



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ
ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ**

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

ΣΤΑ ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ

ΤΗΣ ΜΥΓΑΣ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

ΠΟΥ ΠΡΟΕΡΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΒΙΕΝΝΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΧΘΗΚΕ ΣΕ ΝΕΡΑΤΖΙΑ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΧΑΤΖΗΛΑΖΑΡΟΥ ANNA ΜΕΛΙΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΒΟΛΟΣ, 2021

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

EFFECT OF TEMPERATURE
ON THE DEMOGRAPHIC TRAITS OF A MEDITERRANEAN FRUIT FLY
POPULATION FROM VIENNA DEVELOPED IN BITTER ORANGES

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

N. Παπαδόπουλος	Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εντομολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας	Επιβλέπων
Χ. Αθανασίου	Καθηγητής Εντομολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας	Μέλος
N. Τσιρόπουλος	Καθηγητής Χημείας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας	Μέλος

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

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κ. Παπαδόπουλο Θ. Νικόλαο που επέβλεψε την πτυχιακή μου, για την υπόδειξη του θέματος και τις συμβουλές του κατά την πραγματοποίηση του πειράματος και τις διορθώσεις στο τελικό κείμενο. Ευχαριστίες και προς τους καθηγητές κ. Αθανασίου Χ. και κ. Τσιρόπουλο Ν. για τη συμμετοχή τους στην τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Ευχαριστίες και προς την υποψήφια διδάκτορα Παπαδογιώργου Γεωργία για την πολύτιμη αρωγή της καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής μου, τόσο του πειραματικού μέρους όσο και της συγγραφής.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένειά μου, τη νονά μου και τους φίλους μου για την υποστήριξή τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου και της πτυχιακής μου εργασίας.

Πίνακας Περιεχομένων	
Ευχαριστίες.....	IV
Πίνακας Περιεχομένων	V
Περίληψη.....	1
Summary.....	2
1. Εισαγωγή.....	3
1.1 Γενικά για τη μύγα της Μεσογείου	3
1.2. Μορφολογία του εντόμου	3
1.3. Προέλευση και Γεωγραφική Κατανομή	6
1.4. Ξενιστές και οικονομική σημασία.....	7
1.5. Βιολογικός κύκλος του εντόμου	8
1.6 Αντιμετώπιση της μύγας της Μεσογείου.....	9
1.6.1 Καλλιεργητικά Μέτρα.....	9
1.6.2 Χημική αντιμετώπιση του εντόμου	10
1.6.3 Βιολογική αντιμετώπιση του εντόμου.....	10
1.6.4 Μαζική Παγίδευση	11
1.6.5 Τεχνική εξαπόλυσης στείρων εντόμων.....	12
1.7 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιβίωση και την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου	13
1.8 Παράγοντες που επηρεάζουν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των εντόμων .	16
1.9 Επίδραση της θερμοκρασίας στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενήλικων Terphritidae.....	18
1.10 Σκοπός	19
2. Υλικά και Μέθοδοι	21
2.1 Συνθήκες εργαστηρίου	21
2.2 Καρποί που χρησιμοποιήθηκαν.....	21
2.3 Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν	22
2.4 Εκτροφή Εντόμων.....	22
2.5 Πειραματική Διαδικασία	24
2.6 Στατιστική Ανάλυση	27
3. Αποτελέσματα.....	28
3.1 Επιβίωση και ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων από το αυγό ως τη νύμφη	28
3.2 Επιβίωση και ανάπτυξη από το στάδιο της νύμφης στο ενήλικο	29
3.3 Δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενήλικων	33
4. Συζήτηση	38
5. Βιβλιογραφία	40

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκε η επίδραση της θερμοκρασίας στα δημογραφικά χαρακτηριστικά της μύγας της Μεσογείου, *Ceratitis capitata*, σε συνθήκες εργαστηρίου. Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκε η επίδραση τεσσάρων διαφορετικών θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων σε πληθυσμό της μύγας της Μεσογείου που προήλθε από τη Βιέννη και εκτράφηκε για 4 γενιές στο εργαστήριο. Ως ξενιστής του εντόμου σε όλες τις δοκιμές χρησιμοποιήθηκε το νεράντζι.

Το πείραμα εκπονήθηκε στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Τα ανήλικα αναπτύχθηκαν σε νεράντζια σε τέσσερις μεταχειρίσεις. Οι θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις ήταν 25°C, 20°C, Θερμόκυκλος 1 (παραμονή για 2 ημέρες σε 20°C και για 2 ημέρες σε 5°C) και Θερμόκυκλος 2 (παραμονή για 2 ημέρες σε 20°C και για 6 ημέρες σε 5°C). Μετά τη νύμφωσή τους, τα έντομα μεταφέρονται σε ειδικά πλαστικά κλουβιά σε ζευγάρια και παρέμεναν στους 25°C.

Τα αποτελέσματα έδειξαν άμεση συσχέτιση με τη θερμοκρασία τόσο των δημογραφικών στοιχείων των ενήλικων, όσο και των ποσοστών επιβίωσης και διάρκειας ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου. Πιο συγκεκριμένα, τα ανήλικα που αναπτύσσονταν σε θερμοκρασία 20°C, απαιτούσαν περισσότερες ημέρες για τη νύμφωση και την έξοδο των ενηλίκων αλλά έδιναν ενήλικα με αυξημένη μακροβιότητα και αυξημένα ποσοστά ωοτοκίας σε σχέση με αυτά των 25°C. Τέλος, η επιβίωση στο Θερμόκυκλο 1 δεν ήταν υψηλή με αποτέλεσμα να μην ενταχθεί στην σύγκριση και ο Θερμόκυκλος 2 δεν έδωσε καθόλου αυγά.

Summary

We studied the effect of temperature on the demographic characteristics of the Mediterranean fly, *Ceratitis capitata*. We established four different temperature treatments using a Mediterranean fruit fly population originated from Vienna that was reared for 4 generations in the laboratory. In all cases, bitter oranges were used as hosts.

The experiment was conducted in the laboratory of Entomology and Agricultural Zoology at the University of Thessaly. The immature stages were developed in bitter oranges in four temperature treatments: 25°C, 20°C, Thermocycle 1 (remain for 2 days at 20°C and for 2 days in 5°C) and Thermocycle 2 (remain for 2 days at 20°C and for 6 days at 5°C). Soon after concluding the immature development, adults were transferred to transparent plastic cages in pairs and were kept at 25°C.

The results of the current study showed that the temperature regime during immature development affects the demographics of the adults and the survival and nymphing rates of the immature stages of the Mediterranean fly. In particular, a) insects that were kept at 20°C as egg, larvae and pupa, needed more days to reach the pupae stage and hatch but b) insects that were kept at 20°C as egg, larvae and pupa gave adults with increased longevity and increased spawning rates in comparison to those raised at 25°C. Finally, c) Thermocycle 1 did not provide sufficient individuals to be included in the comparison and Thermocycle 2 did not provide any eggs.

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά για τη μύγα της Μεσογείου

Η μύγα της Μεσογείου (Εικόνα 1), *Ceratitis capitata* ανήκει στην τάξη των Δίπτερων (Diptera) και στην οικογένεια Tephritidae. Σύμφωνα με τον De Meyer (2000) το γένος *Ceratitis* αριθμεί πάνω από 90 είδη με τα περισσότερα εξ αυτών να προέρχονται από τη ανατολική, υποσαχάρια Αφρική. Η μύγα της Μεσογείου προσβάλλει περισσότερα από 350 είδη φρούτων (Paradopoulos et al., 2002) κάτι που την ορίζει ως ένα εξαιρετικά πολυφάγο είδος και την καθιστά έναν από τους πιο σημαντικούς εχθρούς των καρποφόρων δέντρων παγκοσμίως (Liquidó et al. 1991, Mitchell & Saul 1990).



Εικόνα 1. Ενήλικο αρσενικό της μύγας Μεσογείου.

1.2. Μορφολογία του εντόμου

Η μύγα της Μεσογείου στο στάδιο του ενηλίκου έχει μήκος περίπου 4-6 mm, πλάτος 1,2-2 mm και χαρακτηρίζεται από μαύρες, καστανές και κίτρινες κηλίδες στη θωρακική περιοχή και στις πτέρυγες (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Η κεφαλή έχει κίτρινο χρώμα, σκουραίνει στη βάση των καστανέρυθρων κεραιών και φέρει μαύρες τρίχες στο ενδιάμεσο των λαμπερών, σύνθετων οφθαλμών. Στην κεφαλή των αρσενικών εκτός από

κεραίες φύονται και δύο έμμισχες ροπαλοειδείς αποφύσεις. Κίτρινο χρωματισμό εμφανίζει και ο θώρακας στην κοιλιακή του περιοχή ενώ στα νότια του εμφανίζει μαύρο χρωματισμό με ανοιχτόχρωμες κηλίδες (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003).

Οι πτέρυγες είναι διάφανες με μήκος 4,5 mm εκάστη και φέρουν μαύρες, καστανές και κίτρινες ζώνες και κηλίδες κάθετα προς τον άξονα του μήκους. Οι πτέρυγες παραμένουν μισάνοιχτες όταν το έντομο βαδίζει ή βρίσκεται σε ανάπαυση (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Όπως σε όλα τα δίπτερα, το πίσω ζεύγος των πτερύγων είναι τροποποιημένο σε αλτήρες για καλύτερη ισορροπία (Μπουχέλιος, 2018). Τα πόδια έχουν σκληρά, κίτρινα τριχίδια στις οπίσθιες κνήμες και γενικά φέρουν κιτρινέρυθρο χρωματισμό (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003).

Η κοιλία έχει πορτοκαλοκίτρινο χρώμα και χαρακτηρίζεται από δύο εγκάρσιες καστανές περιοχές και πολυάριθμα λεπτά στίγματα. Στο ενήλικο το μήκος της είναι μεγαλύτερο από το πλάτος και η κοιλία καταλήγει στον ωοθέτη ο οποίος έχει καστανέρυθρο χρώμα και μήκος 0,9-1,3 mm (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Ο εν λόγω ωοθέτης αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικά διάκρισης του ενήλικου θηλυκού από το αρσενικό.

Τα αυγά της μύγας της Μεσογείου είναι λευκά, ελλειψοειδή με διαστάσεις 0,9-1,1 mm επί 0,2 mm (Εικόνα 2). Τοποθετούνται στους ιστούς του ξενιστή μέσω του ωοθέτη (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012). Το 30-40% του βάρους τους αναλογεί σε λιπίδια (Κουκουγιαννίδου, 2013).



Εικόνα 2. Αυγά της μύγας Μεσογείου σε διηθητικό χαρτί

Η προνύμφη είναι άποδη, ακέφαλη με στενό το πρόσθιο μέρος της και ευρύτερο και κυλινδρικό το οπίσθιο. Το χρώμα της προνύμφης είναι λευκοκίτρινο και το μήκος της ποικίλει από 7 έως 9 mm (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Η προνύμφη έχει τρεις ηλικίες που γίνονται διακριτές κατά κύριο λόγο από το μήκος και τη μορφολογία του κεφαλοφαρυγγικού σκελετού. Η προνύμφη 1ης ηλικίας έχει μήκος 0,17-2,2 mm, η προνύμφη 2ης ηλικίας 2,3-5 mm και τέλος η προνύμφη 3ης ηλικίας έχει μήκος 6-10 mm (Papadopoulos et al., 2004).

Οι νύμφες (Εικόνα 3), είναι ελλειψοειδείς με μήκος 4-4,5 επί 2-2,5 mm (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Το χρώμα ποικίλει από υπόλευκο έως σκούρο καστανό (Papadopoulos et al., 2004). Οι νύμφες συνήθως βρίσκονται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους.



Εικόνα 3. Νύμφες της μύγας της Μεσογείου σε τρυβλίο Petri

1.3. Προέλευση και Γεωγραφική Κατανομή

Υπάρχουν πολλές απόψεις που τοποθετούν την καταγωγή του *C. capitata* σε διαφορετικές περιοχές της Αφρικής. Έρευνες από τον De Meyer (2002) προβάλλουν την κεντροανατολική Αφρική και ιδιαίτερα την Κένυα ως την περιοχή προέλευσης της μύγας της Μεσογείου. Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα βασίζεται στο γεγονός ότι στην περιοχή εκείνη, το έντομο προσβάλλει πολυάριθμα ιθαγενή φρούτα και ότι εκεί ενδημεί ένα συγκεκριμένο παρασιτοειδές που σχετίζεται με τη μύγα της Μεσογείου. Μία ακόμα έρευνα (Malacrida et al., 1998) τοποθετεί την προέλευση του εντόμου στην Κένυα αλλά το τεκμηριώνει με βάση την γενετική συσχέτιση μεταξύ του πληθυσμού της Κένυας και των λοιπών πληθυσμών της Μεσογείου.

Η μύγα της Μεσογείου «ταξίδεψε» από την Αφρική στη Μεσόγειο με την ανθρώπινη βοήθεια και παρατηρήθηκε για πρώτη φορά στην περιοχή της Μεσογείου το 1842 (Bonizzoni et al., 2004) στην Ιβηρική Χερσόνησο, το 1863 στην Ιταλία και το 1885 στην Γαλλία. Από την Ευρώπη μεταφέρθηκε στην Αυστραλία και στην ήπειρο της Αμερικής, όπου αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1955 (Malacrida et al., 1998).

Το 1915 παρατηρήθηκε για πρώτη φορά στη χώρα μας (Fimiani, 1989, Gasperi et al., 2002). Το 1959 αναφέρθηκε για πρώτη φορά στη Βόρεια Ελλάδα (Papadopoulos et al., 2001) και σήμερα εντοπίζεται τόσο στην ηπειρωτική όσο

και στην νησιωτική Ελλάδα και ιδιαίτερα σε περιοχές που καλλιεργούνται εσπεριδοειδή (Παπαδόπουλος κ.α., 2012).

1.4. Ξενιστές και οικονομική σημασία

Η μύγα της Μεσογείου αποτελεί ένα από τους πιο ζημιογόνους εχθρούς στον τομέα της γεωργίας καθώς έχει πάνω από 350 ξενιστές (Papadopoulos et al., 2002), με μεγαλύτερη προτίμηση σε μαλακούς καρπούς, χωρίς αυτό να εμποδίζει το έντομο από το να προσβάλλει και φρούτα με πιο σκληρό εξωκάρπιο (Gullan and Cranston, 1994).

Στα εσπεριδοειδή φαίνεται να προτιμά τα νεράντζια και έπειτα τα πορτοκάλια (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012). Στην ποικιλία πορτοκαλιών Valencia, η προσβολή πραγματοποιείται κατά τους θερινούς μήνες ενώ στα ομφαλόφρα πορτοκάλια, γίνεται αργά το φθινόπωρο. Τα μανταρίνια θα μπορούσαν να είναι ένας πολύ καλός ξενιστής αλλά δεν προτιμάται καθώς είναι κυρίως επιδεκτικά για προσβολή όταν η μύγα της Μεσογείου δεν είναι ιδιαίτερα δραστήρια δηλαδή κατά τους χειμερινούς μήνες (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Παρόλα αυτά, τα μανταρίνια κλημεντίνες, ωριμάζουν το Σεπτέμβριο με Οκτώβριο και αποτελούν πολύ καλό ξενιστή για τη μύγα της Μεσογείου (Martinez-Ferrer et al., 2011).

