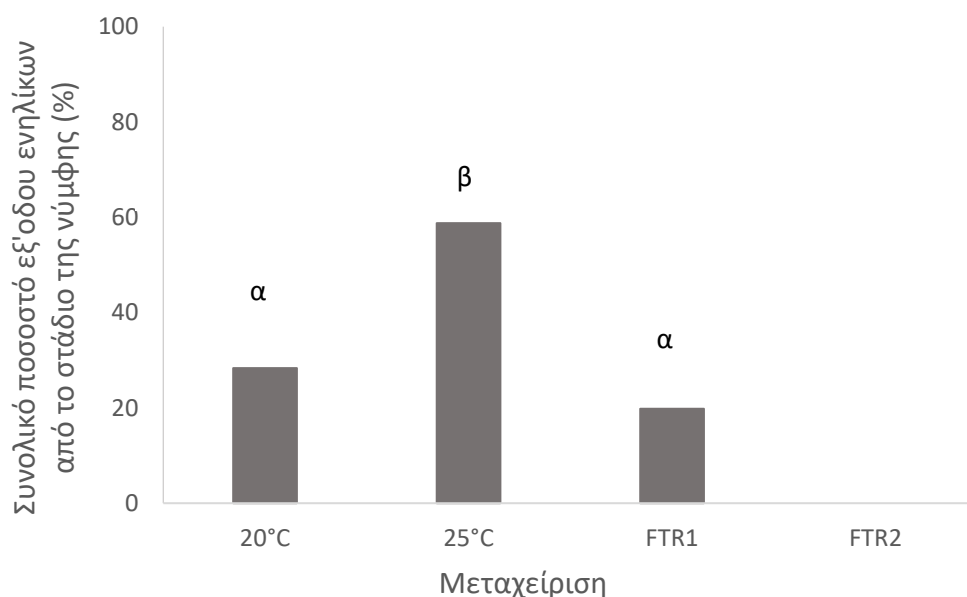
διατηρήθηκαν οι καρποί. Οι μετρήσεις αφορούν νύμφες που είχαν διατηρηθεί στις θερμοκρασίες των 20°C, των 25°C και στο Θερμόκυκλο 1 και Θερμόκυκλο 2 αντίστοιχα. Η θερμοκρασία είχε σημαντική επίδραση στη διάρκεια ανάπτυξης από τη νύμφη έως και την ενηλικίωση. Πιο συγκεκριμένα, στους 25°C χρειάστηκε σημαντικά λιγότερος χρόνος για την ολοκλήρωση της ανάπτυξης από νύμφη σε ενήλικο και ακολούθησαν οι 20°C και ο Θερμόκυκλος 1.



Μεταχείριση

Διάγραμμα 5: Επίδραση της της θερμοκρασιακής μεταχείρισης στο χρόνο που μεσολάβησε από το στάδιο της νύμφης έως και την έξοδο των ενήλικων αρσενικών. Χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις 20°C, 25°C, FTR1 (20°C : 7°C, 2:2) και , FTR2 (20°C : 7°C, 2:6) αντίστοιχα. Κυτιογράμματα, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά ($P>0,05$). Στήλες που δεν συνοδεύονται από κάποιο γράμμα δεν έδωσαν ικανοποιητικό αριθμό ατόμων για να πραγματοποιηθεί η σχετική ανάλυση.

Στο Διάγραμμα 6, απεικονίζεται το συνολικό ποσοστό εξόδου των ενήλικων από τους καρπούς που διατηρήθηκαν στις τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασίες. Σύμφωνα με το διάγραμμα, το στάδιο ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων επηρέασε σημαντικά το ποσοστό εξόδου των ενήλικων (Wald $\chi^2 = 34,479$, $df=2$, $P < 0,001$). Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μεγαλύτερο ποσοστό εξόδου ενήλικων από νύμφες που είχαν διατηρηθεί στους 25°C. Αντίστοιχα, μεταξύ των 20°C και του Θερμόκυκλου 1(20°C:7°C, 2:2) δεν υπήρχαν διαφορές. Όπως αναφέρεται και παραπάνω ο Θερμόκυκλος 2(20°C:7°C, 2:6) παραλείπεται, καθώς δεν προέκυψαν νύμφες.



