

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ

Επίδραση της θερμοκρασίας στα δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου που προέρχεται από την Κροατία και αναπτύχθηκε στα μήλα



**Πτυχιακή διατριβή
Καράτζιου Αλεξάνδρα**

Επιβλέπων καθηγητής: Νικόλαος Παπαδόπουλος

Βόλος: 2021

“Επίδραση της θερμοκρασίας στα δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου που προέρχεται από την Κροατία και αναπτύχθηκε σε μήλα”

“The effect of temperature on the demographic characteristics of the Mediterranean fruit fly population from Croatia developed in apples”

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Νικόλαος Παπαδόπουλος: Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εντομολογίας,

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπων

Χρήστος Αθανασίου: Καθηγητής Εντομολογίας, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας, Μέλος

Χρήστος Νάκας: Καθηγητής Βιομετρίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,
Μέλος

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

Ευχαριστίες

Ευχαριστίες στον καθηγητή κ. Ν. Παπαδόπουλο επιβλέποντα της πτυχιακής μου εργασίας για την υπόδειξη του θέματος και την συνεχή καθοδήγηση τόσο κατά την πραγματοποίηση του πειράματος όσο και στη συγγραφή της παρούσας διατριβής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κ. Γεωργία Παπαδογιώργου, υποψήφια διδάκτορα, για την πολύτιμη βοήθεια και αφοσίωσή της καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας και της συγγραφής.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, και τους φίλους μου για τη συνεχή στήριξη στη διάρκεια των σπουδών μου αλλά και την εμπύχωση που έλαβα κατά την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής σε αυτή τη δύσκολη Covid-19 περίοδο που διανύουμε.

Περιεχόμενα

| | |
|--|------|
| Ευχαριστίες..... | IV |
| Περιεχόμενα..... | V |
| Περίληψη..... | VII |
| Summary..... | VIII |
| 1. Εισαγωγή..... | 9 |
| 1.1 Γενικά για τη μύγα της Μεσογείου..... | 9 |
| 1.1.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά εντόμου..... | 9 |
| 1.1.2 Ξενιστές..... | 11 |
| 1.1.3 Γεωγραφική εξάπλωση..... | 12 |
| 1.1.4 Βιολογικός κύκλος..... | 13 |
| 1.1.5 Ζημιές που προκαλεί..... | 14 |
| 1.1.6 Καταπολέμηση..... | 15 |
| 1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιβίωση και την ανάπτυξη των ανηλικών σταδίων της μύγας της Μεσογείου..... | 18 |
| 1.2.1 Αβιοτικοί παράγοντες..... | 18 |
| 1.2.2 Βιοτικοί παράγοντες..... | 20 |
| 1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενηλικών της μύγας της Μεσογείου..... | 22 |
| 1.3.1 Αβιοτικοί παράγοντες..... | 22 |
| 1.3.2 Βιοτικοί παράγοντες..... | 24 |
| 1.4 Σκοπός..... | 26 |
| 2. Υλικά και Μέθοδοι..... | 27 |
| 2.1 Συνθήκες εργαστηρίου..... | 27 |
| 2.2 Καρποί που χρησιμοποιήθηκαν..... | 27 |
| 2.3 Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν και εκτροφή..... | 27 |
| 2.4 Πειραματική διαδικασία..... | 29 |
| 2.5 Στατιστική ανάλυση..... | 33 |
| 3. Αποτελέσματα..... | 34 |
| 3.1 Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη των ανηλικών σταδίων από το αυγό ως τη νύμφη..... | 34 |
| 3.2 Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη από την νύμφη ως το ενήλικο..... | 35 |
| 3.3 Επίδραση της θερμοκρασίας στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενηλικών..... | 39 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 4. Συζήτηση και Συμπεράσματα..... | 44 |
| 5. Βιβλιογραφία | 47 |

Περίληψη

Μελετήθηκε σε εργαστηριακές συνθήκες, το πως η θερμοκρασία επιδρά, στα βιολογικά χαρακτηριστικά πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Συγκεκριμένα μελετήθηκε το πως οι διαφορετικές θερμοκρασίες ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων μπορούν να επηρεάσουν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενηλίκων του *C. capitata*. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε πληθυσμός από την περιοχή της Κροατίας, και σαν ξενιστής χρησιμοποιήθηκαν μήλα.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Τα αυγά και οι προνύμφες αναπτύχθηκαν σε μήλα Golden Delicious, σε τέσσερις μεταχειρίσεις: Σταθερές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις 25°C, 20°C, Θερμό-κύκλος 1 (2 ημέρες στους 20°C και 2 ημέρες στους 7°C) και Θερμό-κύκλος 2 (2 ημέρες στους 20°C και 6 ημέρες στους 7°C). Η ανήλικη ανάπτυξη ολοκληρώθηκε στις παραπάνω συνθήκες. Τα ενήλικα μεταφέρονται σε ατομικά κλουβιά σε ζεύγη αρσενικού και θηλυκού και παρέμεναν στους 25°C για την καταγραφή των δημογραφικών χαρακτηριστικών.

Από τα αποτελέσματα φαίνεται η άμεση επίδραση της θερμοκρασίας τόσο στο ποσοστό επιβίωσης και στη διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων όσο και στην επιβίωση ενηλίκων. Επιπλέον καταγράφηκε η ωοπαραγωγή των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου. Πιο συγκεκριμένα, στους 25°C παρατηρήθηκε η μικρότερη διάρκεια ανάπτυξης όσον αφορά τα ανήλικα στάδια. Το ποσοστό ενηλικίωσης ήταν ιδιαίτερα χαμηλό για τον Θερμό-κύκλο 1 ενώ, ο Θερμό-κύκλος 2 δεν έδωσε καμία νύμφη. Οι θερμοκρασίες διατήρησης των ανήλικων σταδίων στους 20°C και 25°C φάνηκε να μην επηρεάζουν την επιβίωση και την συνολική παραγωγή αυγών, ωστόσο η περίοδος μετά την ωοτοκία ήταν μακρύτερη για τα θηλυκά που ως ανήλικα αναπτύχθηκαν στους 25°C.

Summary

We studied the effect of temperature on the biological traits of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Especially, the effect of different temperature regimes on the demographic traits of a *C. capitata* population was tested. A population originating from Croatia was used, and apples as hosts for larvae development.

The experiments were executed in the laboratory of Entomology and Agricultural Zoology at the University of Thessaly, Greece. The immature stages were developed in apples of the Golden Delicious variety, which harvested from non-sprayed orchards from the area of Pella, Greece. The following four temperature regimes were considered: 25°C, 20°C, Thermo-cycle 1 (2 days at 20°C and 2 days at 7°C) and Thermo-cycle 2 (2 days at 20°C and 6 days at 7°C). Egg, larvae and pupae development were concluded at the above temperature regimes, while the adults soon after emerging from puparia were transfected in pairs of one male and one female into individual, transparent plastic cages that remained at 25°C to record adult survival and female egg production.

The shortest developmental duration from egg to pupae, and from pupae to adult emergence was recorded at 25°C. The adult emergence rate from the pupal stage was particularly low for Thermocycle 1 while, Thermocycle 2 did not produce any pupae. The temperature of maintaining immature stages at 20 and 25°C did not affect the survival and the overall egg production, however, the post-oviposition period was longer for females reared as immatures at 25°C compared to those which reared as immatures at 20°C.

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά για τη μύγα της Μεσογείου

Η μύγα της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) είναι από τα πιο σημαντικά και καταστροφικά είδη της τάξης Diptera. Το έντομο είναι γνωστό επίσης ως μύγα των φρούτων ή Μεσογειακή μύγα. Η μύγα της Μεσογείου προσβάλλει μεγάλο αριθμό ξενιστών (Liquidó et al., 1991) και κατατάσσεται στα ιδιαίτερα πολυφάγα είδη εντόμων. Επιπλέον, το *C. capitata* παρουσιάζει εκπληκτική προσαρμοστικότητα σε διαφορετικά νέα περιβάλλοντα λόγω των φυσιολογικών, μορφολογικών και δημογραφικών χαρακτηριστικών που διαθέτει, δικαιολογώντας έτσι την ευρεία γεωγραφική εξάπλωσή της (Diamantidis et al., 2011). Η κύρια περιοχή προέλευσής της είναι η τροπική Αφρική (De Meyer, 1999). Μελέτες για τη γενετική σύσταση των πληθυσμών του εντόμου καταδεικνύουν τη περιοχή της Κένυας ως την προγονική περιοχή όπου διαφοροποιήθηκαν οι πρώτοι πληθυσμοί του εντόμου (Gasperi et al., 2002).

1.1.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά εντόμου

Η μύγα της Μεσογείου ανήκει στα ολομετάβολα έντομα όπως όλα τα είδη μυγών και παρουσιάζει τέσσερα στάδια στο βιολογικό της κύκλο: αυγό, προνύμφη, νύμφη και ενήλικο.

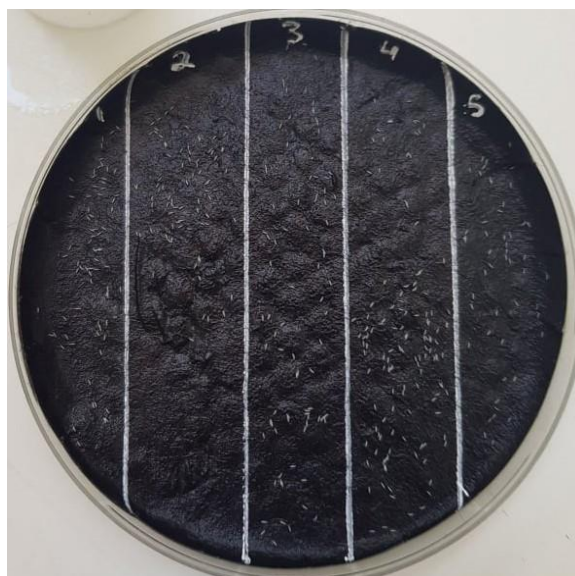
Το σώμα του ενήλικου έχει μήκος περίπου 6 mm και το πλάτος 1,2 – 2mm και προστατεύεται από τον κατασκευασμένο από χιτίνη εξωσκελετό. Το έντομο διαθέτει κίτρινες, μαύρες, καστανές και λευκές κηλίδες, στο θώρακα, την κοιλία και τις πτέρυγες (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 2003). Το κεφάλι έχει χρώμα κίτρινο, στις βάσεις των κεραιών πιο σκοτεινό και με μαύρες τρίχες ανάμεσα στους σύνθετους οφθαλμούς (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 2003). Οι κεραιές έχουν καστανέρυθρο χρωματισμό, ενώ οι σύνθετοι οφθαλμοί έχουν χρώμα ιριδίζον. Ο θώρακας διακρίνεται από ζώνες κίτρινου, μαύρου και καφέ χρώματος. Η κοιλιά του εντόμου έχει δύο ανοιχτού χρώματος ζώνες, ενώ οι πτέρυγες είναι πλατιές μήκους 4,5 mm η καθεμία, διαφανείς με εγκάρσιες ζώνες και κηλίδες διαφορετικών χρωμάτων που συνδυάζουν το κίτρινο το μαύρο και το καστανό. Τα πόδια είναι κίτρινα, ερυθρά και φέρουν κίτρινες τρίχες στις οπίσθιες κνήμες (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 2003).

Το χαρακτηριστικό ζεύγος ροπαλοειδούς σχήματος αποφύσεων, διαφορετικών των κεραιών, στο μέτωπο των αρσενικών αποτελεί σημαντική διάκριση μεταξύ των δύο φύλων. Στα θηλυκά (Εικόνα 1), υπάρχει ο ωθητής ο οποίος είναι στενόμακρος και έχει μήκος περίπου 0,13 mm (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 2003) και είναι απαραίτητος για την εισαγωγή αυγών στους ιστούς των ξενιστών. Επιπρόσθετα, ο ωθητής είναι και το βασικό γνώρισμα για το διαχωρισμό των δύο φύλων.



Εικόνα 1: Θηλυκό της μύγας της Μεσογείου

Τα αυγά είναι επιμήκη, λεία, ελλειπτικού σχήματος και λευκού χρώματος (μήκος 0,9 – 1,1 mm, διάμετρο 0,2 – 0,3 mm, Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Αυγά σε διηθητικό χαρτί

Οι προνύμφες είναι ακέφαλες, άποδες, υπόλευκου χρωματισμού. Το σχήμα τους είναι κυλινδρικό και το πρόσθιο μέρος είναι πιο στενό από το οπίσθιο (Εικόνα 3). Οι τρεις προνυμφικές ηλικίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το μέγεθος, το σχήμα και το

χρώμα των στοματικών τους μορίων. Η προνύμφη της 1^{ης} ηλικίας έχει μήκος 0,17 – 2,2 mm, η 2^{ης} ηλικίας 2,3-5 mm και η 3^{ης} ηλικίας 6-10 mm (Papadopoulos et al., 2004).



Εικόνα 3: Προνύμφες της μύγας της Μεσογείου σε τεχνητό υπόστρωμα εκτροφής

Τέλος, οι νύμφες έχουν ελλειψοειδές σχήμα, και οι διαστάσεις τους σε μήκος είναι περίπου 4,5 mm, ενώ η διάμετρός τους περίπου 2,5mm. Το είδος του ξενιστή μπορεί να επηρεάσει και το χρώμα των νυμφών και να είναι από σκουρόχρωμο έως και ανοιχτόχρωμο (Papadopoulos et al., 2004).



Εικόνα 4: Νύμφες *Ceratitis capitata*

1.1.2 Ξενιστές

Το *C. capitata* ανήκει στους επιζημιώτερους εχθρούς παγκοσμίως, καθώς απειλεί την γεωργική παραγωγή. Ενδημεί σε τροπικά, υποτροπικά και εύκρατα κλίματα (Gasperi

et al., 2002) και προτιμάει καρπούς που είναι κοντά στο στάδιο της ωρίμανσης (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 2003). Από τη λίστα των Liquido & συνεργάτες (1991) προκύπτει ότι η ποικιλία των ξενιστών της μύγας της Μεσογείου, ανέρχεται στα 353 είδη, που ανήκουν σε 67 οικογένειες. Περίπου 40% των ξενιστών ανήκει σε πέντε οικογένειες: Sapotaceae (9%), Rosaceae (10%), Rutaceae (9%), Myrtaceae (6%), και Solanaceae (6%). Στη Μεσόγειο και γενικότερα σε εύκρατες περιοχές προσβάλλονται κυρίως πυρηνόκαρπα, εσπεριδοειδή, γιγαρτόκαρπα, λωτούς και μούσμουλα. Στην Ελλάδα προκαλούνται σοβαρές προσβολές σε, ροδάκινα, πορτοκάλια, μανταρίνια, μήλα, κυδώνια, αχλάδια, σύκα και άλλα φρούτα. Προσβολές έχουν καταγραφεί σε περιοχές με τροπικές και υποτροπικές καλλιέργειες όπως καφέ, παπάγια, μάνγκο, αβοκάντο και άλλα (Papadopoulos et al., 2004). Επίσης, έχουν αναφερθεί ζημιές από τη μύγα της Μεσογείου σε ποικιλίες επιτραπέζιων σταφυλιών στην Κρήτη και συγκεκριμένα στο Ηράκλειο, τη Σητεία και το Ρέθυμνο όπως και σε περιοχές της Μαγνησίας (Παπαδόπουλος και συνεργάτες, 2012).

1.1.3 Γεωγραφική εξάπλωση

Η μύγα της Μεσογείου μέσω της αύξησης και διάδοσης του διεθνούς εμπορίου φρέσκων φρούτων έχει εισβάλει σε πολλές νέες περιοχές και θεωρείται από τους σημαντικότερους οργανισμούς εισβολείς (Diamantidis et al., 2011). Η Ισπανία φαίνεται να είναι και η πρώτη ευρωπαϊκή χώρα στην οποία καταγράφηκε η παρουσία της το 1842, ενώ ακολούθησε η Πορτογαλία το 1898, από όπου και πιθανόν να ξεκίνησε η εξάπλωσή της σε άλλες περιοχές της Μεσογείου και της Λατινικής Αμερικής (Fimiani, 1989). Η διασπορά του *C. capitata* από τις προγονικές περιοχές της υποσαχάριας Αφρικής, στη Μεσόγειο φαίνεται ότι έγινε κατά μήκος της βορείου Αφρικής και έφτασε στην Ευρώπη μέσω της Ιβηρικής χερσονήσου ή έγινε μέσω της κοιλάδας του Νείλου (Malacrida et al., 2007). Σύμφωνα με τους Gasperi et al., (2002) μετά από μελέτες που χρησιμοποίησαν γενετικούς δείκτες, οι πληθυσμοί του *C. capitata* μπορούν να χωριστούν σε τρεις διαφορετικές ομάδες ανάλογα με την εξάπλωσή τους από την υποσαχάρια Αφρική έως τη λεκάνη της Μεσογείου και την Λατινική Αμερική.