Στις βορειότερες περιοχές της χώρας που ενδημεί το έντομο, όπως η περιοχή της Θεσσαλονίκης, σημαντικός ξενιστής είναι τα μήλα (Papadopoulos et al., 1996) και συγκεκριμένα, η ποικιλία Golden Delicious, σε αντίθεση με τα Red Delicious και τα Granny Smith. Παρόλα αυτά, τα μήλα δεν αποτελούν την καλύτερη επιλογή ξενιστή συγκρινόμενα με άλλους ξενιστές, όπως τα σύκα, τα ροδάκινα και τα νεράντζια (Papadopoulos and Katsoyannos, 2002).

Η μύγα της Μεσογείου είναι ένας εχθρός μεγάλης οικονομικής σημασίας καθώς μπορεί να καταστρέψει την παραγωγή ολόκληρων καλλιεργειών. Οι πολλές και αλληλεπικαλυπτόμενες γενιές της καθώς και το υψηλό ποσοστό ωοτοκίας σε νεαρή ηλικία την καθιστά τόσο σημαντική. Δύο επιπλέον λόγοι είναι και η πολύ υψηλή επιβίωση προνυμφών σε ορισμένους ξενιστές και το γεγονός ότι δεν παρατηρείται διάπαυση γεγονός που καθιστά την αντιμετώπιση του

εντόμου δύσκολη, λόγω της ταυτόχρονης ύπαρξης όλων των σταδίων του εντόμου σε κάθε χρονική στιγμή (Carey, 1984).

Η οικονομική ζημιά που μπορεί να προκαλέσει η μύγα της Μεσογείου προέρχεται από την προσβολή στους καρπούς του ξενιστή που τους καθιστά μη εμπορεύσιμους. Το θηλυκό δημιουργεί νύγμα ωτοκίας το οποίο είναι εμφανές στα εσπεριδοειδή ως ένα στίγμα που όταν ο καρπός είναι ακόμα πράσινος, περιβάλλεται από χλωρωτική κηλίδα. Οι προνύμφες τρέφονται στο εσωτερικό του καρπού, υποβαθμίζοντας τον περαιτέρω. Στον καρπό επέρχεται σήψη μετά από τη νέκρωση της σάρκας και την ανάπτυξη δευτερογενών μυκήτων. Κατά τη σήψη του καρπού, κι άλλα έντομα εναποθέτουν τα αυγά τους όπως είδη *Drosophila*, *Carpophilus* και άλλα (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Αν δεν εφαρμοστεί κάποια μορφή καταπολέμησης, μπορεί να χαθεί όλη η παραγωγή και οι ζημιές να είναι πολύ σημαντικές προς το τέλος των καλοκαιρινών μηνών. Η μύγα της Μεσογείου εναποθέτει τα αυγά της σε πολύ μεγάλη ποικιλία ξενιστών και έχει τη δυνατότητα να διασπαρθεί σε μεγάλες αποστάσεις μέχρι να βρει τον κατάλληλο ξενιστή (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Επίσης, πέρα από την οικονομική ζημιά που προκαλεί στο εμπόριο των φρούτων, καθώς τα καθιστά μη εμπορεύσιμα, το έντομο μεταφέρεται μέσω της εμπορίας των φρούτων τόσο σε τοπική/περιφερειακή όσο και σε παγκόσμια κλίμακα (Ordax, 2015).

1.5. Βιολογικός κύκλος του εντόμου

Το *C. capitata* είναι ένα πολυκυκλικό είδος εντόμου το οποίο συμπληρώνει 3-7 γενιές ανά έτος ανάλογα με την περιοχή και τις κλιματικές συνθήκες (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Η διαχείμαση του εντόμου πραγματοποιείται στο στάδιο της προνύμφης στο εσωτερικό προσβεβλημένων καρπών που βρίσκονται επάνω στο δέντρο ή στο έδαφος ή στο στάδιο της νύμφης στο έδαφος. Σε μέρη με πολύ ήπιους χειμώνες έχει παρατηρηθεί και η διαχείμασή του εντόμου στο στάδιο του ενήλικου (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012). Την άνοιξη εμφανίζονται τα ενήλικα και τρέφονται με μελιτώδη αποχωρήματα, νέκταρ και άλλες ζαχαρούχες και αζωτούχες ουσίες σε υγρή μορφή. Με το πέρασ λίγων ημερών το ενήλικο είναι έτοιμο να συζευχθεί και αφού ολοκληρωθεί η σύζευξη, το θηλυκό μπορεί να προχωρήσει στην απόθεση

των αυγών ανοίγοντας μία οπή ωτοκίας στο περικάρπιο ή μεσοκάρπιο του ξενιστή (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Σε κάθε οπή το θηλυκό εναποθέτει 1-10 αυγά από τα οποία θα εκκολαφθούν προνύμφες οι οποίες θα τραφούν από τη σάρκα του καρπού (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012). Οι αναπτυσσόμενες προνύμφες εξέρχονται από τον καρπό και νυμφώνονται σε μικρό βάθος (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003).

1.6 Αντιμετώπιση της μύγας της Μεσογείου.

Η αντιμετώπιση της μύγας της Μεσογείου αποτελεί μία πολύ δύσκολη διαδικασία καθώς είναι ένα έντομο με πολλές γενιές το έτος και έχει την τάση να προσβάλλει τον καρπό λίγο πριν ή αφού έχει ωριμάσει. Υπάρχουν πολλές μελέτες και πολλοί διαθέσιμοι τρόποι προσέγγισης της καταπολέμησης της μύγας της Μεσογείου. Παρακάτω αναφέρονται συνοπτικά, τα σημαντικότερα καλλιεργητικά μέτρα, τόσο προσυλλεκτικά όσο και μετασυλλεκτικά, τρόποι χημικής αλλά και βιολογικής αντιμετώπισης του εντόμου καθώς και αντιμετώπιση με μαζική παγίδευση και με εξαπόλυση στείρων εντόμων.

1.6.1 Καλλιεργητικά Μέτρα

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να λαμβάνονται καλλιεργητικά μέτρα και να συλλέγονται, να αφαιρούνται και να καταστρέφονται όλοι οι μη εμπορεύσιμοι καρποί για να μην αποτελέσουν εκ νέου εστία μόλυνσης της μύγας της Μεσογείου. Αυτή η εργασία είναι επιθυμητό να γίνεται την περίοδο από το Φεβρουάριο ως και τον Ιούνιο (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012). Επιπλέον, προτείνεται η τήρηση φυσιολογικού καρπικού φορτίου στα δέντρα καθώς το υπερβολικό φορτίο μπορεί να προβεί ευνοϊκό για προσβολή από το έντομο. Μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί φρεζάρισμα, τόσο για την καταπολέμηση των ζιζανίων όσο και για την καταστροφή των νυμφών του εντόμου που βρίσκονται μέσα στο έδαφος καθώς και πρώιμη συγκομιδή. Κάνοντας πρώιμη συγκομιδή, αποφεύγεται η προσβολή από το θηλυκό το οποίο δεν είναι ακόμα έτοιμο να ωτοκήσει. Τα παραπάνω μέτρα αφορούν προσυλλεκτική δράση. Μετά τη συγκομιδή του καρπού, μπορούν να εφαρμοστούν και ορισμένες φυσικές μέθοδοι για την καταπολέμηση του εντόμου όπως είναι η εμβάπτιση του καρπού σε κρύο ή ζεστό νερό μετασυλλεκτικά (Sharp et al., 1989) και η έκθεση σε θερμό αέρα με πίεση (Armstrong, 1994).

1.6.2 Χημική αντιμετώπιση του εντόμου

Προκειμένου να γίνει ψεκασμός εναντίον του εντόμου, προηγείται παρακολούθηση με παγίδες (φερομονικές, τροφικές, χρωματικές) και δειγματοληπτικός έλεγχος σε καρπούς. Οι παγίδες που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως τύπου McPhail, Jackson ή άλλες. Στις παγίδες τύπου McPhail τοποθετείται κατά κύριο λόγο διάλυμα υδρολυμένης πρωτεΐνης με βόρακα, ή συνδυασμός των τριών ουσιών πουτρεσκίνη, τριμεθυλαμίνη και οξικό αμμώνιο. Στις Jackson τοποθετείται κάποιο ισχυρό ελκυστικό για τα αρσενικά όπως η παραφερμονόνη trimedlure (Katsoyannos et al., 1999; Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Η παρακολούθηση με παγίδες βοηθάει στο να μην πραγματοποιούνται άσκοποι ψεκασμοί.

Η χημική αντιμετώπιση συμπεριλαμβάνει δολωματικούς ψεκασμούς ή ψεκασμούς καλύψεως. Για την έναρξη και την επαναληψιμότητα των ψεκασμών συνιστώνται προγράμματα φυτοπροστασίας από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Οι δολωματικοί ψεκασμοί πραγματοποιούνται με κάποιο εγκεκριμένο εντομοκτόνο σε συνδυασμό με ελκυστικό υγρό υδρολυμένης πρωτεΐνης και γίνονται από το έδαφος καλύπτοντας ένα ποσοστό της κόμης του δέντρου. Οι ψεκασμοί καλύψεως στα εσπεριδοειδή είναι καλό να αποφεύγονται καθώς μειώνουν σημαντικά τους πληθυσμούς των ωφέλιμων εντόμων, αυξάνοντας έτσι τις προσβολές από άλλα, επιζήμια έντομα (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003).

1.6.3 Βιολογική αντιμετώπιση του εντόμου

Τα τελευταία έτη η βιολογική αντιμετώπιση των εντόμων έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα. Έτσι και στη μύγα της Μεσογείου, υπάρχουν βιολογικές λύσεις αντιμετώπισής της. Είναι εφικτό να γίνει εξαπόλυση παρασιτοειδών όπως το *Diachasmimorpha longicaudata*. Τα θηλυκά του *D. longicaudata* αποθέτουν τα αυγά τους στην προνύμφη του *C. capitata* που βρίσκεται μέσα σε διάφορους ξενιστές (Suárez et al., 2019). Με παρόμοιο τρόπο δρα και το παρασιτοειδές *Aganaspis pelleranoi* (Biancheri et al., 2019). Παρομοίως, το *Aganaspis daci* είναι ένα Υμενόπτερο που καταγράφηκε για πρώτη φορά στην Ευρώπη ως εχθρός της μύγας της Μεσογείου στη Χίο (Papadopoulos and Katsoyannos, 2003). Το παρασιτοειδές αυτό ωτοκεί στις προνύμφες της μύγας της

Μεσογείου και χαρακτηρίζεται ως ένα από τα πιο υποσχόμενα έντομα για την βιολογική καταπολέμηση της (Moraiti et al., 2020). Μία νέα, υποσχόμενη βιολογική μέθοδος καταπολέμησης του εντόμου, είναι η χρήση εντομοπαθογόνων μυκήτων στο έδαφος με σκοπό την θανάτωση των ενήλικων. Οι Gava et al. (2019) έδειξαν σε έρευνα τους ότι στελέχη του *Beauveria bassiana* όταν βρίσκονται στο έδαφος που νυμφώνεται η προνύμφη, είναι αποτελεσματικά για τη μύγα της Μεσογείου στο στάδιο της νύμφης και θανατώνουν το ενήλικο λίγες ημέρες μετά την έξοδό του από το νυμφικό περίβλημα.

1.6.4 Μαζική Παγίδευση

Αντιμετώπιση της μύγας της Μεσογείου μπορεί να επιτευχθεί και με μαζική παγίδευση. Στόχος της μεθόδου αυτής είναι να μειώσει τον πληθυσμό του εντόμου τόσο ώστε να μην προκαλείται οικονομική ζημιά στην καλλιέργεια. Η μαζική παγίδευση πραγματοποιείται με τη χρήση ελκυστικών παγίδων. Οι παγίδες αυτές περιέχουν ένα ελκυστικό υγρό που απελευθερώνει αμμωνία και μία τοξική ουσία όπως είναι το μαλαθείο ή κάποιο εντομοκτόνο όπως η πυρεθρίνη. Η συγκεκριμένη τεχνική αντιμετώπισης του εντόμου, εμφανίζει τα υψηλότερα επίπεδα επιτυχίας όταν ο πληθυσμός του εντόμου βρίσκεται σε χαμηλό επίπεδο (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Οι πρώτες έρευνες σχετικά με το νέο ελκυστικό Biodelear έχουν δείξει ότι μπορεί να αντιμετωπίσει πολύ αποτελεσματικά τους πληθυσμούς της *C. capitata* διατηρώντας ταυτόχρονα τη βιοποικιλότητα των αρθρόποδων και μη αποτελώντας κίνδυνο για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα αφορούσε σε σύγκριση μεταξύ του Biodelear και δύο κοινών ελκυστικών (Biolure και trimedlure) με τα αποτελέσματα να αναφέρουν παραπλήσια δράση και των τριών ελκυστικών. Πρέπει όμως να ληφθεί υπόψιν ότι το Biodelear αποτελεί μία πολύ οικονομικότερη λύση, λόγω των φθηνών πρώτων υλών (Bali et al., 2021), με μειωμένη τοξικότητα (Kouloussis et al., 2016). Το ελκυστικό είναι μία υγρή ουσία που προκύπτει από την αντίδραση Maillard μεταξύ φρουκτόζης και ουρίας παρουσία νερού σε αναλογία 3:1:1 (Bali et al., 2021). Ο τρόπος δράσης του νέου αυτού ελκυστικού έγκειται στην προσέλκυση των θηλυκών εντόμων και τον εγκλεισμό τους μέσα στην παγίδα, κάτι που οδηγεί στην θανάτωσή τους (Bempelou et al., 2018).

1.6.5 Τεχνική εξαπόλυσης στείρων εντόμων

Τέλος, ως μέθοδος αντιμετώπισης μπορεί να εφαρμοστεί και η τεχνική εξαπόλυσης στείρων εντόμων (SIT). Αυτή η διαδικασία βασίζεται στην εκτροφή των αρσενικών εντόμων και στείρωση τους με τη χρήση ακτινοβολίας γ πριν την εξαπόλυση τους στο περιβάλλον. Η χρήση της ακτινοβολίας όμως μειώνει το προσδόκιμο ζωής τους (Alrhey, 2002) και τα κάνει λιγότερο ανταγωνιστικά σε σχέση με τα άγρια αρσενικά για σύζευξη με άγρια θηλυκά (Kraaijeveld and Charman, 2004). Για να είναι αναπαραγωγικά έτοιμα τα στείρωμένα αρσενικά, πρέπει να επιβιώσουν 1-3 ημέρες μετά την εξαπόλυσή τους στο περιβάλλον (McInnis et al., 2002). Τα θηλυκά συζευγνύονται με τα αρσενικά και δεν δίνουν απογόνους. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε και στην Ελλάδα την περίοδο 1994-1996 (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Γενικά, υπάρχουν μειονεκτήματα στην τεχνική είτε από τα αρσενικά που δεν επιβιώνουν αρκετά για να συζευχθούν με τα θηλυκά είτε επειδή τα θηλυκά προτιμούν τα μη στείρωμένα αρσενικά. Για να αυξηθεί η ανταγωνιστικότητα σύζευξης των στείρων εντόμων, μπορεί να αντικατασταθεί κάποιο παλαιότερο στέλεχος ή να βελτιστοποιηθούν οι συνθήκες εκτροφής στελεχών (McInnis et al., 2002).

