



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία

Μελέτη των ανταγωνιστικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ προνυμφών των
ειδών κουνουπιών *Culex pipiens*, *Aedes albopictus* και *Aedes cretinus*
(Diptera: Culicidae)

Αντωνία Ν. Μπάρα

Επιβλέπων καθηγητής:

Κολιόπουλος Γεώργιος, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ
2024

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ

Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία

Μελέτη των ανταγωνιστικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ προνυμφών των
ειδών κουνουπιών *Culex pipiens*, *Aedes albopictus* και *Aedes cretinus*
(Diptera: Culicidae)

"Study on larval competition between mosquito species *Culex pipiens*,
Aedes albopictus and *Aedes cretinus* (Diptera: Culicidae)"

Αντωνία Ν. Μπάρα

Εξεταστική Επιτροπή:

Κολιόπουλος Γεώργιος, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Παπαδούλης Γεώργιος, Καθηγητής ΓΠΑ

Κιούλος Ηλίας, Μέλος Ε.ΔΙ.Π. ΓΠΑ

Μελέτη των ανταγωνιστικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ προνυμφών των ειδών κουνουπιών *Culex pipiens*, *Aedes albopictus* και *Aedes cretinus* (Diptera: Culicidae)

ΠΜΣ Ολοκληρωμένα Συστήματα Φυτοπροστασίας & Διαχείρισης του Περιβάλλοντος

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας & Εντομολογίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αξιολόγηση των ανταγωνιστικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ προνυμφών κουνουπιών έχει ιδιαίτερη σημασία για την πρόβλεψη των οικολογικών και υγειονομικών επιπτώσεων που προκαλούνται από τα κουνούπια. Ο ανταγωνισμός των κουνουπιών στο προνυμφικό στάδιο επηρεάζει άμεσα την επιβίωση και τους χρόνους ανάπτυξης μέχρι την έξοδο των τέλειων κουνουπιών, ενώ συμβάλλει και στη διαμόρφωση των μορφολογικών, φυσιολογικών και συμπεριφορικών χαρακτηριστικών των ενήλικων κουνουπιών και κατ' επέκταση στη δυναμική των πληθυσμών τους και την ικανότητά τους στη μετάδοση μολυσματικών ασθενειών, με σημαντικές συνέπειες στην επιδημιολογία των λοιμώξεων που μεταδίδονται από τα κουνούπια και στις πιθανές στρατηγικές ελέγχου τους.

Τα *Culex pipiens* (Linnaeus, 1758) και *Aedes albopictus* (Skuse, 1895) είναι δύο από τα πιο διαδεδομένα είδη κουνουπιών στην Ευρώπη με σπουδαία υγειονομική σημασία. Το *Cx. pipiens* είναι ιθαγενές στην Ευρώπη, ενώ το *Ae. albopictus* (κοινώς Ασιατικό κουνούπι τίγρης) προέρχεται από την Ασία και εισήχθη στην Ευρώπη στα τέλη του περασμένου αιώνα κι έκτοτε έχει εξαπλωθεί ταχύτατα σε αστικά και ημιαστικά περιβάλλοντα, καταλαμβάνοντας ενδιαίτηματα που ήδη αξιοποιούνταν από το *Cx. pipiens*. Το *Aedes cretinus* (Edwards, 1921), θεωρείται ιθαγενές στην Ευρώπη, με πολύ περιορισμένη εξάπλωση στον κόσμο, χωρίς να έχει αποδειχθεί μέχρι στιγμής η ανάμιξή του στη μετάδοση παθογόνων. Τα *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* είναι δύο στενά συγγενικά είδη κουνουπιών με κοινά μορφολογικά χαρακτηριστικά, βιολογικές και οικολογικές ομοιότητες. Πληθυσμοί αυτών των ειδών έχουν εντοπιστεί και στην Αττική, Ελλάδα, με το *Ae. albopictus* να αναπτύσσει σημαντικά υψηλότερους πληθυσμούς από το *Ae. cretinus*.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του ενδεχόμενου ενδοειδικού και διαειδικού ανταγωνισμού μεταξύ των προνυμφών των ειδών *Cx. pipiens*, *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus*, τα οποία είναι πιθανό να μοιράζονται τις ίδιες εστίες ανάπτυξης των ατελών σταδίων, όταν οι περιοχές που δραστηριοποιούνται επικαλύπτονται. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε υπό εργαστηριακές συνθήκες εάν σε δεδομένο χώρο για το κάθε είδος κουνουπιού, η συνύπαρξη των προνυμφών των τριών ειδών και η ποσότητα της τροφής επηρεάζουν την ταχύτητα ανάπτυξης των ατελών σταδίων, την επιβίωση αυτών και το μέγεθος των τέλειων ατόμων. Καταγράφηκε η διάρκεια ανάπτυξης και το ποσοστό επιβίωσης μέχρι την ενηλικίωση και μετρήθηκε το μήκος της πτέρυγας των αρσενικών και θηλυκών ατόμων, σε δύο διαφορετικές ποσότητες χορηγούμενης τροφής (χαμηλή και υψηλή). Όταν οι προνύμφες των τριών ειδών κουνουπιών αναπτύχθηκαν χωριστά, η διάρκεια ανάπτυξης μέχρι την έξοδο ήταν συντομότερη και το μέγεθος των τέλειων αρσενικών και θηλυκών ήταν μεγαλύτερο σε συνθήκες υψηλής διαθεσιμότητας τροφής, υποδεικνύοντας την

εκδήλωση ενδοειδικού ανταγωνισμού. Όταν οι προνύμφες των τριών ειδών αναπτύχθηκαν στο ίδιο περιβάλλον, ο ανταγωνισμός μεταξύ των προνυμφών, στις συγκεκριμένες εργαστηριακές συνθήκες, ήταν γενικά ασθενής. Παρατηρήθηκε παρατεταμένη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων και μικρότερο μέγεθος των τέλειων κουνουπιών για το *Ae. cretinus* και στις δύο χορηγούμενες ποσότητες τροφής. Σε συνθήκες χαμηλής διαθεσιμότητας τροφής μειώθηκε το μέγεθος των αρσενικών του *Cx. pipiens* και αυξήθηκε η διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του *Ae. albopictus*. Σε υψηλή διαθεσιμότητα τροφής, παρατηρήθηκε αυξημένο ποσοστό επιβίωσης των ατελών σταδίων και μικρότερο μέγεθος των τέλειων του *Cx. pipiens*, ενώ για το *Ae. albopictus* καταγράφηκε βραδύτερη ανάπτυξη ως την ενηλικίωση, μειωμένο μέγεθος των θηλυκών και αυξημένο μέγεθος των αρσενικών τέλειων του είδους. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν συνολικά ότι τα *Cx. pipiens*, *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus*, υπό αυτές τις συνθήκες, θα μπορούσαν να συνυπάρξουν στις ίδιες εστίες ανάπτυξης.

Επιστημονική περιοχή: Εντομολογία

Λέξεις κλειδιά: Κουνούπια, *Culex pipiens*, *Aedes cretinus*, *Aedes albopictus*, ανταγωνισμός προνυμφών

Study on larval competition between mosquito species *Culex pipiens*, *Aedes albopictus* and *Aedes cretinus* (Diptera: Culicidae)

MSc Integrated Systems of Plant Protection & Management of the Environment

Department of Plant Production Science

Laboratory of Agricultural Zoology & Entomology

ABSTRACT

Assessment of competitive interactions between mosquito larvae is particularly important for predicting the ecological and health impacts caused by mosquitoes. Competition experienced by mosquito larvae directly influences their survival rates and development times to adulthood. It indirectly affects the expression of morphological, physiological, and behavioral traits of adults. Therefore, it may affect mosquito population dynamics and adult vector competence for pathogens, with important consequences for the epidemiology of vector-borne diseases and their control strategy.

Culex pipiens (Linnaeus, 1758) and *Aedes albopictus* (Skuse, 1895) are two of the most widespread mosquito species in Europe. These two species are vectors of many arboviruses and other human pathogens. While *Cx. pipiens* is indigenous, *Ae. albopictus* (a.k.a. Asian tiger mosquito) originates from Asia and was introduced in several European countries at the end of the last century. Since then, *Ae. albopictus* rapidly spread in urban and suburban environments, occupying a habitat already exploited by *Cx. pipiens*. *Aedes cretinus* (Edwards, 1921) is also native to Europe and has limited distribution worldwide, whereas its capacity for disease transmission has not been investigated. *Ae. cretinus* and *Ae. albopictus* are closely related mosquito species with similar morphological, biological, and ecological features. Both species have been detected in the region of Attica, Greece, with *Ae. albopictus* developing significantly higher population densities than *Ae. cretinus*.

This study aimed to examine the potential of inter- and intra-specific competition between larvae of *Cx. pipiens*, *Ae. cretinus* and *Ae. albopictus*, which are likely to share the same aquatic habitats in areas where their distributions overlap. The larval competition was determined under laboratory conditions by recording survival and duration of development from the first larval instar until adulthood and the wing length of males and females of each species under two different food regimes (high and low). When these three species developed independently, immature stages developed faster, and adult mosquitoes were larger at high food provision, indicating intraspecific competition. When the three species developed in the same environment, larval competition was generally weak. In *Ae. cretinus*, competition led to a longer development time in the immature stages and smaller mosquitoes in each food quantity. Upon low food supply, *Cx. pipiens* males were smaller, and the development time until emergence was higher for *Ae. albopictus*, when the three species grew up together, compared with single species development. At the condition of high food, heterospecific development led to higher survival rate of immature stages and smaller individuals for *Cx. pipiens*, whereas, under the same conditions, competition resulted in longer development

duration until adulthood, smaller size of females and larger size of males for *Ae. albopictus*. In conclusion, these results indicate that coexistence, under these conditions, is possible for *Cx. pipiens*, *Ae. cretinus* and *Ae. albopictus* in the same breeding sites, where their larvae may share the same resources.

Scientific area: Entomology

Keywords: Mosquitoes, *Culex pipiens*, *Aedes cretinus*, *Aedes albopictus*, larval competition

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρωτίστως, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα αυτής της διατριβής, κ. Γεώργιο Κολιόπουλο, Επίκουρο Καθηγητή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, για την ανάθεση του θέματος της μελέτης, αλλά και για τη συνεχή καθοδήγηση, εμπιστοσύνη και στήριξή του.

Ευχαριστώ θερμά τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τους κ. Γεώργιο Παπαδούλη και κ. Ηλία Κιούλο, για τον πολύτιμο χρόνο τους, αλλά και για την πρόθυμη συμμετοχή τους στην ανάγνωση και αξιολόγηση της διπλωματικής εργασίας.

Οφείλω επίσης, ευγνωμοσύνη στον κ. Αθανάσιο Γιατρόπουλο, Εντεταλμένο Ερευνητή στο Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο, για την πολύτιμη βοήθειά του στην ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Επιπλέον, θέλω να ευχαριστήσω τα μέλη του εργαστηρίου Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του Γ.Π.Α. και τους συμφοιτητές μου για τη συνεισφορά τους και τη συνεργασία τους κατά την εκπόνηση αυτής της μελέτης.

Τέλος, είμαι ιδιαίτερα ευγνώμων για την αμέριστη υποστήριξη και βοήθεια που έλαβα και λαμβάνω όλα αυτά τα χρόνια από την οικογένειά μου και τους φίλους μου.

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΚΟΥΝΟΥΠΙΑ (Diptera: Culicidae)	1
1.1.ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	1
1.2.ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	2
1.3.ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ	4
1.3.1.ΔΙΑΠΑΥΣΗ	6
1.4.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ-ΒΙΟΛΟΓΙΑ.....	7
1.4.1.ΤΕΛΕΙΟ.....	7
1.4.1.1.ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΕΛΕΙΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟ ΑΛΛΑ ΔΙΠΤΕΡΑ	7
1.4.1.2.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΕΛΕΙΟΥ	7
1.4.1.2.1.ΚΕΦΑΛΗ.....	8
1.4.1.2.2.ΘΩΡΑΚΑΣ	12
1.4.1.2.3.ΚΟΙΛΙΑ	16
1.4.1.3.ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΝΩΦΕΛΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝ ΤΕΛΕΙΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ	17
1.4.1.4.ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΕΛΕΙΟΥ	18
1.4.1.4.1.ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	19
1.4.1.4.2.ΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ	20
1.4.1.4.3.ΔΙΑΤΡΟΦΗ	21
1.4.1.4.4.ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΙ ΕΥΡΕΣΗ ΞΕΝΙΣΤΗ	23
1.4.1.4.5.ΩΟΘΕΣΙΑ.....	25
1.4.2.ΩΟ	27
1.4.2.1.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΩΟΥ	27
1.4.2.2.ΕΚΟΛΛΑΨΗ.....	30
1.4.3.ΠΡΟΝΥΜΦΗ (larva)	31
1.4.3.1.ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟ ΑΛΛΑ ΔΙΠΤΕΡΑ....	31
1.4.3.2.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΝΥΜΦΗΣ.....	31
1.4.3.2.1.ΚΕΦΑΛΗ.....	33
1.4.3.2.2.ΘΩΡΑΚΑΣ	34
1.4.3.2.3.ΚΟΙΛΙΑ	34
1.4.3.3.ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ ΑΝΩΦΕΛΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ	36
1.4.3.4.ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΝΥΜΦΗΣ	37
1.4.3.5.ΕΣΤΙΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ.....	39
1.4.4.ΝΥΜΦΗ (pupa)	41

1.4.4.1.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΝΥΜΦΗΣ.....	41
1.4.4.2.ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΝΥΜΦΗΣ	42
1.4.4.3.ΕΞΟΔΟΣ ΤΕΛΕΙΟΥ	43
1.5.ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ	44
1.5.1.ΓΕΝΙΚΑ.....	44
1.5.1.1.ΕΛΟΝΟΣΙΑ	45
1.5.1.2.ΑΡΜΠΟΪΩΣΕΙΣ.....	46
1.5.1.2.1.ΙΟΣ ΤΟΥ ΔΥΤΙΚΟΥ ΝΕΙΛΟΥ (West Nile Virus).....	46
1.5.1.2.2. ΔΑΓΓΕΙΟΣ ΠΥΡΕΤΟΣ	47
1.5.1.2.3.ΚΙΤΡΙΝΟΣ ΠΥΡΕΤΟΣ	48
1.5.1.2.4.ΠΥΡΕΤΟΣ CHIKUNGUNYA	48
1.5.1.3.ΦΙΛΑΡΙΑΣΕΙΣ	49
1.5.1.3.1.ΛΥΜΦΑΤΙΚΗ ΦΙΛΑΡΙΑΣΗ.....	49
1.5.1.3.2.ΔΙΡΟΦΙΛΑΡΙΑΣΗ.....	50
1.6.ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ.....	51
1.6.1.ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	51
1.6.2.ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ	53
1.6.2.1. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΞΑΛΕΙΨΗ ΤΩΝ ΕΣΤΙΩΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ.....	53
1.6.2.2. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ ΜΕ ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΜΕΣΑ	54
1.6.2.3. ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ	58
1.6.2.3.ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ	59
1.6.3.ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΕΛΕΙΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ	61
1.6.3.1.ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ	61
1.6.3.2.ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΕΛΕΙΩΝ.....	62
1.6.3.3.ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΕΛΕΙΩΝ	63
1.6.3.3.1.ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΟΙ ΨΕΚΑΣΜΟΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	63
1.6.3.3.2.ΨΕΚΑΣΜΟΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ	64
1.6.3.3.3.ΚΑΠΝΙΣΜΟΙ ΧΩΡΩΝ	64
1.6.3.4.ΓΕΝΕΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	65
1.6.3.5.ΑΤΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	66
1.6.4.ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΒΙΟΚΤΟΝΑ	66
1.6.5.ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ	69
1.7.ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	71

1.8.ΤΟ ΕΙΔΟΣ <i>Culex (Culex) pipiens</i> Linnaeus 1758	73
1.8.1.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	74
1.8.2.ΒΙΟΛΟΓΙΑ.....	76
1.8.3.ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ.....	78
1.8.4.ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ	78
1.9.ΤΟ ΕΙΔΟΣ <i>Aedes (Stegomyia) albopictus</i> Skuse 1895	79
1.9.1.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	79
1.9.2.ΒΙΟΛΟΓΙΑ.....	82
1.9.3.ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ.....	86
1.9.4.ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ	87
1.10.ΤΟ ΕΙΔΟΣ <i>Aedes (Stegomyia) cretinus</i> Edwards 1921	88
1.10.1.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	88
1.10.2.ΒΙΟΛΟΓΙΑ.....	91
1.10.3.ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ.....	93
1.10.4.ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΩΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ <i>Culex pipiens</i> , <i>Aedes albopictus</i> και <i>Aedes cretinus</i>	95
2.1.ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	95
2.1.1.ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ ..	95
2.1.2.ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΥ ΣΤΗ ΦΥΣΗ.....	97
2.1.3.ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΟΥ Ή ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ	99
2.1.4.ΣΥΝΥΠΑΡΞΗ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ	101
2.1.4.1.ΣΥΝΥΠΑΡΞΗ ΕΙΔΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ.....	102
2.1.5.ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΣΕ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥΣ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ.....	106
2.1.5.1.ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΕ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥΣ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ	106
2.1.5.2.ΧΩΡΟΚΑΤΑΚΤΗΤΙΚΑ ΕΙΔΗ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ, ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ	111
2.1.5.3.ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ	113
2.1.5.4.ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ <i>Aedes albopictus</i> ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΕΙΔΩΝ <i>Aedes</i> ΣΤΗ ΦΥΣΗ - ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ.....	115
2.2.ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	125
2.3.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	127

2.3.1.ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	127
2.3.2.ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	127
2.3.2.1.ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΚΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>Culex pipiens</i>	128
2.3.3.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	130
2.3.3.1.ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	134
2.4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	135
2.4.1. ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ	135
2.4.1.1. ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>Culex pipiens</i>	138
2.4.1.2. ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>Aedes cretinus</i>	143
2.4.1.3. ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>Aedes albopictus</i>	147
2.4.2. ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΤΕΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ	152
2.4.2.1. ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΤΕΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>Culex pipiens</i>	154
2.4.3. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΘΗΛΥΚΩΝ	166
2.4.3.1. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΘΗΛΥΚΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>Culex pipiens</i>	168
2.4.3.2. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΘΗΛΥΚΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>Aedes cretinus</i>	172
2.4.3.3. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΘΗΛΥΚΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>Aedes albopictus</i>	176
2.4.4. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ	180
2.4.3.1. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>Culex pipiens</i>	182
2.4.3.2. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>Aedes cretinus</i>	186
2.4.3.3. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>Aedes albopictus</i>	190
2.5.ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	194
2.6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	199
ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	202
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	205

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΚΟΥΝΟΥΠΙΑ (Diptera: Culicidae)

1.1.ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η παρουσία των κουνουπιών απασχολούσε τον άνθρωπο από αρχαιοτάτων χρόνων, γεγονός που αποδεικνύεται από στοιχεία προγενέστερων εποχών, όπως είναι θρησκευτικά κείμενα της Ινδίας του 1600 π.Χ. και ευρήματα από το Μεξικό του 1200 π.Χ. Αναφορές σε πρακτικές συμβουλές για την προστασία από τα κουνούπια απαντώνται σε κείμενα της Π. Διαθήκης, του Ομήρου (1000 π.Χ.) και του Πλίνιου (70 μ.Χ.), καταδεικνύοντας το μέγεθος του προβλήματος που ταλάνιζε τους προγόνους μας. Παρόλο που υπάρχουν διάφορες βιβλιογραφικές αναφορές σε θανατηφόρες ασθένειες που έπλητταν στο παρελθόν την ανθρωπότητα, όπως η ελονοσία, ο ρόλος των κουνουπιών στη μετάδοση αυτών των ασθενειών άργησε να γίνει αντιληπτός και να τεκμηριωθεί επιστημονικά. Παρά τις υποψίες για τη σημασία των κουνουπιών στη Δημόσια Υγεία, μέχρι και τα τέλη του 19^{ου} αιώνα, αυτά θεωρούντο και αντιμετωπίζονταν απλώς ως ενοχλητικά έντομα (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Ενώ για πολλά χρόνια τα πραγματικά αίτια των ασθενειών παρέμεναν άγνωστα, στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα υπήρξε αξιοσημείωτη πρόοδος στην επιστημονική γνώση σχετικά με την αιτιολογία αυτών των νοσημάτων. Το 1848, για πρώτη φορά, ο Αμερικανός Dr. Joseph C. Nott υποστήριξε τη θεωρία ότι τα κουνούπια συνδέονται με κάποιον τρόπο, που δεν μπορούσε να διευκρινίσει, με τη μετάδοση του κίτρινου πυρετού στον άνθρωπο. Αργότερα, όπως αναφέρεται από τον Taylor (1993), ο Γάλλος Dr. Louis D. Beauperthy (1854), υποστηρίζοντας την ίδια άποψη, θεώρησε λανθασμένα ότι η ασθένεια αυτή προέρχεται από οργανική ύλη σε αποσύνθεση που εισάγουν στον ανθρώπινο οργανισμό τα κουνούπια μέσω τσιμπήματος.