Η παγκόσμια διασπορά της μύγας της Μεσογείου, ξεκίνησε από την Αφρική φτάνοντας στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου το 1842, στην Αυστραλία το 1887, στη νότια

Αμερική το 1901, τη Χαβάη το 1910 και την κεντρική Αμερική το 1955 (Kourti, 2002). Στο Μεξικό μετά από συντονισμένες προσπάθειες το έντομο υποστηρίχθηκε ότι εξαλείφθηκε (White & Elson-Harris, 1992). Στην Καλιφόρνια αντίθετα, φαίνεται ότι η εξάλειψη του εντόμου δεν ήταν επιτυχής με αποτέλεσμα την εγκατάσταση του σε χαμηλούς πληθυσμούς (Papadopoulos et al., 2013). Το έντομο ενδημεί και σε άλλες περιοχές όπως σε νησιά του Ατλαντικού, Ινδικού και Ειρηνικού ωκεανού και στη δυτική Αυστραλία (White & Elson-Harris, 1992).

Στην Ελλάδα το έντομο καταγράφηκε για πρώτη φορά το 1915, και συγκεκριμένα στην Αττική και στην Αίγινα σε καλλιέργειες εσπεριδοειδών. Αργότερα το έντομο εντοπίστηκε στην ηπειρωτική Ελλάδα σε κάποια νησιά (Fimiani, 1989). Σύμφωνα με τις μελέτες των Παπαδόπουλος (1999) και Papadopoulos et al. (2010), η παρουσία του εντόμου εμφανίζεται και σε βορειότερες περιοχές της Ελλάδος, όπου και επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες. Ως αποτέλεσμα αυτών, η εξάπλωση της μύγας της Μεσογείου φαίνεται να καλύπτει ολόκληρη τη χώρα (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

Τέλος, φαίνεται ότι η διασπορά της μύγας της Μεσογείου ευνοείται από την άνοδο της θερμοκρασίας και το παγκόσμιο εμπόριο, με αποτέλεσμα το έντομο να εμφανίζεται και σε βορειότερα γεωγραφικά όρια, που δεν είχε εντοπιστεί έως τώρα (Papadopoulos et al., 2014).

1.1.4 Βιολογικός κύκλος

Η μύγα της Μεσογείου είναι πολυκυκλικό έντομο με μεγάλο αριθμό γενεών ανά έτος. Οι γενεές καθορίζονται κυρίως από τη θερμοκρασία της κάθε περιοχής, τη διαθεσιμότητα των ξενιστών και την γεωγραφική περιοχή (Διαμαντίδης 2009). Στις πιο νότιες και θερμές περιοχές της χώρας μας το έντομο μπορεί να ολοκληρώσει πολλές γενεές το έτος, ακόμη και να δραστηριοποιείται όλο το έτος, αλλά σε βόρειες περιοχές που είναι ψυχρότερες αναπτύσσει λιγότερες γενεές ανά έτος (Δεληγεωργίδης 2019). Στη χώρα μας το *C. capitata* παρουσιάζει 3-7 αλληλοεπικαλυπτόμενες γενεές ανά έτος. Ανάλογα όμως με το κλίμα της περιοχής συμπληρώνει διαφορετικό αριθμό γενεών. Πιο συγκεκριμένα, στις νοτιότερες περιοχές τις χώρες ολοκληρώνονται περίπου 6 γενεές/ έτος, ενώ αντίστοιχα στις βορειότερες ολοκληρώνονται 5 γενεές το έτος

(Papadopoulos et al., 2001). Επιπλέον, το έντομο είναι αδύνατο να επιβιώσει ως ενήλικο όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες και γι' αυτό η διαχείμασή του επιτυγχάνεται ως προνύμφη σε προσβεβλημένους καρπούς επάνω στα δέντρα και σε εκείνους τους καρπούς που έχουν πέσει στο έδαφος, ή ως νύμφη στο έδαφος (Papadopoulos et al., 1996, Papadopoulos et al., 2001).

Η σύζευξη πραγματοποιείται σε ένα προστατευμένο σημείο στο φύλλωμα του δένδρου, κοντά στις συναθροίσεις τύπου lek (Papadopoulos et al., 2015). Τα αρσενικά έλκουν τα θηλυκά μέσω της συνάθροισης τύπου lek και θεωρείται ότι τα θηλυκά επιλέγουν το «καλύτερο» αρσενικό για να συζευχθούν (Papadopoulos et al., 2015). Τα θηλυκά ωοτοκούν διατρυπώντας το περικάρπιο ή μεσοκάρπιο των καρπών ξενιστών με τον ωοθέτη αφήνοντας 1-6 αυγά στην οπή που σχηματίστηκε (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Αμέσως μετά την εκκόλασή τους, οι προνύμφες τρέφονται και δημιουργούν ζημιές στο σαρκώδες μέρος των καρπών που μπορούν να μολυνθούν δευτερογενώς από μύκητες και βακτήρια (Διαμαντίδης 2009). Μετά και την ολοκλήρωση της ανάπτυξής τους, οι προνύμφες εξέρχονται από τον καρπό και πέφτουν στο έδαφος όπου και νυμφώνονται (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Τα πρώτα ενήλικα άτομα εμφανίζονται την άνοιξη και τρέφονται με μελιτώματα κοκκοειδών και αφίδων, καθώς και πρωτεϊνούχες ουσίες ώστε να ωριμάσουν αναπαραγωγικά (Δεληγεωργίδης, 2019). Σε διάστημα 10-15 ημέρες από την έξοδό τους, τα ενήλικα θα είναι έτοιμα για σύζευξη και ωοτοκία. Ακολουθεί το ερωτικό κάλεσμα, τους αποκαλείται, και εκλύεται σεξουαλική φερομόνη με σκοπό τη σύζευξη.

1.1.5 Ζημιές που προκαλεί

Η μύγα τους Μεσογείου είναι τους από τους πιο καταστροφικούς εχθρούς στον κόσμο, με δυνατότητα να προκαλέσει έως και δισεκατομμύρια ζημιών εντός μερικών μηνών σε εθνικό επίπεδο (Salvemini et al., 2014). Το υψηλό κόστος παρακολούθησης, αντιμετώπισης και διατήρησης του πληθυσμού της κάτω από το όριο οικονομικής ζημιάς μπορεί να προκαλέσει τεράστιες οικονομικές συνέπειες στην περιοχή που εγκαταστάθηκε, συνδυαστικά με τις ζημιές που προκαλεί στους καρπούς και το κόστος καταπολέμησης με χημικά ή άλλα μέσα (Διαμαντίδης 2009). Έχουν θεσπιστεί αυστηρά μέτρα για την αποτροπή εισβολής του *C. capitata* σε περιοχές που η παρουσία του δεν έχει επιβεβαιωθεί και γι' αυτό θεωρείται έντομο 'καραντίνας' (Διαμαντίδης 2009).

Η μύγα της Μεσογείου προσβάλλει μεγάλη ποικιλία καλλιεργούμενων φυτών και προκαλεί ζημιές όταν αυτοί βρίσκονται λίγο πριν ή κατά την ωρίμανση. Για την μύγα της Μεσογείου, η προσβολή των καρπών αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του βιολογικού της κύκλου. Συγκεκριμένα, η ζημιά που προκαλεί, είναι αποτέλεσμα τριών παραγόντων (Παπαδογιώργου 2017). Αρχικά, για την εναπόθεση αυγών μέσα στους καρπούς δημιουργείται οπή ωοτοκίας και αργότερα ορατή οπή εξόδου της προνύμφης. Στα εσπεριδοειδή, όταν ακόμα οι καρποί είναι πράσινοι, λόγω του νύγματος ωοτοκίας, φαίνεται ένα καστανό-μαύρο στίγμα που περιβάλλεται από χλωρωτική κηλίδα. Η προσβολή μπορεί να συνεχιστεί και μετά τη συγκομιδή των καρπών κατά την αποθήκευσή τους. Οι καρποί χάνουν την εμπορική τους αξία, σαπίζουν και πέφτουν στο έδαφος μέσα σε λίγες μέρες. Αν οι προσβολές είναι έντονες, σε καλλιέργειες όπως εσπεριδοειδή, ροδάκινα και βερίκοκα, καταστρέφεται ολόκληρη η παραγωγή. Τέλος, οι προσβεβλημένοι καρποί αποσυντίθενται και σαπίζουν λόγω δευτερογενών προσβολών από παθογόνους μικροοργανισμούς (μύκητες, βακτήρια κ.α.) από την οπή εισόδου. Στους σάπιους καρπούς φαίνεται ότι ωοτοκούν και άλλα είδη εντόμων (*Drosophila* sp., *Carporophilus* sp.) που εντείνουν τη ζημιά (Παπαδογιώργου 2017).

1.1.6 Καταπολέμηση

Στην καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου με συμβατικούς τρόπους συνίσταται η παρακολούθηση των πληθυσμών που επιτυγχάνεται είτε με τη δειγματοληψία καρπών, είτε με τη χρήση παγίδων, καθώς επίσης συστήνονται και οι δολωματικοί ψεκασμοί είτε οι ψεκασμοί καλύψεως. Για την παρακολούθηση των πληθυσμών χρειάζονται φερομονικές ή τροφικές παγίδες όπως τύπου Jackson και τύπου McPhail αντίστοιχα (Εικόνα 5). Στις παγίδες τύπου Jackson, χρησιμοποιείται η παραφερομόνη trimedlure ως ελκυστικό για τα αρσενικά ενώ σε παγίδες τύπου McPhail οξικό αμμώνιο, πουτρεσκίνη, τριμεθυλαμίνη ως τροφικά ελκυστικά (Διαμαντίδης 2009).



α



β

Εικόνα 5 και 6: α) Παγίδα Jackson (Ηλεκτρονική πηγή1), β) παγίδα τύπου McPhail (Ηλεκτρονική πηγή 2).

Εκτός από τη χρήση χημικών μέσων, η αντιμετώπιση του *C. capitata* επιτυγχάνεται και με άλλα μέτρα όπως είναι τα καλλιεργητικά, η μαζική παγίδευση, η εξαπόλυση στείρων εντόμων και η βιολογική καταπολέμηση. Συγκεκριμένα, με το φρεζάρισμα καταστρέφονται οι νύμφες που βρίσκονται στο έδαφος. Με την καταστροφή προσβεβλημένων καρπών πάνω στο δέντρο ή στο έδαφος και την εκρίζωση των αυτοφυών ξενιστών του εντόμου, περιορίζονται οι εστίες διαχείμασης και ανάπτυξής του. Επιπλέον, σημαντικές φυσικοί μέθοδοι που χρησιμοποιούνται μετα-συλλεκτικά είναι η έκθεση καρπών σε ειδικές εγκαταστάσεις σε χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες αντίστοιχα (Sharp et al., 1989), σε πεπιεσμένο θερμό αέρα (Armstrong, 1994), καθώς και η εφαρμογή ιονίζουσας ακτινοβολίας (Hallman, 1994), και τέλος η απολύμανση των καρπών με χρήση υποκαπνιστικών εντομοκτόνων. Η χρήση ανθεκτικών/ανεκτικών ποικιλιών, η ισορροπημένη ανάπτυξη των φυτών και η ρύθμιση της παραγωγής με την αποφυγή υπερβολικού φορτίου για τα δέντρα που είναι γνωστό ότι καθιστά τα φυτά πιο ευαίσθητα σε προσβολές από εχθρούς (Παπαδογιώργου, 2017) αποτελούν σημαντικά προληπτικά μέτρα περιορισμού της ζημιάς.

Το *C. capitata* είναι έντομο καραντίνας και γι' αυτό έχουν θεσπιστεί αυστηροί κανόνες στην διακίνηση των φρούτων για την αποφυγή εισόδου του εντόμου σε περιοχές όπου

δεν υπάρχει. Έτσι, διενεργείται φυτοϋγειονομικός έλεγχος στα εισαγόμενα, και διακινούμενα φυτά, από τις κρατικές υπηρεσίες ελέγχου- φυτοκαραντίνας (Παπαδογιώργου, 2017).

Η μαζική παγίδευση είναι μια οικολογική μέθοδος, η οποία προτείνεται περισσότερο τα τελευταία χρόνια καθώς είναι αποτελεσματική στην πρόληψη των ζημιών που προκαλεί το έντομο και φιλική στο περιβάλλον και τον άνθρωπο (Παπαδογιώργου 2017). Με τη χρήση παγίδων που φέρουν διάφορα ελκυστικά, επιτυγχάνεται η σύλληψη των ενήλικων εντόμων. Ειδικότερα, για τη μύγα της Μεσογείου οι παγίδες περιέχουν ελκυστικό υγρό που εκλύει αμμωνία και κάποια τοξική ουσία. Η μαζική παγίδευση είναι μια τεχνολογία μίμησης της φύσης καθώς για να παγιδευτούν τα έντομα θα πρέπει να επηρεαστεί η φυσική συμπεριφορά τους και να οδηγηθούν στην παγίδα (Παπαδογιώργου 2017). Για να έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα η μέθοδος αυτή, θα πρέπει ο πληθυσμός του *C. capitata* να βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

Η εξαπόλυση στειρωμένων εντόμων θεωρείται φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος καταπολέμησης που εφαρμόζεται με επιτυχία και για τη μύγα της Μεσογείου. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην εκτροφή εντόμων, στην έκθεση σε ακτινοβολίας γ για να προκληθεί στειρώση και στην απελευθέρωση των στειρωμένων εντόμων στον αγρό. Συνεπώς, πραγματοποιείται απόθεση στειρωμένων αυγών μετά τη σύζευξη θηλυκού με στείρο αρσενικό, μη παραγωγή απογόνων, με αποτέλεσμα τη σταδιακή μείωση του πληθυσμού των εντόμων (Robinson et al., 1999). Στην περίπτωση ταυτόχρονης απελευθέρωσης στείρων θηλυκών και στείρων αρσενικών σε ένα περιβάλλον δημιουργείται σοβαρό πρόβλημα καθώς υπάρχει η τάση τα στείρα έντομα να συζευγνούνται περισσότερο μεταξύ τους παρά με παρθένα άγρια θηλυκά. Έτσι, μειώνεται η αποτελεσματικότητα της μεθόδου και γι' αυτό επιλέγεται η απελευθέρωση μόνο στείρων αρσενικών (Rendon et al., 2000). Ένα ακόμη πρόβλημα της μεθόδου, έγκειται στην μειωμένη αποτελεσματικότητα και ανταγωνιστικότητα των στειρωμένων αρσενικών προς τα άγρια. Αυτό συμβαίνει γιατί τα στείρα αρσενικά εκτρέφονται σε εργαστηριακές συνθήκες και με την απελευθέρωσή τους στον αγρό, αλλάζουν οι βιολογικές και φυσιολογικές τους συνήθειες, γεγονός που τα καθιστά λιγότερο ανταγωνιστικά (Παπαδογιώργου 2017).

Η βιολογική καταπολέμηση του *C. capitata* έχει ως στόχο τη μείωση του πληθυσμού του εντόμου, με την εκτροφή και εξαπόλυση παρασιτοειδών. Αποτελεσματικό παρασιτοειδές έναντι του *C. capitata* και άλλων ειδών της ίδιας οικογένειας θεωρείται το *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) (Zenil et al. 2004, Rousse et al. 2006) και το *Diachasmimorpha longicaudata* (Jordão-Paranhos et al., 2002). Πρόσφατα στη Βραζιλία, η φυσική εμφάνιση εντομοπαθογόνων νηματωδών των οικογενειών Heterorhabditidae και Steinernematidae σε δείγμα εδάφους από οπωρώνες φαίνεται να είναι εναλλακτική λύση για τη διαχείριση της μύγας της Μεσογείου (Jean-Baptiste et al., 2021). Στην ηπειρωτική Ελλάδα έχουν πραγματοποιηθεί εξαπολύσεις του *Dirhinus giffardi* (Hymenoptera: Clachididae) το οποίο προήλθε από το Ισραήλ το 1962 (Papadopoulos & Katsoyannos, 2003). Επιπλέον, καταγράφηκε το *Aganapsis daci* (Hymenoptera: Eucoilidae) στο νησί της Χίου σε προσβεβλημένα σύκα (Papadopoulos & Katsoyannos, 2003). Στη βιολογική καταπολέμηση χρησιμοποιούνται και εντομοπαθογόνοι μύκητες όπως είναι το *Metarhizium anisopliae* (Quesada- Moraga et al., 2004) και το βιολογικό σκεύασμα sprinosad, το οποίο δοκιμάστηκε σε τρία είδη της οικογένειας Tephritidae και φάνηκε πως η μύγα της Μεσογείου ήταν η πιο ευαίσθητη (McQuate et al., 2005).