Λόγω της μειωμένης σεξουαλικής ανταγωνιστικότητας των αρσενικών, αναπτύχθηκε μία άλλη μέθοδος ως εναλλακτική της στείρωσης με χρήση ραδιενεργής ακτινοβολίας. Αυτή η μέθοδος ονομάζεται RIDL (Release of Insects carrying a dominant lethal) και στηρίζεται στην ύπαρξη κυρίαρχου θανατηφόρου γονιδίου σε ομοζυγωτία στα διαγονιδιακά αρσενικά. Αυτό το γονίδιο βρίσκεται σε καταστολή επειδή υπάρχει τετρακυκλίνη στην τροφή των προνυμφών, η οποία όμως δε συναντάται στη φύση. Συνεπώς, όταν τα διαγονιδιακά αρσενικά συζευχτούν με άγρια θηλυκά, οι απόγονοι που προκύπτουν φέρουν το γονίδιο σε ετεροζυγωτία και θανατώνονται στη φύση λόγω έλλειψης τετρακυκλίνης (Cong et al., 2005). Αυτή η τεχνική μπορεί να λειτουργήσει με οποιοδήποτε γονίδιο με προϋπόθεση ότι το χαρακτηριστικό που συνδέεται με αυτό, δεν υπάρχει στο φυσικό περιβάλλον του εντόμου (Alrhey and Andreasen, 2002). Παρόλα τα θετικά της, κάποιες έρευνες αναφέρουν ότι η μέθοδος RIDL μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα ανταγωνιστικότητας που συνδέεται άμεσα με την προσθήκη διαγονιδίων (Wilke et al., 2009).

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

Οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την επιβίωση και την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων ενός εντόμου μπορεί να είναι αβιοτικοί και βιοτικοί. Μεταξύ των αβιοτικών παραγόντων συγκαταλέγονται η θερμοκρασία, η υγρασία και άλλα, ενώ βιοτικοί παράγοντες θεωρούνται ο ξενιστής μέσα στον οποίο αναπτύσσεται και τρέφεται το έντομο, τα θρεπτικά συστατικά του ξενιστή, η πυκνότητα του πληθυσμού του εντόμου κατά τη διατροφή καθώς και διάφοροι ανταγωνιστές (μύκητες, άλλα έντομα κλπ.).

Αβιοτικοί παράγοντες

Έρευνες έχουν δείξει ότι η μύγα της Μεσογείου παρουσιάζει μεγάλα ποσοστά επιβίωσης σε θερμοκρασίες 15-30°C σε όλα της τα στάδια ανάπτυξης (Duyck and Quilici, 2002). Οι ίδιοι ερευνητές σημειώνουν ότι οι 25°C φαίνεται να είναι η ιδανικότερη θερμοκρασία για την ανάπτυξη του σταδίου της νύμφης ενώ σύμφωνα με τους Shoukry and Hafez (1979) οι 35°C προκαλούν το θάνατό της νύμφης.

Άλλη έρευνα επικεντρωμένη στα αυγά, παρουσιάζει τους 11°C ως το κατώτερο όριο για την ανάπτυξη των αυγών του εντόμου. Σημειώνει ότι η διατήρηση των αυγών για 2 ημέρες στους 8-9°C μειώνει το ποσοστό εκκόλαψης σε 48% από το αρχικό 98% που παρατηρούνταν στους 11°C. Η διατήρηση των αυγών στην θερμοκρασία των 8-9°C για 6 ημέρες απέτρεπε κάθε εκκόλαψη. Αντίστοιχα, τοποθέτηση των αυγών σε υγρασία 30% για 6 ώρες μείωνε το ποσοστό εκκόλαψης κατά 86% από το αρχικό 98% ενώ για τις διπλάσιες ώρες, δηλαδή 12, δεν παρατηρούνταν καμία απολύτως εκκόλαψη (Shoukry and Hafez, 1979).

Οι Quesada et al. (2012), πραγματοποίησαν μία έρευνα στην οποία μελέτησαν την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου σε διαφορετικές θερμοκρασίες (15, 20, 25, 30 και 35°C) και υγρασίες (1, 5, 9, 13 και 17%). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι χρειάζονται 12,8 με 32,4 ημέρες για να φτάσει το 50% του πληθυσμού στο ενήλικο στάδιο. Σχετικά με την ιδανικότερη θερμοκρασία και υγρασία για το μεγαλύτερο ποσοστό εξόδου ενηλίκων, αυτή παρατηρήθηκε στους 24,8°C και σε υγρασία εδάφους 5%.

Βιοτικοί παράγοντες

Σε έμμεση συσχέτιση με τη θερμοκρασία, ένας παράγοντας που επηρεάζει την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων είναι η πυκνότητα των προνυμφών κατά τη διατροφή τους. Αν υπάρχει μεγάλος πληθυσμός προνυμφών, παράγεται μεταβολική θερμότητα, η οποία μειώνει το ρυθμό ανάπτυξης του εντόμου (Duyck and Quilici, 2002). Η προνύμφη ψάχνοντας να βρει το σημείο του υποστρώματος με την υψηλότερη θρεπτική αξία, αργεί περισσότερο να συγκεντρώσει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για να καταφέρει να νυμφωθεί. Ως συνέπεια αυτού, μειώνεται ο ρυθμός ανάπτυξης κάτι που οδηγεί σε νύμφες με μικρότερο βάρος και μήκος (Δημοτάκης, 2010).

Η μεταμόρφωση του εντόμου από αυγό σε προνύμφη μπορεί να επηρεαστεί από τον ξενιστή. Διαφορετικά χαρακτηριστικά των καρπών των ξενιστών μπορούν να επηρεάσουν ποικιλοτρόπως την ανάπτυξη των εντόμων. Μία έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους τους Yousef et al. (2019) υποστηρίζει ότι το αυξημένο ποσοστό εκκόλαψης αυγών σε ένα ξενιστή δεν συσχετίζεται με το αν είναι προτιμότερος σε σχέση με άλλα φρούτα. Πιο συγκεκριμένα, αυτό το κομμάτι της έρευνας επικεντρώνεται σε κάποια εσπεριδοειδή (πορτοκάλια ποικιλίας Valencia, μανταρίνια κλημεντίνες) και σε λωτούς. Αναφέρεται ότι ενώ στο λωτό εναποτίθενται πολλά αυγά, το ποσοστό που εν τέλει εκκολάπτεται είναι μικρό. Η χαμηλή συγκέντρωση αντιοξειδωτικών στο φρούτο, ευνοεί την τοποθέτηση αυγών σε αυτό αλλά οι φυσικοχημικές ιδιότητες του καρπού αποτρέπουν την εκκόλαψη πολλών αυγών που τοποθετούνται στη σάρκα του. Αντίστοιχα, στα μανταρίνια κλημεντίνες εναποτίθενται μικρός αριθμός αυγών αλλά σχεδόν όλα νυμφώνονται. Στην περίπτωση των εσπεριδοειδών και της μανταρινιάς, τα αιθέρια έλαια που παράγουν λειτουργούν ως απωθητικό για τις θηλυκές μύγες που ψάχνουν τον κατάλληλο ξενιστή. Οι Parachristos και Paradopoulos (2009) αναφέρουν ότι αφού τοποθετήσει η μύγα των ωσθέτη στο φρούτο, έρχεται σε επαφή με μεγάλη ποσότητα αιθέριου ελαίου, γεγονός που οδηγεί πολλές φορές στην αφαίρεση του ωσθέτη χωρίς την τοποθέτηση αυγού στον ξενιστή.

Σε ότι αφορά την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων των εντόμων ο ξενιστής επηρεάζει και τη διάρκεια ανάπτυξης της προνύμφης. Για παράδειγμα, στα μήλα η διάρκεια του προνυμφικού σταδίου είναι σημαντικά μεγαλύτερη από ότι σε άλλα φρούτα. Πιο συγκεκριμένα, αυτό συμβαίνει στην ποικιλία μήλων με

την υψηλότερη οξύτητα σε σύγκριση με άλλες, δηλαδή στα Granny Smith (Paradopoulos and Katsoyannos, 2002). Λόγω αυτού του χαρακτηριστικού των μήλων (παρατεταμένη διάρκεια στο προνυμφικό στάδιο) και εξαιτίας του υψηλού ποσοστού σε αιθέρια έλαια των πορτοκαλιών της ποικιλίας Valencia αυτοί οι δύο ξενιστές χαρακτηρίζονται ως οι λιγότερο κατάλληλοι για τη μύγα της Μεσογείου (Yousef et al., 2019). Αυτό συμβαίνει επειδή όσο παρατείνεται η προνυμφική ανάπτυξη τόσο πιο ευαίσθητο και εκτεθειμένο είναι το έντομο σε φυσικούς εχθρούς. Επίσης, τα αιθέρια έλαια είναι τοξικά για τα ανήλικα στάδια του εντόμου. Ένα χαρακτηριστικό που διαχωρίζει τον ποιοτικά καταλληλότερο ξενιστή είναι η διάρκεια ολοκλήρωσης της ανάπτυξης του εντόμου σε αυτόν. Όσο καταλληλότερος είναι ο ξενιστής, τόσο πιο γρήγορα ολοκληρώνει το έντομο την ανάπτυξή του (Navarro-Campos et al., 2011). Οι Liu and Ye (2009) αναφέρουν ότι η μύγα της Μεσογείου ολοκληρώνει την ανάπτυξή της σε ξενιστές όπως το μάνγκο σε μία βδομάδα ενώ στο κυδώνι μπορεί να χρειαστούν πάνω από 3 εβδομάδες.

Η επιβίωση των προνυμφών σε διαφορετικούς ξενιστές μπορεί να φτάσει ως και σε 70% (Carey, 1984). Στα εσπεριδοειδή, το νεράντζι φαίνεται να είναι το πιο ευνοϊκό για την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων του εντόμου, ακολουθούμενο από το πορτοκάλι, ενώ το λεμόνι δεν θεωρείται ευνοϊκός ξενιστής (Parachristos et al., 2008).

Οι Parachristos και συνεργάτες (2008) πραγματοποίησαν μία έρευνα που επικεντρώνεται στα εσπεριδοειδή ως ξενιστές και πως επηρεάζουν το κάθε ανήλικο στάδιο του εντόμου. Στα εσπεριδοειδή υπάρχουν 3 διαφορετικά στρώματα φλοιού, το flavedo, το albedo και η σάρκα. Οι πιθανότητες επιβίωσης του εντόμου διαφοροποιούνται ανάλογα με το στρώμα στο οποίο γίνεται η ωτοκία. Χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές ποικιλίες πορτοκαλιών, μία λεμονιών και μία νεραντζιών και βρέθηκε ότι καμία δεν επηρέασε με κανέναν τρόπο το στάδιο του ωού. Στο στάδιο της προνύμφης όμως το ποσοστό επιβίωσης αυτών που τοποθετήθηκαν στο “flavedo” ήταν μηδενικό, με μοναδική εξαίρεση τα νεράντζια, που πάλι εμφάνισαν χαμηλό ποσοστό επιβίωσης (μόλις 22,5%). Οι προνύμφες που ωτοκήθηκαν στο “albedo” είχαν 9,8-17,4% ποσοστό επιβίωσης, με εξαίρεση πάλι τα νεράντζια που σημείωσαν επιβίωση 76%. Σε ότι αφορά το τελευταίο ανήλικο στάδιο, τη νύμφη, τα ποσοστά επιβίωσης ήταν υψηλά σε όλους τους ξενιστές. Το μεγαλύτερο

ποσοστό επιβίωσης παρατηρήθηκε στα νεράντζια αλλά από τις 3 ποικιλίες πορτοκαλιών προήλθαν οι μεγαλύτερου βάρους νύμφες. Η διάρκεια του νυμφικού σταδίου ήταν κατά μέσο όρο 12 ημέρες. Η αυξημένη θνησιμότητα στα πορτοκάλια και τα λεμόνια ενδεχομένως να οφείλεται στα αιθέρια έλαια που περιέχονται στο “flavedo” τους και είναι τοξικά για την προνύμφη της μύγας της Μεσογείου. Επιπλέον, αυτοί οι ξενιστές περιέχουν 25-50% περισσότερα αιθέρια έλαια από ότι οι καρποί των νεραντζιών (Parachristos et al., 2008). Όσον αφορά την επίδραση του ξενιστή στο μέγεθος των ενήλικων, το πορτοκάλι ως ξενιστής δίνει τα μικρότερα σε μέγεθος έντομα σε σχέση με άλλα φρούτα (Navarro-Campos et al., 2011).

1.8 Παράγοντες που επηρεάζουν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των εντόμων

Αβιοτικοί παράγοντες

Τα δημογραφικά χαρακτηριστικά της μύγας της Μεσογείου επηρεάζονται από τις συνθήκες θερμοκρασίας που επικρατούν κατά τα ανήλικα και ενήλικα στάδια του εντόμου. Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν από τον Ρούμπα (2019) υποστηρίζουν ότι τα θηλυκά, αντέχουν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε χαμηλές θερμοκρασίες σε σχέση με τα αρσενικά, κάτι που μπορεί να οφείλεται στο διαφορετικό μέγεθος σώματος και μεταβολικό ρυθμό των δύο φύλων. Βέβαια, και τα δύο φύλα πέθαναν μετά από σύντομη έκθεσή τους στους $-8,1^{\circ}\text{C}$ (Ρούμπας, 2019).

Η τροφή των εντόμων μπορεί να επηρεάσει τα δημογραφικά τους χαρακτηριστικά. Η μύγα της Μεσογείου όταν βρίσκεται σε περιόδους έλλειψης τροφής, έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει αποθέματα λιπιδίων που ανέπτυξε κατά την ανήλικη ζωή της αναστέλλοντας βασικές λειτουργίες της όπως η ωοτοκία. Με τη βοήθεια αυτών των αποθεμάτων, τα ενήλικα είναι δυνατό να επιβιώσουν 4 ημέρες κατά μέσο όρο (Κουκουγιαννίδου, 2013). Πέρα από τη διακοπή της ωοτοκίας, η στέρηση τροφής επηρεάζει τα δημογραφικά χαρακτηριστικά και σε σχέση με τα δύο φύλα. Πειράματα έδειξαν ότι τα θηλυκά επιβιώνουν περισσότερο διάστημα σε αυτές τις συνθήκες από ότι τα αρσενικά. Αυτό ενδεχομένως να δικαιολογείται με τη μεταφορά λιπιδίων από τους πόρους παραγωγής αυγών στο σώμα των θηλυκών και την ανάγκη των αρσενικών σε

μεγάλες ποσότητες τροφής για να εκδηλώσουν σεξουαλικό κάλεσμα και να παράγουν την ελκυστική φερομόνη που ελκύει τα θηλυκά. Επιπλέον, τα αρσενικά αν δεν έχουν επαρκείς ποσότητες τροφής πιθανόν να μη μπορέσουν να παράξουν ικανοποιητικές ποσότητες σπέρματος (Κουκουγιαννίδου, 2013) κάτι που συνδέεται έμμεσα και με τις έρευνες της Παπαδογιώργου (2017). Η Παπαδογιώργου υποστηρίζει ότι τα θηλυκά άτομα που συζεύγονται με αρσενικά των οποίων η τροφή δεν περιέχει πρωτεΐνη, παράγουν λιγότερα αυγά σε σύγκριση με τα θηλυκά που συζεύχθηκαν με αρσενικά των οποίων η διατροφή περιείχε πρωτεΐνη, καθώς η πρωτεΐνη αυξάνει την επιτυχία σύζευξης των αρσενικών (Shelly and Kennelly, 2002, Papadopoulos et al., 2003). Τα θηλυκά των οποίων η τροφή ήταν πλούσια σε πρωτεΐνη έχουν αυξημένη μακροζωία και ωοτοκία σε σύγκριση με τα θηλυκά των οποίων η τροφή στερούνταν πρωτεΐνης (Papanastasiou et al., 2013). Η αυξημένη ωοτοκία στα θηλυκά που έχουν πρωτεΐνη στην τροφή τους δικαιολογείται επειδή η έλλειψη της πρωτεΐνης στη διατροφή μειώνει τη σεξουαλική δεκτικότητα και ελκυστικότητα των θηλυκών. Αυτό φυσικά δεν έρχεται χωρίς κόστος, καθώς η αυξημένη παραγωγή αυγών των θηλυκών που έχουν τραφεί με πρωτεΐνη, οδηγεί σε αυξημένα ποσοστά θνησιμότητας, κυρίως λόγω της κατανομής των ενεργειακών πόρων στην παραγωγή αυγών (Papanastasiou et al., 2013).