Το έναυσμα ενός καταγισμού ερευνών που έθεσαν τα θεμέλια στην ιατρική εντομολογία αποτέλεσε το έργο του Σκωτσέζου Dr. Patrick Manson, ο οποίος το 1878 παρατήρησε ότι η φιλάρια *Wuchereria bancrofti* αναπτύσσεται στο σώμα του κουνουπιού *Culex pipiens quinquefasciatus*, αποδεικνύοντας και με άλλους ερευνητές ότι το είδος αυτό αποτελεί τον ενδιάμεσο ξενιστή του παθογόνου της φιλαρίασης του ανθρώπου. Δύο χρόνια αργότερα, ο Laveran ανακάλυψε το πλασμάδιο της ελονοσίας στα ερυθρά αιμοσφαίρια μολυσμένων ασθενών, ενώ ο Manson το 1883, ανέπτυξε τη θεωρία ότι τα κουνούπια σχετίζονται με τη μετάδοση της ελονοσίας. Η θεωρία αυτή επιβεβαιώθηκε εργαστηριακά από το Dr. Ronald Ross

(1897), με τους Grassi, Bignami and Bastianelli (1899) να αποδεικνύουν ότι αποκλειστικοί διαβιβαστές της ελονοσίας στον άνθρωπο είναι τα κουνούπια του γένους *Anopheles* (Lehane, 2005).

Την ίδια περίοδο, όπως αναφέρουν οι Becker *et al.* (2010), εντάθηκαν και οι έρευνες σχετικά με τον κίτρινο πυρετό, με τον Κουβανό Dr. Carlos Finley (1880) να διατυπώνει αρχικά την υπόθεση ότι η ασθένεια μεταδίδεται με κουνούπια, κάτι που επιβεβαιώθηκε αργότερα από τον Walter Reed και τους συνεργάτες του (1900), αποδεικνύοντας ότι υπεύθυνος ξενιστής είναι το κουνούπι του είδους *Aedes aegypti*.

Με τις ανακαλύψεις εκείνης της εποχής, ότι πολλές επιδημικές νόσοι μεταδίδονται με τα κουνούπια, γίνεται πλέον αντιληπτό ότι τα έντομα αυτά αποτελούν μεγάλη μάστιγα για το ανθρώπινο είδος, κι έτσι μεταβάλλεται ριζικά ο τρόπος διαχείρισής τους. Με στόχο την αποτελεσματική αντιμετώπιση των σοβαρών νοσημάτων που μαστίζαν την ανθρωπότητα, η μελέτη της βιολογίας και η ταξινόμηση των κουνουπιών τέθηκαν στο επίκεντρο των ερευνών από πολλούς επιστήμονες παγκοσμίως.

Παρά την αξιοσημείωτη πρόοδο της επιστήμης στον τομέα των κουνουπιών, μέχρι και σήμερα, θεωρούνται από τους μεγαλύτερους εχθρούς του ανθρώπινου είδους, με εκατοντάδες εκατομμύρια ανθρώπους να μολύνονται κάθε χρόνο με κάποια από τις ασθένειες που μεταδίδουν τα κουνούπια και πολλούς να οδηγούνται στον θάνατο. Τα τελευταία χρόνια, το πρόβλημα που δημιουργείται από τα κουνούπια μεγεθύνεται λόγω της εισαγωγής και εγκατάστασης εξωτικών και χωροκατακτητικών ειδών κουνουπιών σε νέες περιοχές που θεωρούνταν ασφαλείς, γεγονός που οφείλεται στις αυξημένες παγκόσμιες μετακινήσεις, το διεθνές εμπόριο και την κλιματική αλλαγή, συμβάλλοντας στη διάδοση νέων μολυσματικών ασθενειών ή την επανεμφάνιση παλαιών, προκαλώντας δημόσια ανησυχία.

Είναι πλέον δεδομένο ότι για τη σωστή αντιμετώπιση του προβλήματος των κουνουπιών απαιτείται συστηματική έρευνα και καταγραφή των ειδών κουνουπιών που ενδημούν σε κάθε περιοχή, σε συνδυασμό με καλή γνώση της βιολογίας και της οικολογίας του κάθε είδους (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

1.2.ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Κουνούπια αποκαλούνται όλα τα έντομα της Οικογένειας Culicidae, η οποία κατατάσσεται στο φύλο των Αρθροπόδων (Arthropoda), στην τάξη των Διπτέρων (Diptera) και στην υποτάξη των Nematocera.

Τα Δίπτερα (Diptera) αποτελούν τη σπουδαιότερη τάξη Αρθροπόδων υγειονομικής σημασίας, καθώς περιλαμβάνουν πολλά είδη που απομυζούν αίμα, αρκετά εκ των οποίων, πέρα από την όχληση που προκαλούν στον άνθρωπο και τα ζώα, είναι και δυνητικοί διαβιβαστές σοβαρών ασθενειών. Άλλα είδη Διπτέρων, λόγω των τροφικών τους συνηθειών, είναι διαβιβαστές παθογόνων μικροοργανισμών σε ανθρώπινες τροφές, ενώ υπάρχουν και παρασιτικά είδη ή είδη

των οποίων οι προνύμφες μπορούν να καταποθούν τυχαία από τον άνθρωπο μέσω της τροφής (Μπέτζιος, 1989).

Τα Δίπτερα διακρίνονται από τις άλλες τάξεις εντόμων από το γεγονός ότι φέρουν ένα ζεύγος μεμβρανωδών πτερύγων που φύονται στον μεσοθώρακα, ενώ το δεύτερο ζεύγος πτερύγων έχει υποπλαστεί, κατά τη διαδικασία της εξέλιξης, σε μικρά ροπαλοειδή όργανα που υποβοηθούν την πτήση και ονομάζονται αλτήρες (halteres).

Η τάξη των Διπτέρων διαιρείται ταξινομικά σε δύο υποτάξεις, στα Βραχύκερα (Brachycera) που περιλαμβάνουν 110 περίπου οικογένειες και στα Νηματόκερα (Nematocera) με 26 οικογένειες (Becker *et al.*, 2003a). Η ονομασία των υποτάξεων οφείλεται στην κατασκευή και μορφολογία των κεραίων των εντόμων που περιλαμβάνουν. Τα έντομα της υποτάξης Nematocera, στα οποία ανήκει και η Οικογένεια Culicidae, διαθέτουν νηματοειδείς κεραίες, ενώ στα Brachycera οι κεραίες είναι κοντές. Ανάλογα τις διάφορες συστηματικές προσεγγίσεις, τα Nematocera χωρίζονται σε τέσσερις έως επτά διαφορετικές διαιρέσεις ή υπο-υποτάξεις (Becker *et al.*, 2010), μία εκ των οποίων είναι και η υπο-υποτάξη Culicomorpha. Τα τελευταία διαιρούνται σε δύο υπεροικογένειες: την Culicoidea και την Chironomoidea. Τα κουνούπια υπάγονται στην Υπεροικογένεια Culicoidea, ενώ άλλα μέλη αυτής της Υπεροικογένειας είναι και τα δίπτερα των οικογενειών Chaoboridae, Corethrellidae, Dixidae, Simuliidae, Chironomidae και Ceratopogonidae (Becker *et al.*, 2003a).

Τα κουνούπια θεωρούνται από τα πιο σημαντικά αρθρόποδα στην ιατρική, εξαιτίας της εξέχουσας σημασίας τους στη μετάδοση ενός ευρέος φάσματος ιογενών και παρασιτικών ασθενειών στους ζώντες οργανισμούς. Αποτελούν τη μεγαλύτερη ομάδα αιμομυζητικών εντόμων που μεταδίδουν ασθένειες και προκαλούν ενόχληση στον άνθρωπο και στα θερμόαιμα ζώα (Μπέτζιος, 1989) και γι' αυτό τον λόγο είναι η ομάδα εντόμων που έχει επηρεάσει στον μεγαλύτερο βαθμό τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Η Οικογένεια Culicidae σήμερα αριθμεί 3.726 αναγνωρισμένα είδη κουνουπιών παγκοσμίως (Harbach, 2023), τα οποία κατατάσσονται σε 2 υποοικογένειες και 113 γένη (Harbach, 2024). Αρχικά, η Οικογένεια Culicidae διαχωριζόταν σε τρεις υποοικογένειες: την Anophelinae, την Culicinae και την Toxorhynchitinae. Σύμφωνα, όμως, με φυλογενετικές μελέτες των Harbach and Kitching (1998), απεδείχθη ότι η Toxorhynchitinae δεν αποτελεί ξεχωριστή Υποοικογένεια, αλλά είναι ομάδα ή φυλή της Υποοικογένειας Culicinae, με την ονομασία Toxorhynchitini. Η Toxorhynchitini διαθέτει ένα και μοναδικό γένος, το *Toxorhynchites* και 91 είδη (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Harbach, 2024). Δεδομένου ότι τα *Toxorhynchites* spp. περιλαμβάνουν μη αιμομυζητικά είδη, δεν παρουσιάζουν υγειονομικό ενδιαφέρον. Αντιθέτως, οι προνύμφες αυτής της φυλής είναι αρπακτικές, τρεφόμενες κυρίως με προνύμφες άλλων κουνουπιών, ενώ μερικά είδη έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για τον έλεγχο οικονομικά

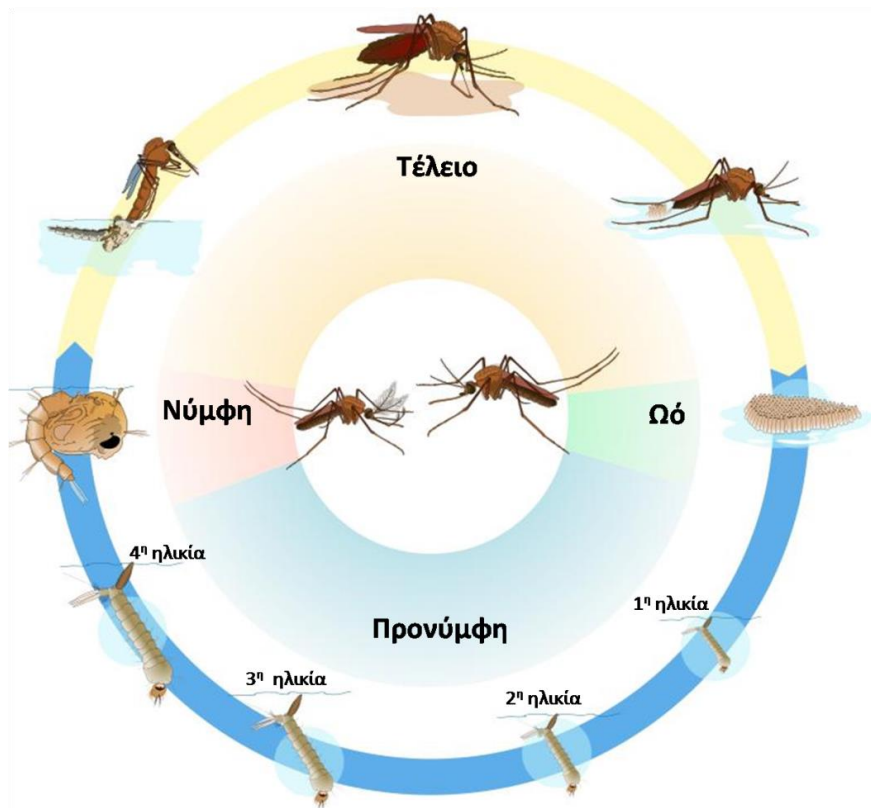
σημαντικών κουνουπιών. Τα *Toxorhynchites* spp. είναι κατά κύριο λόγο είδη τροπικών περιοχών και δεν έχουν αναφερθεί ακόμα στην Ευρώπη (Harbach, 2024).

Η Υποοικογένεια Anophelinae περιλαμβάνει 524 επίσημα αναγνωρισμένα είδη, τα οποία διαιρούνται στα εξής τρία γένη: *Anopheles*, *Bironella* και *Chagasia* (Harbach, 2008a). Τα περισσότερα είδη της Υποοικογένειας ανήκουν στο γένος *Anopheles*, το οποίο απαντάται σε εύκρατες, υποτροπικές και τροπικές περιοχές του κόσμου, με εξαίρεση ορισμένες νησιωτικές ομάδες στον Ειρηνικό ωκεανό και κάποια απομονωμένα νησιά στον Ατλαντικό. Τα *Bironella* και η *Chagasia* είναι μικρά γένη που περιορίζονται στην Αυστραλιανή και τη Νεοτροπική Περιοχή, αντίστοιχα. Από τα τρία γένη που περιλαμβάνονται στην Υποοικογένεια, μόνο τα είδη του γένους *Anopheles* παρουσιάζουν ενδιαφέρον από υγειονομικής σημασίας, καθώς ορισμένα από αυτά είναι διαβιβαστές των παθογόνων της ελονοσίας στους ανθρώπους (Σαββοπούλου-Σουλτάνη και συν., 2011). Τα κουνούπια που ανήκουν σε αυτά τα γένη είναι γνωστά με την κοινή ονομασία «ανωφελή» (anophelines) (Harbach, 2008a).

Η Υποοικογένεια Culicinae, στην οποία συγκαταλέγεται η πλειοψηφία των κουνουπιών, περιλαμβάνει 3.202 είδη και 110 γένη (Harbach, 2008b), με σπουδαιότερα τα: *Aedes*, *Culex*, *Ochlerotatus*, *Culiseta*, *Mansonia*, *Coquillettidia*, *Haemagogus*, *Sabethes* και *Psorophora* (Σαββοπούλου-Σουλτάνη και συν., 2011). Τα μέλη της Υποοικογένειας αυτής έχουν παγκόσμια εξάπλωση, εκτός της Ανταρκτικής, με την πλειοψηφία των ειδών να απαντάται σε τροπικές περιοχές. Τα κουνούπια της Υποοικογένειας Culicinae αποκαλούνται με τον όρο «κοινά» (Harbach, 2008b).

1.3.ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα κουνούπια ανήκουν στην τάξη των Διπτέρων και ως εκ τούτου είναι έντομα ολομετάβολα: υφίστανται, δηλαδή, πλήρη και ολική μεταμόρφωση κατά την οποία διαχωρίζονται οι φυσιολογικές διαδικασίες της αύξησης από αυτές της διαφοροποίησης και της αναπαραγωγής. Ο βιολογικός κύκλος όλων των ειδών των κουνουπιών ολοκληρώνεται σε τέσσερα διακριτά στάδια: του ωού, της προνύμφης (larva), της νύμφης (pupa) και του τέλειου (ενήλικου ή ώριμου) (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011). Μόνο στο στάδιο του τέλειου το κουνούπι έχει την ικανότητα να πετάει, ενώ τα ατελή στάδια (προνύμφες και νύμφες) είναι αποκλειστικά υδρόβια.



Εικόνα 1.1. Βιολογικός κύκλος κουνουπιών.

Η εγκατάσταση κουνουπιών σε μία περιοχή απαιτεί την ύπαρξη υδάτινου περιβάλλοντος (στάσιμου ή με μικρή ροή νερού) για την τοποθέτηση και εκκόλαψη των προνυμφών και την ανάπτυξη των ατελών σταδίων (Μπέτζιος, 1989). Ελάχιστες είναι οι περιπτώσεις όπου μια συλλογή ύδατος είναι ακατάλληλη για την ανάπτυξη κουνουπιών (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Το ενήλικο θηλυκό, αφού γονιμοποιηθεί από το αρσενικό και λάβει την απαραίτητη ποσότητα αίματος από τον ξενιστή για την ωρίμανση των ωών, αποθέτει τα ωά του σε κατάλληλη για το είδος υδάτινη εστία. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα τα ωά εκκολάπτονται σε προνύμφες, εντός της υδάτινης εστίας. Η ανάπτυξη των προνυμφών ολοκληρώνεται σε τέσσερα στάδια, μεταξύ των οποίων υφίστανται «έκδυση», αλλάζουν δηλαδή, δερμάτιο και αυξάνονται σε μέγεθος. Οι προνύμφες 4^{ου} σταδίου μεταμορφώνονται σε νύμφες, οι οποίες εξακολουθούν να βρίσκονται εντός του νερού. Στο στάδιο αυτό συντελούνται εσωτερικά έντονες φυσικοχημικές και ιστολογικές μεταβολές, ώστε να προκύψουν τελικά τα τέλεια αρσενικά ή θηλυκά κουνούπια, που είναι και το τελικό στάδιο. Έπειτα από λίγες ημέρες, ανάλογα με το είδος και τις καιρικές συνθήκες και συνήθως πριν απομακρυνθούν από τις εστίες ανάπτυξής τους, τα δύο φύλα είναι ώριμα και έτοιμα για γονιμοποίηση και ο κύκλος επαναλαμβάνεται (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου των κουνουπιών κυμαίνεται σε διάστημα 2 έως 4 εβδομάδων και εξαρτάται από το είδος, τη διαθεσιμότητα τροφής και τις

επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες, εκ των οποίων η θερμοκρασία θεωρείται η σημαντικότερη.

1.3.1.ΔΙΑΠΑΥΣΗ

Όταν οι περιβαλλοντικοί παράγοντες σηματοδοτούν την προσέγγιση δυσμενών συνθηκών, μη ευνοϊκών για την ανάπτυξη των κουνουπιών, τότε αυτά εισέρχονται σε κατάσταση «διάπαυσης» (diapause). Ως διάπαυση, χαρακτηρίζεται η περίοδος του βιολογικού κύκλου των κουνουπιών, κατά τη διάρκεια της οποίας σταματά η ανάπτυξη στα ανώριμα στάδια (ωό, προνύμφη, νύμφη) και η σεξουαλική δραστηριότητα και ωοτοκία στο ώριμο στάδιο (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011). Πρόκειται για μία νευροορμονικώς ελεγχόμενη δυναμική κατάσταση χαμηλής μεταβολικής δραστηριότητας, η οποία σχετίζεται με μειωμένη μορφογένεση, αυξημένη αντοχή σε ακραίες τιμές περιβαλλοντικών συνθηκών και με αλλαγή ή μείωση της δραστηριότητας που αφορά τη συμπεριφορά (Τζανακάκης, 1995). Στα κουνούπια, κατά κύριο λόγο, η διάπαυση αποτελεί προσαρμογή για διαχείμαση. Το μήκος της φωτοπεριόδου και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι οι κύριες παράμετροι που καθορίζουν την έναρξη και τη λήξη αυτής της κατάστασης. Ο μηχανισμός της διάπαυσης ενεργοποιείται με την ελάττωση της φωτοπεριόδου και ως αποτέλεσμα επέρχεται καταστολή στη μεταβολική δραστηριότητα του εντόμου σε τέτοιο βαθμό που να του επιτρέπει τη διατήρησή του στη ζωή. Με την αύξηση της φωτοπεριόδου ενεργοποιούνται οι μεταβολικές λειτουργίες του εντόμου και ο τερματισμός της διάπαυσης. Αντίστοιχα αποτελέσματα έχει και η αύξηση της θερμοκρασίας μετά από παρατεταμένη περίοδο ψύχους (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Ανάλογα με το είδος διαφέρει και το στάδιο του βιολογικού κύκλου κατά το οποίο το κουνούπι εισέρχεται σε φάση διάπαυσης. Η διάπαυση μπορεί να εκδηλωθεί στο ενήλικο στάδιο ή στα ανώριμα στάδια του ωού ή της προνύμφης. Στα είδη που η διάπαυση εμφανίζεται στο ενήλικο στάδιο, εισέρχονται στην κατάσταση αυτή σε νεαρή ηλικία, αφού έχει προηγηθεί η γονιμοποίηση, όχι όμως και η ωοτοκία. Στα είδη αυτά, η έκθεση της προνύμφης ή της νύμφης σε μικρή φωτοπερίοδο ωθεί τα ενήλικα θηλυκά άτομα που θα προκύψουν σε διάπαυση, τα οποία επιβιώνουν είτε με τα θρεπτικά συστατικά που έχουν ήδη αποθηκεύσει στον λιπώδη ιστό τους είτε διακόπτουν περιστασιακά τη διάπαυση για να τραφούν με αίμα, χωρίς να ωοτοκήσουν. Τα ενήλικα αρσενικά, στην πλειοψηφία των ειδών, δεν εισέρχονται σε διάπαυση και ως αποτέλεσμα δεν επιβιώνουν τον χειμώνα.