1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιβίωση και την ανάπτυξη των ανηλίκων σταδίων της μύγας της Μεσογείου

Για τα ολομετάβολα έντομα, όπως η μύγα της Μεσογείου, το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται οι προνύμφες (ανήλικο στάδιο) είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την περαιτέρω ανάπτυξη και επιβίωση του εντόμου (Nash & Charman 2014). Οι διάφοροι αβιοτικοί (θερμοκρασία, υγρασία, τύπος εδάφους κ.α.) και βιοτικοί παράγοντες (καρποί-ξενιστές, θρεπτικά συστατικά καρπών-ξενιστών κ.α.), που μπορούν να επηρεάσουν τα ανήλικα στάδια ως προς την επιβίωση και την ανάπτυξη αυτών θα αναλυθούν παρακάτω.

1.2.1 Αβιοτικοί παράγοντες

Η θερμοκρασία είναι ένας ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας στην επιβίωση των εντόμων. Όλα τα έντομα είναι εξώθερμα οπότε οι εναλλαγές της θερμοκρασίας, μπορεί να επηρεάσουν σε σημαντικό βαθμό τη φυσιολογία του εντόμου (Sinclair et al., 2015). Η διάπαυση είναι συνδεδεμένη με την ικανότητα διαχείμασης των εντόμων σε εύκρατες και ψυχρές περιοχές, και χάρη σε αυτή τα έντομα μπορούν να επιβιώσουν στο κρύο (Bale & Hayward 2010). Το *C. capitata* λόγω της τροπικής προέλευσης, φαίνεται ότι δεν έχει αναπτύξει κάποιο μηχανισμό αντοχής σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (Papadopoulos et al., 1996).

Από την έρευνα των Quesada et al., (2012), προέκυψε ότι η βέλτιστη θερμοκρασία για την ολοκλήρωση της ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων του *C. capitata* ήταν οι 24.8 °C. Τα κατώτερα θερμοκρασιακά όρια ανάπτυξης στο αυγό, την προνύμφη και την νύμφη σύμφωνα με τους Duyck and Quilici, (2002) είναι 11.6, 10,2 και 11,2 αντίστοιχα, ενώ σε θερμοκρασία 35 °C δεν εκκολάπτονται τα αυγά. Επίσης, στους 35 °C οι νύμφες θανατώνονται (Shourky and Hafez, 1979, Duyck and Quilici, 2002).

Όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες, η μύγα της Μεσογείου, διαχειμάζει ως προνύμφη σε προσβεβλημένους καρπούς, ή ως νύμφη στο έδαφος (Papadopoulos et al., 1996, Papadopoulos et al., 2001). Σύμφωνα με τους Papadopoulos et al., (1998), αρκετές από τις προνύμφες που διαχείμασαν σε μήλα στη Θεσσαλονίκη δεν επιβίωσαν και η θνησιμότητα των πλήρως αναπτυγμένων προνυμφών που άφησαν τους καρπούς για να νυμφευθούν ήταν μεγάλη. Αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η αργή ανάπτυξη των προνυμφών μέσα στα μήλα, επιτρέπει την επιβίωση όλο τον χειμώνα και την άνοιξη (Papadopoulos et al., 1998).

Όσο αναφορά τον τρόπο που η υγρασία μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων, μελέτες έχουν δείξει ότι η αυξημένη θνησιμότητα συνδέεται με μείωση ή αύξηση της εδαφικής υγρασίας αντίστοιχα. (Quesada et al., 2012). Σύμφωνα με τους Eskafi και Fernandez, (1990) ο αριθμός των νυμφών του εδάφους που εξέρχονται ως ενήλικα συνδέεται με την υφή του εδάφους, το ποσοστό πορώδους του εδάφους και το ποσοστό κορεσμού του νερού. Από τη μελέτη των Bento et al., (2010) η διάρκεια του σταδίου της νύμφης του *C. capitata* επηρεάστηκε διαφορετικά για τα θηλυκά και τα αρσενικά. Στα θηλυκά η διάρκεια επηρεάστηκε μόνο από τον τύπο του εδάφους, η οποία ήταν μεγαλύτερη σε αμμώδη εδάφη. Αντίθετα, στα αρσενικά η διάρκεια επηρεάστηκε ξεχωριστά από την υγρασία και τον τύπο εδάφους, η οποία ήταν

μεγαλύτερη σε αργιλώδη εδάφη. Σε εδάφη με καλύτερη ικανότητα κατακράτησης νερού παρατηρήθηκε μικρότερη διάρκεια του σταδίου της νύμφης και για τα δύο φύλα. Έτσι, η έξοδος των ενηλίκων από το νυμφικό περίβλημα, αυξάνεται σε εδάφη με χαμηλότερη υγρασία (πιο ξερά) ανεξάρτητα από τον τύπο εδάφους (Bento et al., 2010).

1.2.2 Βιοτικοί παράγοντες

Οι καρποί-ξενιστές, τα θρεπτικά συστατικά των καρπών-ξενιστών καθώς και η πυκνότητα του πληθυσμού των προνυμφών κατά τη διατροφή αποτελούν κάποιους από τους βιοτικούς παράγοντες που φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και την επιβίωση των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου (Duyck & Quilici, 2002, Navarro- Campos et al., 2011, Naserzadeh et al., 2019).

Όσο περισσότερο ένα άτομο μένει ως προνύμφη στον καρπό-ξενιστή, τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα να εκτεθεί σε χαμηλές θανατηφόρες θερμοκρασίες ως νύμφη. Επομένως, η διάρκεια ανάπτυξης των προνυμφών τον χειμώνα μπορεί να είναι κρίσιμη (Papadopoulos et al., 1996). Ο ρυθμός ανάπτυξης των προνυμφών καθορίζεται κυρίως από τη θερμοκρασία και τον τύπο των καρπών-ξενιστών (Papadopoulos et al., 1998). Η μέση διάρκεια του προνυμφικού σταδίου (25°C) είναι μακρύτερη μέσα στα κυδώνια απ' ό,τι στα σύκα, στα ροδάκινα και τα εσπεριδοειδή (Papadopoulos et al., 1996).

Οι καρποί- ξενιστές αποτελούν σημαντικό καταφύγιο για το *C. capitata* στη διάρκεια του χειμώνα καθώς παρέχουν προστασία από φυσικούς εχθρούς, ξηρασία, λιμοκτονία και λειτουργούν ως ρυθμιστές της θερμοκρασίας σε περίπτωση παγετού. Ωστόσο, υπάρχουν ξενιστές όπως ο λωτός και τα αγλάδια, οι οποίοι μετά την πτώση τους στο έδαφος οδηγούνται γρήγορα σε αποσύνθεση με αποτέλεσμα οι προνύμφες να πεθαίνουν από αρπακτικά ή άλλους παράγοντες (Papadopoulos et al., 1996). Παράσιτα που ζούνε φυσικά στο έδαφος, όπως εντομοπαθογόνοι μύκητες, μπορούν επίσης να επηρεάσουν την πυκνότητα του πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου (Quesada et al., 2012).

Στα ολομετάβολα φυτοφάγα είδη, η επιβίωση των ανήλικων σταδίων των μυγών των φρούτων εξαρτάται από τους διατροφικούς πόρους που επιλέγουν τα ενήλικα θηλυκά άτομα κατά την ωοτοκία. Η κύρια υπόθεση για την επιλογή αυτή, είναι ότι τα ενήλικα θηλυκά διαλέγουν ξενιστές που είναι σε θέση να μεγιστοποιήσουν την ανάπτυξη και

την επιβίωση των απογόνων, σε μια θετική συσχέτιση μεταξύ της προτίμησης ωοτοκίας και της απόδοσης των προνυμφών. Έτσι, ένα φυτό γίνεται ξενιστής όταν επιλέγεται από τα θηλυκά για ωοτοκία και επιβιώνουν οι απόγονοι (Costa et al., 2011). Το ίδιο είδος καρπού ανάλογα με το στάδιο ωρίμανσης που βρίσκεται παρουσιάζει διαφορετικούς βαθμούς καταλληλότητας (Navarro-Campos et al., 2011). Ανάλογα με το στάδιο ωρίμανσης του καρπού υπάρχει διακύμανση στη χημική του σύνθεση. Επίσης, σε διαφορετικά τμήματα του ίδιου καρπού (άνω και κάτω μέρος) μπορεί να υπάρχουν διατροφικές διαφορές που προσφέρουν καλύτερη απόδοση στις προνύμφες (Fernandes-da-Silva & Zucoloto 1993). Από την έρευνα των Fernandes-da-Silva & Zucoloto (1993) προκύπτει ότι τα ενήλικα θηλυκά μπορεί να μη δείχνουν προτίμηση για ωοτοκία σε κάποιο συγκεκριμένο μέρος του καρπού-ξενιστή, αλλά οι προνύμφες μπορεί να έχουν την ικανότητα να ψάξουν για περισσότερο κατάλληλες θέσεις διατροφής.

Η ποσότητα και η ποιότητα της τροφής είναι πολύ σημαντικές για την διατροφή των προνυμφών της μύγας της Μεσογείου γιατί, εκτός ότι παρέχουν την απαραίτητη ενέργεια για την επιβίωση και εμφάνιση των προνυμφών, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν από το σώμα σε μια περίοδο αδράνειας (Naserzadeh et al., 2019). Από την ίδια μελέτη φάνηκε ότι η επιβίωση και άρα και η εκκόλαψη των αυγών σε έναν ξενιστή δεν τον καθιστά προτιμότερο συγκριτικά με έναν άλλο. Στην έρευνα έγινε σύγκριση λωτών και εσπεριδοειδών (μανταρίνια, πορτοκάλια) και ενώ στους λωτούς εναποτέθηκαν περισσότερα αυγά, το τελικό ποσοστό εκκόλαψης ήταν μικρότερο λόγω των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του καρπού που αποτρέπουν την εκκόλαψη (Naserzadeh et al., 2019). Τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των καρπών επηρεάζουν την ανάπτυξη. Προκύπτει ότι τα έντομα που τρέφονται από ξενιστές υψηλότερης ποιότητας χρειάζονται λιγότερο χρόνο για να ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους. Συνεπώς, το είδος και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ξενιστή συνδέονται στενά με τον ρυθμό ανάπτυξης του εντόμου (Navarro-Campos et al., 2011).

Τα θρεπτικά συστατικά που απορροφά ένας οργανισμός από τη διατροφή του είναι απαραίτητα για την ανάπτυξή του. Οι δύο κύριες ομάδες θρεπτικών συστατικών που συμβάλλουν στην ανάπτυξη είναι οι πρωτεΐνες και οι υδατάνθρακες. Οι πρωτεΐνες παρέχουν αμινοξέα απαραίτητα για τη βιωσιμότητα ενώ οι υδατάνθρακες παρέχουν ενέργεια και αντιπροσωπεύουν τον μηχανισμό με τον οποίο αποθηκεύεται η ενέργεια για μελλοντική χρήση. Η διαθεσιμότητα διαφορετικών θρεπτικών κατά την

αναπτυξιακή φάση καθορίζει το ρυθμό ανάπτυξης, την επιβίωση και επίσης επηρεάζει χαρακτηριστικά των ενηλίκων όπως το μέγεθος του σώματος τους (Nash & Chapman 2014).

Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη των ανήλικων είναι και η πυκνότητα των προνυμφών κατά τη διάρκεια της διατροφής. Σε περιπτώσεις, που ο αριθμός αυτών είναι μεγάλος, παράγεται μεταβολική θερμότητα, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του ρυθμού ανάπτυξης του εντόμου (Duyck & Quilici, 2002). Συγκεκριμένα, όπως υποδεικνύεται από τη συγκεκριμένη μελέτη, οι προνύμφες, προσπαθώντας να εντοπίσουν το υψηλότερο διατροφικά σημείο του υποστρώματος, αργούν να συγκεντρώσουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά που αποσκοπούν στην ανάπτυξή τους και συνεπώς και στη νύμφωσή τους. Αποτέλεσμα, της μεγάλης αυτής πυκνότητας προνυμφών, είναι οι νύμφες που έχουν μικρό βάρος αλλά και μέγεθος (Δημοτάκης, 2010). Σε παρόμοια αποτελέσματα καταλήγει η έρευνα των Diamantidis et al., (2020), όπου τα ενήλικα που κατά το ανήλικό τους στάδιο είχαν αναπτυχθεί σε συνθήκες υψηλού συνωστισμού, είχαν μικρότερη επιβίωση αλλά και γονιμότητα.

1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου

Παράγοντες όπως το μέγεθος σώματος, η διατροφή των ενηλίκων και οι ξενιστές των προνυμφών μπορούν να επηρεάσουν τις βιολογικές και δημογραφικές παραμέτρους των πληθυσμών των εντόμων (Costa et al., 2011). Το *C. capitata* είναι ένα είδος που συμπληρώνει πολλές γενιές ανά έτος και η ανάπτυξή του εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και τη διαθεσιμότητα ξενιστών (Antonatos et al., 2021).

1.3.1 Αβιοτικοί παράγοντες

Από διάφορες μελέτες φαίνεται ότι στις τροπικές περιοχές, η φαινολογία και η πληθυσμιακή πυκνότητα της μύγας της Μεσογείου καθορίζεται με βάση τις βροχοπτώσεις, την υγρασία και την διαθεσιμότητα των καρπών-ξενιστών ενώ στις εύκρατες περιοχές που υπάρχουν καρποί-ξενιστές όλο το χρόνο, η θερμοκρασία είναι ο κύριος παράγοντας που ρυθμίζει τους πληθυσμούς (Papadopoulos et al., 2001). Η

επιβίωση των εντόμων εξαρτάται από τη θερμοκρασία όσο και από τη διάρκεια της έκθεσης των εντόμων σε χαμηλές θερμοκρασίες (Peñarrubia-María et al., 2011). Τα ενήλικα θηλυκά της μύγας της Μεσογείου φαίνεται να αντέχουν περισσότερο από ότι αρσενικά, στις χαμηλές θερμοκρασίες λόγω του διαφορετικού τους μεγέθους και των διαφορετικών μεταβολικών ρυθμών (Ρούμπας, 2019).

Η μύγα της Μεσογείου κατά μήκος της νότιας ακτής της Μεσογείου επιβιώνει σε όλα τα στάδια ανάπτυξης στη διάρκεια του χειμώνα ενώ στη νότια Γαλλία η μύγα μπορεί να επιβιώσει ως ενήλικο μόνο σε εξαιρετικά ζεστούς χειμώνες (Papadopoulos et al., 1998). Ωστόσο, σε ορισμένες περιοχές της Μεσογείου, συμπεριλαμβανομένου και της Ελλάδας, τα ενήλικα δεν μπορούν να επιβιώσουν στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα (Papadopoulos et al., 1996) με εξαίρεση την Κρήτη όπου επιβίωσαν όλο το χειμώνα με ελάχιστες θερμοκρασίες μεταξύ 1 °C και 4,5 °C (Mavrikakis et al., 2000). Η επιβίωση ενός μικρού ποσοστού ενηλίκων κάθε χειμώνα και η «αναγέννηση» ολόκληρου του πληθυσμού από αυτά τα άτομα την άνοιξη και τις αρχές καλοκαιριού, πιθανότατα να σχετίζεται με μια ισχυρή πίεση επιλογής σε αυτό το έντομο για την εξέλιξη ενός μηχανισμού αντοχής στο κρύο (Peñarrubia-María et al., 2011). Εκτός από την αδυναμία της μύγας της Μεσογείου να επιβιώσει σε χαμηλές θερμοκρασίες φαίνεται ότι σε υψηλές θερμοκρασίες 30 °C παρατηρείται μείωση του πληθυσμού της μύγας καθώς και μείωση της ωοπαραγωγής (Χατζόγλου, 2019). Η μέγιστη ωοπαραγωγή συνήθως καταγράφεται στους 25 °C, που θεωρείται και η ευνοϊκότερη θερμοκρασία για την ανάπτυξη της μύγας της Μεσογείου (Shourky & Hafez, 1979).