Βιοτικοί παράγοντες

Ο ξενιστής της μύγα της Μεσογείου είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τα δημογραφικά της χαρακτηριστικά. Αναφέρεται ότι το ποσοστό των αυγών που είχαν αναπτυχθεί και εκκολάφθηκαν σε πορτοκάλια ποικιλίας Valencia και σε φρούτα του λωτού ήταν μικρότερο από το ποσοστό που αντιστοιχεί σε μήλα, σε μανταρίνια κλημεντίνες και σε ροδάκινα (Yousef et al., 2019). Οι ίδιοι ερευνητές όπως και οι Papachristou et al. (2008) αναφέρουν ότι υπάρχουν μεν διαφορές σε κάποια βασικά χαρακτηριστικά των καρπών των εσπεριδοειδών, όπως το πάχος του φλοιού, παρόλα αυτά δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ των διαφορετικών εσπεριδοειδών στο ποσοστό εκκόλαψης αυγών. Πιο συγκεκριμένα, στα μανταρίνια κλημεντίνες το ποσοστό εκκόλαψης ήταν υψηλότερο από ότι στα πορτοκάλια ποικιλίας Valencia, ενδεχομένως λόγω της διαφορετικής δομής του φλοιού στα πρώτα και τη φύση των αιθέριων ελαίων που περιλαμβάνονται.

Τα αιθέρια έλαια βέβαια διαδραματίζουν ρόλο στην ωοπαραγωγή των ενήλικων εντόμων καθώς την διεγείρουν (Κουμιωτάκη, 2019).

1.9 Επίδραση της θερμοκρασίας στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενηλικών Tephritidae.

Οι Duyck et al. (2010) σε μία έρευνα που δημοσίευσαν για το *Ceratitis rosa* (που ανήκει στην οικογένεια των Tephritidae) αναφέρουν ότι ο αναπαραγωγικός ρυθμός εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία που συνδέεται και με το υψόμετρο σε σχέση με τη μείωση της θερμοκρασίας και την αύξηση του υψομέτρου. Σε όσο πιο υψηλό υψόμετρο και συνεπώς πιο χαμηλές θερμοκρασίες αναπαράγεται η μύγα των φρούτων *Ceratitis rosa*, ο ρυθμός αναπαραγωγής μειώνεται. Αντίστοιχα, με την μείωση του αναπαραγωγικού ρυθμού, δηλαδή με την αύξηση του υψομέτρου, αυξάνεται το προσδόκιμο ζωής αλλά μόνο στις αρσενικές μύγες καθώς το υψόμετρο δεν επηρεάζει τις θηλυκές μύγες (Duyck et al., 2010). Όπως σε όλα τα έντομα, έτσι και στα Tephritidae, το μέγεθος του εντόμου είναι μεγαλύτερο σε χαμηλές θερμοκρασίες όπως είναι και η διάρκεια παραμονής του σε κάθε στάδιο ανάπτυξης (Navarro-Campos et al., 2011). Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν από την Κουκουγιαννίδου (2013) αναφέρουν ότι ακόμα και σε περιορισμένη έκθεση των ενήλικων εντόμων σε χαμηλές θερμοκρασίες, ο πληθυσμός των εντόμων μειώνεται τόσο λόγω μείωσης της διάρκειας ζωής όσο και λόγω αύξησης των ποσοστών θνησιμότητας. Παρόλα αυτά, σημειώνονται διαφορές μεταξύ των δύο φύλων, με τα θηλυκά άτομα να παρουσιάζουν μεγαλύτερη μακροζωία και επιβίωση στις χαμηλές θερμοκρασίες.

Η αντοχή στην καταπόνηση κάτω από χαμηλές θερμοκρασίες επηρεάζεται από την ηλικία των ενήλικων ατόμων (Nyamukondiwa and Terblanche, 2010). Έντομα ηλικίας 19-20 ημερών, έχουν αυξημένο ποσοστό θνησιμότητας στις χαμηλές θερμοκρασίες σε σχέση με αυτά των 11-12 ημερών (Κουκουγιαννίδου, 2013).

Τα έντομα της οικογένειας Tephritidae παρουσιάζουν αυξημένη θνησιμότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες. Ο δάκος της ελιάς *Bactrocera oleae* πεθαίνει στο εργαστήριο στους -7°C έπειτα από δίωρη συνεχόμενη έκθεσή του

σε αυτή τη θερμοκρασία ενώ η μύγα της Μεσογείου αντέχει κατά μέσο όρο μέχρι τους $-8,1^{\circ}\text{C}$ για μακρά περίοδο (Κουκουγιαννίδου, 2013).

Οι Duyck and Quilici (2002) αναφέρουν ότι η μύγα της Μεσογείου χρειάζεται 16 με 64 ημέρες για να ολοκληρώσει την ανάπτυξή της σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 15 μέχρι 30°C . Η χαμηλότερη θερμοκρασία για την ωρίμανση των ωοθηκών έχει υπολογιστεί στους $8,1^{\circ}\text{C}$ (Duyck and Quilici, 2002).

Τέλος, ο ξενιστής μέσα στον οποίο αναπτύχθηκε η προνύμφη επηρεάζει εν τέλει την αντοχή του ενήλικου στις χαμηλές θερμοκρασίες. Τα ενήλικα που προήλθαν από προνύμφες που τράφηκαν από φυσικό ξενιστή (νεράντζι) παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες σε σχέση με τα ενήλικα που προήλθαν από προνύμφες που αναπτύχθηκαν σε τεχνητή εκτροφή. Αυτό δικαιολογείται ενδεχομένως από την ύπαρξη συμβιωτικών μικροοργανισμών στο φυσικό ξενιστή (Κουκουγιαννίδου, 2013).

1.10 Σκοπός

Η μύγα της Μεσογείου είναι ένα πολύ-μελετημένο έντομο. Έχουν γίνει έρευνες πάνω στις διατροφικές προτιμήσεις, στους ιδανικότερους ξενιστές για την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων του και στη συμπεριφορά σύζευξης σε σχέση με πολλούς διαφορετικούς παράγοντες και ερεθίσματα. Ακόμα, έχει μελετηθεί η συμπεριφορά του εντόμου σε ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, στέρησης τροφής στον αγρό αλλά και στο εργαστήριο. Έχουν μελετηθεί εκτενώς διάφορες σταθερές θερμοκρασίες αλλά όχι τόσο οι μεταβαλλόμενες. Επίσης, ενώ έχει μελετηθεί η συμπεριφορά του εντόμου που προέρχεται από πολλά σημεία της Ελλάδας, δεν υπάρχουν έρευνες που να επικεντρώνονται στον πληθυσμό της Βιέννης. Η Βιέννη αποτελεί το όριο της γεωγραφικής κατανομής της μύγας της Μεσογείου.

Σκοπός της παρούσης πτυχιακής εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας στην επιβίωση και την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων (αυγό, προνύμφη, νύμφη) αλλά και στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενήλικων ατόμων της μύγας της Μεσογείου που αναπτύχθηκαν σε νεράντζια ως ξενιστή.

Πιο αναλυτικά, για τα τρία ανήλικα στάδια, δηλαδή του αυγού, της προνύμφης και της νύμφης, σκοπός ήταν η συλλογή στοιχείων σχετικά με την επιβίωση και τη διάρκεια ανάπτυξης των σταδίων του αυγού και της νύμφης όταν αναπτύσσονται σε νεράντζια ως ξενιστές αλλά σε διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας. Αυτές οι συνθήκες θερμοκρασίας ήταν 2 σταθερές θερμοκρασίες, στους 25°C και στους 20°C και 2 κύκλοι εναλλασσόμενων θερμοκρασιών, οι θερμόκυκλοι. Στον πρώτο θερμόκυκλο τα προσβεβλημένα νεράντζια ανταλλάσσονταν ανά 2 ημέρες μεταξύ των 20°C και των 5°C. Στο δεύτερο θερμόκυκλο τα φρούτα παρέμεναν για 6 ημέρες στο ψυγείο στους 5°C και για 2 ημέρες στους 20°C.

Για τα ενήλικα της μύγας της Μεσογείου, σκοπός ήταν η παρατήρηση της διάρκειας ζωής των αρσενικών και θηλυκών ατόμων που αναπτύχθηκαν σε νεράντζια ως ξενιστές σε διαφορετικές θερμοκρασίες ανάπτυξης καθώς και η μελέτη των αναπαραγωγικών χαρακτηριστικών των θηλυκών ατόμων, όπως η ωοπαραγωγή και οι αναπαραγωγικοί περίοδοι, που αναπτύχθηκαν σε νεράντζια σε διαφορετικές θερμοκρασίες ανάπτυξης. Η μελέτη των ενήλικων για όλες τις θερμοκρασιακές μεταχειρίσεις πραγματοποιήθηκε στους 25°C καθώς τα ενήλικα διατηρούνταν σε αυτή τη θερμοκρασία μετά την έξοδό τους από το νυμφικό περίβλημα.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Συνθήκες εργαστηρίου

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στα Εντομοδωμάτια του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Εντομοδωμάτιο / θάλαμος εκτροφής

Οι συνθήκες που επικρατούσαν κατά τη διεκπεραίωση του πειράματος κατά τη χρονική περίοδο Μάρτιος- Αύγουστος 2020 ήταν σταθερές και ήταν:

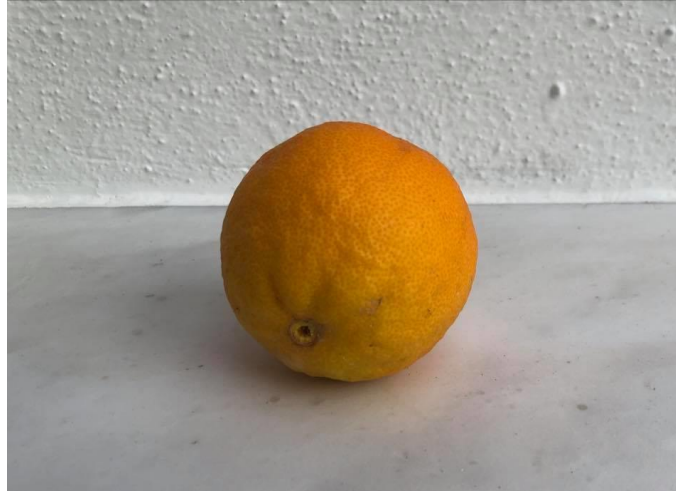
Εντομοδωμάτιο #1: 20 ± 2 °C, σχετική υγρασία $50\% \pm 20\%$ και φωτοπερίοδο Φ14:Σ10 με έναρξη στις 07:00 και λήξη στις 20:00.

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

Θάλαμος ανάπτυξης: 5 °C, σχετική υγρασία $50\% \pm 20\%$ και φωτοπερίοδο Φ14:Σ10 με έναρξη στις 07:00 και λήξη στις 20:00.

2.2 Καρποί που χρησιμοποιήθηκαν

Χρησιμοποιήθηκαν Νεράντζια που συλλέχθηκαν από την περιοχή του Βόλου, μη προσβεβλημένα από άλλο έντομο ή παθογόνο και τα οποία δεν είχαν δεχτεί καμία χημική επέμβαση (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Νεράντζι πριν την τεχνητή προσβολή

2.3 Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν

Χρησιμοποιήθηκαν αυγά πληθυσμού που προέρχονται από την περιοχή της Βιέννης που είχαν συλλεχθεί από εκτροφή που πραγματοποιείται στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Τα αυγά προέρχονταν από την τέταρτη γενιά F4 εκτροφής στο εργαστήριο.

2.4 Εκτροφή Εντόμων

Η εκτροφή των εντόμων πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας μέσα σε ειδικό δωμάτιο με ελεγχόμενες συνθήκες και σταθερή θερμοκρασία, φωτισμό και σχετική υγρασία. Οι συνθήκες αυτές ήταν 25°C , 55 ±5% σχετική υγρασία και Φ14:Σ10. Η εκτροφή έγινε σε κλωβούς από ξύλο με διαστάσεις 30 x 30 x 30 cm (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Κλωβός εκτροφής ενηλίκων

Οι τρεις πλευρές του κλωβού καλύπτονται από συρμάτινο πλέγμα και η τρίτη από γυαλί. Μέσα στον κλωβό εκτροφής τοποθετείται τροφή από υδρολυμένη πρωτεΐνη, ζάχαρη και νερό σε αναλογία 1:4:5 σε στερεοποιημένη μορφή πάνω σε πλαστικά τρυβλία petri διαμέτρου 9 cm. Παράλληλα, στο εσωτερικό του κλωβού υπάρχει ένα κυλινδρικό φιαλίδιο με νερό από την άκρη του οποίου προεξέχει ένα κομμάτι σπογγώδες φιλί. Για την ωτοκία χρησιμοποιούνται τεχνητά υποστρώματα ωτοκίας τα οποία είναι πλαστικά, κόκκινα ημισφαίρια με μικρές οπές στις οποίες τα θηλυκά εναποθέτουν τα αυγά τους. Από την άλλη πλευρά του υποστρώματος ωτοκίας γίνεται η συλλογή των αυγών με μαλακό πινέλο προκειμένου να πραγματοποιηθεί η εκτροφή της επόμενης γενιάς. Αυτό συμβαίνει με την τοποθέτηση των αυγών σε βαμβάκι με ειδική τροφή σε δίσκο βάμβακος που βρίσκεται μέσα σε τρυβλίο. Τα τρυβλία αυτά τοποθετούνται σε αποστειρωμένη άμμο στην οποία και εξέρχονται οι προνύμφες για να νυμφωθούν. Από την άμμο γίνεται συχνή συλλογή των νυμφών και τοποθετούνται σε τρυβλίο και μέσα στα ξύλινα κουτιά για να ενηλικιωθούν. Στο συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκε η F4 γενιά.

2.5 Πειραματική Διαδικασία

Πραγματοποιήθηκαν εμφυτεύσεις αυγών σε 80 φρούτα (νεράντζια) με τη βοήθεια μικροσκοπίου. Σε κάθε φρούτο τοποθετήθηκαν 10 αυγά με κατάλληλο πινέλο μέσω δύο οπών (5 αυγά/οπή) που δημιουργήθηκαν στην επιφάνεια του καρπού σε διαμετρικά αντίθετες θέσεις. Οι οπές πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια βελόνας στην οριζόντια διάμετρο του φρούτου. Η πληγή στον καρπό καλυπτόταν με χάρτινη ταινία. Στην ταινία γινόταν οπή με τη χρήση βελόνας για αερισμό. Πραγματοποιήθηκαν 20 επαναλήψεις/ θερμοκρασία/ μεταχείριση.