Στα είδη που η διάπαυση πραγματοποιείται στα ανώριμα στάδια του ωού ή της προνύμφης, η έναρξή της οφείλεται στην έκθεση των ίδιων των σταδίων σε μικρή φωτοπερίοδο. Ωστόσο, υπάρχουν και είδη στα οποία όταν το ακμαίο θηλυκό εκτεθεί σε μικρή φωτοπερίοδο, τα ωά ή οι προνύμφες που θα προκύψουν από αυτό εισέρχονται σε διάπαυση (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

1.4.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ-ΒΙΟΛΟΓΙΑ

1.4.1.ΤΕΛΕΙΟ

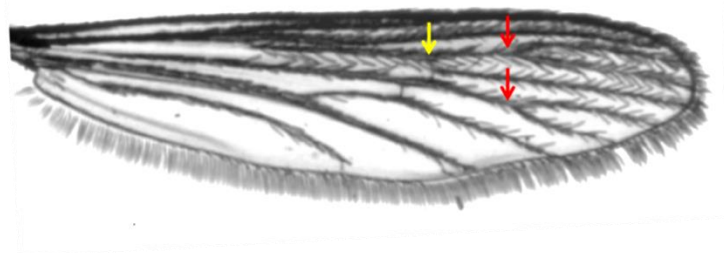
1.4.1.1.ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΕΛΕΙΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟ ΑΛΛΑ ΔΙΠΤΕΡΑ

Τα τέλεια κουνούπια διακρίνονται από τα υπόλοιπα έντομα, καθώς και από άλλα Δίπτερα παρόμοιου σχήματος ή μεγέθους, με βάση τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- φέρουν μια επιμήκη προβοσκίδα που εκτείνεται προς τα εμπρός από την κεφαλή μαζί με τις γναθικές προσακτρίδες και είναι πάντοτε μεγαλύτερη από τον θώρακα

- διαθέτουν δύο πτέρυγες με χαρακτηριστική διάταξη των νεύρων, όπου στην κορυφή κάθε πτέρυγας καταλήγει ένα απλό νεύρο (3^ο επίμηκες) ανάμεσα σε δύο διακλαδισμένα (2^ο και 4^ο)

- το σώμα, τα πόδια και οι πτέρυγές τους, συμπεριλαμβανομένων των νεύρων των πτερύγων, καλύπτονται με λέπια και τρίχες, το πλήθος και το χρώμα των οποίων καθορίζονται γενετικά και είναι χαρακτηριστικά του κάθε είδους (Becker *et al.*, 2010; Μπέτζιος, 1989).

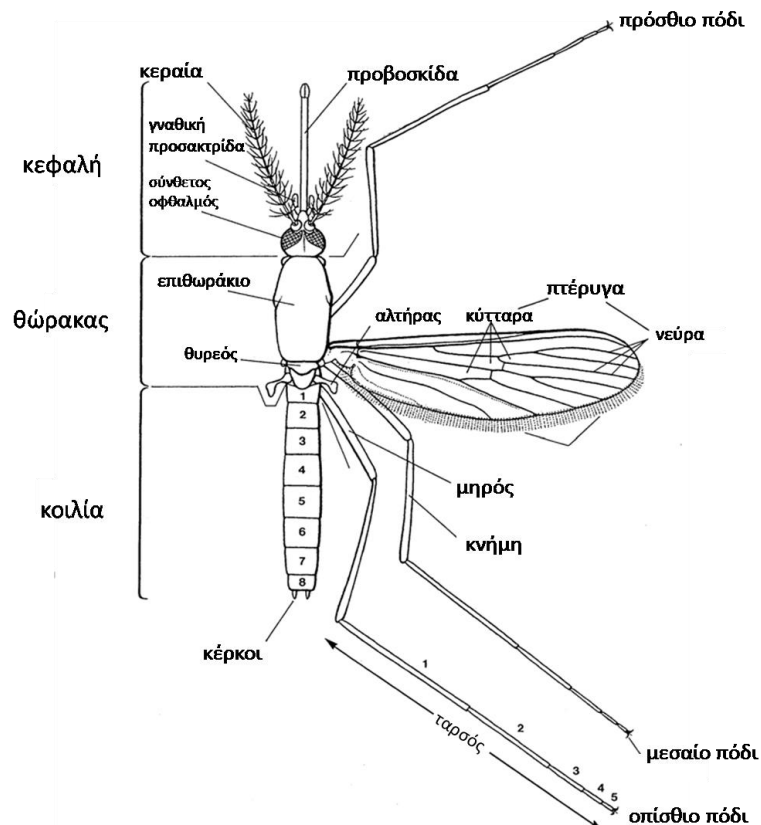


Εικόνα 1.2. Διάταξη νεύρων σε πτέρυγες κουνουπιών. Το 3^ο νεύρο της πτέρυγας (κίτρινο βέλος) βρίσκεται ανάμεσα σε δύο διακλαδισμένα (κόκκινα βέλη).

1.4.1.2.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΕΛΕΙΟΥ

Τα ενήλικα κουνούπια είναι πτερωτά έντομα, με λεπτό σώμα και μακριά λεπτά πόδια. Το μέγεθος των περισσότερων ειδών κυμαίνεται στα 3-6 mm, ενώ υπάρχουν και είδη με μήκος 9 mm. Εξάιρεση αποτελεί το γένος *Toxorhynchites*, το οποίο περιλαμβάνει τροπικά είδη με μήκος σώματος που φθάνει σχεδόν 20 mm (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Όπως και στα υπόλοιπα έντομα, το σώμα των ενήλικων κουνουπιών διαιρείται σε τρία ευκρινή τμήματα: την κεφαλή, τον θώρακα και την κοιλία. Καθένα από αυτά τα τμήματα υποδιαιρείται σε περεταίρω τμήματα, τα οποία είτε είναι διακριτά είτε όχι.



Εικόνα 1.3. Διαγραμματική απεικόνιση ενός τέλειου κουνουπιού.

1.4.1.2.1.ΚΕΦΑΛΗ

Η κεφαλή ενός ακμαίου κουνουπιού έχει σχήμα σχεδόν σφαιρικό, αποτελεί το αισθητήριο κέντρο του σώματος και φέρει τα στοματικά μόρια, τις κεραίες και τους οφθαλμούς.



Εικόνα 1.4. (a) Λεπτομέρειες κεφαλής τέλειου αρσενικού κουνουπιού *Anopheles gambiae*, (b) Κεφαλή τέλειου θηλυκού κουνουπιού *Culex ripiens*, (c) Κεφαλή τέλειου αρσενικού κουνουπιού *Culex ripiens*.

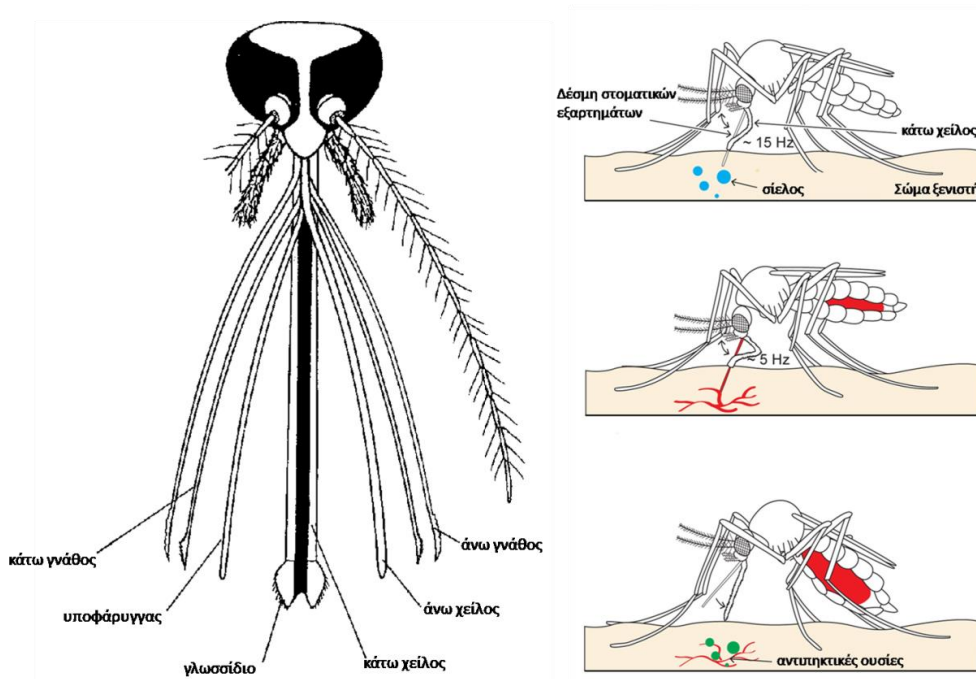
Το μεγαλύτερο μέρος της κεφαλής καταλαμβάνει ένα ζεύγος σύνθετων οφθαλμών (compound eyes). Οι οφθαλμοί είναι καλά ανεπτυγμένοι, δίνοντας στα κουνούπια εξαιρετική ικανότητα όρασης, ακόμα και σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, ενώ τους επιτρέπουν να βλέπουν σε πολλές κατευθύνσεις ταυτόχρονα (Burkett-Cadena, 2013). Καθένας από τους οφθαλμούς αποτελείται από μεγάλο αριθμό οπτικών μονάδων, τα ομμάτια. Σε ορισμένα είδη κουνουπιών, οι σύνθετοι οφθαλμοί εφάπτονται μεταξύ τους ραχιαία ή κοιλιακά.

Μεταξύ των σύνθετων οφθαλμών φύεται ένα ζεύγος κεραιών. Η λειτουργία των κεραιών είναι αισθητήρια. Σ' αυτές βρίσκεται κατά κύριο λόγο η αίσθηση της αφής, της όσφρησης και σε μερικές περιπτώσεις της ακοής. Κάθε κεραία διαιρείται σε τρία τμήματα. Το πρώτο τμήμα βρίσκεται προς τη βάση της κεραίας και ονομάζεται σκήπος ή σκάπος (scapus). Το δεύτερο τμήμα είναι ιδιαίτερα εξογκωμένο με σχήμα σφαιρικό και είναι γνωστό ως ποδίσκος (pedicel). Στο τμήμα αυτό τα αρσενικά κουνούπια φέρουν ένα εξελιγμένο αισθητήριο όργανο, το όργανο του Johnston (Johnston's organ), το οποίο ανιχνεύει την παλλόμενη κίνηση της πτέρυγας των θηλυκών κουνουπιών κατά την πτήση (McIver, 1980). Το τρίτο τμήμα είναι το ελεύθερο τμήμα της κεραίας και καλείται μαστίγιο (flagellum). Το μαστίγιο αποτελείται από 13 άρθρα (flagellomeres), τα οποία χαρακτηρίζονται από πλήρη απουσία εσωτερικών μυών και ύπαρξη μακριών σμηρίγγων που φύονται ελικοειδώς. Η μορφολογία των κεραιών βοηθάει στη διάκριση μεταξύ αρσενικών και θηλυκών κουνουπιών. Στα αρσενικά κουνούπια, οι τρίχες (σμηρίγγες) του μαστιγίου είναι πολύ πυκνές, μακριές και διακλαδισμένες, προσδίδοντας στις κεραίες πτεροειδή μορφή (plumose), ενώ στα θηλυκά, οι κεραίες είναι νηματοειδείς (pilose) και αποτελούνται από μικρές τρίχες (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Ακριβώς κάτω από τις κεραίες βρίσκονται τα στοματικά μόρια. Τα τέλεια κουνούπια έχουν νύσσοντος-μυζητικού τύπου στοματικά μόρια (piercing-sucking type) και έχουν τη μορφή επιμήκους προβοσκίδας (proboscis), με την οποία λαμβάνουν την τροφή τους. Η προβοσκίδα ξεκινά από την πρόσθια-κοιλιακή βάση της κεφαλής και εκτείνεται προς τα εμπρός. Δίνει την εντύπωση λεπτού σωλήνα, ο οποίος στα περισσότερα είδη είναι ευθύς ή ελαφρώς κυρτός. Εξάιρεση αποτελούν τα είδη του γένους *Toxorhynchites*, των οποίων η προβοσκίδα κάμπτεται προς τα πίσω, καθιστώντας την ακατάλληλη να διατρύπεί ζωικούς ιστούς. Η προβοσκίδα αποτελείται από μία δέσμη έξι λεπτών και μακριών τμημάτων που μοιάζουν με στυλέτα. Τα τμήματα αυτά περιλαμβάνουν το άνω χείλος (labrum) με τον επιφάρυγγα, ένα ζεύγος άνω γνάθων (mandibles), τον υποφάρυγγα (hypopharynx) και ένα ζεύγος κάτω γνάθων (maxillae). Όλα αυτά τα όργανα περικλείονται από μία θήκη που σχηματίζεται από το κάτω χείλος (labium), το οποίο αποτελεί την κοιλιακή επιφάνεια της προβοσκίδας και καλύπτεται εξωτερικά με λέπια, ενώ το άνω χείλος με τον επιφάρυγγα κλείνουν τη ραχιαία επιφάνεια της προβοσκίδας, της οποίας το άκρο καταλήγει σε ένα ζεύγος λοβών, που ονομάζονται γλωσσίδια (labella) (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου 2011, Σαββοπούλου-Σουλτάνη 2011). Τα στοματικά

εξαρτήματα διατηρούνται κοντά μεταξύ τους κατά τη διάρκεια ζωής των κουνουπιών και διαχωρίζονται μόνο τη στιγμή που το θηλυκό κουνούπι διατρύπεί τους ιστούς του ξενιστή για να τραφεί με αίμα, όπου το κάτω χείλος κυρτώνεται προς τα πίσω και είναι ορατά τα υπόλοιπα όργανα (Service, 2004).

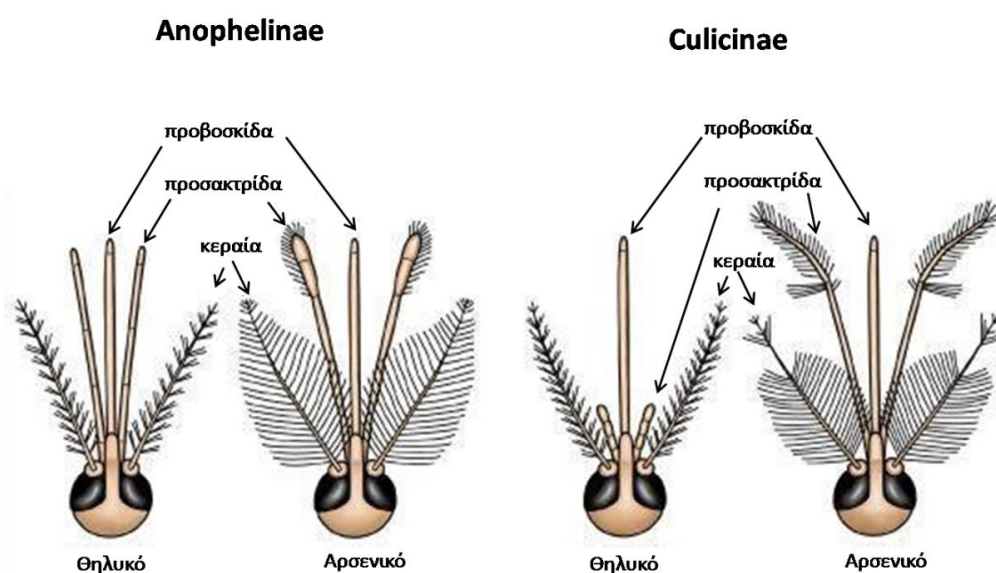
Οι άνω και κάτω γνάθοι είναι διαμορφωμένες σε αιχμηρά στυλέτα και αποτελούν τα νύσσοντα όργανα του κουνουπιού με τα οποία σχίζουν την επιδερμίδα του ξενιστή. Έτσι, όταν το θηλυκό κουνούπι πρόκειται να διατραφεί με αίμα, τα γλωσσίδια στην άκρη του κάτω χείλους, ακουμπούν στο δέρμα του ξενιστή και το κάτω χείλος αναδιπλώνεται προς τα πίσω, επιτρέποντας στα υπόλοιπα όργανα να ανοίξουν κατάλληλη οπή στο δέρμα. Το άνω χείλος με τον επιφάρυγγα, σε συνδυασμό με τις άνω και κάτω γνάθους σχηματίζουν μιας μορφής αγωγό (τροφικός αγωγός), διαμέσου του οποίου μεταφέρεται η τροφή κατά την αιμοληψία (Hickman *et al.*, 2015). Κατά τη διαδικασία αυτή, παράγεται σίελος σε σιελογόνους αδένες τοποθετημένους στο θώρακα και εγχέεται στον υποφάρυγγα. Ο σίελος περιέχει αντιαιμοστατικά ένζυμα που προκαλούν αιμάτωμα στο σημείο του νύγματος, διευκολύνοντας τη λήψη αίματος. Επιπλέον, ο σίελος περιέχει ανιπληκτικές και αναισθητικές ουσίες, οι οποίες εμποδίζουν την πήξη του αίματος στο σημείο που έχει εισχωρήσει η προβοσκίδα και μειώνουν την αίσθηση του πόνου από το τσίμπημα, άρα και τις αμυντικές αντιδράσεις του ξενιστή, αντίστοιχα (Parker & Mant, 1979; Service, 2012). Η άντληση αίματος ρυθμίζεται από τις συσπάσεις των μυών του ανώτερου πεπτικού συστήματος, ώστε η ροή να είναι συνεχής προς τον στόμαχο και χωρίς παλινδρόμηση (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).



Εικόνα 1.5. Σχηματική απεικόνιση κεφαλής και στοματικών μορίων τέλειου κουνουπιού (αριστερά) και μηχανισμού αιμοληψίας από το σώμα του ξενιστή (δεξιά).

Τα αρσενικά κουνούπια παρόλο που διαθέτουν και αυτά προβοσκίδα, η κατασκευή της δεν τους επιτρέπει να διατρύπουν το δέρμα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τόσο οι άνω, όσο και οι κάτω γνάθοι έχουν συνήθως μειωμένο μέγεθος ή οι άνω γνάθοι μπορεί να απουσιάζουν τελείως, με αποτέλεσμα η διατροφή τους να περιορίζεται σε νέκταρ και φυτικούς χυμούς (Magnarelli, 1979). Έτσι, γίνεται αντιληπτό ότι τα αρσενικά κουνούπια δεν έχουν την ικανότητα να τσιμπούν, άρα ούτε και να μεταδίδουν ασθένειες (Σαββοπούλου-Σουλτάνη 2011, Service 2012).