Επιπρόσθετα, από την μελέτη των Navarro-Campos et al., (2011) φαίνεται ότι, στον αγρό, η θερμοκρασία του αέρα στο στάδιο της προνύμφης σχετίζεται στενά με το μέγεθος του σώματος του ενήλικου *C. capitata*, το οποίο φαίνεται να επηρεάζει επίσης το σεξουαλικό ανταγωνισμό μεταξύ των αρσενικών. Συγκεκριμένα, το μέγεθος του σώματος των ενηλίκων ήταν μεγαλύτερο στα άτομα που προέκυψαν από προνύμφες που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια του χειμώνα και της άνοιξης ενώ στη διάρκεια του καλοκαιριού προκύπταν ενήλικα μικρότερου μεγέθους. Αντίστοιχα συμπεράσματα προέκυψαν από την ίδια μελέτη και σε εργαστηριακό επίπεδο.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό το οποίο μπορεί να επηρεάσει τα δημογραφικά χαρακτηριστικά της μύγας της Μεσογείου είναι η διατροφή των εντόμων. Συγκεκριμένα, η διαθεσιμότητα, η ποιότητα και η ποσότητα της τροφής των ενηλίκων

επιδρά σημαντικά στην ωρίμανση των ωοθηκών, την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων και την αναπαραγωγική επιτυχία των αρσενικών. Πολλές μελέτες ασχολούνται με τις επιπτώσεις της διαχείρισης των θρεπτικών συστατικών στην κατανομή των πόρων, την μακροζωία και την αναπαραγωγή. Ο διατροφικός περιορισμός κυρίως της πρωτεΐνης κατά την ανάπτυξη ενήλικων ολομετάβολων εντόμων έχει σημαντικές συνέπειες για την αναπαραγωγή και τη μακροζωία (Nestel et al., 2016). Από την έρευνα της Παπαδογιώργου (2017) προκύπτει ότι όταν τα θηλυκά της μύγας της Μεσογείου συζευγνούνται με αρσενικά που κατά το ενήλικό τους στάδιο, στερούνται την πρωτεΐνη, έχουν μικρότερη ωοπαραγωγή συγκριτικά με τα θηλυκά, της έρευνας του Παυλίδη (2017), τα οποία συζεύχθηκαν με αρσενικά που είχαν τραφεί σε πλούσιο διατροφικό περιβάλλον (ζάχαρη και πρωτεΐνη). Αυτό πιθανόν οφείλεται στο γεγονός ότι τα αρσενικά σε συνθήκες έλλειψης «πλούσιας» τροφής, δεν μπορούν να παράξουν ικανοποιητικές ποσότητες σπέρματος (Κουκουγιαννίδου, 2013). Επιπλέον, η μακροβιότητα των θηλυκών που τρέφονται σε πλούσιο διατροφικό περιβάλλον δεν επηρεάζεται από το διατροφικό περιβάλλον των αρσενικών (φτωχό ή πλούσιο) μετά τη σύζευξη (Παπαδογιώργου 2017, Παυλίδης 2017). Το γενικό εύρημα είναι ότι οι θρεπτικοί περιορισμοί στη διατροφή των εντόμων επεκτείνουν τη διάρκεια ζωής με κόστος στην αναπαραγωγή ως μηχανισμό που επιτρέπει στους οργανισμούς να αντέξουν σε αυτές τις συνθήκες και να αναπαραχθούν όταν οι συνθήκες βελτιωθούν (Nestel et al., 2016).

1.3.2 Βιοτικοί παράγοντες

Η επιλογή καρπού ξενιστή από τα θηλυκά έντομα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες επιβίωσης των εντόμων. Η πληθυσμιακή ανάπτυξη του *C. capitata* είναι στενά συνδεδεμένη με τα είδη καρπών-ξενιστών που καλλιεργούνται σε μια περιοχή και γι' αυτό ο ρυθμός ωοτοκίας και η καταλληλότητα των καρπών για ανάπτυξη είναι υψηλής σημασίας (Papadopoulos et al., 2001). Η συμπεριφορά ωοτοκίας και η απόδοση των απογόνων προφανώς ελέγχεται από διαφορετικά σύνολα γονιδίων και ως εκ' τούτου, η σχέση μεταξύ προτίμησης και απόδοσης δε συμβαίνει πάντα (Costa et al., 2011).

Τα ολομετάβολα έντομα που εναποθέτουν αυγά σε διαφορετικούς ξενιστές φαίνεται ότι παρουσιάζουν μια ιεραρχική συμπεριφορά επιλέγοντας κάποιους ξενιστές

περισσότερο από άλλους. Το *C. capitata* ως εξαιρετικά πολυφάγο είδος μπορεί να εναποθέτει αυγά σε καρπούς που συνήθως δεν είναι ξενιστές του. Μεταξύ άλλων παραγόντων, η επιλογή ενός πιθανού ξενιστή καθορίζεται από την παρουσία ανταγωνιστικών ή φυσικών εχθρών (Costa et al., 2011).

Όσον αφορά τα θηλυκά, από τη μελέτη του Ιωάννου (2014), φάνηκε πως αυτά έχουν αναπτύξει την ικανότητα να αντιλαμβάνονται την καταλληλότητα των καρπών ως προς την ωοτοκία με βάση τη χημική τους σύσταση καθώς και τα αιθέρια έλαια αυτών. Αναφορικά σε έρευνα των Papachristou et al. (2009), βρέθηκε πως κάποιες ουσίες όπως το limonene μπορεί να προκαλέσουν διεγερτικά αποτελέσματα, ενώ κάποιες άλλες όπως το linalool αρνητικά. Επιπρόσθετα, η ύπαρξη αιθέριων ελαίων στο περιβάλλον που αναπτύσσονται τα ανήλικα στάδια της μύγας της Μεσογείου, είναι ικανή να επιφέρει ανάλογα αποτελέσματα ως προς την μετέπειτα ωοπαραγωγή των θηλυκών, με τις διεγερτικές ουσίες να προκαλούν αύξηση της ωοπαραγωγής.

1.4 Σκοπός

Παρά το γεγονός ότι πλήθος ερευνών έχουν ασχοληθεί με τη βιο-οικολογία του εντόμου, και το πως αυτό μπορεί και συμπεριφέρεται κάτω από θερμοκρασιακά ή διατροφικά στρες, δεν υπάρχουν μελέτες σχετικές με τον πληθυσμό της Κροατίας.

Μελετήσαμε το πως οι διαφορετικές θερμοκρασίες μπορούν να επηρεάσουν τα ανήλικα στάδια ως προς την επιβίωση και την ανάπτυξή τους καθώς επίσης και το πως θα επηρεαστούν τα μετέπειτα χαρακτηριστικά των ενηλίκων ως προς τα δημογραφικά χαρακτηριστικά τους. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε πληθυσμός της Κροατίας, που αναπτύχθηκε σε μήλα, που αποτελούν και κατάλληλο καρπό για τη διαχείριση του εντόμου.

Για τα ανήλικα στάδια συλλέχθηκαν πληροφορίες που αφορούσαν την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων σε μήλα-ξενιστές σε σταθερές θερμοκρασίες 20°C, 25°C και σε εναλλαγή θερμοκρασιών Θερμόκυκλος 1 (δύο ημέρες στους 20°C και δύο στους 7°C) και Θερμόκυκλος 2 (δύο ημέρες στους 20°C και έξι ημέρες στους 7°C). Για τα ενήλικα άτομα συλλέχθηκαν πληροφορίες σχετικά με τη διάρκεια ζωής των θηλυκών και αρσενικών και επιπλέον μελετήθηκε η ωοπαραγωγή, καθώς και οι αναπαραγωγικές περίοδοι των θηλυκών. Η δημογραφία των ενηλίκων πραγματοποιήθηκε στους 25°C καθώς τα ενήλικα της κάθε μεταχείρισης μεταφέρονταν στους 25°C μετά την έξοδο από το νυμφικό περίβλημα.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Συνθήκες εργαστηρίου

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας τον Ιανουάριο του 2020, και διήρκησε ως τον Ιούλιο του 2020.

Οι συνθήκες που επικρατούσαν κατά τη διεκπεραίωση του πειράματος ήταν:

- 20 ± 2 °C, σχετική υγρασία $50\% \pm 20\%$ και Φ14:Σ10 (φως από τις 07:00 έως 20:00).
- 25 ± 2 °C, σχετική υγρασία $50\% \pm 20\%$ και Φ14:Σ10 (φως από τις 07:00 έως 20:00).
- 7 °C, σχετική υγρασία $50\% \pm 20\%$ Φ14:Σ10 (φως από τις 07:00 έως 20:00)

2.2 Καρποί που χρησιμοποιήθηκαν

Μήλα Golden Delicious τα οποία συλλέχθηκαν από την Πέλλας, ενώ βεβαιώθηκε ότι δεν ήταν προσβεβλημένα από άλλο έντομο ή παθογόνο οργανισμό καθώς και απαλλαγμένα από χημικές επεμβάσεις.

2.3 Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν και εκτροφή

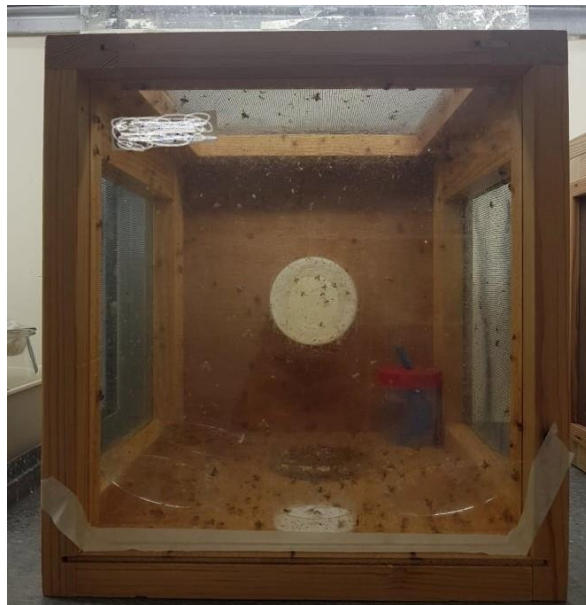
Πληθυσμός της μύγας της Μεσογείου από την Κροατία χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες του πειράματος. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν νύμφες που είχαν συλλεχθεί από την περιοχή Zaton και στάλθηκαν στο εργαστήριο μας από συνεργάτες μας στην περιοχή. Πραγματοποιήθηκε εκτροφή στο εργαστήριο και τα ενήλικα της F3 και F4 γενιάς χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.

Για την πραγματοποίηση της εκτροφής νύμφες τοποθετούνταν σε τρυβλία τα οποία στη συνέχεια τοποθετούνταν σε κλουβιά για να εξέλθουν τα ενήλικα (Εικόνα 7).



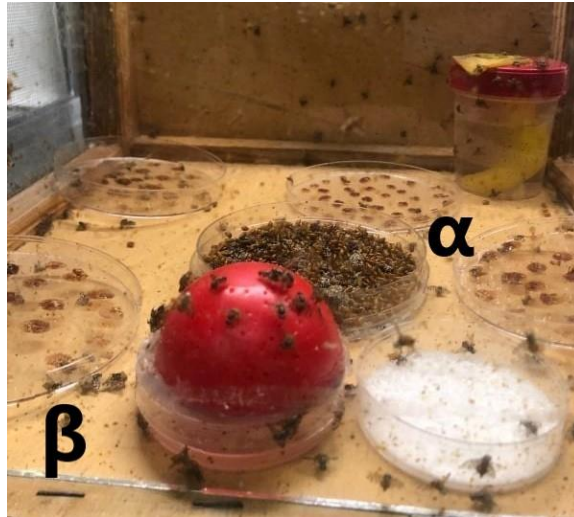
Εικόνα 7: Νύμφες της μύγας της Μεσογείου

Τα κλουβιά εκτροφής ήταν ξύλινα διαστάσεων 30x30x30 cm και καλύπτονταν με συρμάτινο πλέγμα οι τρεις πλευρές και η τέταρτη με γυαλί (Εικόνα 8).

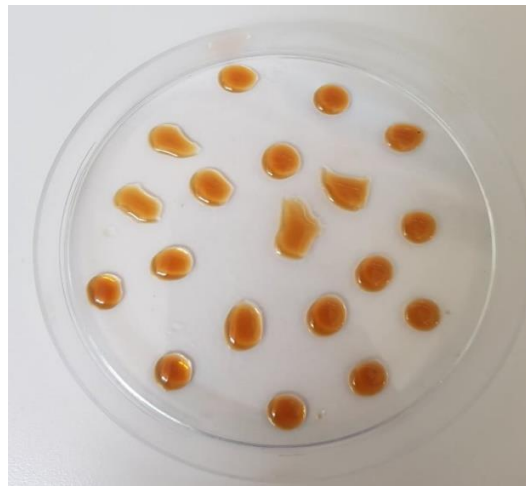


Εικόνα 8: Ξύλινο κλουβί εκτροφής της μύγας της Μεσογείου

Τα ενήλικα είχαν πρόσβαση σε νερό και τροφή. Το νερό ήταν τοποθετημένο μέσα σε ένα πλαστικό κυλινδρικό φιαλίδιο από το οποίο εξερχόταν ένα σπογγώδες φιλίλι (Εικόνα 9 α). Η τροφή ήταν τοποθετημένη στην επιφάνεια πλαστικών τρυβλίων σε μορφή στερεοποιημένων σταγόνων και αποτελούνταν από ζάχαρη και υδρολυμένη μαγιά σε αναλογία 4:1 (Εικόνα 10). Επίσης στο εσωτερικό των κλουβιών υπήρχαν τεχνητά υποστρώματα φωτοκίας (domes) για την απόθεση των αυγών από τα ενήλικα (Εικόνα 9 β).



Εικόνα 9: α) Πλαστικό κυλινδρικό δοχείο γεμάτο με νερό από το οποίο εξέρχεται σπογγώδες φιλί για την πρόσβαση των ενηλίκων σε νερό, β) Τεχνητό υπόστρωμα ωτοκίας για την απόθεση αυγών



Εικόνα 10: Τροφή ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου

2.4 Πειραματική διαδικασία

Για τις συνθήκες ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων πραγματοποιήθηκαν τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις: έκθεση των τεχνητά προσβεβλημένων φρούτων 1) σε σταθερή θερμοκρασία 20°C, 2) σε σταθερή θερμοκρασία 25°C, 3) θερμοκύκλος I: 20°C για 2 ημέρες και 7°C για 2 ημέρες, 4) θερμοκύκλος II: 20°C για 2 ημέρες και 7°C για 6 ημέρες. Σε κάθε μεταχείριση υπήρχαν 20 μήλα στα οποία είχαν εμφυτευθεί από 10 αυγά.

Για την εμφύτευση των αυγών στα μήλα, ποικιλίας Golden Delicious, χρησιμοποιήθηκαν τα αυγά του πληθυσμού που συλλέχθηκαν από τα τεχνητά

υποστρώματα ωοτοκίας εντός 24 ωρών. Σε κάθε μήλο έγιναν 2 οπές αντιδιαμετρικά και με τη βοήθεια βελόνας και με μαλακό πινέλο μεταφέρθηκαν 5 αυγά σε κάθε οπή. Οι οπές καλύφθηκαν με διαφανή ταινία, στην οποία πραγματοποιήθηκε οπή για καλύτερο αερισμό. Στη συνέχεια, κάθε καρπός τοποθετήθηκε ατομικά σε πλαστικό δοχείο (γιαουρτόκουτο) που περιείχε μια μικρή στρώση άμμου για να διευκολυνθεί η νύμφωση του εντόμου (Εικόνα 11). Επιπλέον, για να αποφευχθούν προσβολές του καρπού από άλλα έντομα (π.χ. παρασιτοειδή), κάθε πλαστικό δοχείο με μήλο καλύφθηκε με μία καλά στερεωμένη οργαντίνα (Εικόνα 12).