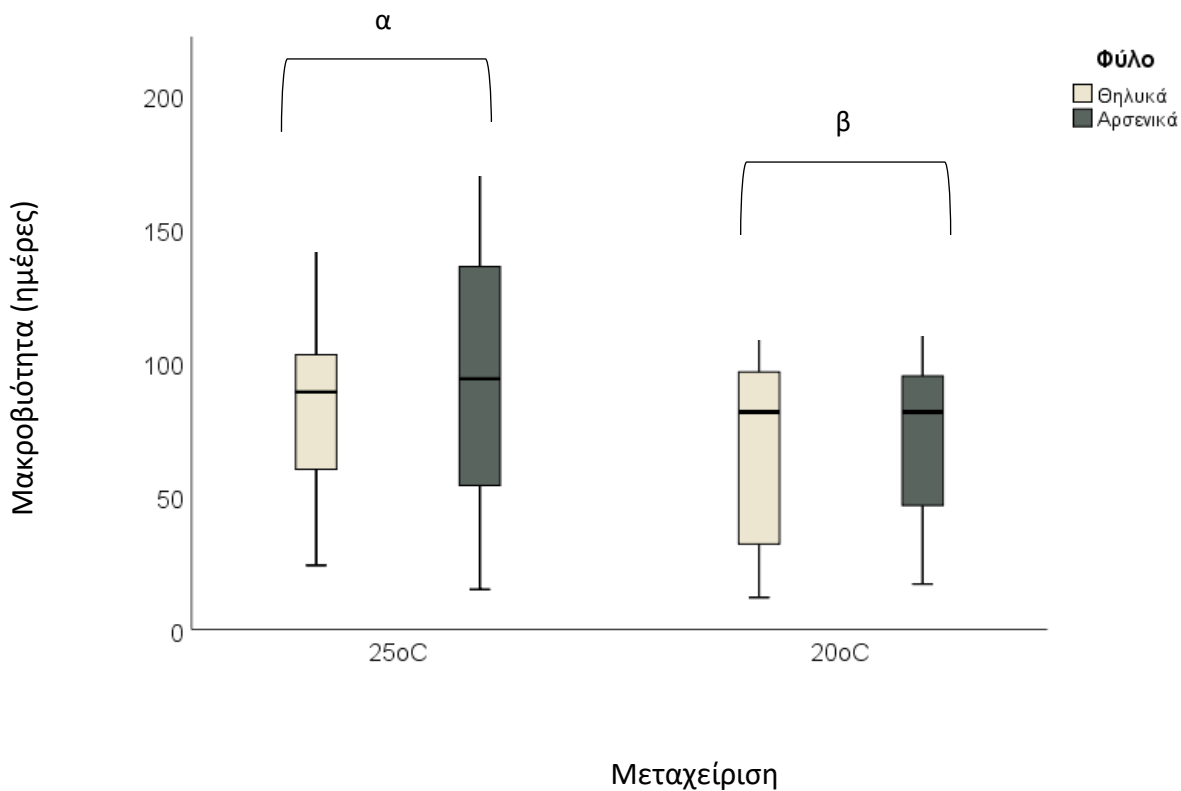
Διάγραμμα 6: Ποσοστό εξόδου ενήλικων από τις νύμφες που είχαν διατηρηθεί σε διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις 20°C, 25°C, FTR1 (20°C : 7°C, 2:2) και FTR2 (20°C : 7°C, 2:6) αντίστοιχα. Στήλες που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά ($P > 0,05$). Στήλες που δεν συνοδεύονται από κάποιο γράμμα δεν έδωσαν ικανοποιητικό αριθμό ατόμων για να πραγματοποιηθεί η σχετική ανάλυση.

Πίνακας 2: Ποσοστά νύμφωσης και εξόδου ενήλικων για τις διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις στις οποίες παρέμειναν/εκτέθηκαν τα αναπτυξιακά στάδια των εντόμων.

Μεταχείριση	Συνολικό ποσοστό νύμφωσης (%)	Συνολικό ποσοστό ενηλικίωσης από το στάδιο της νύμφης
25°C	65,5 (n=131)	58,78 (n=77)
20°C	60,5 (n=120)	28,33(n=34)
FTR1	50,5 (n=101)	19,80 (n=20)
FTR2	0	0

3.3 Δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενήλικων

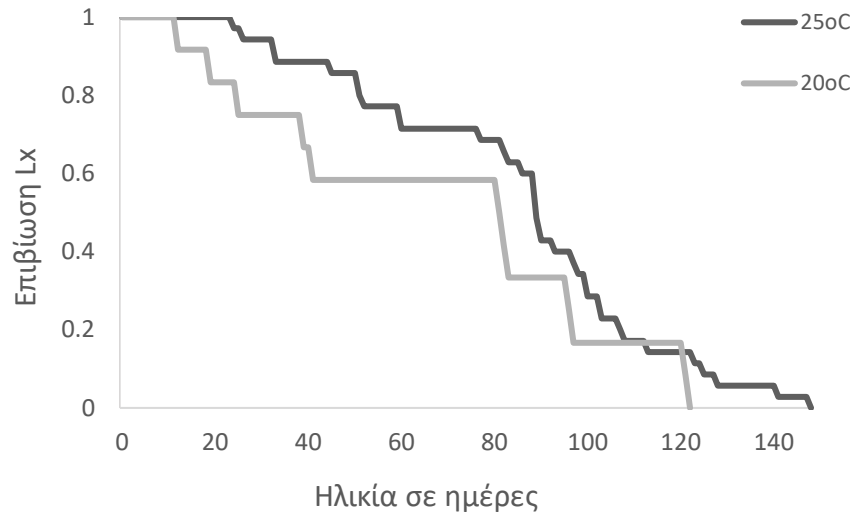
Στο Διάγραμμα 7, παρουσιάζεται η μακροβιότητα των θηλυκών και των αρσενικών που ως ανήλικα στάδια εκτέθηκαν στους 20°C και 25°C. Από το Διάγραμμα φαίνεται ότι και στις δύο μεταχειρίσεις, όταν αυξάνονταν η θερμοκρασία διατήρησης των ανήλικων σταδίων η επιβίωση τόσο των θηλυκών όσο και των αρσενικών επηρεαζόταν αρνητικά (Wald $\chi^2 = 6,197$, $df=1$, $P = 0,013$). Επίσης από το διάγραμμα φαίνεται πως και στις δύο μεταχειρίσεις τα αρσενικά ήταν μακροβιότερα σε σχέση με τα θηλυκά (Wald $\chi^2 = 4,197$, $df = 1$, $P = 0,041$).