Εκατέρωθεν της προβοσκίδας βρίσκεται ένα ζεύγος σημαντικών αισθητήριων οργάνων, οι γναθικές προσακτρίδες (maxillary palpi ή palps). Καθεμία από αυτές αποτελείται από πέντε τμήματα, ορισμένα από τα οποία μπορεί να είναι μικρά και δυσδιάκριτα. Η μορφολογία των γναθικών προσακτρίδων βοηθάει στη διάκριση μεταξύ κοινών και ανωφελών κουνουπιών, καθώς και αρσενικών με θηλυκά. Στα περισσότερα είδη, οι γναθικές προσακτρίδες των θηλυκών έχουν μικρότερο μήκος από αυτές των αρσενικών (Becker *et al.*, 2010; Burkett-Cadena, 2013). Συγκεκριμένα, στα είδη της Υποοικογένειας Culicinae (κοινά κουνούπια), το μήκος των γναθικών προσακτρίδων στα αρσενικά άτομα φθάνει σχεδόν το μήκος της προβοσκίδας, ενώ το μήκος τους στα θηλυκά δεν ξεπερνά το μισό της προβοσκίδας. Στα είδη των ανωφελών κουνουπιών (Υποοικογένεια Anophelinae), με εξαίρεση το γένος *Bironella*, οι προσακτρίδες έχουν ίδιο μήκος με την προβοσκίδα. Στα θηλυκά των ανωφελών κουνουπιών οι γναθικές προσακτρίδες έχουν οξύληκτο άκρο, ενώ στα αρσενικά είναι ελαφρώς διογκωμένο (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Μπέτζιος, 1989).



Εικόνα 1.6. Εξαρτήματα κεφαλής αρσενικών και θηλυκών τέλειων κουνουπιών της Υποοικογένειας Anophelinae (αριστερά) και Culicinae (δεξιά).

1.4.1.2.2.ΘΩΡΑΚΑΣ

Το οπίσθιο μέρος της κεφαλής καταλήγει στον θώρακα (thorax), όπου βρίσκονται τα διάφορα εξαρτήματα που σχετίζονται με την κίνηση του εντόμου.

Σημαντικά τμήματα και όργανα που εμφανίζονται στον θώρακα των κουνουπιών είναι οι πτέρυγες, τα πόδια, οι αλτήρες, ο θυρεός (scutellum), το επιθωράκιο (scutum) και τα θωρακικά αναπνευστικά τρήματα ή αναπνευστικές οπές (spiracles). Επιπλέον, οι χρωματισμοί και τα σχέδια που δημιουργούν τα λέπια (scales) στη ράχη και στα πλευρά του θώρακα αποτελούν διαγνωστικούς χαρακτήρες για την ταυτοποίηση ορισμένων ειδών (Becker *et al.*, 2010).

Ο θώρακας αποτελείται από τρία σωματικά μεταμερή, τα οποία από εμπρός προς τα πίσω είναι: ο προθώρακας (prothorax), ο μεσοθώρακας (mesothorax) και ο μεταθώρακας (metathorax). Κάθε τμήμα φέρει ένα ζεύγος ποδιών, ο μεσοθώρακας φέρει επιπλέον ένα ζεύγος πτερύγων και ο μεταθώρακας ένα ζεύγος αλτήρων. Από τα τρία αυτά τμήματα, ο μεσοθώρακας καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του θώρακα, ενώ ο προθώρακας και ο μεταθώρακας καταλαμβάνουν σημαντικά περιορισμένο μέρος της ραχιαίας, κυρίως, επιφάνειας του θώρακα. Καθένα από τα μέρη του θώρακα αποτελείται από τέσσερις σκληρίτες: τον νωτιαίο-ραχιαίο (notum ή dorsum), τον στερνικό-κοιλιακό (sternum) και δύο πλευρικούς-πλάγιους (pleura) (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου 2011, Μπέτζιος 1989). Οι περιοχές αυτές του θώρακα, διαφοροποιούνται σε ξεχωριστούς σκληρίτες, οι οποίοι ονομάζονται τεργίτες, στερνίτες και πλευρίτες (Becker *et al.*, 2010). Ανάλογα το μέρος του θώρακα, διακρίνουμε τα εξής μέρη: πρόνωτο (pronotum), πρόστερνο (prosternum) και πρόπλευρο (propleuron) στον προθώρακα, μεσόνωτο (mesonotum), μεσόστερνο (mesosternum) και μεσόπλευρο (mesopleuron) στον μεσοθώρακα και μετάνωτο (metanotum), μετάστερνο (metasternum) και μετάπλευρο (metapleuron) στον μεταθώρακα (Μπέτζιος, 1989).

Η παρουσία ή απουσία λεπιών στο πρόνωτο (ραχιαία επιφάνεια του προθώρακα), καθώς και το μέγεθός του, αποτελούν χρήσιμο ταξινομικό χαρακτήρα για τη διάκριση των ειδών (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Τα λέπια είναι επίπεδες διαφοροποιημένες σμήριγγες, οι οποίες χάρη στις χρωστικές ουσίες που περιέχουν, δημιουργούν χαρακτηριστικούς χρωματισμούς και μοτίβα στο σώμα ορισμένων ειδών κουνουπιών. Η ραχιαία και πλευρική επιφάνεια του θώρακα καλύπτεται με λέπια, τα οποία στα διάφορα είδη έχουν διαφορετικά χρώματα ή διάταξη, αποτελώντας διαγνωστικούς χαρακτήρες για ορισμένα είδη (Becker *et al.*, 2010). Τα λέπια μπορεί να έχουν θαμπή ή γυαλιστερή όψη, ενώ μπορεί να έχουν σχεδόν οποιοδήποτε χρώμα, με συνηθέστερα το μαύρο, λευκό ή καφέ (Service, 2012). Τα χαρακτηριστικά σχέδια που δημιουργούν οι διάφοροι συνδυασμοί των λεπιών μπορεί να είναι δακτύλιοι (rings) στα πόδια, λωρίδες (stripes) στο επιθωράκιο (scutum, ραχιαίο τμήμα του μεσοθώρακα) και ταινίες στους κοιλιακούς σκληρίτες. Στα κουνούπια της Υποοικογένειας Culicinae, οι κοιλιακοί σκληρίτες και το στέρνο καλύπτονται με πυκνά λέπια, ενώ στα είδη της

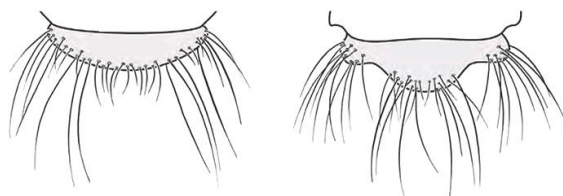
Υποοικογένειας Anophelinae οι κοιλιακοί και ραχιαίοι σκληρίτες στερούνται σχεδόν πλήρως λεπιών (Becker *et al.*, 2010).

Το επιθωράκιο (scutum) είναι ο δεύτερος ραχιαίος σκληρίτης του μεσοθώρακα, δηλαδή του μεσόνωτου, με σχήμα ωοειδές και καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα του θώρακα σε ραχιαία κάτοψη (Smith 1906, Μπέτζιος 1989, Βογιατζόγλου-Σαμανίδου 2011). Οι εναλλαγές στους χρωματισμούς των λεπιών που καλύπτουν το επιθωράκιο, συχνά δημιουργούν πολύ χαρακτηριστικά μοτίβα για την αναγνώριση ορισμένων ειδών (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011). Τα λέπια μπορεί να καλύπτουν πλήρως το επιθωράκιο ή να υπάρχουν σε ορισμένες μόνο περιοχές του, ανάλογα με το είδος (Becker *et al.*, 2010).



Εικόνα 1.7. Μοτίβα στο μεσόνωτο τέλειων κουνουπιών. *Aedes japonicus* (Theobald) (αριστερά), *Ae. aegypti* (κέντρο), *Ae. albopictus* (δεξιά).

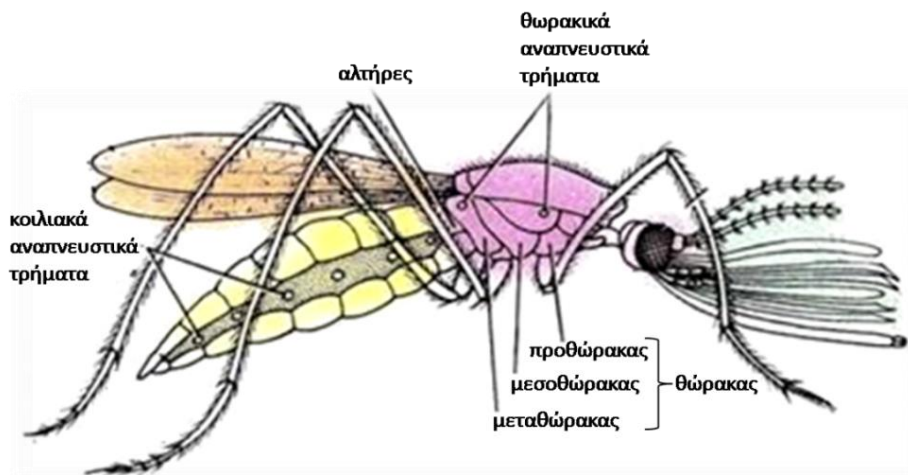
Ακριβώς πίσω από το επιθωράκιο βρίσκεται ο θυρεός ή ασπίδιο (scutellum). Πρόκειται για έναν ημισελινοειδή σκληρίτη, ο οποίος στα ανωφελή κουνούπια είναι ενιαίος και ημικυκλικός, με ομοιόμορφα κατανεμημένες σμήριγγες, ενώ στα κοινά είναι τρίλοβος και κάθε λοβός φέρει μία δέσμη σμηρίγγων με οπίσθια κατεύθυνση (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011). Η εξέταση του θυρεού είναι σημαντική για τη διάκριση των κοινών από τα ανωφελή κουνούπια.



Εικόνα 1.8. Θυρεός ανωφελών (αριστερά) και κοινών (δεξιά) τέλειων κουνουπιών.

Στον θώρακα φέρονται δύο ζεύγη αναπνευστικών τρημάτων (spiracles). Τα τρήματα είναι ανοίγματα του αναπνευστικού συστήματος προς το εξωτερικό περιβάλλον που επιτρέπουν την είσοδο του οξυγόνου και την αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα (Van Emden, 2014). Τα θωρακικά αναπνευστικά τρήματα βρίσκονται στην πλευρική χώρα του θώρακα και συγκεκριμένα το πρώτο ζεύγος

φέρεται στον μεσοθώρακα και καλείται μεσοθωρακικό τρήμα (mesothoracic spiracle) και το δεύτερο στον μεταθώρακα και ονομάζεται μεταθωρακικό τρήμα (metathoracic spiracle). Αναπνευστικά τρήματα συναντώνται και στην πλευρική όψη της κοιλίας, όπως αναφέρεται παρακάτω (Becker *et al.*, 2010).



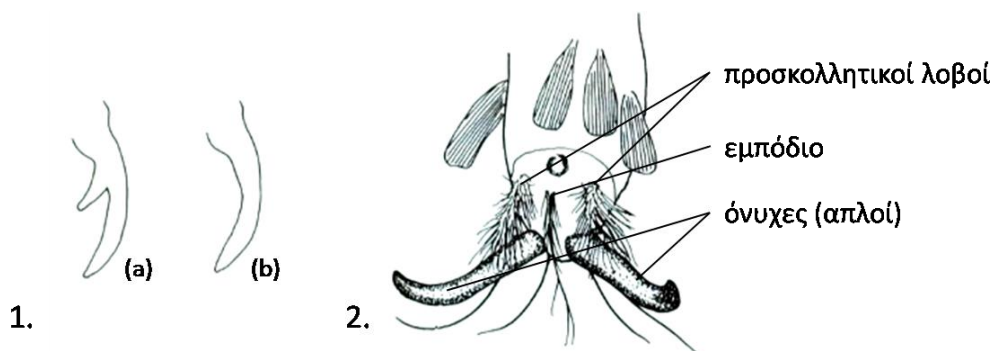
Εικόνα 1.9. Αναπνευστικά τρήματα στο σώμα τέλειου κουνουπιού.

Τα ενήλικα κουνούπια διαθέτουν ένα ζεύγος καλά ανεπτυγμένων και λειτουργικών πτερύγων, οι οποίες φύονται στον μεσοθώρακα. Όταν τα κουνούπια βρίσκονται σε ανάπαυση οι πτέρυγες τοποθετούνται η μία πάνω στην άλλη πάνω από την περιοχή της κοιλίας. Οι πτέρυγες είναι μεμβρανώδεις και διαφανείς και η επιφάνειά τους είναι ενισχυμένη από ένα σύστημα λεπτών και σκληρών σωλήνων που προσφέρουν ακαμψία και στήριξη στην πτέρυγα και καλούνται νεύρα (veins) (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Burkett-Cadena, 2013). Τα διάφορα νεύρα των πτερύγων και οι διακλαδώσεις που σχηματίζουν αποτελούν σημαντικό εργαλείο για την αναγνώριση και ταξινόμηση των ειδών. Ο αριθμός και η διάταξη των νεύρων είναι ίδια σχεδόν σε όλα τα κουνούπια και τα διαφοροποιούν από τα υπόλοιπα Δίπτερα, αφού δεν απαντώνται σε κανένα άλλο είδος εντόμων, με εξαίρεση την Οικογένεια Dixidae και Chaoboridae (Service, 2004). Στις πτέρυγες των κουνουπιών υπάρχουν έξι κυρίαρχα επιμήκη νεύρα, τα τρία εκ των οποίων σχηματίζουν περαιτέρω διακλαδώσεις. Τα κύρια νεύρα συνδέονται μεταξύ τους με έξι κάθετα κοντά νεύρα (cross veins). Τα τμήματα των μεμβρανών μεταξύ των νεύρων ή μεταξύ των νεύρων και των παρυφών της πτέρυγας, καλούνται κύτταρα (cells) και καλύπτονται με μικροτρίχια (μικροσκοπικές άκανθες). Η επιφάνεια των πτερύγων των κουνουπιών, όπως και σχεδόν όλα τα νεύρα καλύπτονται με λέπια, εκτός από τα κάθετα νεύρα που δεν φέρουν λέπια, με εξαίρεση τα κουνούπια του γένους *Culiseta*. Επίσης, η κορυφή και η οπίσθια παρυφή της πτέρυγας φέρουν επιμήκη λέπια με τη μορφή «κροσσού». Η μορφολογία, ο αριθμός, ο χρωματισμός και η θέση των λεπιών στις πτέρυγες των κουνουπιών ποικίλλει και παίζει σημαντικό

ρόλο στην ταξινόμηση των ειδών (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Όπως και σε όλα τα Δίπτερα, έτσι και στα κουνούπια, το δεύτερο ζεύγος πτερύγων έχει τροποποιηθεί σε δύο μικρά ροπαλοειδή όργανα, τους αλτήρες (halteres). Οι αλτήρες αρθρώνονται στον μεταθώρακα και κύριος ρόλος τους είναι η διατήρηση της ισορροπίας του εντόμου κατά την πτήση (Becker *et al.*, 2010).

Τα ενήλικα κουνούπια διαθέτουν τρία ζεύγη μακριών και λεπτών ποδιών, τα οποία φέρονται από ένα σε κάθε τμήμα του θώρακα. Ανάλογα με το θωρακικό τμήμα στο οποίο βρίσκονται, τα πόδια διακρίνονται σε πρόσθια (fore), μεσαία (mid) και οπίσθια (hind). Κάθε πόδι αποτελείται κατά κανόνα από πέντε άρθρα, τα οποία από τη βάση προς το άκρο είναι τα εξής: το ισχίο (coxa), ο τροχαντήρας (trochanter), ο μηρός (femur), η κνήμη (tibia) και ο ταρσός (tarsus). Επιπλέον, ο πρόταρσος (pretarsus), ο οποίος αναφέρεται και ως μετατάρσιο (posttarsus), από ορισμένους, θεωρείται ως έκτο άρθρο του ποδιού, ενώ άλλοι θεωρούν ότι είναι το τελευταίο τμήμα του ταρσού. Τα πέντε κύρια τμήματα του ποδιού καλύπτονται από λέπια διαφόρων χρωματισμών. Το χρώμα και τα σχέδια που σχηματίζουν τα λέπια στα πόδια των κουνουπιών, όπως επιμήκεις γραμμές, δακτύλιοι, ταινίες κ.ά., αποτελούν χαρακτηριστικά γνωρίσματα για ορισμένα είδη και χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην ταυτοποίησή τους. Ο ταρσός υποδιαιρείται σε πέντε ανισοσκελή τμήματα, τα ταρσομερή ή ταρσικά άρθρα (tarsomeres) που χαρακτηρίζονται από απουσία εσωτερικών μυών. Ο πρόταρσος ή μετατάρσιο ενώνεται με το πέμπτο ταρσομερές και αποτελείται από ένα ζεύγος ονύχων (claws ή ungues), συνήθως ένα ζεύγος μαλακών σχηματισμών κάτω από κάθε όνυχα που καλύπτονται με άφθονες τρίχες, τους προσκολλητικούς λοβούς (setose pulvilli) και έναν μεσαίο τριχοειδή σχηματισμό το ενδοπόδιο ή εμπόδιο (empodium). Οι όνυχες μπορεί να είναι απλοί ή να φέρουν στη βάση τους μια προεξοχή ή δόντι. Το σχήμα των ονύχων και η ύπαρξη ή μη δοντιού αποτελούν σημαντικά ταξινομικά χαρακτηριστικά για ορισμένα είδη (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Τζανακάκης & Κωβαίος, 2018).



Εικόνα 1.10. (1) Σχηματική απεικόνιση (a) απλού και (b) οδοντωτού όνυχα τέλειου κουνουπιού και (2) πρόταρσος με τα εξαρτήματά του.

1.4.1.2.3.ΚΟΙΛΙΑ

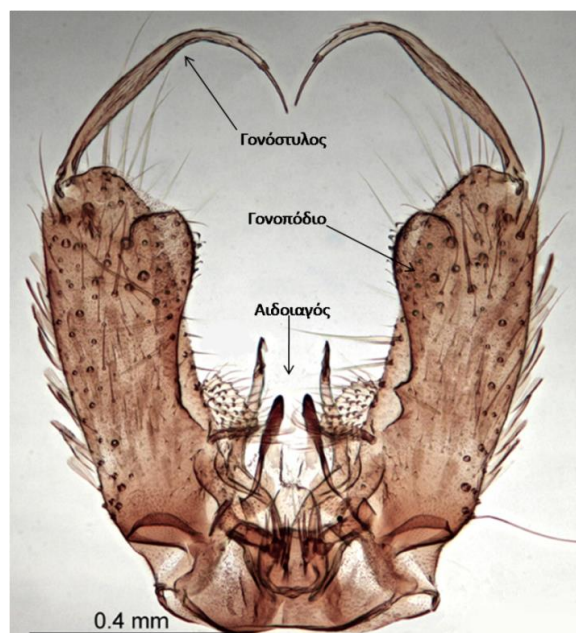
Το τελευταίο μέρος του σώματος ενός ενήλικου κουνουπιού αποτελεί η κοιλία (abdomen), η οποία είναι στενή και μακριά. Η κοιλία απαρτίζεται από δέκα δακτυλιοειδή τμήματα που καλούνται ουρομερή ή μεταμερή, εκ των οποίων μόνο τα πρώτα επτά ή οκτώ είναι ευδιάκριτα (Service, 2012). Τα επτά πρώτα τμήματα έχουν παρόμοια εξωτερική μορφολογία, ενώ τα τρία τελευταία έχουν σμικρυνθεί κι έχουν εξελιχθεί σε εξειδικευμένα εξωτερικά εξαρτήματα που εξυπηρετούν την αναπαραγωγή. Τα τελευταία αυτά τμήματα είτε εισέρχονται τηλεσκοπικά το ένα μέσα στο άλλο, δίνοντας στρογγυλεμένη όψη στην άκρη της κοιλίας, όπως στα γένη *Culex* και *Culiseta* είτε στρέφονται προς τα πίσω και έτσι η άκρη της κοιλίας φαίνεται πιο μυτερή, όπως στο γένος *Aedes*. Κάθε ουρομερές αποτελείται από έναν ραχιαίο και έναν κοιλιακό σκληρίτη, οι οποίοι καλούνται τεργίτης (tergum) και στερνίτης (sternum), αντίστοιχα. Οι τεργίτες και οι στερνίτες συνδέονται μεταξύ τους, αλλά και με τους υπόλοιπους σκληρίτες με ελαστικές μεμβράνες. Χάρη στην ελαστικότητα αυτών των συνδετικών ιστών, η κοιλία μπορεί και διαστέλλεται σημαντικά όταν το θηλυκό κουνούπι τρέφεται με αίμα ή όταν φέρει ώριμα ωά (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Επιπλέον, στα πλευρικά τμήματα κάθε ουρομερούς εντοπίζεται από ένα αναπνευστικό τμήμα. Στα κουνούπια της Υποοικογένειας Culicinae η κοιλία καλύπτεται συνήθως, ραχιαία και κοιλιακά με λέπια, χρώματος κυρίως καφέ, μαύρο ή λευκό, ενώ στα κουνούπια της Υποοικογένειας Anophelinae, η κοιλία χαρακτηρίζεται από μερική ή πλήρη απουσία λεπιών (Service, 2012).