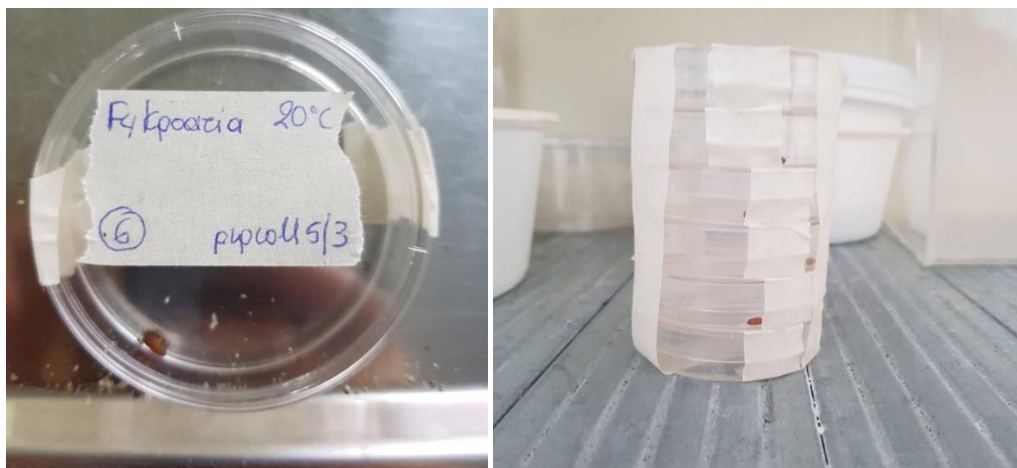


Εικόνα 11: Καρπός τοποθετημένος σε πλαστικό δοχείο (γιαουρτόκουτο) που περιέχει μια μικρή στρώση άμμου



Εικόνα 12: Πλαστικά δοχεία (γιαουρτόκουτα) με καρπούς και άμμο καλυμμένα με οργαντίνα

Σε καθημερινή βάση καταγραφόταν ο αριθμός των νυμφών που εξέρχονταν από τα μήλα της κάθε μεταχείρισης. Οι νύμφες μετά τη συλλογή και τοποθέτησή τους σε πλαστικά τρυβλία petri παρέμεναν στις συνθήκες της κάθε μεταχείρισης μέχρι την έξοδο των ενηλίκων (Εικόνα 13). Καθημερινά γινόταν καταγραφή των ενηλίκων που εξέρχονταν καθώς και το φύλο τους (αρσενικό, θηλυκό).



Εικόνες 13 και 14: Νύμφες τοποθετημένες ατομικά σε πλαστικά τρυβλία Petri

Για τη δημογραφία των ενηλίκων χρησιμοποιήθηκαν ατομικά κλουβιά (πλαστικά ποτήρια) (Εικόνα 14) τα οποία στη βάση τους είχαν καλύμματα από πλαστικά τρυβλία petri προσαρμοσμένα με κολλητική ταινία. Στα καλύμματα των τρυβλίων είχαν δημιουργηθεί ειδικές οπές, όπου και προσαρμόζονταν ένα ημισφαίριο (dome), το οποίο χρησιμοποιούνταν ως υπόστρωμα για την ωοτοκία. Επιπλέον, είχε προσαρμοστεί σπογγώδες φιλί το οποίο ήταν σε επαφή με τη βάση του τρυβλίου που περιείχε νερό, για να εξασφαλίζεται η επαρκής υγρασία (Εικόνα 15).. Στο κάθε κλουβί, υπήρχε άνοιγμα για αερισμό και ήταν καλυμμένο με λεπτό τούλι. Η παροχή τροφής γινόταν με τη μορφή ρευστών σταγόνων, και τοποθετούνταν πάνω στο λεπτό τούλι με τη βοήθεια μικροπιπέτας.



Εικόνα 15: Ατομικά κλουβιά για τη δημογραφία των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου



Εικόνα 16: Ατομικό κλουβί. Διακρίνεται το τεχνητό υπόστρωμα φωτοκίας (κόκκινο πλαστικό ημισφαίριο- dome) και το σπογγώδες φιλτίλι το οποίο ήταν σε επαφή με τη βάση του τρυβλίου που περιείχε νερό

Τα ενήλικα που εξέρχονταν από τις νύμφες της κάθε μεταχείρισης, τοποθετούνταν με τη βοήθεια αναρροφητήρα σε ατομικά κλουβιά ανά ζευγάρια (ένα θηλυκό με ένα αρσενικό) σε σταθερές συνθήκες: θερμοκρασία $25 \pm 2^\circ\text{C}$, σχετική υγρασία $50 \pm 20\%$ και φωτοπερίοδος 14Φ:10Σ.

Καθημερινά καταγράφονταν η δημογραφία, καθώς και η ωτοκία των θηλυκών για κάθε ζεύγος ενηλίκων. Επίσης καταγραφόταν η ημερομηνία θανάτου των ενήλικων ατόμων. Τα αυγά συλλέγονταν από το εσωτερικό του υποστρώματος ωτοκίας κάθε ατομικού κλουβιού με τη βοήθεια πινέλου και η καταμέτρησή τους γινόταν σε πλαστικά τρυβλία που είχαν ένα μαύρο, υγρό διηθητικό χαρτί για να είναι ευδιάκριτα λόγω του λευκού χρώματος (Εικόνα 16).



Εικόνα 17: Πλαστικά τρυβλία με μαύρο διηθητικό χαρτί στα οποία γινόταν η καταμέτρηση των αυγών

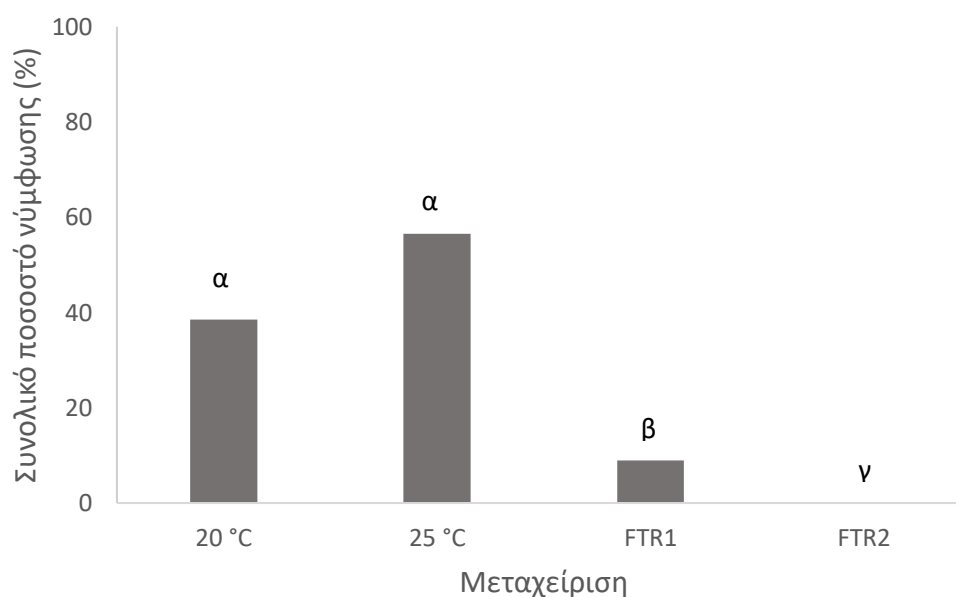
2.5 Στατιστική ανάλυση

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε το SPSS 26.0 (SPSS, Chicago, IL., USA). Η επίδραση των θερμοκρασιών διατήρησης των καρπών στην επιβίωση ανήλικων και ενήλικων της μύγας της Μεσογείου ελέγχθηκε με «binary logistic regression». Το μοντέλο Cox Regression επιλέχθηκε για να εξεταστεί η επίδραση των διαφορετικών θερμοκρασιών στη διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων (αυγό - νύμφη) και στην επιβίωση των ενήλικων. Για τη σύγκριση των δημογραφικών χαρακτηριστικών (επιβίωση ενηλίκων, ωοπαραγωγή των θηλυκών) χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο Cox Regression και γενικευμένα γραμμικά μοντέλα αντίστοιχα.

3. Αποτελέσματα

3.1 Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων από το αυγό ως τη νύμφη

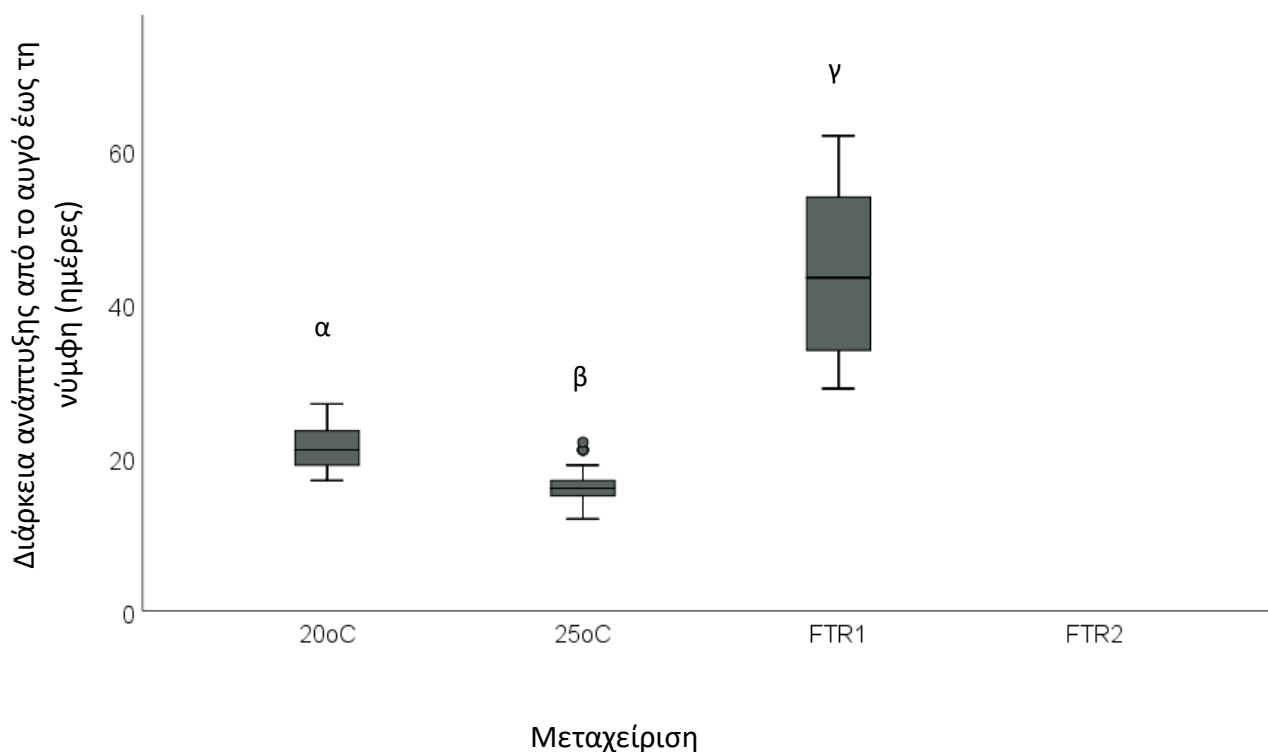
Στο Διάγραμμα 1, απεικονίζεται το ποσοστό της νύμφωσης στις τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις, που διατηρήθηκαν τα τεχνητώς προσβεβλημένα μήλα. Το συνολικό ποσοστό νύμφωσης δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ καρπών που είχαν διατηρηθεί στους 20 και 25°C. Ωστόσο και στις δύο αυτές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις το συνολικό ποσοστό νύμφωσης ήταν σημαντικά υψηλότερο συγκριτικά με το Θερμόκυκλο 1 (Wald $\chi^2= 392,050$, $df=3$, $P<0,001$) που ήταν περίπου 18%. Τέλος, από τους καρπούς το θερμόκυκλου 2, δεν προέκυψε καμία νύμφη (Πίνακας 2).



Διάγραμμα 1: Ποσοστό νύμφωσης από καρπούς που εκτέθηκαν 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 ($P>0,05$).

Στο Διάγραμμα 2, παρουσιάζεται ο χρόνος που χρειάστηκε για την ανάπτυξη από το στάδιο του αυγού έως και το στάδιο της νύμφης, για τις τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασίες που διατηρούνταν οι καρποί. Ο χρόνος από το στάδιο του αυγού έως και αυτό της νύμφης φάνηκε να επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων (Wald $\chi^2= 339,615$, $df=2$, $P<0,001$). Συγκεκριμένα, σε υψηλότερες θερμοκρασίες διατήρησης των καρπών φάνηκε να χρειάζεται σημαντικά λιγότερος χρόνος για την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων, ενώ αντίστοιχα για τα

ανήλικα στάδια που αναπτύχθηκαν σε καρπούς που διατηρούνταν στο Θερμόκυκλο 1, χρειάστηκε σχεδόν ο τριπλάσιος χρόνος. Το λιγότερο χρόνο για την ολοκλήρωση της ανάπτυξής τους χρειάστηκαν τα ανήλικα στάδια που αναπτύσσονταν στους 25°C. Τέλος ο Θερμόκυκλος 2 φάνηκε να οδηγεί σε ολική θνησιμότητα τα ανήλικα στάδια, αφού δεν προέκυψε καμία νύμφη. Για το λόγο αυτό, δεν συμπεριλήφθηκε και στην ανάλυση (Πίνακας 1).

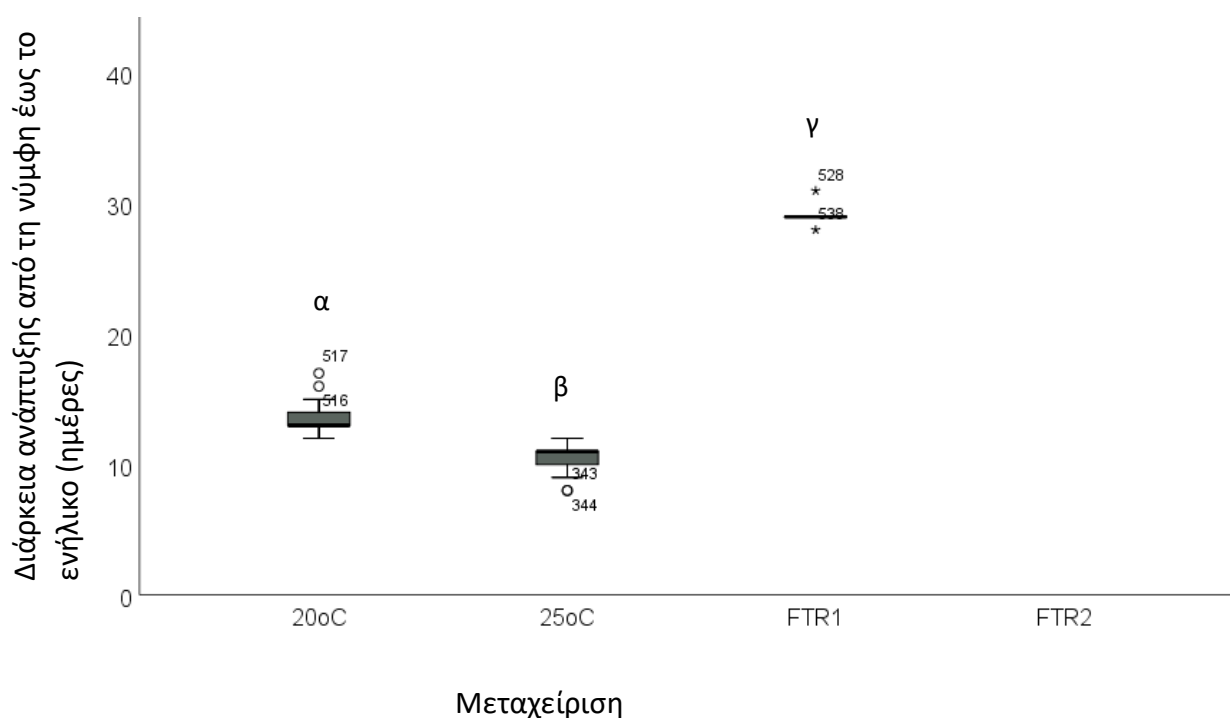


Διάγραμμα 2: Επίδραση της θερμοκρασιακής μεταχείρισης στη διάρκεια ανάπτυξης από το αυγό έως τη νύμφη σε ημέρες μεταξύ καρπών που είχαν εμφυτευτεί και διατηρηθεί στους 20°C, 25°C, FTR1 (20°C : 7°C, 2:2) και , FTR2 (20°C : 7°C, 2:6) αντίστοιχα). Κτυτιογράμματα που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός της κάθε δοκιμής δε διαφέρουν σημαντικά ($P>0,05$).