Το κάθε φρούτο τοποθετήθηκε ατομικά μέσα σε ένα πλαστικό δοχείο του οποίου η βάση είχε καλυφθεί με άμμο και από πάνω του τοποθετήθηκε ένα κομμάτι οργανίνης και ένα λαστιχάκι για αποφυγή προσβολών από άλλα έντομα (Εικόνα 7). Τέλος, τοποθετήθηκε εξωτερικά του κάθε δοχείου κατάλληλη ετικέτα για αναγνώριση. Η ετικέτα συμπεριλάμβανε τη γενιά F4 και την προέλευση του πληθυσμού του εντόμου (Βιέννη), τη θερμοκρασία στην οποία παρέμενε το φρούτο και την αρίθμηση της μεταχείρισης καθώς και την ημερομηνία που πραγματοποιήθηκε η εμφύτευση των αυγών μέσα στο φρούτο.



Εικόνα 7. Κεσεδάκι με οργανίνα

Τα δοχεία με τα φρούτα χωρίζονταν ανά 20 και οδηγούνταν σε διαφορετικές μεταχειρίσεις. Οι μεταχειρίσεις που ακολουθήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Μεταχειρίσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Μεταχείριση	Θερμοκρασία
1 ^η (20 φρούτα)	20°C
2 ^η (20 φρούτα)	25°C
3 ^η / Θερμόκυκλος 1 (20 φρούτα)	20°C για 2 ημέρες, 5°C για 2 ημέρες
4 ^η / Θερμόκυκλος 2 (20 φρούτα)	20°C για 2 ημέρες, 5°C για 6 ημέρες

Οι προνύμφες ολοκληρώνοντας την ανάπτυξή τους εξέρχονταν από τον καρπό και έπεφταν στην άμμο στην οποία και νυμφωνόνταν. Καθημερινά καταγραφόταν ο αριθμός των νυμφών σε κάθε επανάληψη της κάθε μεταχείρισης. Οι νύμφες συλλέγονταν και τοποθετούνταν ατομικά σε τρυβλία petri, στην αντίστοιχη θερμοκρασία στην οποία συλλέχθηκαν, στα οποία και παρέμεναν μέχρι την έξοδο του ενήλικου εντόμου. Σε καθημερινή βάση καταγράφονταν ο αριθμός των ενήλικων εντόμων που είχαν εξέλθει καθώς και το φύλο τους.

Εν συνεχεία, τα ενήλικα έντομα τοποθετούνταν σε ζεύγη (ένα θηλυκό, ένα αρσενικό) σε ατομικά, πλαστικά κλουβιά δημογραφίας με ένα κομμάτι σίτας στην οποία εναποθέτονταν η τροφή (Εικόνα 8). Συνολικά καταγράφηκαν: από τα ανήλικα που είχαν αναπτυχθεί στους 20°C 24 ζεύγη και 2 αρσενικά μόνα τους, στους 25°C 26 ζεύγη και 1 αρσενικό μόνο του, στο Θερμόκυκλο 1 1 θηλυκό και στο Θερμόκυκλο 2 κανένα ενήλικο έντομο. Η μεταφορά τους από τα τρυβλία petri γινόταν με χρήση αναρροφητήρα (aspirator). Τα κλουβιά τοποθετούνταν στους $25\pm 2^\circ\text{C}$, $50\pm 20\%\text{ΣΥ}$, 14Φ:10Σ. Η τροφή αποτελούνταν από μίγμα πρωτεΐνης, ζάχαρης και νερού σε αναλογία 1:4:5. Στη βάση του κλουβιού υπήρχε ένα σπογγώδες φιλίλι το οποίο είχε άμεση επαφή με νερό από ένα τρυβλίο και ένα ειδικό, τεχνητό υπόστρωμα ωτοκίας (dome) στο οποίο τα θηλυκά ωτοκοούσαν. Στην κορυφή του κλουβιού ένας φελλός ή ένα κομμάτι βαμβάκι ειδικά διαμορφωμένο, εμπόδιζε την έξοδο των εντόμων από την οπή που υπάρχει σε εκείνο το σημείο του οποίου ο αρχικός σκοπός ήταν η εισαγωγή των ενήλικων. Τα κλουβιά δημογραφίας τοποθετούνταν σε δίσκους ανάλογα με

τη θερμοκρασία στην οποία είχαν αναπτυχθεί τα ενήλικα και διατηρούνταν όλα στους 25°C.



Εικόνα 8. Κλουβί δημογραφίας με φυτίλι για παροχή νερού και τεχνητό υπόστρωμα ωτοκίας

Από το dome σε καθημερινή βάση συλλέγονταν τα αυγά από κάθε κλουβί και καταγραφόταν η ωτοκία του κάθε θηλυκού. Η συλλογή των αυγών πραγματοποιούνταν με τη χρήση ενός ειδικού μαλακού πινέλου. Για να γίνει η καταμέτρηση των αυγών, τοποθετούνταν με τη βοήθεια πινέλου σε μαύρο διηθητικό χαρτί για να ξεχωρίζουν πιο εύκολα (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Τρυβλίο με μαύρο διηθητικό χαρτί για καταγραφή των αυγών

Επιπλέον συμπληρωνόταν νερό και τροφή όποτε ήταν απαραίτητο. Καθημερινά καταγραφόταν και η θνησιμότητα των εντόμων. Αυτή η διαδικασία συνεχίστηκε μέχρι και την καταγραφή του θανάτου όλων των ενήλικων μυγών.

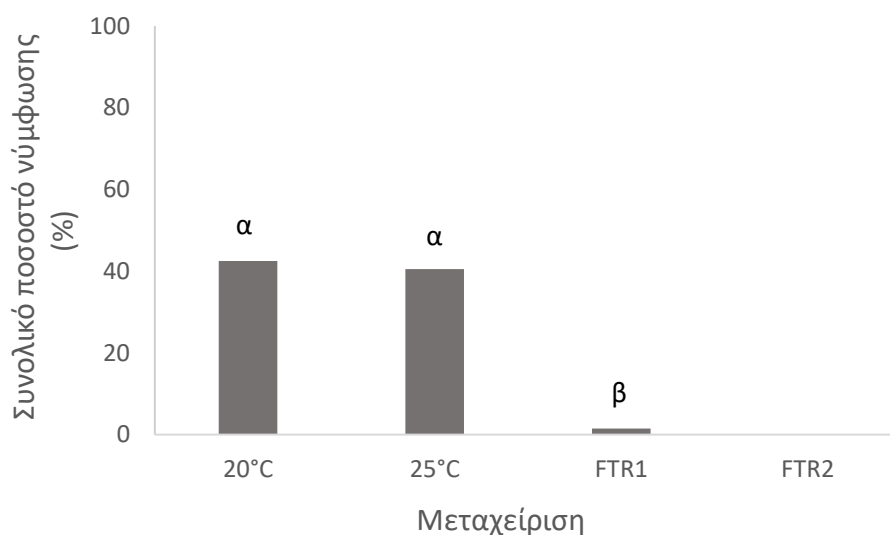
2.6 Στατιστική Ανάλυση

Η ανάλυση των στοιχείων πραγματοποιήθηκε με το λογιστικό πακέτο SPSS 26.0 (SPSS, Chicago, IL., USA). Η επίδραση των διαφορετικών θερμοκρασιών διατήρησης των καρπών στην επιβίωση ανήλικων και ενήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου ελέγχθηκε με binary logistic regression. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε Cox regression ανάλυση για να ελεγχθεί η επίδραση των διαφορετικών θερμοκρασιών διατήρησης των καρπών στη διάρκεια ανάπτυξης ανήλικων σταδίων (αυγό - νύμφη) και στη μακροβιότητα των ενήλικων. Για τα δημογραφικά χαρακτηριστικά που αφορούν τόσο την επιβίωση των ενήλικων όσο και την ωοπαραγωγή των θηλυκών χρησιμοποιήθηκε Cox regression analysis και general linear models.

3. Αποτελέσματα

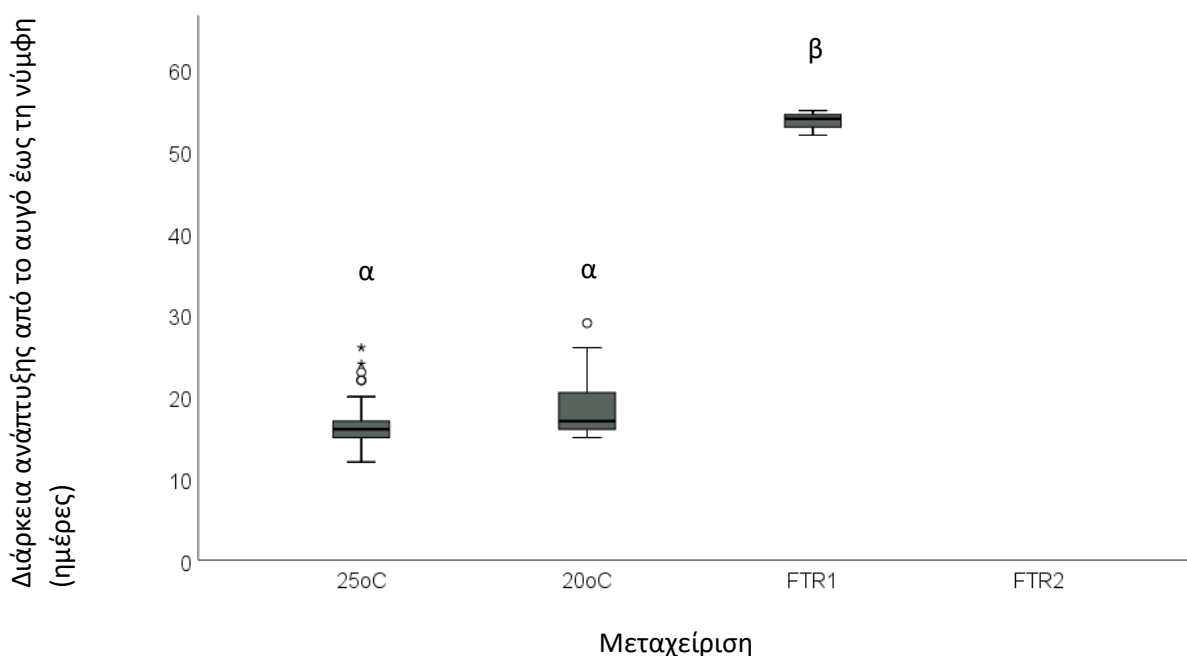
3.1 Επιβίωση και ανάπτυξη των ανηλικών σταδίων από το αυγό ως τη νύμφη

Στο Διάγραμμα 1, παρουσιάζεται το συνολικό ποσοστό νύμφωσης, από αυγά που εμφυτεύθηκαν σε νεράντζια και διατηρήθηκαν στους 20°C, 25°C, Θερμόκυκλο 1 (20°C:5°C, 2:2) και Θερμόκυκλο 2 (20°C:5°C, 2:6). Όπως προκύπτει δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στο συνολικό ποσοστό νύμφωσης μεταξύ των καρπών που εμφυτεύθηκαν με αυγά και διατηρήθηκαν στους 20°C και τους 25°C (Wald t-test= 0,502, df= 1, $P= 0,479$). Ωστόσο, μεταξύ των καρπών που εμφυτεύθηκαν με αυγά και διατηρήθηκαν στους 25°C και αυτών που εμφυτεύθηκαν με αυγά και μεταφέρονταν ανά δύο ημέρες από τους 20°C στους 5°C (Θερμόκυκλος 1), φάνηκε πως το συνολικό ποσοστό νυμφών ήταν σημαντικά υψηλότερο σε αυτούς της πρώτης μεταχείρισης (25°C) σε σχέση με αυτούς της δεύτερης μεταχείρισης (20°C:5°C, 2:2). Τέλος, όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, οι καρποί στους οποίους εμφυτεύθηκαν αυγά και διατηρήθηκαν για 2 ημέρες στους 20°C και για 6 ημέρες στους 5°C δεν έδωσαν καμία νύμφη (Πίνακας 3).



Διάγραμμα 1: Συνολικό ποσοστό νύμφωσης των προνυμφών από καρπούς που διατηρήθηκαν σε τέσσερις 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 η διάρκεια σε ημέρες που χρειάστηκε για τη νύμφωση από το στάδιο του αυγού μεταξύ καρπών που είχαν εμφυτευθεί και διατηρηθεί στους 20°C, 25°C, Θερμόκυκλος 1 (20°C:5°C, 2:2) και Θερμόκυκλος 2 (20°C:5°C, 2:6). Όπως φαίνεται, δεν προκύπτουν σημαντικές διαφορές στη διάρκεια ανάπτυξης από το αυγό έως τη νύμφη για τους καρπούς που εμφυτεύθηκαν και διατηρήθηκαν στους 25°C και στους 20°C αντίστοιχα (Wald t-test=9.212, df= 1, $P= 0,002$). Ωστόσο, η διάρκεια ανάπτυξης από το αυγό έως τη νύμφη ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στο Θερμόκυκλο 1 σε σύγκριση με τους 25°C και 20°C αντίστοιχα. Ο Θερμόκυκλος 2 δεν έδωσε καμία νύμφη και για αυτό δεν πραγματοποιήθηκε ανάλυση (Πίνακας 2).



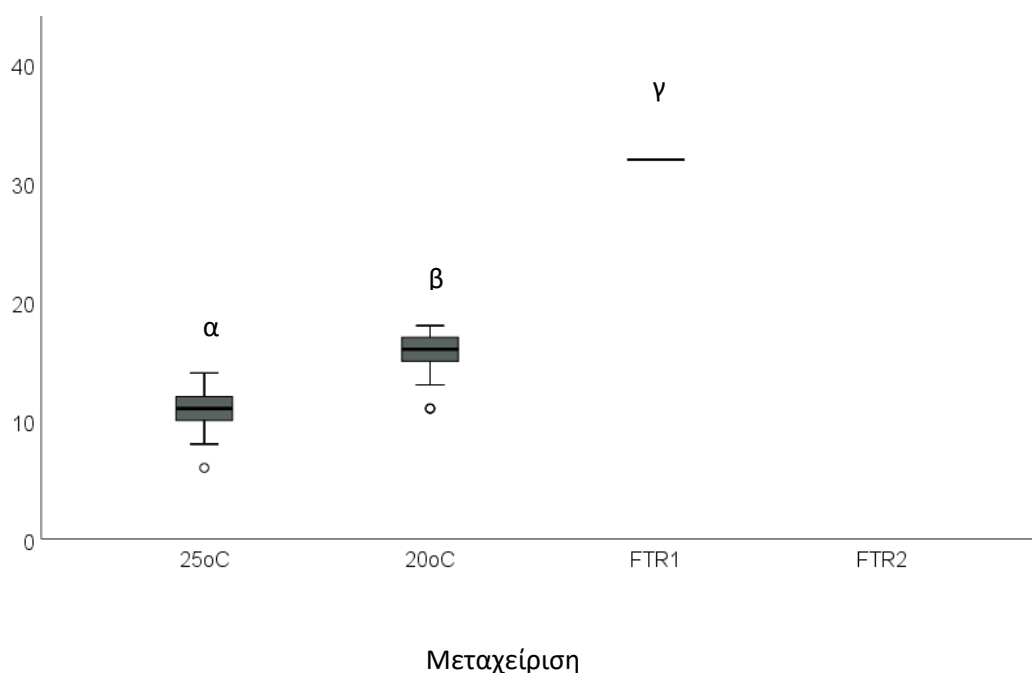
Διάγραμμα 2: Επίδραση της θερμοκρασιακής μεταχείρισης στη διάρκεια ανάπτυξης από το αυγό έως τη νύμφη σε ημέρες αυγού μεταξύ καρπών που είχαν εμφυτευθεί και διατηρηθεί στους 25°C, 20°C, Θερμόκυκλος 1 (20°C:5°C, 2:2) και Θερμόκυκλος 2 (20°C:5°C, 2:6). Κουτιά που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$).