Σημαντικά εξαρτήματα της κοιλιακής χώρας με αναπαραγωγική χρησιμότητα αποτελούν τα εξωτερικά γεννητικά όργανα (genitalia) των ενήλικων κουνουπιών που βρίσκονται στα τελευταία τμήματα της κοιλίας. Στα θηλυκά κουνούπια ο γεννητικός οπλισμός βρίσκεται στο 8^ο και 9^ο κοιλιακό τμήμα και διαδραματίζει ρόλο στη σύζευξη και στην εναπόθεση ωών κατά την ωοτοκία, καθώς δεν διαθέτουν ειδικό ωοθέτη. Το τελευταίο τμήμα της κοιλίας των θηλυκών κουνουπιών καταλήγει σε δύο επιμήκεις λοβούς, οι οποίοι ονομάζονται κέρκοι (cerci) και αποτελούν βοηθητικά εξαρτήματα των εξωτερικών γεννητικών οργάνων. Ανάλογα το είδος, οι κέρκοι μπορεί να είναι αρκετά ευδιάκριτοι ή να μην είναι ορατοί (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Ο γεννητικός οπλισμός του αρσενικού, ο οποίος εντοπίζεται στο 9^ο κοιλιακό τμήμα, καλείται υποπύγιο (hypopygium), συνίσταται από τα φαλλικά και περιφαλλικά όργανα και παίζει ρόλο στο ζευγάρωμα. Ο γεννητικός οπλισμός του αρσενικού περιλαμβάνει τυπικά δύο λαβίδες, τους γονοστύλους (gonostylus) που χρησιμοποιούνται για τη σύλληψη και συγκράτηση του θηλυκού κατά τη σύζευξη και τον αιδοιαγό (aedeagus) που βρίσκεται μεταξύ των γονοστύλων. Ο αιδοιαγός αποτελείται από τον φαλλό (phallus) και ένα ζεύγος «παραμερών» (parameres), που φύονται στα πλάγια της βάσης του φαλλού και βοηθούν στη σύλληψη και συγκράτηση του γεννητικού οπλισμού του θηλυκού κατά τη διάρκεια της σύζευξης.

Η μορφολογία του γεννητικού οπλισμού των αρσενικών διαφέρει σημαντικά στα διάφορα είδη και για αυτόν τον λόγο αποτελεί αξιόπιστο ταξινομικό χαρακτήρα για τον προσδιορισμό των γενών και ειδών, όταν δεν επαρκούν τα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά των θηλυκών κουνουπιών για τον προσδιορισμό του είδους (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).



Εικόνα 1.11. Γεννητικός οπλισμός αρσενικού τέλειου κουνουπιού.

1.4.1.3.ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΝΩΦΕΛΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝ ΤΕΛΕΙΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

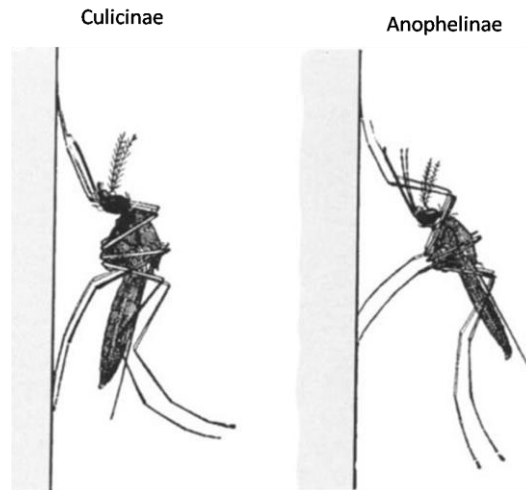
Η διάκριση μεταξύ των τέλειων κουνουπιών της Υποοικογένειας Anophelinae (ανωφελή) και Culicinae (κοινά) είναι σχετικά εύκολη και μπορεί να πραγματοποιηθεί εξετάζοντας τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Το σώμα των ανωφελών όταν αναπαύονται σχηματίζει γωνία με την επιφάνεια που κάθονται, ενώ τα κοινά κουνούπια διατηρούν το σώμα τους σε θέση παράλληλη με την επιφάνεια.

- Στα ανωφελή κουνούπια οι γναθικές προσακτρίδες και των δύο φύλων έχουν το ίδιο περίπου μήκος με την προβοσκίδα. Το ίδιο ισχύει και για τα αρσενικά άτομα των κοινών κουνουπιών. Όμως, στα θηλυκά των κοινών κουνουπιών οι γναθικές προσακτρίδες έχουν μήκος μικρότερο από το μισό του μήκους της προβοσκίδας.

- Στα ανωφελή ο θυρεός (scutellum) είναι κυκλικός και φέρει σμήριγγες σε όλη την περίμετρο, ενώ στα κοινά κουνούπια ο θυρεός είναι τρίλοβος και οι σμήριγγες περιορίζονται μόνο στους λοβούς.

- Τα περισσότερα είδη κοινών κουνουπιών δεν φέρουν κηλίδες (σχηματισμοί από λέπια) στις πτέρυγες (Μπέτζιος, 1989; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).



Εικόνα 1.12. Στάση σώματος κοινών (αριστερά) και ανωφελών (δεξιά) κουνουπιών όταν αναπαύονται.

1.4.1.4.ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΕΛΕΙΟΥ

Τα διάφορα είδη κουνουπιών παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά και συνήθειες κατά τη διάρκεια της ζωής τους, τόσο ως προς το είδος των εστιών ανάπτυξης, όσο και ως προς τους ξενιστές και τις θέσεις ανάπαυσης που επιλέγουν.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα θηλυκά των περισσότερων ειδών κουνουπιών είναι αιμομυζητικά και απαιτούν την κατανάλωση αίματος για την ανάπτυξη των ωών τους. Το εύρος των ξενιστών που επιλέγουν για αιμοληψία είναι μεγάλο και περιλαμβάνει την πλειονότητα των σπονδυλωτών οργανισμών, όπως θηλαστικά, ερπετά, αμφίβια και πτηνά, ενώ έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις ειδών που τρέφονται ακόμα και με αιμολέμφο άλλων εντόμων (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Foster & Walker, 2002; Harbach, 2007; Service, 2012).

Το είδος του ξενιστή που προτιμούν τα ενήλικα θηλυκά διαφέρει μεταξύ των ειδών και με βάση την προτίμηση διακρίνονται σε ζωόφιλα ή ζωοδίαιτα (έχουν ως ξενιστές κυρίως θηλαστικά), ορνιθοφιλα (πτηνά), ερπετόφιλα (ερπετά) και πολυφάγα, τα οποία δεν περιορίζονται σε μία μόνο κατηγορία σπονδυλωτών για να λάβουν αίμα. Ένας σχετικά μικρός αριθμός ειδών τρέφεται, όταν έχει πρόσβαση και από τον άνθρωπο. Τα είδη αυτά καλούνται ανθρωπόφιλα ή ανθρωποδίαιτα και πρόκειται για είδη που θα μπορούσαν να μεταδώσουν ασθένειες στον άνθρωπο. Τα περισσότερα είδη έχουν προτίμηση για μία συγκεκριμένη κατηγορία ξενιστή, ωστόσο σε ορισμένα είδη, όταν ο επιθυμητός ξενιστής απουσιάζει μπορεί να επιτεθούν και σε άλλες κατηγορίες ξενιστών.

Μερικά είδη κουνουπιών συνηθίζουν να εισέρχονται με ευκολία σε σπίτια και οικήματα για να αναζητήσουν τον ξενιστή τους και καλούνται οικοδίαιτα ή ενδοφαγικά (endophagic), ενώ εκείνα που νύσσουν τους ξενιστές τους εκτός οικιών και συναντώνται κυρίως στην ύπαιθρο, λέγονται αγροδίαιτα ή εξωφαγικά (exophagic).

Τα ενήλικα θηλυκά, αφού λάβουν την απαραίτητη ποσότητα αίματος από τον ξενιστή τους, εντός ή εκτός οικιών, αναζητούν θέσεις για ανάπαυση, ώστε να γίνει η πέψη του αίματος. Ανάλογα με τις θέσεις που επιλέγουν, διακρίνονται σε ενδόφιλα ή ενδοφιλικά (endophilic), όταν αναπαύονται μέσα σε κατοικίες και σε εξώφιλα ή εξωφιλικά (exophilic), όταν επιλέγουν θέσεις σε εξωτερικούς χώρους.

Ορισμένα είδη διανύουν μεγάλες αποστάσεις γύρω από τις εστίες ανάπτυξής τους, ενώ άλλα είδη έχουν μικρή ακτίνα διασποράς για ανεύρεση ξενιστή.

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό των διαφόρων ειδών κουνουπιών είναι ο όγκος του χώρου που απαιτούν για την πραγματοποίηση της σύζευξης, η οποία πραγματοποιείται σε πτήση, βάσει του οποίου διακρίνονται σε στενόγαμα και ευρύγαμα.

Τέλος, η εποχή τους έτους και οι ώρες της ημέρας που δραστηριοποιούνται τα κουνούπια, είναι καθορισμένες και χαρακτηριστικές στα διάφορα είδη. Έτσι, υπάρχουν είδη ημερόβια, νυκτόβια ή είδη που είναι δραστήρια λίγο πριν τη δύση του ηλίου (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Μπέτζιος, 1989; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011; Service, 2012).

Παρόλα αυτά, τα περισσότερα είδη προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους και τις συνήθειές τους βάσει των επικρατούντων συνθηκών. Λίγα είναι τα είδη που ανήκουν αποκλειστικά σε μία μόνο κατηγορία ως προς κάποια συνήθεια. Δηλαδή, ένα είδος κουνουπιού, το οποίο σε μία συγκεκριμένη περιοχή είναι αποκλειστικά ανθρωποδίαιτο, ενδόφιλο και ενδοφαγικό, σε μία άλλη περιοχή με λίγους ανθρώπους και πολλά ζώα, το είδος μπορεί να γίνει αποκλειστικά ζωοδίαιτο, εξωφιλικό και εξωφαγικό (Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011; Service, 2012).

Όλα τα παραπάνω στοιχεία που χαρακτηρίζουν το κάθε είδος έχουν ιδιαίτερη επιδημιολογική σημασία, καθώς μπορεί να καθορισθεί η ικανότητα μετάδοσης ασθενειών μέσω αυτών, στον άνθρωπο και τα ζώα και να σχεδιασθεί η κατάλληλη στρατηγική για την επιτυχή αντιμετώπισή τους.

1.4.1.4.1.ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ

Η διάρκεια ζωής των ενήλικων κουνουπιών παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση, διαφέρει μεταξύ των ειδών, αλλά και ανάλογα το φύλο του κουνουπιού, ενώ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διατροφή και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η φωτοπερίοδος.

Τα αρσενικά γενικά, ζουν λιγότερο από τα θηλυκά και η ζωή τους διαρκεί λίγες μόνο ημέρες, κατά τις οποίες συνήθως, γονιμοποιούν αρκετά θηλυκά, χωρίς να απομακρύνονται από τις εστίες ανάπτυξης των προνυμφών.

Η διάρκεια ζωής των θηλυκών είναι κατά μέσο όρο 1-2 εβδομάδες σε τροπικά κλίματα, ενώ σε εύκρατα κλίματα φθάνει περίπου τις 3-4 εβδομάδες. Ορισμένα είδη, κυρίως των γενών *Anopheles*, *Culex*, *Culiseta* και *Uranotaenia*, μπορούν να επιζήσουν ακόμα και για μήνες, αφού διαχειμάζουν στο στάδιο του ενηλίκου (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Service, 2012).

Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία παίζουν καθοριστικό ρόλο στη μακροζωία των κουνουπιών. Σε μελέτη του Hylton (1969) βρέθηκε ότι τα ακμαία θηλυκά *Aedes albopictus* έζησαν για 84 ημέρες στους 22 °C και σχ. υγρασία 80%. Το συγκεκριμένο είδος ήταν ανεκτικό σε χαμηλές θερμοκρασίες (15,5 °C) με χαμηλές και υψηλές τιμές υγρασίας, ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες μειώθηκε η επιβίωσή του, ανεξάρτητα από την υγρασία. Επιπλέον, σε εργαστηριακή μελέτη των Gao *et al.* (1984), παρατηρήθηκε ότι τα ακμαία θηλυκά του *Ae. albopictus* που διατηρούνταν στους 25 °C και σχ. υγρασία 80% είχαν μέγιστη διάρκεια ζωής 30-40 ημέρες.

Σύμφωνα με έρευνα του Σπανούδη (2019) για το *Culex pipiens* βιότοπος '*molestus*', σε ενήλικα άτομα του οποίου εφαρμόσθηκαν σταθερές και κυμαινόμενες θερμοκρασίες εύρους 15-32,5 °C, η διάρκεια ζωής των τέλειων κουνουπιών μειώθηκε όσο αυξανόταν η θερμοκρασία ανάπτυξης, ενώ τα θηλυκά άτομα έζησαν περισσότερες ημέρες σε σχέση με τα αρσενικά. Συγκεκριμένα, η μακροβιότητα των ενηλίκων στους 15 °C ήταν κατά μέσο όρο 73,5 ημέρες, ενώ στους 32,5 °C μειώθηκε στις 1,4 ημέρες.

Η γνώση της μακροβιότητας των τέλειων κουνουπιών και ιδιαίτερα των θηλυκών που είναι δυνητικοί διαβιβαστές ασθeneιών, παρέχει πολλές φορές σημαντικές επιδημιολογικές πληροφορίες, καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια ζωής των θηλυκών, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα μετάδοσης ασθeneιών (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Γιατρόπουλος, 2014; Κολιόπουλος, 2011; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011; Service, 2012).

1.4.1.4.2.ΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ

Τα ενήλικα κουνούπια λίγες ημέρες μετά την έξοδό τους από το νυμφικό στάδιο και αφού καταναλώσουν φυτικά σάκχαρα για να αποκτήσουν ενέργεια, ωριμάζουν σεξουαλικά και είναι έτοιμα για σύζευξη.

Η αναπαραγωγή των κουνουπιών γίνεται τους θερμούς μήνες, περίοδο που εκδηλώνεται η δραστηριότητά τους με την αναζήτηση των ξενιστών για λήψη αίματος (Μπέτζιος, 1989).

Η γονιμοποίηση των ενηλίκων θηλυκών κουνουπιών, συνήθως, πραγματοποιείται σε σμηνουργίες. Τα ενήλικα αρσενικά σχηματίζουν ιπτάμενα σμήνη, σε ύψος 2-3 μέτρων πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Κάθε σμήνος αποτελείται από μερικές εκατοντάδες ή και χιλιάδες άτομα, τα οποία εκτελούν ένα είδος «γαμήλιου χορού» κι είναι έτοιμα να υποδεχθούν θηλυκά άτομα προς γονιμοποίηση.

Η σμηνουργία αρχίζει συνήθως, δύο ώρες πριν τη δύση του ηλίου και ολοκληρώνεται περίπου μισή ώρα αργότερα. Όταν ένα θηλυκό εισέλθει στο σμήνος, γίνεται αντιληπτό από τα αρσενικά του ίδιου είδους από τη συχνότητα του ήχου που παράγουν οι πτέρυγές του όταν πάλλονται κατά την πτήση. Τα αρσενικά λαμβάνουν αυτά τα ακουστικά ερεθίσματα από ειδικό αισθητήριο όργανο που βρίσκεται στο δεύτερο τμήμα της κεραίας τους, το όργανο του Johnston. Σε

ορισμένα είδη υπάρχουν ενδείξεις ότι η προσέλκυση του αντίθετου φύλου πραγματοποιείται κι από την παραγωγή φερομονών.

Αφού εντοπιστεί το θηλυκό, παρατηρείται ανταγωνισμός μεταξύ των αρσενικών, κατά τον οποίο το ταχύτερο και πιο δυνατό άτομο επικρατεί και γονιμοποιεί το θηλυκό. Η γονιμοποίηση ολοκληρώνεται είτε κατά την πτήση είτε στη βλάστηση ή σε κάποια κοντινή επιφάνεια έξω από το σμήνος.

Κατά τη σύζευξη, το αρσενικό αποθέτει ικανή ποσότητα σπέρματος στο θηλυκό. Η ποσότητα αυτή είναι αρκετή για τη γονιμοποίηση των ωών που θα παραγάγει σε όλη τη ζωή του το ενήλικο θηλυκό. Το σπέρμα αποθηκεύεται στο σώμα του θηλυκού σε ειδικά όργανα, τις σπερματοθήκες. Ο χρόνος που απαιτείται για να αποθέσει το αρσενικό τα σπερματοζωάρια του στο γεννητικό άνοιγμα του θηλυκού κυμαίνεται από μερικά δευτερόλεπτα έως ένα λεπτό και σε περίπου μία ώρα θα έχουν οδηγηθεί στις σπερματοθήκες. Επιπλέον, τα αρσενικά κατά τη σύζευξη αποθέτουν στο σώμα των θηλυκών μία ουσία, που ονομάζεται *matrone*, η οποία καθιστά τα θηλυκά μη επιδεκτικά για επόμενη γονιμοποίηση (Foster & Walker, 2002).

Σε αντίθεση με τα θηλυκά, τα αρσενικά μπορούν να συζευχθούν πολλές φορές κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Τα αρσενικά μετά το ζευγάρωμα επιστρέφουν στο σμήνος προκειμένου να ζευγαρώσουν ξανά, ενώ τα θηλυκά αναζητούν ξενιστή για να τραφούν με αίμα.

Ο αριθμός των αρσενικών που σχηματίζουν το σμήνος, ο χρόνος και ο τόπος της σμηνουργίας διαφέρουν από είδος σε είδος. Τα είδη στα οποία η γονιμοποίηση απαιτεί τη δημιουργία σμηνουργίας ονομάζονται ευρύγαμα, ενώ σε άλλα είδη δεν είναι απαραίτητο να γίνει σμηνουργία και ονομάζονται στενόγαμα (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Foster & Walker, 2002; Κολιόπουλος, 2011).

1.4.1.4.3.ΔΙΑΤΡΟΦΗ

Τα ενήλικα κουνούπια, αρσενικά και θηλυκά, προσλαμβάνουν ενέργεια για τις διάφορες δραστηριότητες που επιτελούν, τρεφόμενα με σάκχαρα που περιέχονται στο νέκταρ των ανθέων, σε χυμούς φρούτων, σε μελιτώματα δένδρων ή ακόμα και σε μελιτώδεις εκκρίσεις εντόμων. Η διατροφή με σακχαρούχους χυμούς ξεκινάει αμέσως μετά την εμφάνιση των τέλειων ατόμων και αποτελεί τη μοναδική τροφή των ενήλικων αρσενικών. Τα περισσότερα είδη καταναλώνουν νέκταρ από μεγάλη ποικιλία φυτών, ενώ άλλα είναι πιο επιλεκτικά και τρέφονται από συγκεκριμένα μόνο φυτά. Ορισμένα είδη κουνουπιών αποτελούν σημαντικούς επικονιαστές για τα είδη φυτών που επισκέπτονται. Γενικά, τα κουνούπια επιλέγουν αρωματικά, ανοιχτόχρωμα άνθη με κοντή στεφάνη που επιτρέπουν την εύκολη πρόσβαση στο νέκταρ.