3.2 Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη από την νύμφη ως το ενήλικο

Στο Διάγραμμα 3, παρουσιάζεται η διάρκεια ανάπτυξης από το στάδιο της νύμφης έως και αυτό του ενήλικου, και το πως επηρεάστηκε από τις διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία που αναπτύσσονται τα ανήλικα στάδια, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση του σταδίου (Wald $\chi^2= 51,595$, $df=2$, $P<0,001$). Συγκεκριμένα, οι 25°C φαίνεται να χρειάζονται το λιγότερο χρόνο για την ανάπτυξη από το στάδιο της νύμφης έως και το στάδιο του ενήλικου, ενώ αντίστοιχα

στο Θερμόκυκλος 1 να απαιτείται ο περισσότερος χρόνος έως και την έξοδο των ενηλίκων.



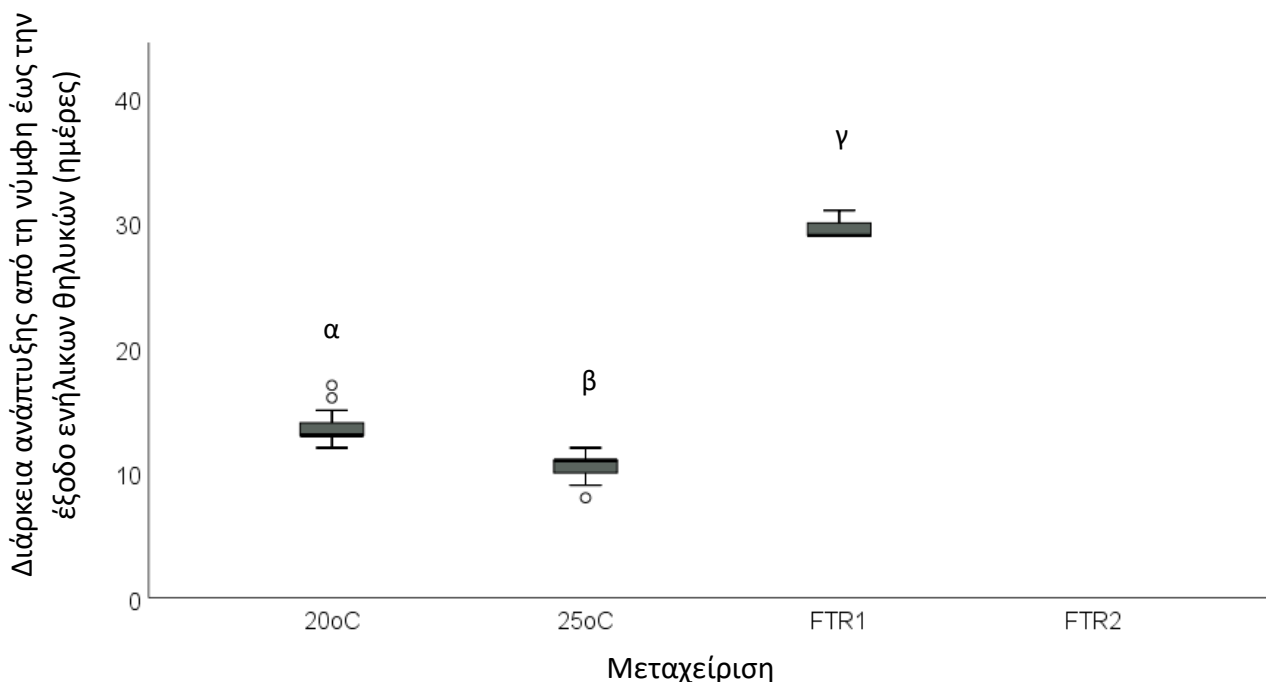
Διάγραμμα 3: Επίδραση της θερμοκρασιακής μεταχείρισης στη διάρκεια ανάπτυξης των νυμφών σε σχέση με τη θερμοκρασιακή μεταχείριση. Κυτιογράμματα που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός της κάθε δοκιμής δε διαφέρουν σημαντικά ($P>0,05$).

Πίνακας 1: Επίδραση της θερμοκρασίας στην διάρκεια ανάπτυξης των ανηλίκων της μύγας της Μεσογείου του πληθυσμού που προήλθε από την Μέσοι όροι της ανάπτυξης από το αυγό έως την νύμφη εκφρασμένο σε ημέρες και της ανάπτυξης από νύμφη έως ενήλικο εκφρασμένο σε ημέρες στις διαφορετικές μεταχειρίσεις.

| Μεταχείριση | Μέση διάρκεια ανάπτυξης (ημέρες \pm SE) | |
|-------------|---|-----------------------------|
| | Αυγό έως νύμφη | Νύμφη έως ενήλικο |
| 25°C | 16,05 \pm 0,19 (n=113) | 10,53 \pm 0,76 (n= 85) |
| 20°C | 21,41 \pm 0,38 (n=129) | 13,34 \pm 0,14 (n= 50) |
| FTR1 | 43,94 \pm 2,39 (n=18) | 29,16 \pm 0,40 (n=6) |
| FTR2 | 0 | 0 |

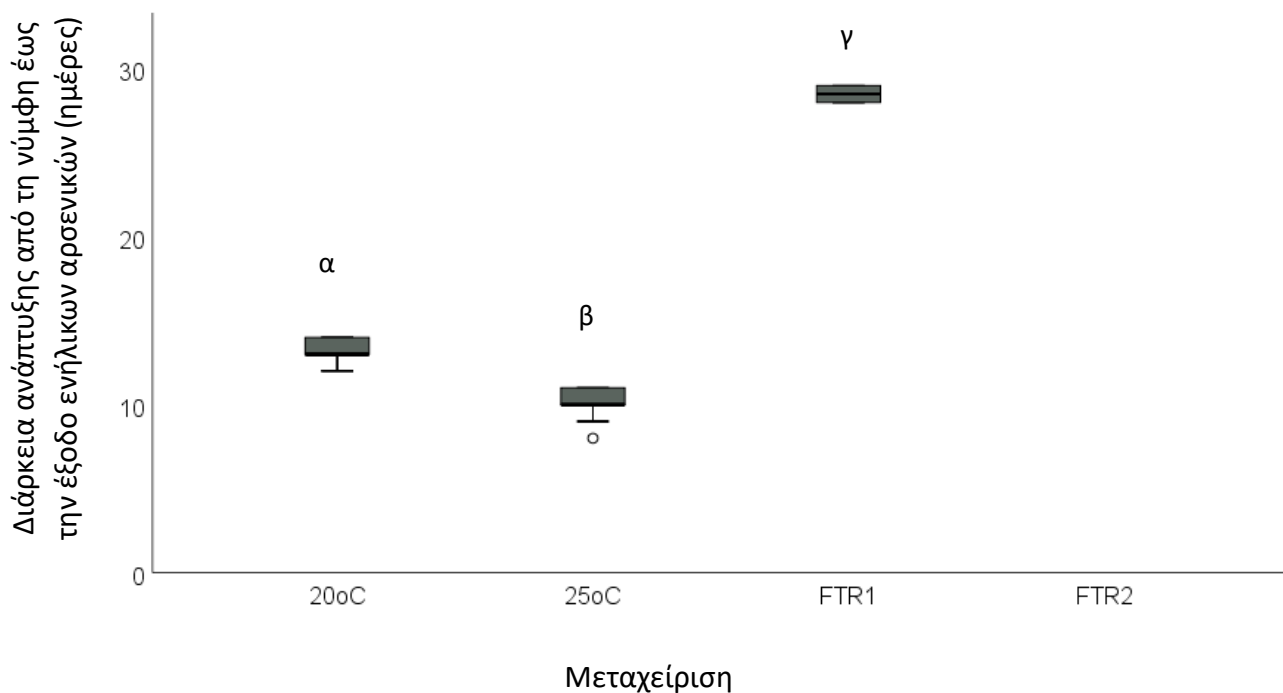
Στο Διάγραμμα 4, παρουσιάζεται η διάρκεια ανάπτυξης από το στάδιο της νύμφης έως και αυτό του ενηλίκου θηλυκού, και το πως επηρεάστηκε από τις διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις. Η έξοδος των ενηλίκων θηλυκών από το στάδιο της

νύμφης διήρκησε λιγότερες ημέρες για τις νύμφες που διατηρούνταν στους 25°C σε σχέση με αυτές που διατηρούνταν στο Θερμόκυκλο 1, με τις τελευταίες να χρειάζονται τη μεγαλύτερη διάρκεια για την έξοδο των ενήλικων θηλυκών (Wald $\chi^2=94,643$, $df=4$, $P<0,001$).



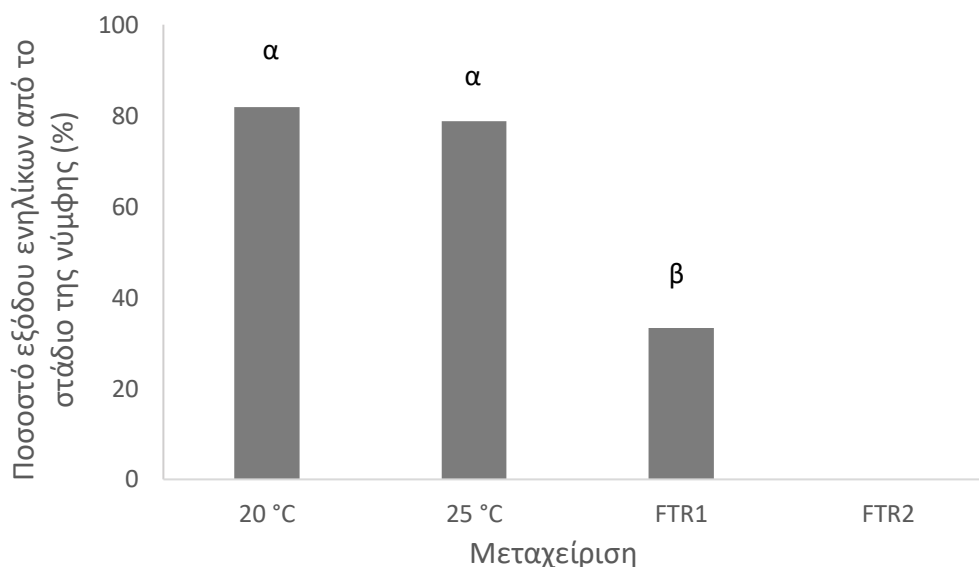
Διάγραμμα 4: Επίδραση της θερμοκρασιακής μεταχείρισης στη διάρκεια ανάπτυξης από το στάδιο της νύμφης έως την έξοδο των ενήλικων θηλυκών εκφρασμένη σε ημέρες. Στοιχεία που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός της κάθε δοκιμής δε διαφέρουν σημαντικά ($P>0,05$).

Στο Διάγραμμα 5, παρουσιάζεται η διάρκεια ανάπτυξης από το στάδιο της νύμφης έως και αυτό του ενήλικου αρσενικού, και το πως επηρεάστηκε από τις διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι, οι νύμφες που μεταφερόταν από τους 20°C στους 7°C ανά δύο ημέρες (Θερμόκυκλος 1) χρειάστηκαν τον περισσότερο χρόνο για την έξοδο των ενήλικων αρσενικών σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις 20°C και 25°C, με την τελευταία να χρειάζεται τις λιγότερες μέρες για την έξοδο των ενήλικων αρσενικών (Wald $\chi^2= 51,662$, $df=2$, $P<0,001$).



Διάγραμμα 5: Επίδραση της θερμοκρασιακής μεταχείρισης στη διάρκεια ανάπτυξης από το στάδιο της νύμφης έως την έξοδο των ενήλικων αρσενικών εκφρασμένη σε ημέρες. Στοιχεία που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός της κάθε δοκιμής δε διαφέρουν σημαντικά ($P>0,05$).

Στο Διάγραμμα 6 δίνεται το ποσοστό εξόδου ενηλίκων από νύμφες που είχαν διατηρηθεί στις τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις. Από το διάγραμμα, προκύπτει πως το ποσοστό ενηλικίωσης για τις νύμφες που αναπτύχθηκαν στο Θερμόκυκλο 1 ήταν σημαντικά χαμηλότερο συγκριτικά με αυτό των 25°C και των 20°C, με τις δύο τελευταίες μεταχειρίσεις να μη διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το ποσοστό ενηλικίωσης (Wald $\chi^2= 13,244$, $df=2$, $P<0,001$) (Πίνακας 2).



Διάγραμμα 6: Ποσοστό εξόδου ενηλίκων. Στήλες που ακολουθούνται από το διαφορετικό γράμμα εντός της κάθε δοκιμής διαφέρουν σημαντικά ($P>0,05$).

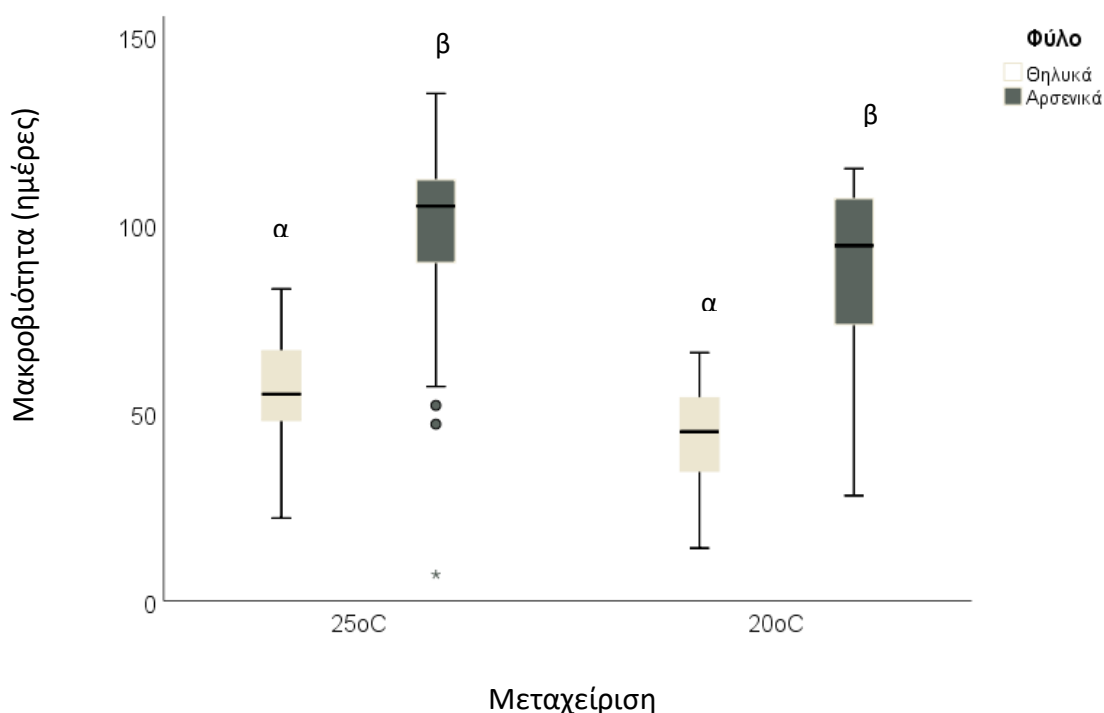
Πίνακας 2: Ποσοστά νύμφωσης και ενηλικίωσης από το στάδιο της νύμφης στις διαφορετικές μεταχειρίσεις.

| Μεταχείριση | Συνολικό ποσοστό % | |
|-------------|--------------------|----------------------------|
| | νύμφωσης (%) | Ενηλικίωσης από νύμφες (%) |
| 25°C | 56,5 (n=113) | 78,76 (n=44) |
| 20°C | 38,5 (n=77) | 81,81 (n=63) |
| FTR1 | 9 (n=18) | 33,3 (n=6) |
| FTR2 | 0 | 0 |

3.3 Επίδραση της θερμοκρασίας στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενηλίκων

Στο Διάγραμμα 7, παρουσιάζεται η επιβίωση των ενήλικων (θηλυκών & αρσενικών) σε σχέση με τις θερμοκρασίες διατήρησης των ανήλικων σταδίων (20°C και 25°C). Η επιβίωση των ενηλίκων (θηλυκών και αρσενικών) φαίνεται να μην επηρεάζεται αρνητικά από την αύξηση της θερμοκρασίας κατά το ανήλικο στάδιο (Wald $\chi^2= 10,484$, $df=1$, $P >0,05$). Παρόλα αυτά, η διάρκεια ζωής των αρσενικών διέφερε σημαντικά από

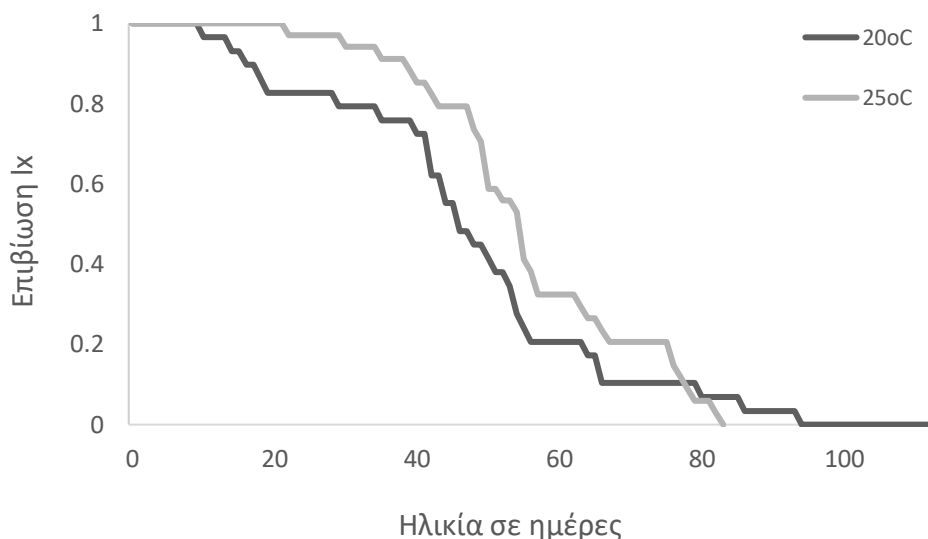
τη διάρκεια ζωής των θηλυκών, με τα αρσενικά και των δύο μεταχειρίσεων να παρουσιάζουν μεγαλύτερη μακροβιότητα σε σχέση με τα θηλυκά (Wald $\chi^2= 61,042$, $df=1$, $P<0,001$).