3.2 Επιβίωση και ανάπτυξη από το στάδιο της νύμφης στο ενήλικο

Στο Διάγραμμα 3 παρουσιάζεται η διάρκεια ανάπτυξης από το στάδιο της νύμφης έως το στάδιο του ενήλικου σε ημέρες μεταξύ νυμφών που

διατηρήθηκαν στους 20°C, 25°C, Θερμόκυκλος 1 (20°C:5°C, 2:2) και Θερμόκυκλος 2 (20°C:5°C, 2:6). Παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των νυμφών που προήλθαν και διατηρήθηκαν στους 20°C και στις νύμφες που προήλθαν και διατηρήθηκαν στους 25°C (Wald t-test=47,319, df= 1, $P < 0,001$) (Πίνακας 2).

Διάρκεια ανάπτυξης από τη νύμφη έως το ενήλικο (ημέρες)



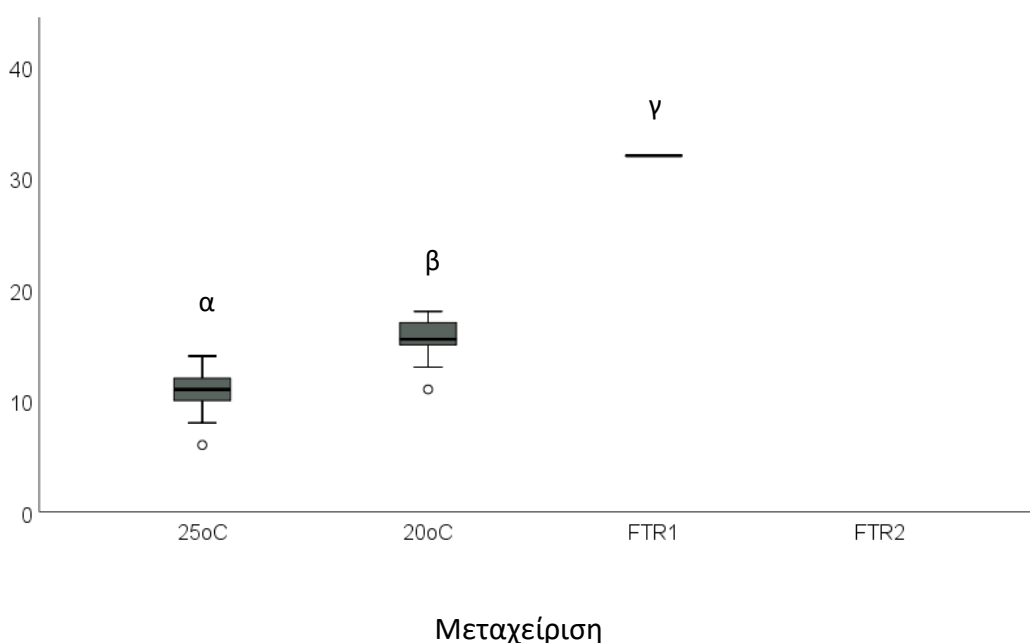
Διάγραμμα 3: Επίδραση της θερμοκρασιακής μεταχείρισης στη διάρκεια ανάπτυξης από τη νύμφη έως το ενήλικο σε ημέρες μεταξύ νυμφών που διατηρήθηκαν 25°C, 20°C, Θερμόκυκλος 1 (20°C:5°C, 2:2) και Θερμόκυκλος 2 (20°C : 5°C, 2:6). Κουττία που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$).

Πίνακας 2: Σύγκριση των μέσων όρων της ανάπτυξης από το αυγό έως την νύμφη εκφρασμένο σε ημέρες και της ανάπτυξης από νύμφη έως ενήλικο εκφρασμένο σε ημέρες σε τρεις διαφορετικές μεταχειρίσεις.

Μεταχείριση	Μέση διάρκεια ανάπτυξης (ημέρες \pm SE)	
	Αυγό έως νύμφη	Νύμφη έως ενήλικο
25°C	16,5 \pm 0,3 (n= 81)	10,57 \pm 0,23 (n= 55)
20°C	18,3 \pm 0,3 (n= 88)	15,89 \pm 0,26 (n= 84)
FTR1	53,7 \pm 0,9 (n= 3)	32 \pm 0,0 (n=1)
FTR2	0	0

Στο Διάγραμμα 4 παρουσιάζεται η διάρκεια των ημερών που χρειάστηκαν για την έξοδο ενήλικων θηλυκών από το στάδιο της νύμφης μεταξύ νυμφών που είχαν διατηρηθεί στους 20°C, 25°C, Θερμόκυκλος 1 (20°C:5°C, 2:2) και Θερμόκυκλος 2 (20°C:5°C, 2:6). Ο χρόνος που χρειάστηκαν τα ενήλικα θηλυκά για να εξέλθουν από τις νύμφες ήταν σημαντικά υψηλότερος στους 20°C σε σχέση με το χρόνο που χρειάστηκαν να εξέλθουν τα ενήλικα θηλυκά από νύμφες που διατηρήθηκαν στους 25°C.

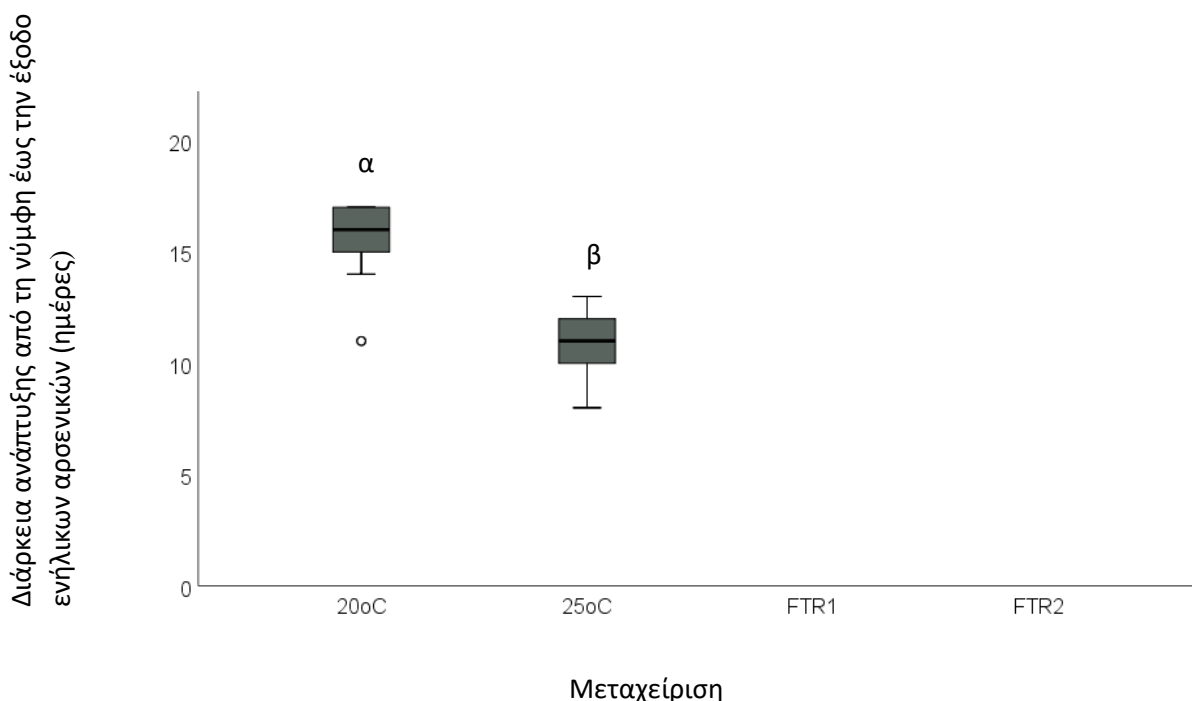
Διάρκεια ανάπτυξης από τη νύμφη έως την έξοδο ενήλικων θηλυκών (ημέρες)



Διάγραμμα 4: Επίδραση της θερμοκρασίας των μεταχειρίσεων στη διάρκεια ανάπτυξης από το στάδιο της νύμφης έως την έξοδο των ενήλικων θηλυκών εκφρασμένη σε ημέρες. Κυτία που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$).

Στο Διάγραμμα 5 παρουσιάζεται η διάρκεια των ημερών που χρειάστηκαν για την έξοδο ενήλικων αρσενικών από το στάδιο της νύμφης μεταξύ νυμφών που είχαν διατηρηθεί στους 20°C, 25°C, Θερμόκυκλος 1 (20°C:5°C, 2:2) και Θερμόκυκλος 2 (20°C:5°C, 2:6). Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, ο χρόνος που χρειάστηκαν τα ενήλικα αρσενικά για να εξέλθουν από τις νύμφες ήταν σημαντικά υψηλότερος στους 20°C σε

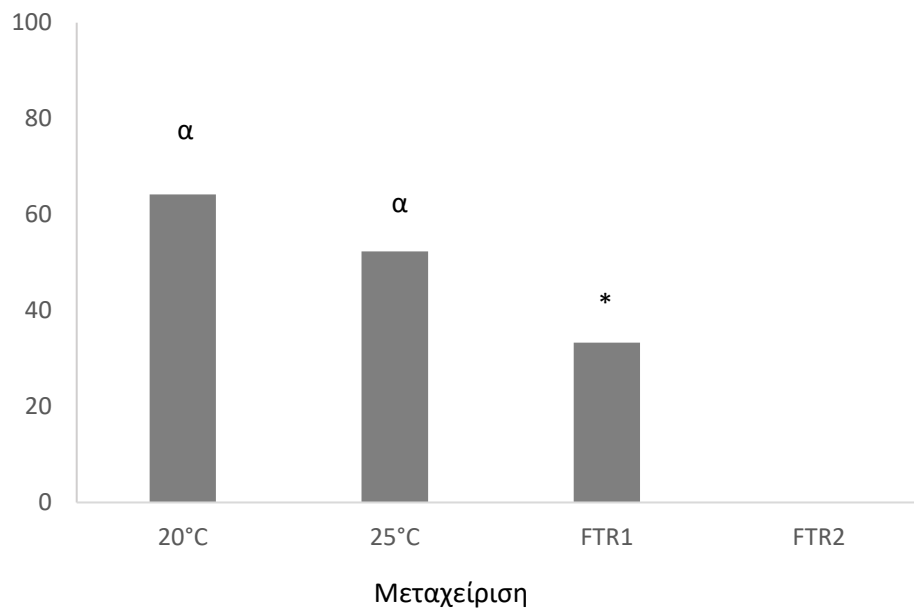
σχέση με το χρόνο που χρειάστηκαν να εξέλθουν τα ενήλικα αρσενικά από νύμφες που διατηρήθηκαν στους 25°C.



Διάγραμμα 5: Επίδραση της θερμοκρασίας των μεταχειρίσεων στη διάρκεια ανάπτυξης από το στάδιο της νύμφης έως την έξοδο των ενήλικων αρσενικών εκφρασμένη σε ημέρες. Κυτία που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$).

Στο Διάγραμμα 6 παρουσιάζεται το ποσοστό εξόδου ενηλίκων από το στάδιο της νύμφης μεταξύ νυμφών που είχαν διατηρηθεί στους 20°C, 25°C, Θερμόκυκλος 1 (20°C:5°C, 2:2) και Θερμόκυκλος 2 (20°C:5°C, 2:6). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των νυμφών που διατηρήθηκαν στους 25°C και στους 20°C (Wald t-test=2,014, df= 1, $P= 0,156$). Ο Θερμόκυκλος 1 δεν συμπεριλήφθηκε στις αναλύσεις διότι εξήλθε μόνο ένα ενήλικο από τις νύμφες (Πίνακας 3).

Ποσοστό εξόδου ενηλίκων από το στάδιο της
νύμφης (%)



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

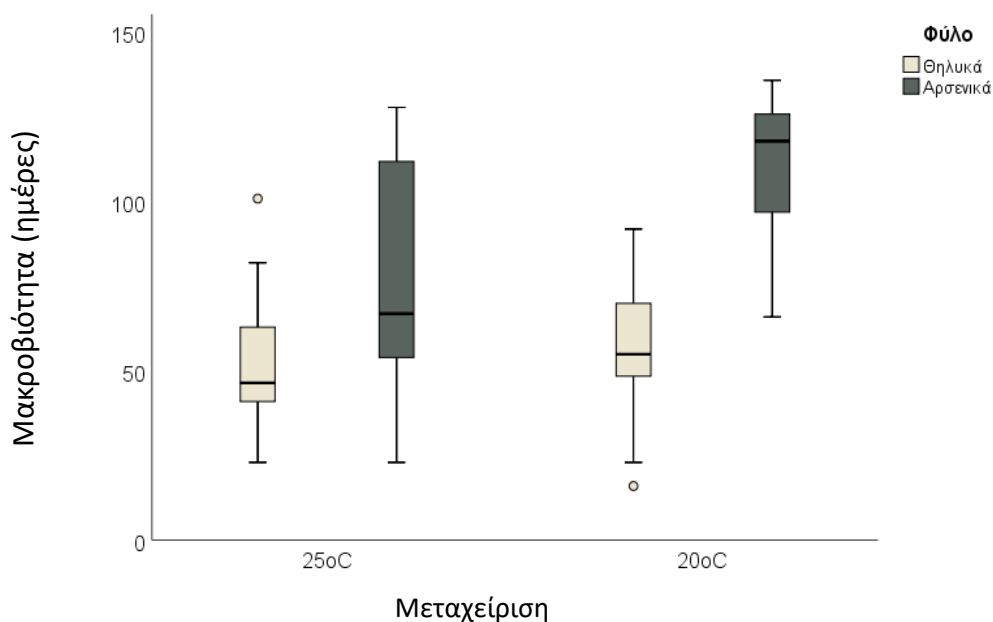
Πίνακας 3: Σύγκριση συνολικών ποσοστών νύμφωσης και ενηλικίωσης από το στάδιο της νύμφης σε τρεις διαφορετικές μεταχειρίσεις.