Διάγραμμα 7: Επίδραση της θερμοκρασιακής μεταχείρισης των ανήλικων σταδίων στη μακροβιότητα ενηλίκων (θηλυκά & αρσενικά) που ως ανήλικα είχαν αναπτυχθεί στους 20°C, 25°C αντίστοιχα. Κυτιογράμματα, που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός της κάθε μεταχείρισης δε διαφέρουν σημαντικά ($P > 0,05$).

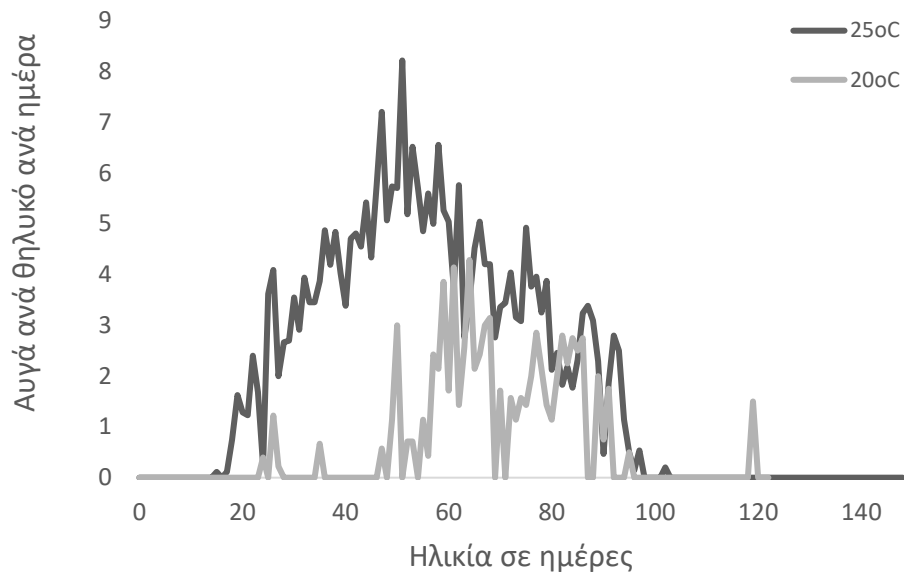
Στο Διάγραμμα 8 παρουσιάζεται η επιβίωση των θηλυκών που ως ανήλικα είχαν αναπτυχθεί στους 20°C και 25°C αντίστοιχα, σε σχέση με την ηλικία. Τα θηλυκά που ως ανήλικα αναπτύχθηκαν στους 25°C έζησαν περισσότερο συγκριτικά με τα θηλυκά που ως ανήλικα αναπτύχθηκαν στους 20°C (Wald $\chi^2 = 11,529$, $df=1$, $P = 0,001$). Όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 8, τα θηλυκά που προήλθαν από καρπούς που είχαν διατηρηθεί στους 20°C, ζούσαν στο σύνολό τους έως και την 20^η ημέρα, και στη συνέχεια παρατηρήθηκε μία μείωση της επιβίωσης τους έως και την ηλικία των 120 ημερών περίπου. Αντίστοιχα, τα θηλυκά που προήλθαν από καρπούς που είχαν διατηρηθεί στους 25°C ζούσαν στο σύνολό τους έως και την 30^η ημέρα, και στη

συνέχεια παρατηρήθηκε μία σταδιακή μείωση της επιβίωσης τους έως και την ηλικία των 155 ημερών περίπου.



Διάγραμμα 8: Καμπύλες επιβίωσης των θηλυκών που προήλθαν από νύμφες που είχαν αναπτυχθεί στους 20°C και στους 25°C.

Στο Διάγραμμα 9, παρουσιάζεται η πορεία της ωοπαραγωγής μεταξύ των θηλυκών των δύο διαφορετικών θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων. Όπως προκύπτει από το γράφημα, η ωοτοκία για τα ενήλικα που ως ανήλικα είχαν αναπτυχθεί στους 25 °C ξεκίνησε περίπου 18^η ημέρα της ενήλικης ζωής, και υπήρξε προοδευτική αύξηση του αριθμού των αυγών έως και την 60^η ημέρα της ζωής τους όπου και σημειώθηκε η μεγαλύτερη ωοπαραγωγή. Στη συνέχεια υπήρξε μια σταδιακή μείωση της ωοπαραγωγής έως και την ηλικία των 100 ημερών περίπου. Όσον αφορά τους 20 °C η ωοπαραγωγή διατηρήθηκε σε χαμηλά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια ζωής των θηλυκών (Wald $\chi^2 = 2,425$, $df = 1$, $P = 0,001$).