Τα θηλυκά άτομα των αιμομυζητικών ειδών, πέρα από την κατανάλωση σακχαρούχων χυμών, τρέφονται επιπλέον με αίμα, ώστε να ολοκληρωθεί η ωογένεση. Για τον λόγο αυτό, τα θηλυκά, αφού γονιμοποιηθούν, αναζητούν τον

κατάλληλο ξενιστή για να μυζήσουν αίμα. Συνήθως, απαιτείται ένα γεύμα αίματος για την έναρξη της ωοτοκίας. Τα είδη αυτά χαρακτηρίζονται ως μη αυτογενή (anautogenous development). Υπάρχουν, όμως μερικά είδη, τα αυτόγωνα ή αυτογενή (autogenous development), στα οποία δεν είναι απαραίτητη η λήψη αίματος για την πρώτη ωοτοκία, όπως είναι το *Culex pipiens molestus* και το *Culiseta subochrea*. Αυτό συμβαίνει, διότι έχουν εξασφαλισθεί τα απαιτούμενα θρεπτικά συστατικά για την ωρίμανση των ωών, ήδη από το προνυμφικό στάδιο του θηλυκού (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Foster & Walker, 2002; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

Η ποσότητα αίματος που μυζά ένα ενήλικο θηλυκό διαφέρει από είδος σε είδος και είναι κατά μέσο όρο 2-4 φορές μεγαλύτερη του βάρους του σώματός του. Ενδεικτικά, τα μέσα βάρη γευμάτων αίματος που καταγράφηκαν από έρευνα του Service (1968) ήταν: *Coquillettidia richardii* 2,51 mg, *Aedes cinereus* 3,50 mg, *Aedes cantans* 5,73 mg και *Culiseta annulata* 5,70 mg. Παρόλο που τα μικρότερα είδη λάμβαναν μικρότερη ποσότητα αίματος, φαίνεται τελικά ότι η ποσότητα αυτή ήταν μεγαλύτερη ανά μονάδα σωματικού βάρους, συγκριτικά με τα μεγαλύτερα είδη (Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

Σχεδόν σε όλα τα ανωφελή κουνούπια παρατηρείται το φαινόμενο της διούρησης. Λόγω του ότι δεν μπορούν να διαστείλουν πολύ την κοιλία τους με το αίμα που προσλαμβάνουν, λίγα δευτερόλεπτα μετά την έναρξη της πέψης του αίματος αποβάλλουν καθαρό υγρό χωρίς αιμοσφαίρια από την έδρα τους. Μερικά ανωφελή συνηθίζουν να αποβάλλουν ερυθρά αιμοσφαίρια κατά τη διάρκεια της πέψης (Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).



Εικόνα 1.13. Θηλυκό κουνούπι που τρέφεται με αίμα.

Κατά τη διάρκεια της απομύζησης, όταν ο στόμαχος του θηλυκού διασταλεί αρκετά, φθάνοντας στο όριο αντοχής, ειδικά κοιλιακά νευρικά κύτταρα στέλνουν στον εγκέφαλο μήνυμα λήξης της αιμοληψίας. Η λήψη αίματος από το ξενιστή ολοκληρώνεται συνήθως σε 3-15 λεπτά αν δεν ενοχληθεί το κουνούπι. Μετά το γεύμα αίματος, η κοιλία του κουνουπιού είναι διογκωμένη, με έντονο ερυθρό χρώμα. Ακολουθεί η πέψη του αίματος κατά την οποία πραγματοποιείται η

ωογένεση. Η πέψη διαρκεί 2-3 ημέρες σε τροπικά κλίματα και 7-14 ημέρες στις μεσογειακές χώρες. Σταδιακά η κοιλία γίνεται λευκή, λόγω του σχηματισμού των αναπτυσσόμενων ωών. Αφού ολοκληρωθεί η πέψη, το θηλυκό ψάχνει το κατάλληλο περιβάλλον να αποθέσει τα ωά του (Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

1.4.1.4.ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΙ ΕΥΡΕΣΗ ΞΕΝΙΣΤΗ

Τα θηλυκά έχουν αναπτύξει ένα σύνθετο σύστημα εντοπισμού δυνητικών ξενιστών που βασίζεται σε οσφρητικά, οπτικά και θερμικά ερεθίσματα.

Ειδικοί αισθητήριοι υποδοχείς που βρίσκονται στις κεραίες και στις προσακτρίδες του θηλυκού κουνουπιού διεγείρονται από διάφορες χημικές ενώσεις ή πτητικές ουσίες, που αποβάλλονται από το σώμα του ξενιστή κατά την εκπνοή και κυκλοφορούν στον αέρα. Τα κύρια οσφρητικά ερεθίσματα που προσελκύουν ένα κουνούπι στον υποψήφιο ξενιστή είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το γαλακτικό οξύ, η οκτενόλη, η βουτανόλη, ακετόνη και διάφορες φαινολικές ουσίες (Gillies 1980, Becker *et al.* 2003b). Από τα στοιχεία αυτά, το διοξείδιο του άνθρακα θεωρείται το κυριότερο που μπορούν να εντοπίσουν τα αισθητήρια όργανα στις προσακτρίδες (palps) των θηλυκών. Έχουν την ικανότητα να εντοπίζουν πολύ μικρές αλλαγές στη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, ίσες με 0,01%. (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου 2011, Σαββοπούλου-Σουλτάνη 2011). Το γαλακτικό οξύ προσελκύει τα ενήλικα θηλυκά, εφόσον στον αέρα εντοπίσουν και διοξείδιο του άνθρακα. Γενικά, παρατηρείται αλληλεπίδραση ή συνεργισμός των συστατικών των οσμών που εντοπίζουν τα κουνούπια και αποτελεί μία σύνθετη διαδικασία που αναπτύσσεται εξελικτικά μεταξύ ενός είδους κουνουπιού και του ξενιστή-στόχου του.

Πέρα από τα οσφρητικά, σημαντικό ρόλο παίζουν και τα οπτικά ερεθίσματα στον εντοπισμό ξενιστή, ιδιαίτερα από είδη που δραστηριοποιούνται κατά τη διάρκεια της ημέρας ή του λυκόφωτος. Χάρη στους σύνθετους οφθαλμούς που διαθέτουν τα κουνούπια, μπορούν ακόμα και σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού να διακρίνουν το περίγραμμα του ξενιστή, να αντιληφθούν τις κινήσεις του, καθώς και την ένταση του φωτός, τα χρώματα και την αντίθεση μεταξύ ξενιστή-στόχου και υποβάθρου. Τα χρώματα που έλκουν τα κουνούπια είναι το μπλε, το μαύρο και το κόκκινο, ενώ δεν αντιδρούν ιδιαίτερα σε άσπρο και κίτρινο χρώμα (Lehane, 1991).

Σε αρκετά μικρή απόσταση, συμμετέχουν και τα μεταγωγικά ρεύματα θερμότητας και υγρασίας που προέρχονται από το σώμα του ξενιστή, ενώ ένα κουνούπι μπορεί να ανιχνεύσει διαφορά θερμοκρασίας σε επίπεδο 0,2 °C (Lehane, 1991).

Τα θηλυκά άτομα ορισμένων ειδών έχουν την ικανότητα να εντοπίζουν έναν ξενιστή με βάση τα ερεθίσματα που λαμβάνουν από το περιβάλλον, σε απόσταση που μπορεί να φθάσει έως και τα 35 μέτρα (Edman, 1979).

Η ανεύρεση του κατάλληλου ξενιστή διαφέρει από είδος σε είδος και εξαρτάται από την εποχή και την αφθονία ξενιστών. Γενικά, τα ενήλικα θηλυκά

εμφανίζουν μία γενικευμένη συμπεριφορά για την εύρεση ξενιστή που ακολουθεί την παρακάτω διαδικασία (Sutcliffe, 1987):

- Μη προσανατολισμένη πτήση αναζητώντας ερεθίσματα που προέρχονται από ξενιστή.

- Προσανατολισμένη κίνηση για ανίχνευση του ξενιστή, ως αποτέλεσμα γενικότερων ερεθισμάτων που λαμβάνουν από την περιοχή. Η ένταση του ερεθίσματος αυξάνει, καθώς πλησιάζει τον ξενιστή.

- Τελικό στάδιο προσέλκυσης από τον ξενιστή, αφού τον εντοπίσει στο πεδίο ορατότητάς του.

Η ακτίνα διασποράς και οι αποστάσεις που διανύουν τα ενήλικα θηλυκά για να βρουν τον κατάλληλο ξενιστή διαφέρουν μεταξύ των ειδών (Clarke, 1943; Bidlingmayer, 1971, 1975, 1985; Bidlingmayer *et al.* 1974; Provost, 1953). Υπάρχουν είδη τα οποία παραμένουν κοντά στις εστίες ανάπτυξής τους, όπου αναπαράγονται και αναπαύονται, χωρίς να διανύουν μεγάλες αποστάσεις. Εδώ ανήκει το *Culex pipiens*, το οποίο συνήθως, δεν απομακρύνεται παραπάνω από 500 m από το σημείο που αναπτύχθηκε η προνύμφη. Μερικά είδη διανύουν μέσες αποστάσεις, έως περίπου 1600 m από τις εστίες ανάπτυξης και τα σημεία που αναπαύονται, όπως συμβαίνει με τα *Ochlerotatus rusticus* και *Aedes cinereus* (Nielsen, 1957). Άλλα είδη διανύουν μεγάλες αποστάσεις για αναζήτηση ξενιστή και είτε κάνουν την αντίστροφη πορεία όταν πρόκειται να ωοτοκήσουν είτε βρίσκουν νέες περιοχές για θρέψη και απόθεση ωών, όπως το *Aedes vexans* για το οποίο έχει καταγραφεί διασπορά σε αποστάσεις μέχρι και 46 χιλιομέτρων από τους Gjullin & Stage (1950) και τον Mohrig (1969). Μεγάλες αποστάσεις συνηθίζουν να διανύουν τα κουνούπια και σε περίπτωση υπερπληθυσμού του είδους σε μία περιοχή.

Τα είδη που διανύουν μακρινές αποστάσεις, ακολουθούν δύο τρόπους μετακίνησης: τη μη προσανατολισμένη παθητική διασπορά και την ενεργητική διασπορά. Κατά την παθητική διασπορά, τα κουνούπια ανυψώνονται κατά σμήνη και χρησιμοποιώντας τα ρεύματα του αέρα, παρασύρονται σε μεγάλες αποστάσεις. Ως αποτέλεσμα, μπορεί να εμφανισθούν ξαφνικά μεγάλοι πληθυσμοί κουνουπιών, σε περιοχές μακριά από τις εστίες αναπαραγωγής τους. Κατά την ενεργητική διασπορά, η οποία ξεκινάει περίπου 24 ώρες μετά την έξοδο των ενηλίκων, η μετακίνηση γίνεται εκούσια προς διάφορες κατευθύνσεις. Σ' αυτόν τον τύπο μετακίνησης, τα θηλυκά κινούνται αντίθετα από τη φορά του ανέμου, όταν η ταχύτητά του είναι μικρότερη από την ταχύτητα πτήσης του κουνουπιού (1 m/sec) (Bidlingmayer & Evans, 1987), ώστε να είναι πιο πιθανό να ανιχνεύσουν τα ερεθίσματα που θα τα οδηγήσουν και υποψήφιους ξενιστές.

Η συμπεριφορά ως προς τη διασπορά για εύρεση ξενιστή είναι χαρακτηριστική του κάθε είδους και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η βλάστηση και το μικροκλίμα. Η διασπορά των κουνουπιών επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ένταση του φωτός, την κατεύθυνση και την

ταχύτητα του ανέμου, τη διαθεσιμότητα ξενιστών σε μία περιοχή και βέβαια τη φυσιολογική κατάσταση του θηλυκού. Πολλά είδη *Aedes* και *Ochlerotatus* μεταναστεύουν το σούρουπο, όταν η θερμοκρασία μειώνεται και η υγρασία αυξάνεται. Επίσης, εμφανίζονται πιο δραστήρια και ενεργητικά κατά τις φεγγαρόφωτες νύχτες (Bildlingmayer, 1964).

Η ικανότητα πτήσης των κουνουπιών είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη μετάδοση ασθενειών και η γνώση της ακτίνας πτήσης των κουνουπιών που αναπτύσσονται σε μία περιοχή και είναι ικανοί διαβιβάστες ασθενειών, είναι πολύ σημαντική για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την έκταση της εφαρμογής των μέτρων αντιμετώπισης, ώστε να διασφαλισθεί η προστασία των κατοίκων των περιοχών που βρίσκονται μέσα στην ακτίνα πτήσης.

Σε αντίθεση με τα θηλυκά, τα αρσενικά κουνούπια δεν απομακρύνονται παρά μόνο μερικά μέτρα από την εστία ανάπτυξης (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

1.4.1.4.5.ΩΟΘΕΣΙΑ

Τα θηλυκά κουνούπια, αφού γονιμοποιηθούν από τα αρσενικά, λάβουν αίμα και ωριμάσουν τα ωά στο σώμα τους, αναζητούν το κατάλληλο περιβάλλον, όπου θα εναποθέσουν τα ωά τους. Σε κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας, τα ωά ωριμάζουν και αποτίθενται 2-4 ημέρες μετά από το πρώτο γεύμα αίματος.

Ο αριθμός των ωών που μπορεί να γεννήσει ένα θηλυκό κουνούπι, υπό ευνοϊκές συνθήκες, στην πρώτη ωοτοκία κυμαίνεται από 40-500 και εξαρτάται από το είδος (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011). Μετά την πρώτη ωοτοκία, η διαδικασία λήψης αίματος και ωρίμανσης των ωών, συνήθως επαναλαμβάνεται πολλές φορές στη διάρκεια της ζωής ενός θηλυκού κουνουπιού και αναφέρεται ως γονοτροφικός κύκλος (gonotrophic cycle). Τα θηλυκά κουνούπια πραγματοποιούν κατά μέσο όρο 4-6 ωοτοκίες κατά τη διάρκεια της ζωής τους και συνήθως, αποθέτουν μικρότερο αριθμό ωών συγκριτικά με την πρώτη ωοτοκία (Κολιόπουλος, 2011; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

Η επιλογή του σημείου που θα ωοτοκήσουν τα θηλυκά είναι πολύ σημαντική, ώστε να εξασφαλισθεί η ασφαλής ανάπτυξη των προνυμφών που θα προκύψουν από αυτά. Τα θηλυκά ανακαλύπτουν πιθανά σημεία ωοθεσίας και τα αξιολογούν ως προς την καταλληλότητά τους. Η διαδικασία ανεύρεσης του τόπου ωοαπόθεσης καθορίζεται από πολλούς παράγοντες, ενδογενείς και εξωγενείς, που ως ένα βαθμό διαφέρουν για τα γένη των κουνουπιών λόγω ιδιαιτεροτήτων στον τρόπο ωοαπόθεσης. Τέτοιοι παράγοντες είναι η φυσική κατάσταση του ατόμου, οι περιβαλλοντικές συνθήκες και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της εστίας. Η αναζήτηση του σημείου ωοαπόθεσης περιλαμβάνει την ανταπόκριση του κουνουπιού σε διάφορα ερεθίσματα, ανάλογα με την εγγύτητα στο σημείο στόχο και όταν φτάσει σε αυτό, την τελική αξιολόγηση για την καταλληλότητά του. Σε

μακρινές αποστάσεις από το σημείο ωοαπόθεσης, σημαντικό ρόλο παίζουν οπτικά ερεθίσματα και οσμές.

Τα θηλυκά κουνούπια, με τη βοήθεια υποδοχέων χημικών ερεθισμάτων, τοποθετημένων στις κεραίες τους, ανιχνεύουν τον κατάλληλο τύπο εστίας, ελέγχοντας αν πληρούνται ορισμένα κριτήρια, τα οποία είναι:

- Θα πρέπει το σημείο να είναι αρκετά υγρό τη στιγμή της εναπόθεσης, ώστε τα νεοεκκολαφθέντα ωά να μη αφυδατωθούν έως ότου σκληρύνει η επιδερμίδα τους.

- Το νερό της εστίας θα πρέπει είτε να διατηρηθεί για ικανό διάστημα είτε να υπάρξει μία επόμενη ικανοποιητική πλημμύρα της εστίας με διάρκεια που θα εξασφαλίσει την εκκόλαψη των προνυμφών και την ανάπτυξη των ανώριμων σταδίων μέχρι την εμφάνιση του ενηλίκου.

- Η εστία θα πρέπει να μην είναι πόλος έλξης πολλών αρπακτικών, ώστε να αναπτυχθούν να ανώριμα στάδια χωρίς να γίνουν λεία φυσικών εχθρών.

- Είναι απαραίτητη η ύπαρξη οργανικού φορτίου στην εστία, αφού θα αποτελέσει κύρια πηγή τροφής για τις προνύμφες.

Ορισμένα είδη που αναπτύσσονται σε υφάλμυρα νερά μπορούν να αντιληφθούν εστίες με κατάλληλη αλατότητα νερού για να αποθέσουν εκεί τα ωά τους. Η παρουσία προνυμφών, νυμφών ή ωών κουνουπιών σε μία πιθανή εστία επηρεάζει πολλά είδη ως προς την επιλογή της θέσης ωοτοκίας. Επίσης, η επιλογή εστίας από θηλυκά άτομα που ανήκουν στα γένη *Culex*, *Culiseta* και *Uranotaenia*, επηρεάζεται από τη φερομόνη ωοθεσίας (oviposition pheromone). Η φερομόνη αυτή εκλύεται από μικροσταγονίδια που σχηματίζονται στο ακραίο τμήμα κάθε ωού, λίγο μετά την απόθεσή τους στο νερό. Τα γένη αυτά αποθέτουν τα ωά τους σε μορφή σχεδίας (Clements, 1999). Η φερομόνη ωοθεσίας δρα ως υποκινητής για να αποθέσουν ωά και άλλα άτομα στην ίδια εστία (Mihou & Michaelakis, 2010).

Η όλη διαδικασία εύρεσης και αποδοχής μίας εστίας για εναπόθεση ωών, βασίζεται σε πολλούς και αλληλένδετους παράγοντες, χωρίς να είναι δυνατό να καθορισθεί η συμβολή του καθενός. Πέρα από τους παράγοντες που αναφέρθηκαν, η προσβασιμότητα στο σημείο, η ηλιοφάνεια, η τοπική χλωρίδα, η στασιμότητα του νερού, η επάρκεια τροφής, η αλατότητα και η παρουσία φυσικών εχθρών ή άλλων κινδύνων παίζουν ρόλο στην αποδοχή του σημείου. Για τα είδη που ωοτοκούν στο έδαφος, χαρακτηριστικά του εδάφους, όπως η σχετική υγρασία, η υφή και ο τύπος εδάφους είναι επίσης καθοριστικής σημασίας. Εφόσον βρεθεί η ιδανική εστία, το θηλυκό στέκεται επάνω στη βλάστηση, σε σημεία του εδάφους, σε μικροαντικείμενα που επιπλέουν στην επιφάνεια του νερού ή ακόμα και πάνω στην ίδια την επιφάνεια του νερού της εστίας, ανάλογα με το είδος και τον τρόπο που συνηθίζουν να ωοτοκούν, σε περιοχή προφυλαγμένη από αέρα ή κυματισμούς του νερού και εναποθέτει τα ωά του (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

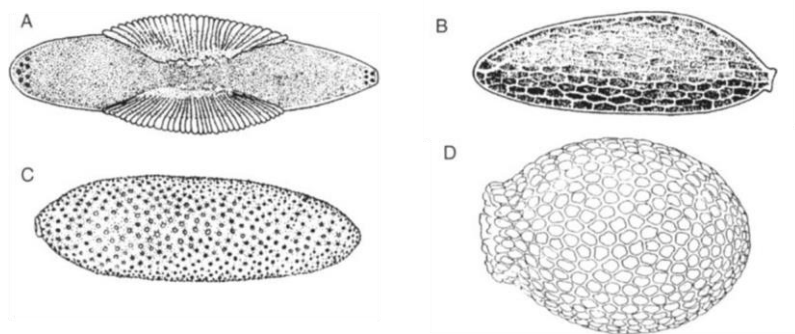
1.4.2.ΩΟ

Η γονιμοποίηση των ωών πραγματοποιείται τη στιγμή της ωοτοκίας, λίγο πριν την εναπόθεση αυτών. Όταν περνούν από τον ωαγωγό στο σώμα του θηλυκού, σε καθένα από τα πλήρως αναπτυγμένα ωά (ωοκύτη), εισέρχεται παράλληλα μία μικρή ποσότητα από το σπέρμα που είναι αποθηκευμένο στις σπερματοθήκες, διαμέσου του σπερματοφόρου αγωγού. Αφού γεννηθούν τα ωά, ξεκινάει η φάση της καρυογαμίας και της ανάπτυξης του εμβρύου. Η εμβρυϊκή ανάπτυξη (embryonic development) ή εμβρυογένεση (embryogenesis) περιλαμβάνει το σύνολο των μεταβολών που συμβαίνουν στην ανάπτυξη του ωού μεταξύ της γονιμοποίησης και της εκκόλαψης του νέου οργανισμού (Estrada-Franco & Craig, 1995).