Μεταχείριση	Συνολικό ποσοστό νύμφωσης (%)	Συνολικό ποσοστό ενηλικίωσης από το στάδιο της νύμφης
25°C	40,5 (n=81)	64,2 (n=55)
20°C	44 (n=88)	53,4 (n=84)
FTR1	1,5 (n=3)	33,3 (n=1)

3.3 Δημογραφικά χαρακτηριστικά των ενηλίκων

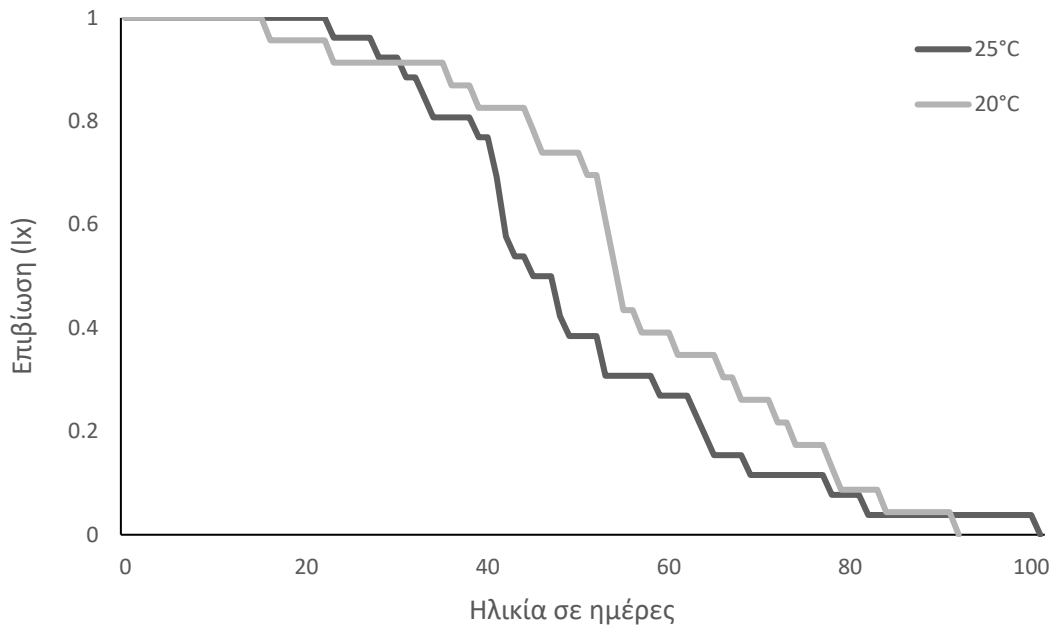
Στο Διάγραμμα 7 απεικονίζεται η επιβίωση τόσο των αρσενικών όσο και των θηλυκών εντόμων που προήλθαν από άτομα που κατά το ανήλικό στάδιό τους αναπτύχθηκαν στους 20°C και 25°C. Όπως προκύπτει από το Διάγραμμα και στις 2 μεταχειρίσεις φάνηκε πως η αύξηση της θερμοκρασίας κατά το ανήλικό στάδιο είχε αρνητική επίδραση τόσο στην επιβίωση των θηλυκών όσο και στην επιβίωση των αρσενικών. Επίσης από το διάγραμμα φαίνεται πως και

στις 2 μεταχειρίσεις τα αρσενικά έζησαν σημαντικά μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε σχέση με τα θηλυκά (Wald t-test=0,262, df= 1, $P < 0,001$).



Διάγραμμα 7: Επίδραση της θερμοκρασίας διατήρησης των ανήλικων σταδίων στην επιβίωση των ενήλικων θηλυκών και αρσενικών αντίστοιχα.

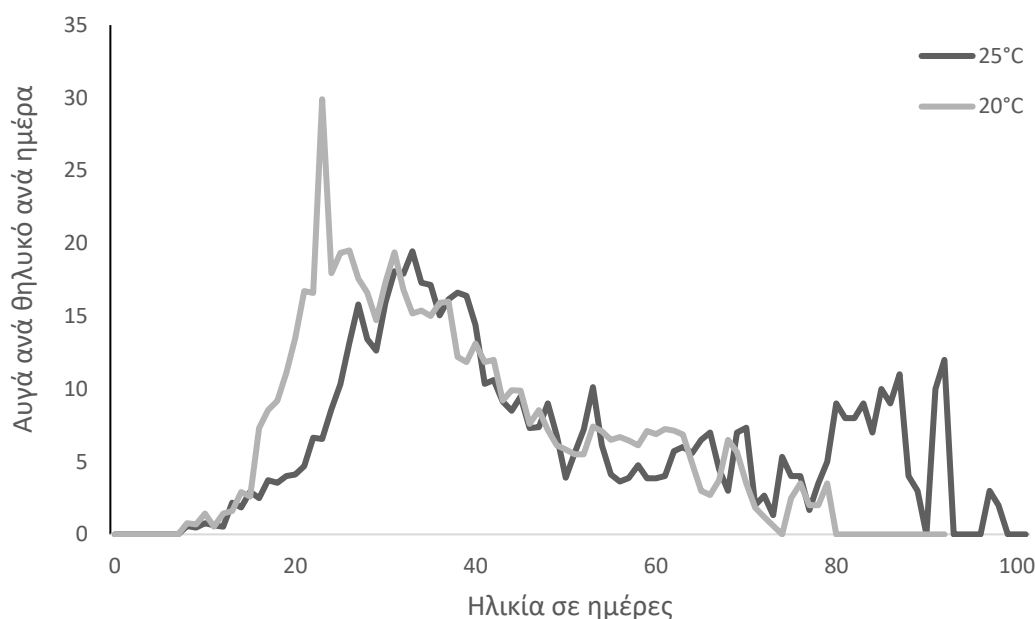
Στο Διάγραμμα 8 απεικονίζονται οι καμπύλες επιβίωσης των θηλυκών που προήλθαν από άτομα που αναπτύχθηκαν ως ανήλικα στις θερμοκρασίες των 20°C και 25°C αντίστοιχα, σε συνάρτηση με την ηλικία. Τα θηλυκά που κατά τα ανήλικα στάδια ανάπτυξής τους διατηρήθηκαν στους 25°C ήταν μακροβιότερα σε σχέση με τα θηλυκά που κατά τα ανήλικα στάδια ανάπτυξής τους διατηρήθηκαν στους 20°C (Wald t-test= 11,529, df= 1, $P = 0,001$). Η καταγραφή της επιβίωσης των θηλυκών ξεκίνησε από την έξοδο αυτών και όπως φαίνεται παρακάτω για τα θηλυκά που ως ανήλικα διατηρήθηκαν στους 20°C ως και την ηλικία των 20 ημερών περίπου ζούσε το σύνολο των θηλυκών και στη συνέχεια παρατηρήθηκε μία σταδιακή αύξηση της θνησιμότητας έως και την ηλικία των 90 ημερών περίπου. Για τα θηλυκά που ως ανήλικα διατηρήθηκαν στους 25°C φαίνεται πως έως και την ηλικία των 30 ημερών περίπου ζούσε το σύνολο των θηλυκών και στη συνέχεια παρατηρήθηκε και εδώ μία σταδιακή αύξηση της θνησιμότητας έως και την ηλικία των 100 ημερών όπου σημειώθηκε και ο θάνατος του τελευταίου εντόμου.



Διάγραμμα 8: Καμπύλες επιβίωσης των θηλυκών που κατά τα ανήλικα στάδια της ανάπτυξής τους διατηρήθηκαν στους 20°C και 25°C αντίστοιχα.

Στο Διάγραμμα 9 απεικονίζεται ο μέσος όρος αυγών που ωοτόκησαν τα θηλυκά που προήλθαν από άτομα που κατά τα ανήλικα στάδια ανάπτυξής τους διατηρήθηκαν στους 20°C και 25°C αντίστοιχα σε συνάρτηση με την ηλικία. Και στις δύο μεταχειρίσεις παρατηρείται έναρξη της ωοπαραγωγής στις 15 ημέρες περίπου. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, ο αριθμός των αυγών που ωοτοκήθηκε από θηλυκά που ως ανήλικα είχαν διατηρηθεί στους 20°C δε διέφερε σημαντικά από τον αριθμό των αυγών που ωοτοκήθηκε από θηλυκά που ως ανήλικα είχαν διατηρηθεί στους 25°C (Wald t-test=2,425, df= 1, P= 0,119). Τέλος, φαίνεται πως για τα θηλυκά που ως ανήλικα διατηρήθηκαν στους 20°C, υπήρξε μία σταδιακή αύξηση του αριθμού των αυγών με μερικές διακυμάνσεις έως και την ηλικία των 30 ημερών όπου και παρατηρήθηκε το μέγιστο της ωοπαραγωγής και στη συνέχεια σημειώνεται η μείωση του ρυθμού ωοτοκίας έως και την ηλικία των 80 ημερών περίπου. Αντίστοιχα, για τα θηλυκά που ως ανήλικα διατηρήθηκαν στους 25°C, υπήρξε μία σταδιακή αύξηση του αριθμού των αυγών έως και την ηλικία των 33 ημερών περίπου, όπου και παρατηρήθηκε και το μέγιστο της ωοπαραγωγής και στη συνέχεια σημειώνεται η σταδιακή μείωση του ρυθμού ωοτοκίας με κάποιες μικρές διακυμάνσεις έως

και την ηλικία των 100 ημερών περίπου με αρκετές αυξομειώσεις λόγω του ότι ο αριθμός των ζωντανών θηλυκών ήταν αρκετά μικρός.



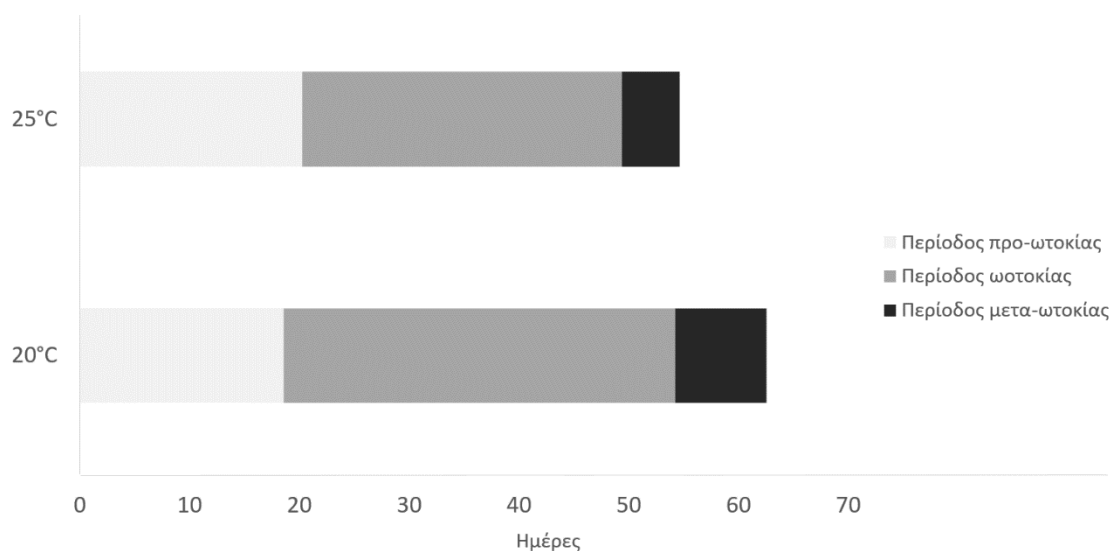
Διάγραμμα 9: Μέσος αριθμός αυγών σε σχέση με την ηλικία των θηλυκών που κατά το ανήλικο στάδιο ανάπτυξής τους διατηρήθηκαν στους 20°C και 25°C αντίστοιχα.

Πίνακας 4: Σύγκριση μέσων όρων επιβίωσης και ωοπαραγωγής των θηλυκών που κατά το ανήλικο στάδιο ανάπτυξής τους διατηρήθηκαν στις θερμοκρασίες των 20°C και 25°C.

Μεταχείριση	Μακροβιότητα (ημέρες ± SE)	Συνολική ωοπαραγωγή (αυγά ανά θηλυκό)
25°C	50,61 ± 3,53	346 ± 61,88
20°C	57,00 ± 3,78	484 ± 80,59

Στο Διάγραμμα 10 απεικονίζονται οι περίοδοι αναπαραγωγής των θηλυκών των δύο μεταχειρίσεων σε σχέση με την ηλικία. Όπως φαίνεται οι δύο θερμοκρασίες που διατηρούνταν το ανήλικο στάδιο δεν επηρέασε σημαντικά την περίοδο προωτοκίας (Wald t-test=0,171, df= 1, P= 0,679), ενώ παρόμοια παρατήρηση έγινε και για την περίοδο ωοτοκίας και μετά-ωοτοκίας. Συγκεκριμένα, τα θηλυκά τα οποία προέρχονταν από άτομα που κατά το ανήλικο στάδιό τους είχαν διατηρηθεί στους 20°C φαίνεται να είχαν παρόμοια περίοδο ωοτοκίας σε σχέση με τα θηλυκά που προήλθαν από άτομα που κατά το ανήλικο στάδιο τους είχαν διατηρηθεί στους 25°C (Wald t-test=2,425, df= 1, P= 0,119). Τέλος, στην περίοδο μετά ωοτοκίας, τα θηλυκά τα οποία

προέρχονταν από άτομα που κατά το ανήλικο στάδιο τους είχαν διατηρηθεί στους 20°C φαίνεται να είχαν παρόμοια περίοδο ωτοκίας σε σχέση με τα θηλυκά που προήλθαν από άτομα που στο ανήλικο στάδιό τους είχαν διατηρηθεί στους 25°C (Wald t-test=1,888, df= 1, P= 0,169) (Πίνακας 5).



Διάγραμμα 10: Περίοδοι προ-ωτοκίας, ωτοκίας και μετά-ωτοκίας των δύο θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων.

Πίνακας 5: Σύγκριση μέσων όρων 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= 52)	20,29 ± 2,35 a	29,13 ± 2,78 a	5,26 ± 1,10 a
20°C (n= 46)	18,57 ± 1,76 b	35,66 ± 3,20 b	8,31 ± 2,6 b

4. Συζήτηση

Στην παρούσα πτυχιακή ερευνήθηκε η επίδραση της θερμοκρασίας στα δημογραφικά χαρακτηριστικά της μύγας της Μεσογείου. Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκε η νύμφωση, η ωοπαραγωγή και η επιβίωση ενηλίκων σε θερμοκρασίες των 20°C, των 25°C και σε εναλλαγή θερμοκρασιών σε Θερμόκυκλο 1 (παραμονή 2 ημέρες στους 20°C και 2 ημέρες σε θάλαμο ανάπτυξης στους 5°C) και σε Θερμόκυκλο 2 (παραμονή 2 ημέρες στους 20°C και 6 ημέρες σε θάλαμο ανάπτυξης στους 5°C).

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η θερμοκρασία επηρεάζει α) τη διάρκεια ανάπτυξης από το στάδιο του αυγού, β) την έξοδο των ενηλίκων από το στάδιο της νύμφης, τόσο των θηλυκών όσο και των αρσενικών και γ) την ωοπαραγωγή των ενηλίκων θηλυκών καθώς και την περίοδο μετά-ωοτοκίας. Πιο συγκεκριμένα, τα αυγά που διατηρούνταν στους 20°C απαιτούσαν μεγαλύτερη διάρκεια χρόνου για τη νύμφωσή τους σε σχέση με αυτά στους 25°C. Αντίστοιχα, χρειάστηκαν περισσότερες ημέρες για την έξοδο του ενήλικου από τη νύμφη στους 20°C αλλά συνολικά εξήλθαν περισσότερα ενήλικα στη θερμοκρασία των 25°C. Σε ότι αφορά την επιβίωση των εντόμων η θερμοκρασία φάνηκε να επηρεάζει σημαντικά το αποτέλεσμα αλλά και την ωοτοκία. Τα αρσενικά ήταν μακροβιότερα σημαντικά περισσότερο από τα θηλυκά σε όλες τις μεταχειρίσεις και γενικά τα ενήλικα παρουσίασαν καλύτερα ποσοστά μακροζωίας στους 25°C από ότι στους 20°C. Τα θηλυκά που αναπτύχθηκαν στους 20°C είχαν μεγαλύτερα ποσοστά ωοτοκίας από αυτά στους 25°C. Το διάστημα προ-ωοτοκίας δεν εμφάνισε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκρασιών αλλά η περίοδος ωοτοκίας και μετά-ωοτοκίας εμφάνισαν διαφορές με τους 20°C να συγκεντρώνουν μεγαλύτερες τιμές. Από το Θερμόκυκλο 2 δεν λήφθηκε κανένα αυγό και από το Θερμόκυκλο 1 δεν υπήρχε ικανοποιητικός αριθμός επαναλήψεων για να ενταχθεί στη σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Τα αποτελέσματα αυτής της πτυχιακής έρχονται σε συμφωνία με έρευνες που πραγματοποιήθηκαν από τους Christiansen et al. (2014) που αναφέρουν ότι οι υψηλές θερμοκρασίες στα ανήλικα στάδια του *Anopheles gambiae* εμφανίζουν αυξημένα επίπεδα θνησιμότητας τόσο των ανηλίκων όσο

και του ενήλικου σταδίου του εντόμου. Αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσίασε και ο Ρούμπας (2019). Οι Shoukry and Hafez (1979) παρουσιάζουν δεδομένα που συμφωνούν με αυτά της παρούσας πτυχιακής σχετικά με το ότι σε χαμηλότερη θερμοκρασία χρειάζονται περισσότερες ημέρες για τη μεταμόρφωση του αυγού σε νύμφη και της νύμφης σε ενήλικο. Οι ίδιοι συγγραφείς αναφέρουν και τη μείωση του μέσου όρου ωοτοκίας με την αύξηση της θερμοκρασίας, κάτι που αναφέρει και ο Ρούμπας (2019) με δεδομένα που παρουσιάζουν 315 αυγά στους 25°C και 161 αυγά στους 30°C. Παρομοίως, σε αυτή την πτυχιακή εργασία παρατηρήθηκαν κατά μέσο όρο 484 αυγά στους 20°C και 346 στους 25°C. Τέλος, τα ευρήματα αυτής της πτυχιακής που δηλώνουν υψηλότερο διάστημα ωοτοκίας στους 20°C συμφωνούν με τα ευρήματα του Ρούμπα (2019) παρόλο που διαφωνούν στην περίοδο μετα-ωοτοκίας καθώς ο συγγραφέας υποστηρίζει ότι διαρκεί περισσότερο στις υψηλές θερμοκρασίες ενώ τα αποτελέσματα της παρούσας πτυχιακής δείχνουν να διαρκεί περισσότερο στους 20°C.