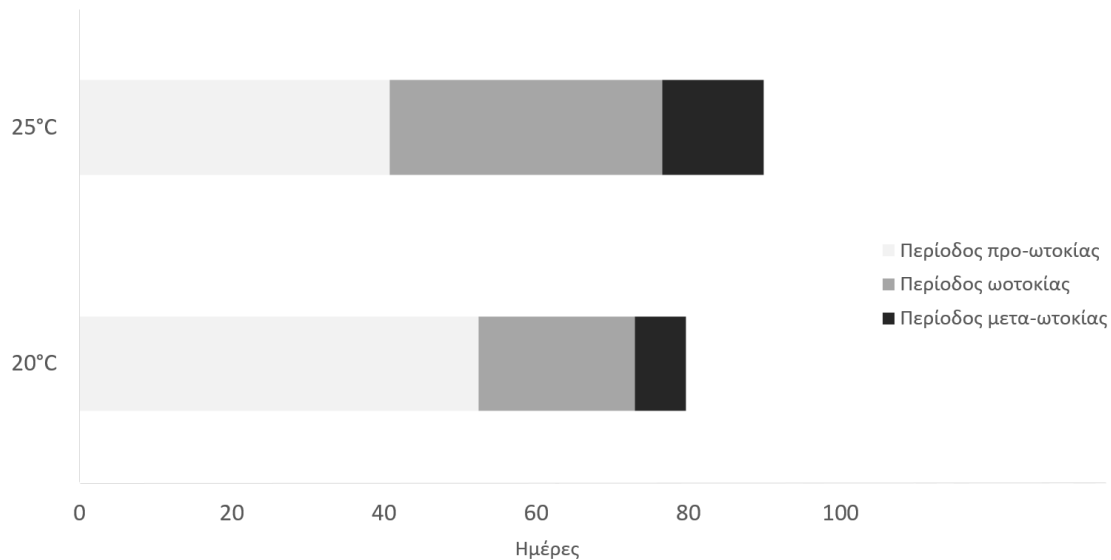
Διάγραμμα 9: Ωοπαραγωγή σε σχέση με την ηλικία των θηλυκών ατόμων που διατηρήθηκαν στους 20°C, και στους 25°C.

Πίνακας 3: Μέσοι όροι επιβίωσης και ωοπαραγωγής των θηλυκών που προήλθαν από νύμφες που είχαν διατηρηθεί στους 20°C και 25°C αντίστοιχα.

Μεταχείριση	Μακροβιότητα (ημέρες ± SE)	Συνολική ωοπαραγωγή
25°C (n=70)	85,31 ± 5,37	224,26 ± 58,75
20°C (n=24)	68,17 ± 11,32	43,25 ± 36,36

Στο Διάγραμμα 10 απεικονίζονται οι περίοδοι προ-ωοτοκίας, ωοτοκίας και μετα-ωοτοκίας σε σχέση με τις ημέρες και για τις δύο θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις, δηλαδή αυτές των 20 °C και 25°C. Όπως φαίνεται, η περίοδος προ-ωοτοκίας για τα θηλυκά που κατά το ανήλικό τους στάδιο αναπτύχθηκαν στους 25°C ήταν παρόμοια σε σύγκριση με τα θηλυκά κατά το ανήλικό τους στάδιο αναπτύχθηκαν στους 20°C (Wald t-test=1,792, df= 1, P= 0,181). Αντίστοιχα, όσον αφορά

την περίοδο ωτοκίας, ήταν επίσης παρόμοια στους 25°C συγκριτικά με τους 20°C (Wald t-test=3,678, df= 1, P= 0,055) όπως ακριβώς και η περίοδος μετα-ωτοκίας για τα θηλυκά που ως ανήλικα είχαν αναπτυχθεί στους 25°C φαίνεται παρόμοια συγκριτικά με αυτή των θηλυκών που ως ανήλικα είχαν αναπτυχθεί 20°C (Wald t-test=1,222, df= 1, P= 0,269).



Διάγραμμα 10: Περίοδοι προ-ωτοκίας, ωτοκίας και μετά-ωτοκίας σε σχέση με την ηλικία, των θηλυκών που ως ανήλικα είχαν διατηρηθεί στις δύο θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις.

Πίνακας 4: Μέσοι όροι 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=70)	40,76 ± 3,95	35,8 ± 4,39	13,32 ± 3,12

20°C (n= 24)

52,43 ± 8,63

20,57 ± 6,99

6,71 ± 2,25

4 Συζήτηση

Στη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, μελετήθηκε το πώς η θερμοκρασία που εκτίθενται τα ανήλικα στάδια της μύγας της Μεσογείου μπορεί να επηρεάσει τα δημογραφικά χαρακτηριστικά αυτής, δηλαδή την επιβίωση και την ωοπαραγωγή. Αναλυτικότερα φάνηκε ότι οι θερμοκρασίες των 20°C και 25°C, ευνόησαν την ανάπτυξη ενώ η εναλλαγή θερμοκρασιών στους δύο θερμοκύκλους φάνηκε να επιδρά αρνητικά. Τόσο τα ποσοστά νύμφωσης όσο και η διάρκεια ανάπτυξης ευνοούνταν στις υψηλές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις.