Κύριο καθοριστικό παράγοντα της διάρκειας της εμβρυϊκής ανάπτυξης αποτελεί η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία στην οποία εκτίθενται τα ωά και μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στα είδη (Becker *et al.*, 2010).

1.4.2.1.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΩΟΥ

Τα ωά των κουνουπιών έχουν σχήμα επίμηκες, ωοειδές ή ατρακτοειδές και το μήκος τους δεν ξεπερνά το 1 mm (Foster & Walker, 2002). Κατά τη στιγμή της ωοτοκίας, τα ωά είναι, συνήθως, λευκά ή ανοιχτόχρωμα και μαλακά, ενώ μέσα σε διάστημα περίπου 1-2 ωρών, σκληραίνουν και αποκτούν σκούρο καστανό ή μαύρο χρώμα (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011). Το εξωτερικό στρώμα του κελύφους του ωού, εξωτερικό χόριο (chorion), συχνά φέρει περίπλοκες δομές και μοτίβα που είναι χαρακτηριστικά ορισμένων ειδών κουνουπιών, όπως είναι οι πλωτήρες ή αεροθάλαμοι (διευρύνσεις του εξωτερικού χορίου) στα ωά των ανωφελών κι οι οποίοι βρίσκονται στο μέσο της πλάγιας επιφάνειας των ωών και εξασφαλίζουν την επίπλευσή τους στην επιφάνεια του νερού (Foster & Walker, 2002; Σαμανίδου-Βογιατζόγλου, 2011). Το μέγεθος και η μορφολογία του ωού, καθώς και ολόκληρου του εξωτερικού χορίου, μπορεί να ποικίλλουν στα διάφορα είδη και συχνά χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του γένους ή και του είδους, όπως συμβαίνει με τα ωά των ανωφελών, τα οποία φέρουν χαρακτηριστικά στίγματα ή ραβδώσεις στην επιφάνειά τους (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).



Εικόνα 1.14. Ωά κουνουπιών με παραλλαγές στο σχήμα και τη μορφολογία του εξωτερικού χορίου. (A) *Anopheles* (B) *Culex* (C) *Aedes aegypti* (D) *Toxorhynchites brevipalpis*.

Ανάλογα με το είδος, τα ενήλικα θηλυκά κουνούπια κατά την ωοτοκία μπορεί να εναποθέτουν τα ωά τους είτε μεμονωμένα (καθένα ξεχωριστά) είτε κατά ομάδες, προσκολλημένα μεταξύ τους κατά τον διαμήκη άξονα, σχηματίζοντας τις λεγόμενες «σχεδίες ωών» (egg rafts). Τα ενήλικα θηλυκά επιλέγουν για την ωοτοκία τους υδάτινες συλλογές, λασπώδη ή υγρές περιοχές, υδρόβια φυτά ή ακόμη και σημεία στο έδαφος ή επιφάνειες, εκτός νερού που ωστόσο, πρόκειται μελλοντικά να κατακλυστούν από νερό.

Μεμονωμένα και πάντα μέσα στο νερό, τοποθετούνται τα ωά των περισσότερων ειδών ανωφελών κουνουπιών, τα οποία παραμένουν στην επιφάνεια του νερού, χάρη στους χαρακτηριστικούς πλωτήρες που διαθέτουν. Στην επιφάνεια του νερού κι ένα προς ένα, τοποθετούνται, επίσης, τα ωά κουνουπιών των γενών *Toxorhynchites* και *Wyeomyia*.

Είδη που ανήκουν στα γένη *Aedes*, *Ochlerotatus*, *Psorophora* και *Haemagogus*, τοποθετούν επίσης, μεμονωμένα τα ωά τους, όχι απευθείας στο νερό, αλλά σε σημεία που πλημμυρίζουν εποχιακά. Τα ωά κουνουπιών αυτών των γενών καθίστανται αδιάβροχα και ανθεκτικά στην εξάτμιση, λόγω της ειδικής κατασκευής του κελύφους τους. Άλλα είδη των γενών *Aedes*, *Ochlerotatus* και ορισμένα είδη του γένους *Culiseta*, ωοτοκούν μεμονωμένα ωά σε υγρά και λασπώδη σημεία, τα οποία προστατεύονται από ενδεχόμενη ξηρασία.

Κουνούπια των γενών *Culex*, *Uranotaenia*, *Coquillettia*, *Orthopodomyia* και ορισμένα είδη του γένους *Culiseta* εναποθέτουν τα ωά τους, κατά σωρούς, με τη μορφή «σχεδιάς», που επιπλέει στην επιφάνεια του νερού. Κάθε σχεδία ωών αποτελείται από εκατοντάδες ωά, των οποίων η μία επιφάνεια είναι υδρόφιλη και εφάπτεται με το νερό και η άλλη επιφάνεια είναι υδρόφοβη.

Τα είδη των γενών *Mansonia* και *Coquillettia* τοποθετούν τα ωά τους σε μια κολλώδη μάζα που προσκολλάται, χάρη σε ειδικά τερματικά νήματα που διαθέτουν, στην υδρόβια βλάστηση και παραμένουν βυθισμένα κάτω από την επιφάνεια του νερού (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Foster & Walker, 2002; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011; Service, 2012).



Εικόνα 1.15. Ωά κουνουπιών: (a) *Culex* sp., (b) *Aedes* sp., (c) *Anopheles* sp.

Σχεδόν αμέσως μετά την ωοτοκία ξεκινάει η εμβρυική ανάπτυξη, μετά την ολοκλήρωση της οποίας, τα ωά είτε εκκολάπτονται είτε εισέρχονται σε φάση διάπαυσης, ανάλογα με το είδος. Σε ορισμένα είδη η εκκόλαψη πραγματοποιείται σχεδόν αμέσως μετά την ολοκλήρωση της εμβρυογένεσης, ενώ σε άλλα είδη, τα ωά

μπορεί να μην εκκολαφθούν απευθείας, αλλά μόνο όταν πληρούνται οι απαραίτητες προϋποθέσεις για την εκκόλαψή τους, όπως η ιδανική θερμοκρασία, η επαφή με το νερό και για πολλά είδη, η χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου στο νερό της εστίας (Becker *et al.*, 2010).

Στην πρώτη περίπτωση ανήκουν τα είδη εκείνα, όπου τα ωά τοποθετούνται από τα ενήλικα θηλυκά κατευθείαν σε μία υδάτινη συλλογή. Η εκκόλαψη αυτών των ωών πραγματοποιείται, κατά κύριο λόγο, αμέσως μετά την εμβρυική ανάπτυξη, η οποία διαρκεί μερικές ημέρες. Για την επιτυχή ολοκλήρωση της εμβρυογένεσης είναι απαραίτητη η συνεχής επαφή των ωών με το νερό, καθώς τα ωά αυτών των κουνουπιών είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην ξηρασία, ενώ καθοριστικό ρόλο παίζει και η θερμοκρασία. Για τα είδη που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία παρατηρείται ότι σε περιοχές με τροπικό και υποτροπικό κλίμα, καθώς και τους θερμούς μήνες σε περιοχές με εύκρατο κλίμα, τα ωά εκκολάπτονται, συνήθως, μέσα σε 2-3 ημέρες μετά την ωοτοκία, ενώ σε ψυχρότερες περιοχές μπορεί να χρειαστεί μία εβδομάδα ή και περισσότερο για την εκκόλαψή τους (Foster & Walker, 2002; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011). Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στην κατηγορία αυτή υπάγονται είδη που ανήκουν στα γένη *Anopheles*, *Culex*, *Uranotaenia*, *Coquillettidia*, *Orthopodomyia*, *Toxorhynchites*, *Mansonia* και ορισμένα του γένους *Culiseta* (Foster & Walker 2002). Τα είδη αυτά συμπληρώνουν περισσότερες από μία γενεές ανά έτος, σε συνάρτηση πάντα με την εποχή του έτους και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Κολιόπουλος, 2011).

Στη δεύτερη περίπτωση, όπου τα ωά δεν εκκολάπτονται αμέσως, ανήκουν τα είδη που δεν τοποθετούν τα ωά τους απευθείας στο νερό, αλλά σε υγρά και λασπώδη σημεία ή σημεία κι επιφάνειες που θα κατακλυστούν μελλοντικά με νερό. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται κυρίως, τα κουνούπια των γενών *Aedes*, *Ochlerotarus*, *Psorophora*, *Haemagogus* και μερικά είδη του γένους *Culiseta* (Foster & Walker, 2002; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011). Στα είδη αυτά, τα ωά μπορούν να επιζήσουν στην ξηρασία και να μείνουν αφυδατωμένα για μήνες ή ακόμα και χρόνια σε ορισμένες περιπτώσεις, μετά την εμβρυογένεση, αλλά παραμένουν ζωντανά και εκκολάπτονται όταν βυθιστούν σε νερό. Αυτό βέβαια δεν συμβαίνει πάντα, καθώς μπορεί να χρειασθούν διαδοχικές βυθίσεις στο νερό με παρεμβαλλόμενες σύντομες περιόδους ξηρασίας, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η εκκόλαψη. Ωστόσο, σε πολλά είδη των παραπάνω γενών παρατηρείται ότι ακόμα κι αν οι συνθήκες τους περιβάλλοντος είναι ευνοϊκές, τα ωά εισέρχονται ή παραμένουν σε φάση διάπαυσης και δεν εκκολάπτονται μέχρις ότου επιδράσει κάποιο ερέθισμα που θα διακόψει αυτήν την κατάσταση (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Foster & Walker, 2002; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

1.4.2.2.ΕΚΚΟΛΑΨΗ

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, όταν τα ωά βρεθούν στο νερό είτε πραγματοποιείται σχεδόν αμέσως η εκκόλαψη των προνυμφών μετά την εμβρυική τους ανάπτυξη είτε τα ωά εισέρχονται σε φάση διάπαυσης, ανάλογα με το είδος και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Στόχος είναι η εκκόλαψη των προνυμφών να συμπίσει χρονικά με τις ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης μέσα στο νερό. Για τον λόγο αυτό, η εκκόλαψη μπορεί να καθυστερήσει.

Τα είδη, των οποίων τα ωά δεν εκκολάπτονται αμέσως, έχουν ουσιαστικά αναπτύξει έναν μηχανισμό που αποσκοπεί στην προφύλαξη των ατελών σταδίων από αβιοτικές διακυμάνσεις που επικρατούν στο περιβάλλον της περιοχής της εστίας (Beach, 1978; Becker, 1989). Τα ερεθίσματα που καθορίζουν τη στιγμή της εκκόλαψης και δίνουν το έναυσμα για διακοπή της διάπαυσης είναι οι αλλαγές στη φωτοπερίοδο, η άνοδος της θερμοκρασίας του νερού και η ελάττωση της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου μέσα στο νερό της εστίας που προκαλείται από τη μικροβιακή δραστηριότητα και την αποσύνθεση της οργανικής ύλης.

Η διαδικασία της εκκόλαψης κατά κύριο λόγο ξεκινά όταν τα νερά της εστίας γίνουν αβαθή και στάσιμα και η περιεκτικότητά τους σε διαλυμένο οξυγόνο αρχίζει να μειώνεται. Η στασιμότητα του νερού προφυλάσσει τα ωά από το κίνδυνο να παρασυρθούν από το νερό, ενώ η αποσύνθεση οργανικής ύλης δείχνει ότι υπάρχει επάρκεια τροφής στην εστία. Επιπλέον, τα αβαθή στάσιμα νερά είναι αφιλόξενα για την ανάπτυξη πολλών άλλων υδρόβιων οργανισμών, όπως ψάρια, που δρουν ανταγωνιστικά με τις προνύμφες των κουνουπιών, ιδιαίτερα ορισμένα είδη που είναι προνυμφοφάγα (Clements, 2000).

Σημαντικό ρόλο παίζει και η θερμοκρασία, αφού η πρόωρη εκκόλαψη των ωών σε ψυχρές περιόδους, συνεπάγεται μειωμένη ανάπτυξη των ατελών σταδίων, καθιστώντας τα πιο ευάλωτα σε πιθανούς κινδύνους του περιβάλλοντος (Becker *et al.*, 2003b).

Τα ωά ειδών που διαχειμάζουν στο στάδιο αυτό, ακόμα κι αν βρεθούν σε ευνοϊκές συνθήκες, εκκολάπτονται σταδιακά κατά ομάδες. Ο χρόνος που μεσολαβεί από την έξοδο της πρώτης έως την έξοδο της τελευταίας προνύμφης από μία ωοτοκία, μπορεί να είναι από μερικά λεπτά, έως και πολλές ημέρες. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό με τον όρο «installment hatching» (συνεχόμενη εκκολαπτικότητα) και αποσκοπεί στην προστασία των ατελών σταδίων από φυσικούς κινδύνους και την εξασφάλιση των επόμενων γενεών (Estrada-Franco & Craig, 1995). Η συμπεριφορά αυτή διασφαλίζει την επιβίωση των ειδών που αναπτύσσονται σε παροδικές συλλογές νερού. Μάλιστα, έχει παρατηρηθεί ότι τα ωά κουνουπιών που εισέρχονται σε φάση διάπαυσης είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά και μπορούν να αντέξουν σε θερμοκρασίες μικρότερες του σημείου πήξης του νερού (Brust & Costello, 1969), ενώ σε ορισμένα είδη μπορούν να διατηρηθούν αναλλοίωτα και βιώσιμα ακόμα και για 4 χρόνια (Horsfall *et al.*, 1973).

1.4.3.ΠΡΟΝΥΜΦΗ (larva)

Ανεξάρτητα από τη θέση τοποθέτησης των ωών, οι προνύμφες που εκκολάπτονται είναι αποκλειστικά υδρόβιες και προσλαμβάνουν το οξυγόνο που χρειάζονται άμεσα από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Από κάθε ωό εξέρχεται μία προνύμφη (larva) κατευθείαν μέσα στο νερό, όπου τρέφεται, ζει και αναπτύσσεται (Becker *et al.*, 2010).

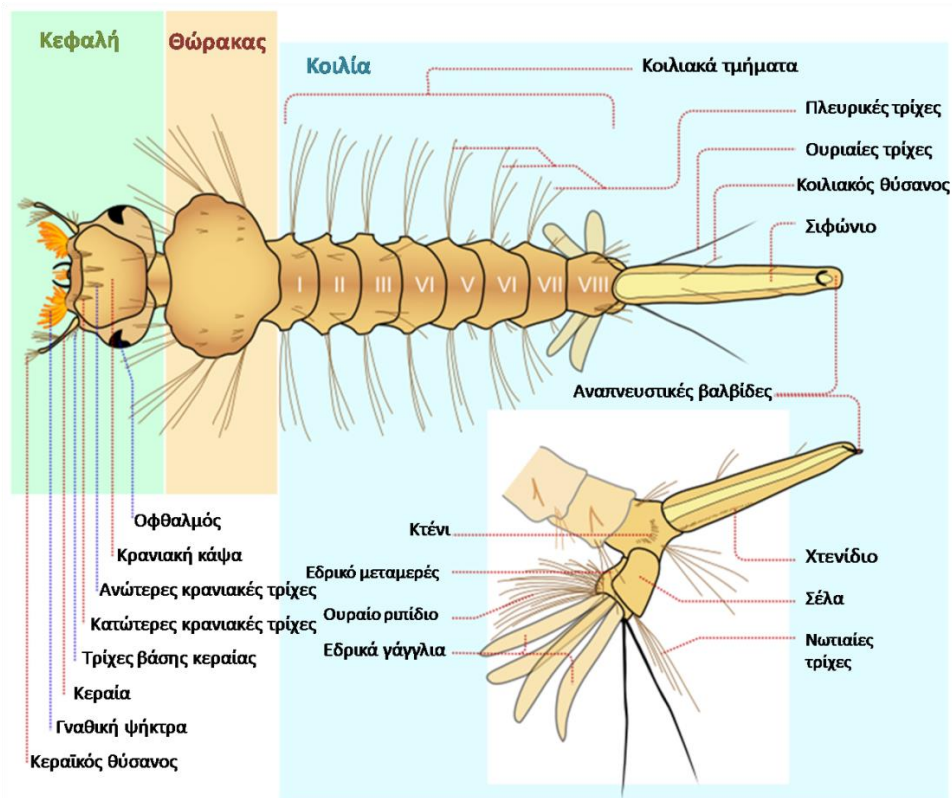
1.4.3.1.ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟ ΑΛΛΑ ΔΙΠΤΕΡΑ

Οι προνύμφες των κουνουπιών είναι αποκλειστικά υδρόβιες και διακρίνονται από άλλους υδρόβιους οργανισμούς σχετικά εύκολα από τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- την απουσία βαδιστικών άκρων στον θώρακα
- την ύπαρξη μεγάλου σφαιροειδή θώρακα, πλατύτερου από την κεφαλή και την κοιλία
- την ύπαρξη ενός κυλινδρικού αναπνευστικού σιφωνίου (siphon) στο όγδοο κοιλιακό τμήμα των κοινών κουνουπιών (τα ανωφελή δεν φέρουν σιφώνιο)
- την παρουσία γευστικών θυσάνων (palatal brushes) στην κεφαλή (εξαίρεση αποτελούν σαρκοφάγα είδη του γένους *Toxorhynchites*)
- και τη χαρακτηριστική γρήγορη κίνησή τους μέσα στο νερό (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

1.4.3.2.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΝΥΜΦΗΣ

Οι προνύμφες των κουνουπιών είναι ευκέφαλες και άποδες, έχουν σχήμα σκωληκόμορφο και το σώμα τους χωρίζεται σε τρία ευδιάκριτα μέρη: την κεφαλή, τον θώρακα και την κοιλία.



Εικόνα 1.16. Μορφολογία προνύμφης κοινού κουνουπιού.