Σχετικά με τον πληθυσμό της Βιέννης, από όπου προέρχονται τα έντομα της παρούσας έρευνας, παρατηρήθηκε παρόμοια συμπεριφορά με έντομα που προέρχονται από πληθυσμούς της Ελλάδας και της Κροατίας. Συγκεκριμένα, σε πανομοιότυπο πείραμα σύγκρισης θερμοκρασιακών μεταχειρίσεων σε πληθυσμό της Κροατίας, βρέθηκαν ίδια ευρήματα τόσο για την επιβίωση και ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων του εντόμου, όσο και για την ωοπαραγωγή και μακροβιότητα των ενήλικων (Χριστοδουλίδης, 2021).

Συμπερασματικά, η θερμοκρασία που επικρατεί κατά τα ανήλικα στάδια της μύγας της Μεσογείου επηρεάζει σημαντικά τα δημογραφικά χαρακτηριστικά της. Αναλυτικότερα, παρατηρείται ότι η αύξηση της θερμοκρασίας κατά τα ανήλικα στάδια, οδηγεί σε μικρότερη ωοτοκία και διάρκεια ζωής.

5. Βιβλιογραφία

- Alphey L. and Andreasen M., 2002. Dominant lethality and insect population control, *Molecular and Biochemical Parasitology*, 121, 173-178.
- Alphey L., 2002. Re-engineering the sterile insect technique, *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 32, 1243-1247.
- Armstrong J.W., 1994. Commodity resistance to infestation by quarantine pests in: Sharp, J.L and Hallman, G.J., (eds) *Quarantine Treatments for Pests of food plants*. Westview Press, Boulder, 119-211.
- Bali E. - M. D., Moraiti C. A., Ioannou C. S., Mavraganis V., Papadopoulos N. T., 2021. Evaluation of Mass Trapping Devices for Early Seasonal Management of *Ceratitidis Capitata* (Diptera: Tephritidae) Populations. *Agronomy*, 11, 1101.
- Bempelou E., Kiousi M., Anagnostopoulos C., Malatou P., Liapis K., Kavvadias V., Ioannou Z., Theocharopoulos S., Papadopoulos N., Koulousis N. and Mavragannis V., 2018. Monitoring of pesticide residues in citrus fruit and soil properties under the developing of an integrated pest management strategy (IPMS) for the sustainable management for the control of medfly (*Ceratitidis capitata*) LIFE BIODELEAR (LIFE13 ENV/GR/000414), *Integrated Control in Citrus Fruit Crops*, 132, 186-191.
- Bonizzoni M., Guglielmino C. R., Smallridge C. J., Gomulski M., Malacrida A. R. and Gasperi G., 2004. On the origins of medfly invasion and expansion in Australia, *Molecular Ecology*, 13, 3845–3855.
- Biancheri M.J., Suárez L.C., Bezdjian L.P., Van Nieuwenhove G.A., Rull J. and Ovruski S.M., 2019. Response of two parasitoid species (Hymenoptera: Braconidae, Figitidae) to tephritid host and host food substrate cues, *Journal of Applied Entomology*, 143, 344-356.
- Carey J. R., 1984. Host-specific demographic studies of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata*. *Ecological Entomology* 9, 261-270.
- Christiansen C., Parham P. E., Saddler A., Koella J. C. and Basáñez M.-G., 2014. Temperature during larval development and adult

maintenance influences the survival of *Anopheles gambiae* s.s., Parasites and vectors, 7, 489.

- Cong P., Epton M. J., Fu G., Scaife S., Hiscox A., Condon K. C., Condon G. C., Morrison N. I., Kelly D. W., Dafa'alla T., Coleman P. G. and Alphey L., 2005. A dominant lethal genetic system for autocidal control of the Mediterranean fruitfly, Nat Biotechnol 23, 453-456.
- De Meyer M. and Copeland R.S., 2001. Taxonomic notes on the Afrotropical subgenera *Ceratitis* (*Acropteromma*) Bezzi and *C.* (*Hoplophomyia*) Bezzi (Diptera: Tephritidae). Cimbebasia, 17, 77-84.
- De Meyer M., Copeland R.S., Wharton R. A. and McPherson B. A., 2002. On the geographic origin of Medfly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera:Tephritidae). Proceedings 6th International Fruit Fly Symposium. Stellenbosch, South Africa, 45-53.
- Diamantidis A. D., Carey J. R., Nakas C. T., and Papadopoulos N. T., 2011. Population-specific demography and invasion potential in medfly, Ecol Evol. 2011 Dec; 1, 479–488.
- Duyck P. F., Kouloussis N. A., Papadopoulos N. T., Quilici S., Wang J. L., Jiang C. R., Muller H. G., and Carey J. R., 2010. Lifespan of a *Ceratitis* fruit fly increases with higher altitude. Biological Journal of the Linnean Society, 2010, 101, 345–350.
- Duyck P. F. and 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, 461–469.
- 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
- Gasperi G., Bonizzoni M., Gomulski L. M., Murelli V., Torti C., Malacrida A. R. and Guglielmino C. R., 2002., Genetic differentiation, gene flow and the origin of infestations of the medfly, *Ceratitis capitata*, Genetica 116, 125–135.

- Gava C. A. T., Tavares P. F. D. S., Gonçalves J. S. and Paranhos B. A. J., 2019. Applying local entomopathogenic fungi strains to the soil can control *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) Wiedemann adults, *Biocontrol Science and Technology*, 30, 103-115.
- Katsoyannos B. I., Papadopoulos N. T., Heath R. R., Hendrichs J. and Kouloussis N. A., 1999. Evaluation of synthetic food-based attractants for female Mediterranean fruit flies (Dipt., Tephritidae) in McPhail type traps, *Journal of Applied Entomology*, 123, 607-612.
- Kouloussis N. A., Papadopoulos N. T., Ioannou C., Damos P., Koveos D. S., Bempelou E. and Mavraganis V. G., 2016. First results on mass trapping of *Ceratitis capitata* using the new attractant Biodelear, *Integrated Protection of Fruit Crops IOBC-WPRS Bulletin*, 123, 39-42.
- Kraaijeveld K. and Chapman T., 2004. Effects of male sterility on female remating in the mediterranean fruitfly, *Ceratitis capitata*, *Proceedings. Biological sciences*, 271, 209-11.
- Liquido N.J, Shinoda L.A and Cunningham R.T, 1991. Host plants of the Mediterranean fruit fly (Diptera, Tephritidae) an annotated world review, *Entomological Society of America* (ed., Lanham, MD), 83, 1863-1878.
- Liu X. and Ye H., 2009. Effect of temperature on development and survival of *Bactrocera correcta* (Diptera: Tephritidae). *Academic Journals, Scientific Research and Essay*, 4, 467-472.
- Malacrida A. R., Marinoni F., Torti C., Gomulski L. M., Sebastiani F., Bonvicini C., Gasperi G. and Guglielmino C. R., 1998. Genetic aspects of the worldwide colonization process of *Ceratitis capitata*. *Journal of Heredity*, 89, 501–507.
- Martínez-Ferrer M. T., Campos J. M. and Fibla J. M., 2011. Field efficacy of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) mass trapping technique on clementine groves in Spain. *Journal of Applied Entomology*, 136, 181-190.
- Martínez-Ferrer M.T., Navarro C., Campos J. M., Marzal C., Fibla J. M., BARGUES L. and Garcia-Marí F., 2010. Seasonal and annual trends in field populations of Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, in

- Mediterranean citrus groves: comparison of two geographic areas in eastern Spain. *Span. J. Agric. Res.* 8, 757-765.
- Mavraganis, G., 2012. Maillard Reaction Products for Attracting Insects. Greece Patent. Inventor WO Patent 2012/056257
 - McInnis D.O., Shelly T. E. and Komatsu J., 2002. Improving male mating competitiveness and survival in the field for medfly, *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) SIT programs, *Genetica* 116, 117–124.
 - Mitchell W.C & Saul S.H., 1990. Current control methods for the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*, and their application in the USA. *Review of Agricultural Entomology* 78, 923-940.
 - Moraiti C. A., Kyritsis G. A., Papadopoulos N. T., 2020. Effect of the olive fruit size on the parasitism rates of *Bactocera oleae* (Diptera: Tephritidae) by the figitid wasp *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Figitidae), and first field releases of adult parasitoids in olive grove. *Hellenic Plant Protection Journal* 13, 66-77.
 - Navarro-Campos C., Martinez Ferrer M. T., Campos J. M., Fibla J. M., Alcaide J., Bargues L., Marzal C. and Garcia-Mari F., 2011. The Influence of Host Fruit and Temperature on the Body Size of Adult *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) Under Laboratory and Field Conditions. *Environmental Entomology* 40, 931-8
 - Nyamukondiwa, C. and J.S. Terblanche, 2010. Within-generation variation of critical thermal limits in adult Mediterranean and Natal fruit flies *Ceratitidis capitata* and *Ceratitidis rosa*: thermal history affects short-term responses to temperature. *Physiological Entomology* 35, 255–264.
 - Ordax M., Piquer-Salcedo J.E., Santander R.D., Sabater-Munoz B., Biosca E.G., Lopez M. and Marco-Noales E., 2015. Medfly *Ceratitidis capitata* as Potential Vector for Fire Blight Pathogen *Erwinia amylovora*: Survival and Transmission. *Plos one*, 10:5.
 - Papachristos D. P. and Papadopoulos N. T., 2009. Are citrus species favorable hosts for the Mediterranean fruit fly? A demographic perspective. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 132, 1-12.
 - Papachristos D. P., Papadopoulos N. T. and Nanos G. D., 2008. Survival and Development of Immature Stages of the Mediterranean Fruit Fly

(Diptera: Tephritidae) in Citrus Fruit. Journal of Economic Entomology 101, 866-72.

- Papadopoulos N. T., Carey J. R., Katsoyannos B. I. and Kouloussis N.A.,1996. Overwintering of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in northern Greece. Annals of the Entomological Society of America, 89, 526-534.
- 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, 564-569.
- Papadopoulos N.T., Katsoyannos B.I., Carrey J.R. and 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, 41-50.
- Papadopoulos N. T, Katsoyannos B. I., Kouloussis N. A, Carey J. R, Muller H. G & Zhang Y., 2004. High sexual signalling rates of young individuals predict extended life span in male Mediterranean fruit flies. Oecologia 138, 127-134.
- Papadopoulos N. T., Katsoyannos B. I., Kouloussis N. A., Economopoulos A. P. and Carrey J. R., 2003. Effect of adult age, food, and time of day on sexual calling incidence of wild and mass-reared *Ceratitis capitata* males. Entomologia Experimentalis et Applicata, 89, 175-182.
- Papadopoulos N. T. and Katsoyannos B. I., 2002. Development of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in three apple varieties in the laboratory. Proceedings of 6th International Fruit Fly Symposium, Stellenbosch, South Africa, 19 -22.
- Papadopoulos N. T., and Katsoyannos B. I., 2003. Field parasitism of *Ceratitis capitata* larvae by *Aganaspis daci* in Chios, Greece. BioControl 48, 191–195.
- 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, e70181.

- Quesada-Moraga E., Valverde-Garcia P. and 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, 966-970.
- Sharp J.L., Oyue, M.J., Hart W., Ingle S., Hallman G., Gould W. and Chew V., 1989. Immersion of Florida mangoes in hot water as a quarantine treatment for Caribbean fruit fly. Journal of Economic Entomology 82, 186-188.
- Shelly T. E. and Kenelly S., 2002. Influence of male diet on male mating success and longevity and female remating in the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) under laboratory conditions. Florida Entomologist, 85, 572-579.
- Shoukry A. and Hafez M., 1979. Studies on the biology of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*, Entomologia Experimentalis et applicata, 26, 33-39.
- Suárez L., Biancheri M. J. B, Sánchez G, Murúa F., Funes C. F., Kirschbaum D.S., Molina D., Laría O. and Ovruski S.M., 2019. Effects of releasing two *Diachasmimorpha longicaudata* population lines for the control of *Ceratitis capitata* infesting three key host fruit species, Biological Control, 133, 58-65.
- Wilke A. B., Nimmo D. D., John O. S., Kojin B. B., Capurro M. L., Marelli M. T., 2009. Mini review: Genetic enhancements to the sterile insects technique to control mosquito populations. AsiaPac J. Mol. Biol. Biotechnol., 17, 65-74.
- 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.

- Gullan P. J., Cranston P. S., 1994. Τα Έντομα, Στοιχεία Εντομολογίας. Επιστημονικές Εκδόσεις Παρισιανού Α.Ε., Αττική, 447.
- 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.
- Κουκουγιαννίδου Π. Χ., 2013. Επιβίωση των ενήλικων της Μύγας της Μεσογείου σε συνθήκες στέρησης τροφής και χαμηλές θερμοκρασίες. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Κουμιωτάκη Α., 2019. Επίδραση της μόλυνσης από το βακτήριο *Wolbachia* και της έκθεσης σε αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού στην ανταγωνιστικότητα της σύζευξης αρσενικών της μύγας της Μεσογείου, που τρέφονται με ζάχαρη. Πτυχιακή Εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Μπουχέλιος Θ. Κ., 2018. Έντομα αποθηκών και Τροφίμων. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.
- Ναβροζίδης Ι. Ε. και Ανδρεάδης Σ. Σ., 2012. Ειδική Γεωργική Εντομολογία. Εκδόσεις Copy City Publish, 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., 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, 7, 38-44.
- 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 Δέντρων και Αμπέλου. Εκδόσεις ΑγροΤύπος, Αθήνα.
- Χριστοδουλίδης Χ., 2021. Επίδραση της θερμοκρασίας στα δημογραφικά χαρακτηριστικά της μύγας της Μεσογείου που προέρχεται από την Κροατία και αναπτύχθηκε σε νεράντζια. Πτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.