Όσον αφορά τα ανήλικα στάδια μελετήθηκαν δύο παράμετροι: α) τα ποσοστά νύμφωσης των προνυμφών που αναπτύχθηκαν κάτω από τις διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις και β) ο χρόνος που μεσολαβεί από το στάδιο του αυγού έως και αυτό της νύμφης. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στα ποσοστά νύμφωσης μεταξύ των 20°C, 25°C και του θερμοκύκλου 1, ενώ στο θερμοκύκλο 2, δεν καταγράφηκε καμία προνύμφη. Παρά το γεγονός ότι μεταξύ των διαφορετικών θερμοκρασιών δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές φάνηκε πως το μικρότερο ποσοστό νύμφωσης καταγράφηκε σε προνύμφες που κατά το ανήλικό τους στάδιο είχαν αναπτυχθεί σε καρπούς που διατηρούνταν στο θερμοκύκλο 1, ενώ τα υψηλότερα ποσοστά νύμφωσης καταγράφηκαν στους 25°C. Παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα που αφορούσαν το χρόνο που μεσολαβεί από το στάδιο του αυγού έως και τη νύμφη, με τις προνύμφες που αναπτύχθηκαν σε καρπούς που διατηρούνταν στους 25°C, να ολοκληρώνουν πιο σύντομα την ανάπτυξή τους. Στα ίδια συμπεράσματα καταλήγουν και οι Dionysorouli et al., (2020), όπου στην ερευνητική τους μελέτη φάνηκε πως η θερμοκρασία επηρεάζει την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων. Στην συγκεκριμένη έρευνα μελετήθηκαν οι θερμοκρασίες (15°C, 25°C και 30°C), και αποδείχθηκε πως στη χαμηλότερη θερμοκρασία, το διάστημα που απαιτούνταν για την ολοκλήρωση της ανάπτυξης ήταν σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό που απαιτούνταν στις υψηλότερες θερμοκρασίες. Στα ίδια αποτελέσματα κατέληξε και ο Hooper

(1978), όπου η θερμοκρασία φάνηκε να επιδρά στην εκκολαψιμότητα των αυγών. Συγκεκριμένα η εκκόλαψη αυξήθηκε έως και 30% με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Επιπλέον από τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής φάνηκε πως τα αυγά που αναπτύχθηκαν σε καρπούς που διατηρούνταν στο Θερμόκυκλο 1 (20°C:7°C, 2:2), χρειάστηκαν περισσότερο διάστημα για την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων, κάτι που πιθανά να οφείλεται στη θερμοκρασία των 7°C που εφαρμόζονταν στο Θερμόκυκλο. Αντίστοιχα από το Θερμόκυκλο 2 (20°C:7°C, 2:6) όπου οι καρποί παρέμεναν για περισσότερο χρονικό διάστημα δεν προέκυψε καμία νύμφη. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει και την αρνητική επίδραση των χαμηλών θερμοκρασιών καθώς και το ρόλο που παίζει η διάρκεια έκθεσης σε χαμηλές θερμοκρασίες. Αυτό αποδεικνύεται και από τη μελέτη των Nyamukondiwa & Terblanche (2009), όπου η κατώτερη θερμοκρασία για την ανάπτυξη και την επιβίωση του εντόμου είναι οι 5,4 °C. Οι 7°C, αν και εφαρμόστηκαν εντός των Θερμόκυκλων είναι στα κατώτερα θερμοκρασιακά εύρη και πιθανόν να επηρέασε αρνητικά τον ρυθμό ανάπτυξης.

Όσον αφορά τα ενήλικα στάδια, η θερμοκρασία διατήρησης των ανήλικων σταδίων φάνηκε να επηρεάζει τόσο τα ποσοστά ενηλικίωσης όσο και τα μετέπειτα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενηλίκων που προέκυψαν. Συγκεκριμένα από τους καρπούς που διατηρούνταν στους 25 °C, εξήλθαν περισσότερα ενήλικα συγκριτικά με τις άλλες δύο θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις, ενώ από το Θερμόκυκλο 2 δεν προέκυψε κανένα ενήλικο. Παρομοίως και ο χρόνος που χρειάστηκαν οι νύμφες που διατηρούνταν στους 25 °C, για να μεταβούν στο στάδιο του ενηλίκου, ήταν σημαντικά μικρότερος συγκριτικά με τις άλλες δύο θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις που διεφέραν μεταξύ τους ως προς τη διάρκεια ανάπτυξης. Αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσίασε και ο Ρούμπας (2019). Τα αποτελέσματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας συμφωνούν και με αυτά των Shoukry and Hafez (1979), επιβεβαιώνοντας πως όσο πιο χαμηλή είναι η θερμοκρασία ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων τόσο μεγαλύτερο είναι και το χρονικό διάστημα που απαιτείται. Τέλος, η επιβίωση μελετήθηκε μεταξύ ενηλίκων που ως ανήλικα αναπτύχθηκαν στους 20°C και στους 25°C αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα προέκυψε πως τα ενήλικα που κατά το ανήλικό τους στάδιο είχαν αναπτυχθεί στους 25°C ήταν μακροβιότερα σε σχέση με αυτά που είχαν αναπτυχθεί στους 20°C, και πως τα αρσενικά ανεξάρτητα τη θερμοκρασία μεταχείρισης ήταν μακροβιότερα συγκριτικά με τα θηλυκά κάτι που οφείλεται στο