Διάγραμμα 7: Επίδραση της θερμοκρασίας ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων στην διάρκεια ζωής των θηλυκών και αρσενικών αντίστοιχα. Στοιχεία που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός της κάθε δοκιμής δε διαφέρουν σημαντικά ($P>0,05$).

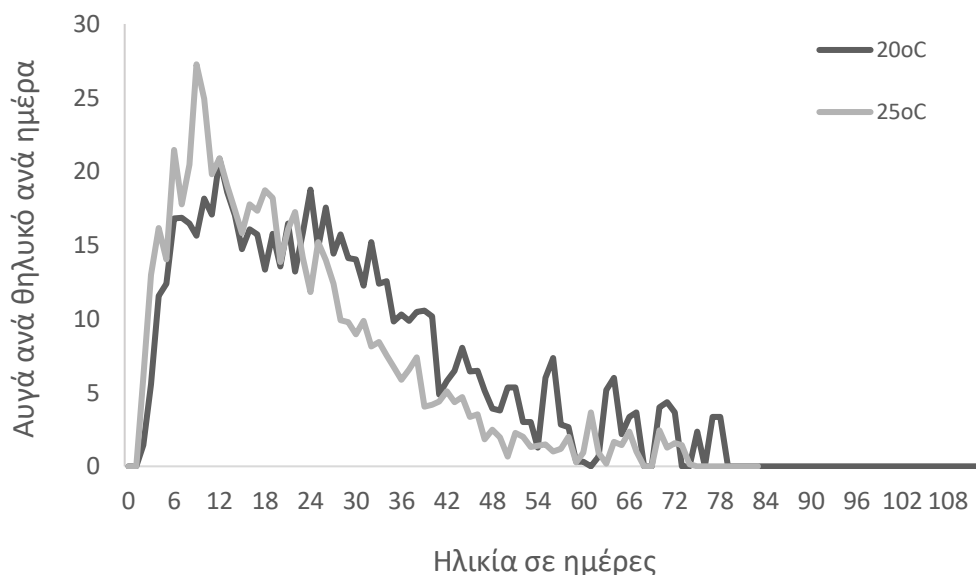
Στο Διάγραμμα 8 φαίνεται η επιβίωση των θηλυκών ατόμων που προήλθαν από νύμφες που είχαν διατηρηθεί στους 20°C και 25°C αντίστοιχα συγκριτικά με την ηλικία. Όπως προκύπτει η θερμοκρασία διατήρησής των νυμφών επηρέασε την μετέπειτα επιβίωση των θηλυκών (Wald $\chi^2= 11,529$, $df= 1$, $P < 0,001$). Συγκεκριμένα, τα θηλυκά που κατά το ανήλικό τους στάδιο αναπτύχθηκαν στους 20°C, επιβίωσαν μακρύτερο χρονικό διάστημα συγκριτικά με αυτά των 25°C. Επιπλέον από το διάγραμμα προκύπτει πως έως και τη 18^η ημέρα ζούσε το σύνολο των θηλυκών που προήλθαν από τους 20°C, ενώ μετά το πέρας αυτής, η επιβίωση παρουσίασε μία πτωτική πορεία έως και την ηλικία των 98 ημερών περίπου. Αντίστοιχα, για τα θηλυκά που προήλθαν από τους

25°C, έως και την 25^η ημέρα της ενήλικης ζωής τους ζούσε το σύνολο αυτών και στη συνέχεια επιβίωση παρουσίασε μία πτωτική πορεία έως και την ηλικία των 83 ημερών περίπου όπου σημειώθηκε και ο θάνατος του τελευταίου ατόμου.



Διάγραμμα 8: Καμπύλες επιβίωσης των θηλυκών που κατά το ανήλικό τους στάδιο ανάπτυξης διατηρήθηκαν στους 20°C, και των θηλυκών που κατά το ανήλικό στάδιο ανάπτυξής τους διατηρήθηκαν στους 25°C.

Στο Διάγραμμα 9 απεικονίζεται η πορεία ωοπαραγωγής μεταξύ των θηλυκών που προήλθαν από νύμφες που αναπτύχθηκαν στους 20°C και 25°C σε σχέση με την ηλικία. Η περίοδος προ-ωοτοκίας και για τις δύο θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις ήταν 4 ημέρες περίπου. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, η συνολική ωοπαραγωγή μεταξύ των θηλυκών των δύο θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων, δεν διέφερε σημαντικά (Wald $\chi^2=0,057$, $df=1$, $P > 0,05$). Τέλος, όπως προκύπτει από το διάγραμμα, τα θηλυκά που προήλθαν από νύμφες που κατά το ανήλικό τους στάδιο αναπτύχθηκαν στους 20°C, είχαν μία σταδιακή αύξηση της ωοπαραγωγής τους έως και την 12^η ημέρα της ενήλικης ζωής τους περίπου. Αυτή η αύξηση της ωοπαραγωγής συνεχίστηκε έως και την 36^η ημέρα περίπου, και έπειτα παρουσιάστηκε μία μείωση της ωοπαραγωγής έως και την ηλικία των 80 ημερών περίπου. Αντίστοιχα, για τα θηλυκά που προήλθαν από νύμφες που είχαν αναπτυχθεί στους 25°C, ο αριθμός των αυγών παρουσίασε μία σταδιακή αύξηση έως και την 12^η ημέρα της ενήλικης ζωής, και στη συνέχεια η ωοπαραγωγή άρχισε σταδιακά να μειώνεται έως και την 75^η ημέρα της ενήλικης ζωής τους.



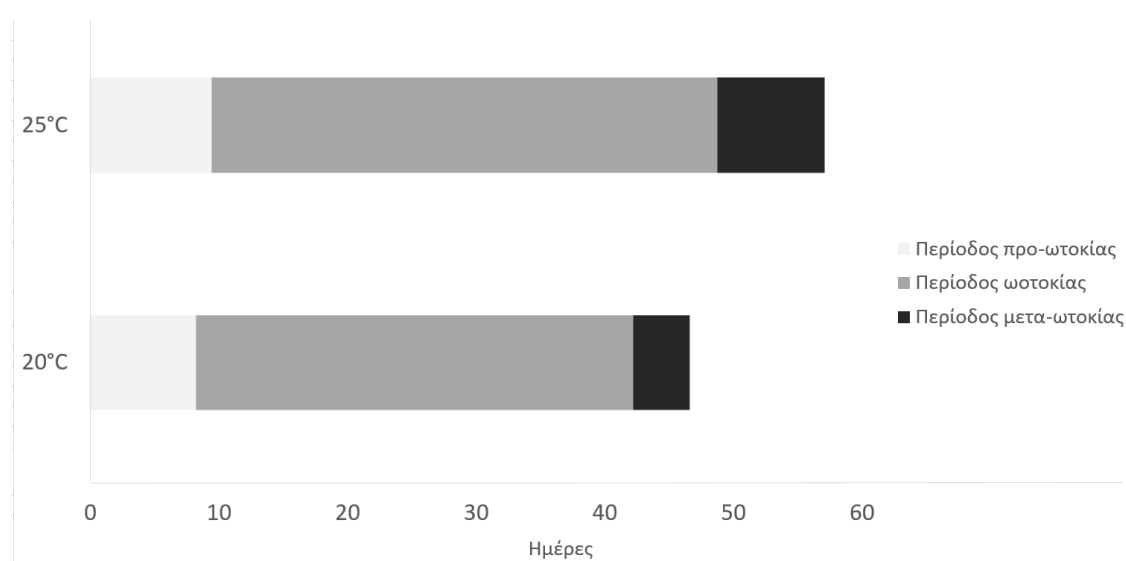
Διάγραμμα 9: Μέσος αριθμός αυγών σε σχέση με την ηλικία των θηλυκών που κατά το ανήλικό τους στάδιο ανάπτυξης διατηρήθηκαν στους 20°C, και των θηλυκών που κατά το ανήλικό στάδιο ανάπτυξής τους διατηρήθηκαν στους 25°C.

Πίνακας 3: Σύγκριση μέσων όρων επιβίωσης και ωοπαραγωγή των θηλυκών που κατά το ανήλικό στάδιο τους διατηρήθηκαν σε θερμοκρασίες 20°C και 25°C αντίστοιχα.

| Μεταχείριση | Μακροβιότητα (ημέρες ± SE) | Συνολική ωοπαραγωγή (αυγά ανά θηλυκό ± SE) |
|-------------|-------------------------------|--|
| 25°C (n=44) | 56,18 ± 2,30 | 491,34 ± 54,57 |
| 20°C (n=29) | 47,03 ± 3,81 | 522,28 ± 65,35 |

Στο Διάγραμμα 10, απεικονίζονται οι περίοδοι προ-ωοτοκίας, ωοτοκίας και μετά-ωοτοκίας για τα ενήλικα θηλυκά, τα οποία αναπτύχθηκαν ως ανήλικα στους 20°C και 25°C αντίστοιχα. Όπως φαίνεται, η θερμοκρασία ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων

δεν επηρέασε την περίοδο προ-ωτοκίας (Wald $\chi^2= 2,154$, $df= 1$, $P > 0,05$) και την περίοδο ωτοκίας (Wald $\chi^2= 0,434$, $df= 1$, $P > 0,05$) μεταξύ των θηλυκών των δύο θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων. Αντιθέτως, παρατηρείται ότι η περίοδος μετά την ωτοκία είναι σημαντικά μεγαλύτερη στα θηλυκά που προέκυψαν από ανήλικα που εκτράφηκαν στους 25°C (Wald $\chi^2= 4,942$, $df= 1$, $P= 0,026$) (Πίνακας 4).



Διάγραμμα 10: Περίοδοι προ-ωτοκίας, ωτοκίας και μετά-ωτοκίας των δύο θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων σε σχέση με τις ημέρες.

Πίνακας 4: Μέσοι όροι περιόδων προ-ωτοκίας, ωτοκίας και μετά-ωτοκίας στους 20°C και 25°C.

| Μεταχείριση | Αναπαραγωγική περίοδος (ημέρες ± SE) | | |
|--------------|--------------------------------------|--------------|-----------------|
| | Προ-ωτοκίας | Ωτοκίας | Μετά την ωτοκία |
| 25°C (n=44) | 9,44± 1,94 | 39,33 ± 2,43 | 8,31 ± 1,87 |
| 20°C (n= 29) | 8,2 ± 1,39 | 34,04 ± 3,33 | 4,4 ± 1,13 |

4. Συζήτηση και Συμπεράσματα

Στην παρούσα πτυχιακή ερευνήθηκε, το πως οι διαφορετικές θερμοκρασίες ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων μπορούν να επηρεάσουν τα ανήλικα στάδια ως προς την επιβίωσή τους αλλά και τα ενήλικα ως προς τα δημογραφικά τους χαρακτηριστικά (επιβίωση και ωοπαραγωγή).

Από τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής προκύπτει ότι η θερμοκρασία επηρεάζει α) τη διάρκεια ανάπτυξης των ανηλικών και β) την επιβίωση τους. Η θερμοκρασία επηρεάζει τόσο την ανάπτυξη και επιβίωση των αυγών και προνυμφών όσο και εκείνη των νυμφών. Επιπλέον, οι θερμοκρασιακές συνθήκες κατά την ανάπτυξη των ανηλικών σταδίων φαίνεται να επηρεάζουν σημαντικά και την επιβίωση των ενήλικων όσο και την ωοπαραγωγή των θηλυκών καθώς και την περίοδο μετά την ωοτοκία. Αναλυτικότερα, όσον αφορά τα ανήλικα στάδια του εντόμου, προέκυψε ότι α) η εκκόλαψη των αυγών ευνοήθηκε από τις υψηλότερες θερμοκρασίες, β) η διάρκεια νύμφωσης αυξήθηκε στις χαμηλότερες θερμοκρασίες, με ιδανική να παρουσιάζεται στη θερμοκρασιακή μεταχείριση των 25°C και γ) η διάρκεια από το στάδιο της νύμφης έως το ενήλικο αυξήθηκε με τη μείωση 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 προ – ωοτοκίας και ωοτοκίας, το διάστημα μετά την ωοτοκία ήταν σημαντικά μακρύτερο στους 25°C.

Από πλήθος ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί έχει αποδειχθεί, πως η θερμοκρασία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κλιματικούς παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη καθώς και στην επιβίωση των εντόμων (Trudgill et al. 2005, Ricalde et al. 2012). 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. Σε παρόμοια αποτελέσματα καταλήγουν και οι Dionysopoulou et al. (2020), όπου η ανάπτυξη από το στάδιο της προνύμφης έως και αυτό της νύμφης φάνηκε να επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, και συγκεκριμένα η αύξηση της θερμοκρασίας συντέλεσε στο να μειωθεί

η διάρκεια ανάπτυξης αυτών. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με αυτά που παρατηρήθηκαν και στην συγκεκριμένη εργασία, όπου η μείωση της θερμοκρασίας λειτούργησε ανασταλτικά για την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων. Επιπρόσθετα, έχει αποδειχθεί πως η θερμοκρασία επηρεάζει την εκκόλαψη των αυγών, κάτι που επιβεβαιώνεται και από τους Shourky & Hafez (1979). Στην έρευνα των παραπάνω φάνηκε ότι, το κατώτερο όριο για την εκκόλαψη των αυγών ήταν οι 11°C, ενώ η έκθεση των αυγών για δύο ημέρες στους 8-9°C μείωσε την εκκολαψιμότητα από 98% που ήταν στους 11°C σε 48% και δεν σημειώθηκε καμία εκκόλαψη όταν τα αυγά διατηρήθηκαν για έξι ημέρες στους 8-9°C. Τα παραπάνω πιθανώς εξηγούν την απουσία προνυμφών του συγκεκριμένου πειράματος για τον Θερμόκυκλο 2 (παραμονή εμφυτευμένων καρπών για 2 ημέρες στους 20°C και 6 ημέρες στους 7°C) καθώς και το μικρό ποσοστό προνυμφών και νυμφών για τον Θερμόκυκλο 1 (παραμονή εμφυτευμένων καρπών για 2 ημέρες στους 20°C και 2 ημέρες στους 7°C).