αναπαραγωγικό κόστος. Σε παρόμοια συμπεράσματα καταλήγει και η έρευνα των Diamantidis et al., (2011), όπου τα ενήλικα αρσενικά υπερέχουν όσον αφορά τη μακροβιότητα, έναντι των θηλυκών. Επιπλέον η ωοπαραγωγή των θηλυκών που κατά το ανήλικό τους στάδιο είχαν αναπτυχθεί στους 25°C, ήταν σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με αυτή των 20°C. Αν και αυτό δε συμφωνεί με τα αποτελέσματα των Shoukry and Hafez (1979), που φαίνεται η ωοπαραγωγή να μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, ο λόγος που παρατηρήθηκαν τα αντίθετα αποτελέσματα ενδεχομένως να οφείλεται στους διαφορετικούς πληθυσμούς που χρησιμοποιήθηκαν και στο ότι η ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων στη παρούσα μελέτη έγινε σε μήλα και όχι σε τεχνητή τροφή. Τέλος τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής έδειξαν πως μεταξύ των δύο θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων, οι περίοδοι προ ωοτοκίας, ωοτοκίας και μετά ωοτοκίας δε διέφεραν μεταξύ τους.

Συμπερασματικά, η θερμοκρασία ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων είναι ικανή να επηρεάσει την επιβίωση αλλά και τα μετέπειτα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενηλίκων. Οι παραπάνω πληροφορίες, μας βοηθούν να κατανοήσουμε σε μεγαλύτερο βάθος τη βιολογία του εντόμου. Παρόλα αυτά, επιπλέον έρευνες είναι απαραίτητο να γίνουν ώστε να συμβάλλουν στην ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του είδους.

1. Βιβλιογραφία:

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία:

- Διαμαντίδης, Α. (2009). Μελέτη της βιοοικολογίας και της συμπεριφοράς διαφορετικών πληθυσμών της μύγας της Μεσογείου *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) (Doctoral dissertation, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Σχολή Γεωπονικών Επιστημών. Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας).
- Δημοτάκης Χ., (2010). Επίδραση της πυκνότητας των προνυμφών κατά την ανάπτυξη τους στα βιολογικά χαρακτηριστικά των ανηλίκων της μύγας της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Πτυχιακή Εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Καπράνας Α., Χρονοπούλου Α., Λύτρα Ι., Παπαχρήστος Δ. και Μυλωνάς Π. (2020). Βιολογική Καταπολέμηση της Μύγας της Μεσογείου με Εντομοπαθογόνους νηματώδεις, Αγρότυπος, Γεωργία-Κτηνοτροφία τεύχος 7/2020, Τμήμα Εντομολογίας Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου Ελλάδας.
- Κουκουγιαννίδου Π. Χ., (2013). Επιβίωση των ενήλικων της Μύγας της Μεσογείου σε συνθήκες στέρησης τροφής και χαμηλές θερμοκρασίες. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- 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.

- Παπαδόπουλος Ν.Θ., (1999). Μελέτη της Βιολογίας και Οικολογίας της μύγας της Μεσογείου *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) στη βόρεια Ελλάδα. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Ρούμπας Α., (2019). Επίδραση της θερμοκρασίας κατά την ανάπτυξη των ανηλίκων στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου, Πτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Τζανακάκης Μ.Ε., και Κατσόγιαννος Β.Ι., (2003). Έντομα Καρποφόρων και Αμπέλου. Εκδόσεις Αγρότυπος. Αθήνα, σελ:213-219.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία:

- Ali, Y. A., Ahmad, M. A. and Amar, A. J. (2015). Hymenopteran parasitoids (Figitidae and Pteromalidae) of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) on loquat and guava in Tartous, Syria. *Biocontrol Science and Technology*, 25 (2), 223 – 228.
- Bempelou, E., Kiousi, M., Anagnostopoulos, C., Malatou, P., Liapis, K., Kavvadias, V., ... & Mavragannis, V. (2018). Monitoring of pesticide residues in citrus fruits and soil properties under the framework of the developing of an integrated pest management strategy (IPMS) for the sustainable management for the control of medfly (*Ceratitis capitata*) LIFE BIODELEAR (LIFE13 ENV/GR/000414). *IOBC-WPRS Bulletin*, 132, 186-191.
- Bento, F. D. M., Marques, R. N., Costa, M. L. Z., Walder, J. M. M., Silva, A. P., & Parra, J. R. P. (2010). Pupal development of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) at different moisture values in four soil types. *Environmental entomology*, 39(4), 1315-1322.
- Carey J. R., (1984). Host-specific demographic studies of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. *Ecological Entomology* 9, 261- 270.

- 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(4), 479-488.
- Dionysopoulou N.K., Papanastasiou S.A., Kyritsis G.A., Papadopoulos N.T. (2020). Effect of host fruit, temperature and Wolbachia infection on survival and development of *Ceratitis capitata* immature stages. *PLoS ONE* 15(3), e0229727.
- Duyck, P. F., & Quilici, S. (2002). Survival and development of different life stages of three *Ceratitis spp.*(Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. *Bulletin of Entomological Research*, 92(6), 461-469.
- Ekesi, S. Dimbi, S. Maniania, N. K. (2007). The role of entomopathogenic fungi in the integrated management of fruit flies (Diptera: Tephritidae) with emphasis on species occurring in Africa. *Use of entomopathogenic fungi in biological pest management* pp.239-274 ref.109
- El Keroumi, A., Naamani, K., Dahbi, A., Luque, I., Carvajal, A., Cerda, X., & Boulay, R. (2010). Effect of ant predation and abiotic factors on the mortality of medfly larvae, *Ceratitis capitata*, in the Argan forest of Western Morocco. *Biocontrol Science and Technology*, 20(7), 751-762.
- Fernandes-da-Silva, P. G., & Zucoloto, F. S. (1993). The influence of host nutritive value on the performance and food selection in *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). *Journal of insect physiology*, 39(10), 883-887.
- Fimiani, P., & Pandolfo, F. M. (1973). Seasonal variation in the populations of *Ceratitis capitata* on the Flegrae coast. *Informatore fitopatologico*.
- Fimiani, P., (1989). Mediterranean region, *Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control*, edited by A.S. Robinson & G.H. Hooper. Elsevier Science Publ., Amsterdam, Netherlands, 3A, 39–50
- 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.

- Haddad, M. L., Parra, J. R. P., & Moraes, R. C. B. (1999). Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento de insetos.
- Hagen, K., Allen, W., & Tassan, R. (1981). Mediterranean fruit fly: the worst may be yet to come. *California Agriculture*, 35(3), 5-7.
- Honěk, A., & Kocourek, F. (1990). Temperature and development time in insects: a general relationship between thermal constants. *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere*, 117(4), 401-439.
- Honěk, A. (2013). Geographical variation in thermal requirements for insect development. *EJE*, 93(3), 303-312.
- Hooper, G. H. S. (1978). Effects of larval rearing temperature on the development of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 23(3), 222-226.
- Katsoyannos, B. I. (1994). Evaluation of Mediterranean fruit-fly traps for use in sterile-insect-technique programmes. *Journal of Applied Entomology*, 118(1-5), 442-452.
- Katsoyannos, B. I., Kouloussis, N. A., & Carey, J. R. (1998). Seasonal and annual occurrence of Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) on Chios Island, Greece: differences between two neighboring citrus orchards. *Annals of the Entomological Society of America*, 91(1), 43-51.
- Katsoyannos B.I., Papadopoulos N.T., Heath R.R. et al. (1999). Evaluation of synthetic food-based attractants for female Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in McPhail type traps. *Journal of Applied Entomology*, 123(10), 607-612.
- Kouloussis N. A., Papadopoulos N. T., Ioannou Ch., Damos P. (2016). Life Biodelear LIFE-BIODELEAR (LIFE13 ENV/GR/000414). Addressing Med fly with an innovative and environment friendly attractant through an Intergrated Pest Management Strategy, 9th International Conference on Integrated Fruit Production, Thessaloniki
- Kourti, A., Loukas, M., & Sourdis, J. (1992). Dispersion pattern of the medfly from its geographic centre of origin and genetic relationships of the medfly with two close relatives. *Entomologia experimentalis et applicata*, 63(1), 63-69.
- Kourti, A. (2002). Estimates of heterozygosity and patterns of geographic differentiation in natural populations of the medfly (*Ceratitidis capitata*). *Hereditas*, 137(3), 173-179.