Επιπλέον, στη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, μελετήθηκε και η επίδραση των θερμοκρασιών στα ενήλικα άτομα και ειδικότερα, στα δημογραφικά χαρακτηριστικά αυτών. Και σε αυτή την περίπτωση φάνηκε πως η θερμοκρασία διατήρησης κατά τα ανήλικα στάδια ανάπτυξης επιδρά στην επιβίωση. Από τη σύγκριση των δύο θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων (20°C και 25°C) που εφαρμόστηκαν κατά τα ανήλικα στάδια, δεν προέκυψαν διαφορές ως προς τη συνολικοί επιβίωση των ενηλίκων, ωστόσο υπήρξαν διαφορές σε σχέση με το φύλο, με τα αρσενικά να επιβιώνουν μακρύτερο χρονικό διάστημα σε σχέση με τα θηλυκά λόγω του κόστους αναπαραγωγής. Σε παρόμοια συμπεράσματα καταλήγει και η έρευνα του Διαμαντίδη (2009), όπου τα ενήλικα αρσενικά υπερέχουν όσον αφορά τη μακροβιότητα, έναντι των θηλυκών.

Όσον αφορά την ωοπαραγωγή, η θερμοκρασία δεν φάνηκε να την επηρεάζει, παρά το ότι φάνηκε πως η μέση ωοπαραγωγή ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη για τα θηλυκά που κατά το ανήλικό τους στάδιο είχαν διατηρηθεί στους 20°C. Το παραπάνω αποτέλεσμα συμφωνεί και με αυτό από την έρευνα των Shourky & Hafez (1979), όπου η μέση ωοπαραγωγή μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Επιπλέον, στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και ο Ρούμπας (2019), σύμφωνα με τον οποίο τα θηλυκά που είχαν αναπτυχθεί ως ανήλικα στους 25°C, ωτόκησαν περίπου 315 αυγά στο σύνολο. Αντίστοιχα θηλυκά που είχαν αναπτυχθεί ως ανήλικα στους 30°C ωτόκησαν περίπου 161 αυγά. Τέλος τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής δείξαν πως οι περίοδοι προ-

ωοτοκίας και ωοτοκίας δε διέφεραν μεταξύ των δύο πληθυσμών ενώ η περίοδος μετά ωοτοκίας ήταν μεγαλύτερη για τα θηλυκά που κατά το ανήλικό τους στάδιο είχαν διατηρηθεί στους 25°C.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας πτυχιακής διατριβής, φαίνεται ότι η θερμοκρασία επηρεάζει εξίσου σημαντικά τα ανήλικα και τα ενήλικα άτομα του είδους *C. capitata*. Πιο συγκεκριμένα, τα ανήλικα στάδια και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενήλικων επηρεάστηκαν θετικά στις θερμοκρασίες των 20°C και 25°C, ενώ η εναλλαγή θερμοκρασιών που εφαρμόστηκε στον Θερμόκυκλο 1 (20°C:7°C, 2:2) είχε αρνητική επίδραση. Η ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων ολοκληρωνόταν συντομότερα στις θερμοκρασίες 20°C και 25°C, ενώ στον Θερμόκυκλο 1 (20°C:7°C, 2:2) η ολοκλήρωση των αναπτυξιακών σταδίων απαιτούσε περισσότερο χρόνο. Αντίστοιχα, το ποσοστό ενηλικίωσης από το στάδιο της νύμφης, ήταν πολύ μεγαλύτερο στους 20°C και 25°C σε σχέση με το χαμηλό ποσοστό του Θερμόκυκλου 1 (20°C:7°C, 2:2).

Συμπερασματικά, η θερμοκρασία διατήρησης των ανήλικων σταδίων δεν επηρεάζει μόνο την ανάπτυξη αυτών, αλλά και τα μετέπειτα δημογραφικά χαρακτηριστικά της μύγας της Μεσογείου. Οι πληροφορίες αυτές βοηθούν στην περαιτέρω κατανόηση της βιοοικολογίας του εντόμου καθώς και στην ανταπόκριση αυτού, κάτω από θερμοκρασιακές καταπονήσεις. Ωστόσο, θα πρέπει να γίνουν περαιτέρω έρευνες που να μελετούν την ικανότητα προσαρμογής του εντόμου σε νέα περιβάλλοντα.

5. Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση:

- Antonatos, S., Papadopoulos, N. T., Anastasaki, E., Kimbaris, A., & Papachristos, D. P. (2021). Oviposition Responses of Female Mediterranean Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) to Fruit Volatile Compounds. *Journal of Economic Entomology*, 114(6), 2307-2314.
- Armstrong, J. W. (1994). Commodity resistance to infestation by quarantine pests. *Quarantine treatments for pests of food plants*.
- Bale, J. S., & Hayward, S. A. L. (2010). Insect overwintering in a changing climate. *Journal of Experimental Biology*, 213(6), 980-994.
- 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 *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) and *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) at different moisture values in four soil types. *Environmental entomology*, 39(4), 1315-1322.
- Costa, A. M., Amorim, F. D. O., Anjos-Duarte, C. S., & Joachim-Bravo, I. S. (2011). Influence of different tropical fruits on biological and behavioral aspects of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera, Tephritidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 55, 355-360.
- De Meyer, M. (1999). Phylogeny of the Genus *Ceratitidis* (Dacinae: Ceratitidini). *Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behavior*, 409.
- Diamantidis, A. D., Carey, J. R., Nakas, C. T., & Papadopoulos, N. T. (2011). Population-specific demography and invasion potential in medfly. *Ecology and Evolution*, 1(4), 479-488.
- Diamantidis, A. D., Ioannou, C. S., Nakas, C. T., Carey, J. R., & Papadopoulos, N. T. (2020). Differential response to larval crowding of a long- and a short-lived medfly biotype. *Journal of evolutionary biology*, 33(3), 329-341.
- 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 *Ceratitidis 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.
- Eskafi, F. M., & Fernandez, A. (1990). Larval–pupal mortality of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) from interaction of soil, moisture, and temperature. *Environmental Entomology*, 19(6), 1666-1670.
- 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. (1989). Mediterranean region. *AS Robinson and G. Hooper*, 39-50.
- Gasperi, G., Bonizzoni, M., Gomulski, L. M., Murelli, V., Torti, C., Malacrida, A. R., & Guglielmino, C. R. (2002). Genetic differentiation, gene flow and the origin of infestations of the medfly, *Ceratitis capitata*. *Genetica*, 116(1), 125-135.
- Hallman, G. J. (1994). Mortality of third-instar Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) reared at three temperatures and exposed to hot water immersion or cold storage. *Journal of Economic Entomology*, 87(2), 405-408.
- Jean-Baptiste, M. C., de Brida, A. L., Bernardi, D., da Costa Dias, S., de Bastos Pazini, J., Leite, L. G., ... & Garcia, F. R. M. (2021). Effectiveness of Entomopathogenic Nematodes Against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) Pupae and Nematode Compatibility with Chemical Insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 114(1), 248-256.
- Jordão-paranhos, B. A., Walder, J. M., & Papadopoulos, N. T. (2003). A simple method to study parasitism and field biology of the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) on *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Biocontrol Science and Technology*, 13(6), 631-639.
- Kourti, A. (2002). Estimates of heterozygosity and patterns of geographic differentiation in natural populations of the medfly (*Ceratitis capitata*). *Hereditas*, 137(3), 173-179.
- 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).

- MacQuate, G. T., Sylva, C. D., & Jang, E. B. (2005). Efficacy of suppression of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in a persimmon orchard through bait sprays in adjacent coffee plantings. *Journal of Applied Entomology*, *129*, 110-117.
- Malacrida, A. R., Gomulski, L. M., Bonizzoni, M., Bertin, S., Gasperi, G., & Guglielmino, C. A. (2007). Globalization and fruitfly invasion and expansion: the medfly paradigm. *Genetica*, *131*(1), 1-9.
- Mavrikakis, P. G., Economopoulos, A. P., & Carey, J. R. (2000). Continuous winter reproduction and growth of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Heraklion, Crete, Southern Greece. *Environmental Entomology*, *29*(6), 1180-1187.
- Naserzadeh, Y., Mahmoudi, N., & Pakina, E. (2019). Biological and Reproductive Characteristics of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Dip.: Tephritidae), on Six Host Plants Under Vitro Conditions. *reproduction*, *12*(14), 15.
- Nash, W. J., & Chapman, T. (2014). Effect of dietary components on larval life history characteristics in the Medfly (*Ceratitis capitata*: Diptera, Tephritidae). *PLoS One*, *9*(1), e86029.
- Navarro-Campos, C., Martínez-Ferrer, M. T., Campos, J. M., Fibla, J. M., Alcaide, J., Bargues, L., ... & Garcia-Marí, F. (2011). The influence of host fruit and temperature on the body size of adult *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) under laboratory and field conditions. *Environmental entomology*, *40*(4), 931-938.
- Nestel, D., Papadopoulos, N. T., Pascacio-Villafán, C., Righini, N., Altuzar-Molina, A. R., & Aluja, M. (2016). Resource allocation and compensation during development in holometabolous insects. *Journal of Insect Physiology*, *95*, 78-88.
- Papachristos, D. P., Kimbaris, A. C., Papadopoulos, N. T., & Polissiou, M. G. (2009). Toxicity of citrus essential oils against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) larvae. *Annals of Applied Biology*, *155*(3), 381-389.
- 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., & Katsoyannos, B. (2003). Field parasitism of *Ceratitis capitata* larvae by *Aganaspis daci* in Chios, Greece. *BioControl*, 48(2), 191-195.
 - Papadopoulos, N. T., Katsoyannos, B. I., Kouloussis, N. A., Carey, J. R., Müller, H. G., & Zhang, Y. (2004). High sexual signalling rates of young individuals predict extended life span in male Mediterranean fruit flies. *Oecologia*, 138(1), 127-134.
 - Papadopoulos, N. T., Kouloussis, N. A., & Katsoyannos, B. I. (2006). Effect of plant chemicals on the behavior of the Mediterranean fruit fly.
 - Papadopoulos, N. T., Plant, R. E., & Carey, J. R. (2013). From trickle to flood: the large-scale, cryptic invasion of California by tropical fruit flies. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1768), 20131466.
 - Papadopoulos, N. T. (2014). Fruit fly invasion: historical, biological, economic aspects and management. In *Trapping and the detection, control, and regulation of Tephritid fruit flies* (pp. 219-252). Springer, Dordrecht.
 - Papadopoulos, N. T., Papachristos, D. P., & Ioannou, C. (2015). Citrus fruits and the Mediterranean fruit fly. *Acta Horti*, 1065, 1009-1018.
 - Peñarrubia-María, E., Avilla, J., & Escudero-Colomar, L. A. (2012). Survival of wild adults of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) under natural winter conditions in North East Spain. *Psyche*, 2012.
 - Quesada-Moraga, E., Santos-Quirós, R., Valverde-García, P., & Santiago-Alvarez, C. (2004). Virulence, horizontal transmission, and sublethal reproductive effects of *Metarhizium anisopliae* (Anamorphic fungi) on the

- German cockroach (Blattodea: Blattellidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 87(1), 51-58.
- Quesada-Moraga, E., Valverde-García, P., & Garrido-Jurado, I. (2012). The effect of temperature and soil moisture on the development of the preimaginal Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Environmental entomology*, 41(4), 966-970.
 - Rendon, P., McInnis, D., Lance, D., & Stewart, J. (2000). Comparison of Medfly male-only and bisexual releases in large scale field trials.
 - Ricalde, M. P., Nava, D. E., Loeck, 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. (1999). Genetic sexing strains in the medfly, *Ceratitidis capitata*: development, mass rearing and field application. *Trends Entomol*, 2, 81-104.
 - Rouse, P., Gourdon, F., & Quilici, S. (2006). Host specificity of the egg pupal parasitoid *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) in La Reunion. *Biological Control*, 37(3), 284-290.
 - Salvemini, M., Arunkumar, K. P., Nagaraju, J., Sanges, R., Petrella, V., Tomar, A., ... & Saccone, G. (2014). De novo assembly and transcriptome analysis of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* early embryos. *PLoS One*, 9(12), e114191.
 - Sharp, J. L., Ouye, M. T., Hart, W., Ingle, S., Hallman, G., Gould, W., & Chew, V. (1989). Immersion of Florida mangos in hot water as a quarantine treatment for Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of economic Entomology*, 82(1), 186-188.
 - Shoukry, A., & Hafez, M. (1979). Studies on the biology of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata*. *Entomologia Experimentalis et applicata*, 26(1), 33-39.
 - Sinclair, B. J., Alvarado, L. E. C., & Ferguson, L. V. (2015). An invitation to measure insect cold tolerance: methods, approaches, and workflow. *Journal of Thermal Biology*, 53, 180-197.
 - Trudgill, D., Honek, A. D. L. I., Li, D., & Van Straalen, N. M. (2005). Thermal time—concepts and utility. *Annals of Applied Biology*, 146(1), 1-14.

- Vargas, R. I., Walsh, W. A., Jang, E. B., Armstrong, J. W., & 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(1), 64-69.
- White, I. M., & Elson-Harris, M. M. (1992). *Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics*. CAB international.
- Zenil, M., Liedo, P., Williams, T., Valle, J., Cancino, J., & Montoya, P. (2004). Reproductive biology of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on *Ceratitis capitata* and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae). *Biological Control*, 29(2), 169-178.

Ελληνόγλωσση:

- Δεληγεωργίδης Ν. (2019). Βιολογία του παρασιτοειδούς *Aganaspis daci* σε προνύμφες και νύμφες του δάκου της ελιάς και της μύγας της Μεσογείου σε σταθερές συνθήκες στο εργαστήριο. 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 ανάπτυξή τους στα βιολογικά χαρακτηριστικά των ανηλίκων της μύγας της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). BS thesis.
- Διαμαντίδης, Α. (2009). Μελέτη της βιοοικολογίας και της συμπεριφοράς διαφορετικών πληθυσμών της μύγας της Μεσογείου *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Diss. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Σχολή Γεωπονικών Επιστημών. Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας.
- Ιωάννου, Χ. (2014). Μελέτη φυτικών ερεθισμάτων που επηρεάζουν την ωοτοκία και άλλες βιολογικές παραμέτρους της μύγας της Μεσογείου *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ)). Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και

Φυσικού Περιβάλλοντος. Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Ζωολογίας και Παρασιτολογίας).

- Κουκουγιαννίδου, Χ. Π. (2013). Επιβίωση των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου σε συνθήκες στέρησης τροφής και χαμηλές θερμοκρασίες. No. GRI-2013-10919. Aristotle University of Thessaloniki.
- Παπαδογιώργου, Γ. (2017). Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ αρσενικών σε φτωχό διατροφικό περιβάλλον, επηρεάζουν την επιλογή σύζευξης και την αρμοστικότητα των θηλυκών της μύγας Μεσογείου (*Ceratitis capitata*). MS thesis.
- Παπαδόπουλος Ν. (1999). Μελέτη της Βιολογίας και της Οικολογίας της μύγας της Μεσογείου *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) στη Βόρεια Ελλάδα. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Παπαδόπουλος Ν.Θ., Σταυρίδης Δ.Γ. Ζάρπας Κ.Δ. και Διαμαντίδης Α.Δ. (2012). Η μύγα της Μεσογείου στην Ελλάδα: υφιστάμενη κατάσταση και σχεδιασμός της αντιμετώπισής της. Γεωργία – Κτηνοτροφία, τεύχος 7, σελ. 38-46.
- 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 5 ης Πανελλήνιας Συνάντησης Φυτοπροστασίας Λάρισα.
- Παυλίδης, Κ. (2017). Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ αρσενικών σε φτωχό διατροφικό περιβάλλον, επηρεάζουν την επιλογή σύζευξης και την αρμοστικότητα των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*). MS thesis.
- 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., & Κατσόγιαννος, Β. Ι. (2003). Έντομα καρποφόρων δέντρων και αμπέλου. *Εκδόσεις Αγρότυπος α. ε., Αθήνα, σελ, 360.*
- Χατζόγλου Σ. (2019). Επίδραση της θερμοκρασίας κατά την ανάπτυξη των ανηλίκων και της μόλυνσης με το ενδοκυτταρικό βακτήριο *Wolbachia* στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου. Πτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Ηλεκτρονική πηγή 1:

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

Ηλεκτρονική πηγή 2:

<https://www.indiamart.com/proddetail/mcphail-trap-22473045891.html>