- Kraaijeveld, K., & Chapman, T. (2004). Effects of male sterility on female remating in the Mediterranean fruitfly, *Ceratitis capitata*. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 271(suppl_4), S209-S211.
- Krainacker, D. A., Carey, J. R., & Vargas, R. I. (1987). Effect of larval host on life history traits of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. Oecologia, 73(4), 583-590.
- Liquido, N. J., Cunningham, R. T., & Shinoda, L. A. (1991). Host plants of the Mediterranean fruit fly, Diptera: Tephritidae, an annotated world review (No. 632.7016/L693).
- Malacrida, A. R., Marinoni, F., Torti, C., Gomulski, L. M., Sebastiani, F., Bonvicini, C., ... & Guglielmino, C. R. (1998). Genetic aspects of the worldwide colonization process of *Ceratitis capitata*. Journal of Heredity, 89(6), 501-507.
- MILWARDDEAZEVEDO, E., & Parra, J. R. P. (1989). Influence of humidity on the emergence of *Ceratitis capitata* in two types of soil. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 24(3), 321-327.
- Mourikis, P. A. (1965). Data concerning the development of the immature stages of the Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera: Trypetidae)) on different host-fruits and on artificial media under laboratory conditions.
- Nyamukondiwa C. and Terblanche J.S., (2009). Thermal tolerance in adult Mediterranean and Natal fruit flies (*Ceratitis capitata* and *Ceratitis rosa*): Effects of age, gender and feeding status. Journal of Thermal Biology 34: 406–414.
- Papachristos, D.P., Papadopoulos, N.T. & Nanos, G.D. (2008). Survival and Development of Immature Stages of the Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) in Citrus Fruit. Journal of Economic Entomology, Vol. 101 (3), pp. 866-872.
- Papadopoulos, N. T., Carey, J. R., Katsoyannos, B. I., & Kouloussis, N. A. (1996). Overwintering of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in northern Greece. Annals of the Entomological Society of America, 89(4), 526-534.
- Papadopoulos, N. T., Katsoyannos, B. I., & Carey, J. R. (1998). Temporal changes in the composition of the overwintering larval population of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in northern Greece. Annals of the Entomological Society of America, 91(4), 430-434.

- Papadopoulos, N. T., Katsoyannos, B. I., Carey, J. R., & Kouloussis, N. A. (2001). Seasonal and annual occurrence of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in northern Greece. *Annals of the Entomological Society of America*, 94(1), 41-50.
- Papadopoulos, N. T., Katsoyannos, B. I., & Carey, J. R. (2002). Demographic parameters of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) reared in apples. *Annals of the Entomological Society of America*, 95(5), 564-569.
- Papadopoulos N. T., and Katsoyannos B. I., (2003). Field parasitism of *Ceratitidis capitata* larvae by *Aganaspis daci* in Chios, Greece. *BioControl* 48, 191–195.
- Papadopoulos N.T., (2004). Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* (Diptera Tephritidae). In: Caminera J. (ed.), *Encyclopedia of Entomology*, Vol.2, Kluwer Academic Press, pp.1367-1370.
- Papanastasiou S. A., Nakas C. T., Carey J. R. and Papadopoulos N. T., (2013). Condition-Dependent Effects of Mating on Longevity and Fecundity of Female Medflies: The Interplay between Nutrition and Age of Mating. *Plos One*, 8(7), e70181.
- 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(1), 55-63.
- Ricalde, M. P., Nava, D. E., Loek, A. E., & Donatti, M. G. (2012). Temperature-dependent development and survival of Brazilian populations of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*, from tropical, subtropical and temperate regions. *Journal of Insect Science*, 12(1), 33.
- Robinson, A. S., & HOOPER, G. C. (1989). *Fruit flies: Their biology, natural enemies and control* (No. 595.7 C4342w Ej. 1 007041). Elsevier.
- Shoukry, A., & Hafez, M. (1979). Studies on the biology of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata*. *Entomologia Experimentalis et applicata*, 26(1), 33-39.
- Tzimos, K. (1961). The Mediterranean fruit fly β y (*Ceratitidis capitata*) in northern Greece. *Agrotikos Tachidromos* 172.

- Vargas, R. L., Harris, E. J., & Nishida, T. (1983). Distribution and seasonal occurrence of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) on the island of Kauai in the Hawaiian Islands. *Environmental Entomology*, 12(2), 303-310.
- Weems Jr, H. V. (1981). Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann). Florida Department of Agriculture and Consumer Services Division of Plant Industry, 1-4.
- Weldon, C. W., Boardman, L., Marlin, D., & Terblanche, J. S. (2016). Physiological mechanisms of dehydration tolerance contribute to the invasion potential of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) relative to its less widely distributed congeners. *Frontiers in zoology*, 13(1), 1-15.
- White, I. M., & Elson-Harris, M. M. (1992). Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. CAB international.
- Wijesuriya, S. R., & De Lima, C. P. F. (1995). Comparison of two types of traps and lure dispensers for *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *Australian Journal of Entomology*, 34(4), 273-275.
- Yousef N., Niloufar M. and Elena P, (2019). Biological and Reproductive Characteristics of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Dip.: Tephritidae), on Six Host Plants Under Vitro Conditions. *Agri Res& Tech: Open Access J.*, 20, 556121.
- Yuval B, Hendrichs J (2000) Behavior of flies in the Genus *Ceratitis*. In: Aluja M, Norrbom AL (eds) Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior. CRC Press, Boca Ranton, Florida, pp 429–457

Ηλεκτρονικές Πηγές:

- Εικόνα 4: http://www-naweb.iaea.org/nafa/news/2013-medfly-global-map.htmlkTS58RNA4vXxQMmXKGMExLS0bk1g&sa=X&ved=2ahUKEwIj7c6K05_1AhUP_qQKHSOvBHsQ9QF6BAgVEAE#imgrc=xkxYMA2aApGQdM
- Εικόνα 5: A. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1316099>
B. <https://www.abc.net.au/news/2017-01-18/a-jackson-fruit-fly-trap-hanging-in-a-mango-tree-in-carnarvon./8191322?nw=0>