Ο θώρακας και η κοιλία των προνυμφών στη μεγαλύτερη έκτασή τους, αποτελούνται από μαλακό μεμβρανώδη ιστό, με παρεμβαλλόμενα τμήματα σκληρών χιτινωδών πλακών. Χάρη σε αυτή τη δομή τους σώματος, οι προνύμφες μπορούν και εκτελούν χαρακτηριστικές γρήγορες και ευέλικτες κινήσεις μέσα στο νερό (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Το προνυμφικό στάδιο είναι το μοναδικό στάδιο του κουνουπιού που αυξάνεται σε μέγεθος. Η ανάπτυξη των προνυμφών ολοκληρώνεται σε τέσσερα δραστήρια στάδια (instars), που ονομάζονται ηλικίες. Έτσι, κάθε προνύμφη διέρχεται από 4 ηλικίες (L1, L2, L3, L4), μεταξύ των οποίων υφίστανται «έκδυση», αλλάζει δηλαδή δερμάτιο (exuvium), αποβάλλοντας το εξωτερικό περίβλημα τους σώματός της. Ύστερα από κάθε έκδυση, η προνύμφη μεγαλώνει σε μέγεθος, διατηρώντας όλα τα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά του είδους. Ωστόσο, κατά τη διαδικασία αυτής της ανάπτυξης κάποια διαγνωστικά χαρακτηριστικά μπορεί να μεταβληθούν, όπως το μέγεθος της κεφαλικής κάψας, ο αριθμός των οδοντώσεων των κτενιδίων (pecten teeth) που υπάρχουν στο αναπνευστικό σιφώνιο (siphon) και οι διακλαδώσεις ορισμένων σμηρίγγων. Στις προνύμφες 4^{ης} ηλικίας, που είναι και το τελευταίο στάδιο ανάπτυξής τους, όλοι οι χαρακτήρες είναι πλήρως αναπτυγμένοι και ευδιάκριτοι και για τον λόγο αυτό αποτελούν το καταλληλότερο στάδιο μελέτης για την ταυτοποίηση των προνυμφών. Στο τέλος της ανάπτυξης της 4^{ης} ηλικίας, οι προνύμφες εκδύονται και περνούν στο νυμφικό στάδιο. Το μέγεθος των προνυμφών κυμαίνεται από 1 mm έως και 20 mm και

εξαρτάται από το είδος και την ηλικία της προνύμφης (Becker *et al.*, 2003b; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Το σώμα των προνυμφών φέρει 222 συμμετρικά διατεταγμένα ζεύγη σμηρίγγων (setae), η διάταξη των οποίων ονομάζεται χαιτοταξία (chaetotaxy) (Harbach & Knight, 1980; Forattini, 1996). Οι σμηρίγγες εμφανίζονται με πολλές μορφές, από απλές έως διακλαδιζόμενες με διαφόρους τρόπους. Τα σημεία όπου φύονται, ο αριθμός των διακλαδώσεων και η δομή των σμηρίγγων είναι σημαντικά διαγνωστικά χαρακτηριστικά για την ταξινόμηση και ταυτοποίηση των ειδών. Οι προνύμφες του γένους *Anopheles* φέρουν επιπλέον ειδικές σμηρίγγες, τις «φοινικοειδείς» σμηρίγγες (palmate setae) σε τμήματα της κοιλίας τους (II-VII), που έχουν ως κύριο ρόλο τη διατήρηση του σώματος των προνυμφών παράλληλα με την επιφάνεια του νερού, όταν αυτές τρέφονται ή αναπαύονται (Becker *et al.*, 2003b; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

1.4.3.2.1.ΚΕΦΑΛΗ

Οι προνύμφες των κουνουπιών έχουν μία καλώς αναπτυγμένη κινητή κεφαλή, με σχήμα ωοειδές, πεπλατυσμένη νωτοκοιλιακά, αποτελούμενη από την κρανιακή κάψα που φέρει ένα ζεύγος σύνθετων οφθαλμών, ένα ζεύγος κεραιών και τα στοματικά μόρια. Στο οπίσθιο μέρος της κεφαλής προσφύεται ο μεμβρανώδης αυχένας (cervix), ο οποίος συνδέει την κεφαλή με τον θώρακα. Στα περισσότερα είδη της Υποοικογένειας Culicinae, το πλάτος της κεφαλής των προνυμφών είναι μεγαλύτερο από το μήκος της, ενώ στα είδη της Υποοικογένειας Anophelinae το πλάτος της κεφαλής είναι μικρότερο του μήκους της. (Σαμανίδου-Βογιατζόγλου, 2011).

Οι δύο κεραίες που φύονται στο πρόσθιο πλευρικό τμήμα της κεφαλής λειτουργούν ως αισθητήρια όργανα και η μορφολογία τους ποικίλλει στα διάφορα είδη. Σε ορισμένα είδη, οι κεραίες έχουν μήκος μικρότερο της κεφαλής και είναι ελαφρώς κυρτές προς τα μέσα, ενώ σε άλλα είδη το μήκος των κεραιών είναι ίσο ή μεγαλύτερο από αυτό της κεφαλής. Κάθε κεραία φέρει έξι σμηρίγγες, των οποίων η θέση και το σχήμα αποτελούν διαγνωστικούς χαρακτήρες των ειδών. Η επιδερμίδα κάθε κεραίας (shaft) μπορεί είτε να είναι λεία είτε να φέρει πυκνά ή αραιά ακανθίδια (spines ή spicules) που της προσδίδουν τραχιά υφή (Harbach & Knight, 1980).

Στην κεφαλή υπάρχουν συνολικά 16 ζεύγη σμηρίγγων (setae), των οποίων το μήκος και η μορφή διαφέρει από είδος σε είδος. Η διάταξη, το σχήμα, το μήκος και οι διακλαδώσεις των σμηρίγγων της κεφαλής χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση των προνυμφών κουνουπιών (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Burkett-Cadena, 2013).

Τα στοματικά μόρια των προνυμφών προσφύονται στο πρόσθιο μέρος της κρανιακής κάψας (πρόγναθος τύπος), είναι μασητικού τύπου και είναι ειδικά διαμορφωμένα, ώστε να διευκολύνεται η πρόσληψη της τροφής σύμφωνα με τις

συνήθειές τους. Περιλαμβάνουν τις άνω και κάτω γνάθους με τις γναθικές ψήκτρες (maxillary brushes), τις πλευρικές γευστικές πλάκες (lateral palatal plates) και τις πλευρικές γευστικές ψήκτρες ή θυσάνους (lateral palatal brushes). Με τη βοήθεια αυτών των οργάνων, οι προνύμφες φιλτράρουν τους μικροοργανισμούς ή τα μικροσκοπικά σωματίδια οργανικής ύλης από το νερό, δημιουργώντας ένα ρεύμα νερού που οδηγεί την τροφή προς τα στοματικά τους μόρια (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Harbach & Knight, 1980; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

1.4.3.2.2.ΘΩΡΑΚΑΣ

Ο θώρακας των προνυμφών των κουνουπιών είναι σφαιροειδής, στερείται βαδιστικών εξαρτημάτων και είναι πλατύτερος από το υπόλοιπο σώμα. Αποτελείται από τρία τμήματα, όπως συμβαίνει και στα ενήλικα άτομα: τον προθώρακα (prothorax), τον μεσοθώρακα (mesothorax) και τον μεταθώρακα (metathorax). Ωστόσο, στις προνύμφες, τα θωρακικά τμήματα είναι πλήρως ενωμένα και δίνουν την εντύπωση ενός κυρτού ενιαίου συνόλου. Τα τρία τμήματα του θώρακα διακρίνονται μεταξύ τους από τις τρεις ομάδες σμηρίγγων, καθεμία από τις οποίες αντιστοιχεί σε ένα από τα 3 θωρακικά τμήματα. Στον προθώρακα φύονται 15 ζεύγη σμηρίγγων, στον μεσοθώρακα 14 ζεύγη και στον μεταθώρακα υπάρχουν 13 ζεύγη. Συνολικά στον θώρακα βρίσκονται 42 συμμετρικά ζεύγη σμηρίγγων, μερικές από τις οποίες είναι χρήσιμες για την αναγνώριση των ειδών προνυμφών (Becker *et al.*, 2003b; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

1.4.3.2.3.ΚΟΙΛΙΑ

Η κοιλία των προνυμφών είναι επιμήκης, κυλινδρική και αποτελείται από 10 τμήματα, τα οποία συμβολίζονται με λατινικούς αριθμούς, ξεκινώντας από το πρόσθιο τμήμα (τμήμα I) έως το τελευταίο (τμήμα X). Τα 7 πρώτα τμήματα (τμήματα I-VII) είναι αρκετά όμοια μεταξύ τους, ως προς το μέγεθος και το σχήμα τους και μαζί αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του σώματος της προνύμφης και της δίνουν αυτήν τη σκωληκόμορφη όψη (Burkett-Cadena, 2013).

Τα 7 πρώτα κοιλιακά τμήματα αποτελούνται από σκληρίτες ενωμένους μεταξύ τους με μεμβρανώδες υλικό, προσδίδοντας ευελιξία στην κίνηση της κοιλίας. Στο πρώτο τμήμα φύονται 13 ζεύγη σμηρίγγων, ενώ στο δεύτερο μέχρι το έβδομο φύονται 15 ζεύγη σμηρίγγων ανά τμήμα. Η παρουσία σμηρίγγων στα τμήματα αυτά χρησιμοποιείται για την ταυτοποίηση των ειδών (Becker *et al.*, 2010; Hickman *et al.*, 2015).

Τα τμήματα VIII και X εμφανίζουν σημαντικές μορφολογικές διαφορές από τα υπόλοιπα τμήματα της κοιλίας, καθώς σε αυτά υπάρχουν οι κυριότεροι διαγνωστικοί χαρακτήρες των ειδών κατά το προνυμφικό στάδιο (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011). Το τμήμα VIII διαφέρει παντελώς από τα προηγούμενα τμήματα και φέρει στη ραχιαία πλευρά του τα εξωτερικά ανοίγματα που σχετίζονται με το

μεταπνευστικό αναπνευστικό σύστημα των προνυμφών, τα αναπνευστικά τρήματα (spiracles). Στις προνύμφες των κοινών κουνουπιών (Υποοικογένεια Culicinae), τα αναπνευστικά τρήματα είναι τοποθετημένα στην άκρη ενός σκληρού κυλινδρικού οργάνου, που καλείται σιφώνιο (siphon). Στα είδη αυτά, κατά την αναπνοή, το σιφώνιο τοποθετείται κάθετα προς την επιφάνεια του νερού, ώστε το άκρο του με τα αναπνευστικά τρήματα να έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Εξαιρεση αποτελούν οι προνύμφες των γενών *Mansonia* και *Coquillettidia*, οι οποίες διαθέτουν ειδικά διαμορφωμένο σιφώνιο με οξύ και πριονωτό άκρο, κατάλληλο να διατρύπαι τις ρίζες ή τους βλαστούς των υδρόβιων φυτών κι έτσι, μπορούν και εφοδιάζονται με το απαραίτητο οξυγόνο μέσω του αερορχύματος των φυτών. Οι προνύμφες των ανωφελών (Υποοικογένεια Anophelinae), δε διαθέτουν σιφώνιο και τα αναπνευστικά τρήματα είναι απευθείας τοποθετημένα στη ράχη του VIII τμήματος. Οι προνύμφες αυτές, προκειμένου να αναπνεύσουν, διατηρούν το σώμα τους παράλληλο με την επιφάνεια του νερού, με τη βοήθεια «φοινικοειδών» σμηρίγγων που βρίσκονται στα κοιλιακά τμήματα II-VII (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου 2011, Σαββοπούλου-Σουλτάνη 2011). Στο VIII τμήμα υπάρχουν, επίσης, δύο κτένια (combs), ένα σε κάθε πλευρά του τμήματος. Κάθε κτένι αποτελείται από οδοντώσεις ή δόντια (scales), τα οποία μπορεί να βρίσκονται τοποθετημένα σε μία σειρά, σε δύο σειρές, σε ακαθόριστο σχήμα ή ακόμα και να είναι τοποθετημένα σε μία σκληρή πλάκα (comb plate), όπως συμβαίνει στα είδη του γένους *Uranotaenia*. Κάθε δόντι φέρει άκανθες (spines) περιφερειακά στην επιφάνειά του, οι οποίες ποικίλλουν σε σχήμα και μέγεθος, μεταξύ των προνυμφών διαφορετικών ειδών, αλλά ακόμα και μεταξύ των δοντιών του ίδιου ατόμου. Ο αριθμός, το σχήμα και η διάταξη των δοντιών αποτελούν χρήσιμα διαγνωστικά χαρακτηριστικά για την αναγνώριση των ειδών των προνυμφών, ωστόσο, απαιτούν υψηλή μεγέθυνση στο μικροσκόπιο (>50x) για να εξεταστούν λεπτομερώς. Στις προνύμφες των ανωφελών κουνουπιών δεν συναντάται παρόμοια κατασκευή (Becker *et al.*, 2010; Burkett-Cadena, 2013).

Το σιφώνιο που διαθέτουν οι προνύμφες των κοινών κουνουπιών αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο διαγνωστικό στοιχείο, καθώς το μέγεθος, το σχήμα και το μήκος του διαφέρουν μεταξύ των ειδών. Συχνά, χρησιμοποιείται ο λόγος του μήκους του σιφωνίου προς το εύρος της βάσης του (siphonal index), προκειμένου να ταξινομηθούν τα διάφορα είδη (Forattini, 1996; Gutsevich *et al.*, 1974). Στα περισσότερα είδη κουνουπιών, στο σιφώνιο υπάρχουν δύο σειρές από σκληρά ανθεκτικά «δόντια» (pecten teeth), που εκτείνονται από τη βάση του σιφωνίου κατά μήκος του σώματός του. Κάθε μία σειρά από δόντια σχηματίζει το αποκαλούμενο χτενίδιο (pecten). Κάθε δόντι έχει συνήθως 1-4 άκανθες ή και περισσότερες σε ορισμένα είδη. Στις προνύμφες των ανωφελών, όπου δεν υπάρχει σιφώνιο, τα χτενίδια βρίσκονται κάτω από τα αναπνευστικά τρήματα και αποτελούνται από δόντια τοποθετημένα πάνω σε έναν τριγωνικό σκληρίτη (pecten plate). Το σιφώνιο και η αναπνευστική πλάκα (spiracular plate) φέρουν 13 ζεύγη

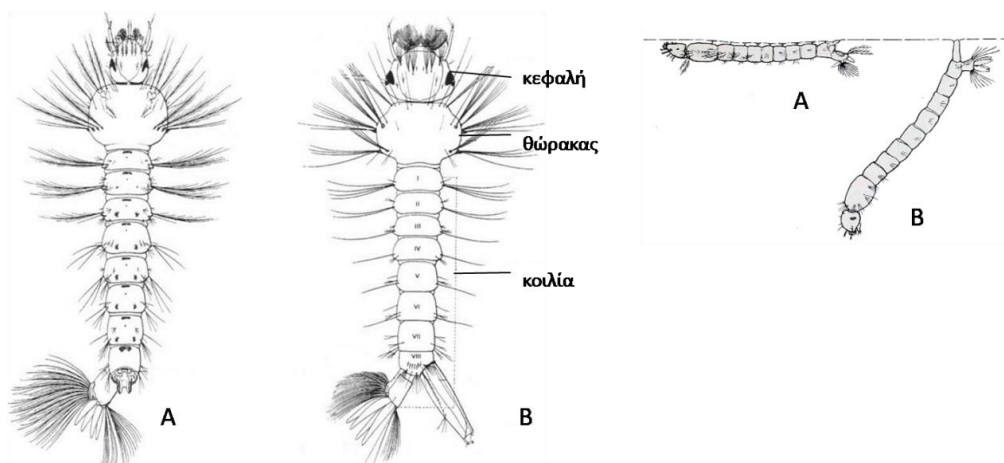
σμηρίγγων (Burkett-Cadena, 2013; Darsie Jr & Ward, 1981). Στη βάση του σιφωνίου υπάρχουν δύο μικρές ακίδες (siphonal acus), στις οποίες προσφύονται οι μύες που επιτρέπουν στο σιφώνιο να κάμπτεται προς τα πίσω. Σε ορισμένα είδη, οι μύες αυτοί μπορεί να απουσιάζουν, όπως είναι τα είδη του υπογένους *Stegomyia* ή να είναι πολύ αμυδροί, όπως στο είδος *Aedes vittatus*. (Becker *et al.*, 2010).

Το τμήμα IX δεν διακρίνεται ως ξεχωριστό τμήμα και έχει συγχωνευθεί μερικώς με τα κοιλιακά τμήματα VIII και X. Στην πλειονότητα των ειδών εμφανίζεται σαν δακτύλιος στη βάση του τμήματος X, ενώ σε άλλα είδη λείπει εντελώς (Becker *et al.*, 2010). Το τελευταίο τμήμα της κοιλίας, το τμήμα X ή αλλιώς εδρικό τμήμα, είναι σαφώς πιο στενό από τα υπόλοιπα και σχηματίζει γωνία με το τμήμα VIII. Το τμήμα X φέρει στην άκρη του δύο ζεύγη μακρών σμηρίγγων, που αποτελούν τις ουραίες σμηρίγγες (caudal setae), μια μεγαλύτερη ομάδα σμηρίγγων (ventral brush), μία κυρτή πλάκα που καλείται «σέλα» (saddle) και καταλήγει σε δύο ζεύγη διάφανων κυλινδρικών αποφύσεων, τις εδρικές θηλές ή εδρικά γάγγλια (anal papillae). Η σέλα, είναι ένα μεγάλος σκληρίτης που ανάλογα με το είδος, μπορεί να καλύπτει μόνο το ραχιαίο τμήμα του τμήματος X ή να το περικλείει πλήρως. Οι εδρικές θηλές είναι βολβώδεις, μεμβρανώδεις προεξοχές του εξωσκελετού που ρυθμίζουν την ωσμωτική πίεση (osmoregulation). Στα είδη που τρέφονται στην επιφάνεια του νερού, όπως τα είδη *Anopheles*, οι εδρικές θηλές είναι σχετικά μικρές, ενώ στα είδη που τρέφονται στο βυθό, όπως τα είδη *Aedes*, έχουν μεγαλύτερο μέγεθος (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Burkett-Cadena, 2013; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

1.4.3.3.ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ ΑΝΩΦΕΛΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

Μεταξύ των προνυμφών ανωφελών και κοινών κουνουπιών παρατηρούνται ορισμένες σημαντικές διαφορές που επιτρέπουν την εύκολη διάκρισή τους.

Οι προνύμφες των κοινών κουνουπιών διαθέτουν αναπνευστικό σιφώνιο στο τμήμα VIII της κοιλίας, το οποίο σχηματίζει γωνία με την επιφάνεια του νερού όταν οι προνύμφες αναπνέουν (εξάίρεση τα είδη *Mansonia* και *Coquillettidia*). Αντίθετα, οι προνύμφες των ανωφελών δεν φέρουν τέτοια κατασκευή κι η αναπνοή τους πραγματοποιείται μέσω αναπνευστικών τρημάτων που βρίσκονται στην επιφάνεια του κοιλιακού τμήματος VIII. Επομένως, όταν οι προνύμφες των ανωφελών αναπαύονται ή αναπνέουν, διατηρούν το σώμα τους παράλληλο με την επιφάνεια του νερού. Επιπρόσθετα, οι προνύμφες των ανωφελών όταν τρέφονται στρέφουν την κεφαλή τους κατά 180°, ώστε οι κοιλιακά τοποθετημένες στοματικές ψήκτρες να φέρνουν το επιφανειακό νερό προς τα στοματικά τους μόρια, ενώ κάτι τέτοιο δεν παρατηρείται στις προνύμφες των κοινών (Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).



Εικόνα 1.17. Σχηματική απεικόνιση προνυμφών (Α) Ανωφελών και (Β) Κοινών κουνουπιών. Δεξιά φαίνεται η στάση του σώματός τους όταν αναπνέουν.

1.4.3.4.ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΝΥΜΦΗΣ

Στα είδη των κουνουπιών που τα ωά βρίσκονται σε συνεχή επαφή με το νερό, οι προνύμφες εξέρχονται από αυτά, συνήθως, εντός 48 περίπου ωρών απ' τη στιγμή της ωοτοκίας. Το διάστημα αυτό διαφέρει μεταξύ των ειδών, ενώ είναι κατά πολύ μεγαλύτερο για τα ωά που εισέρχονται σε διάπαυση στη φάση αυτή, καθώς η εκκόλαψή τους ρυθμίζεται από μία σειρά ερεθισμάτων, όπως προαναφέρθηκαν.

Η προνύμφη πρώτου σταδίου εξέρχεται από το ωό, διαρρηγνύοντας το κέλυφός του στο σημείο του ενός πόλου, με τη χρήση ειδικής άκανθας (hatching spine), που βρίσκεται στη ραχιαία επιφάνεια της κεφαλής της. Αμέσως μετά την έξοδό της, η προνύμφη κολυμπάει κατευθείαν στο νερό. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι προνύμφες όλων των ειδών κουνουπιών απαιτούν νερό για την ανάπτυξή τους και δεν υπάρχει είδος του οποίου οι προνύμφες μπορούν να επιβιώσουν σε ξηρασία.

Η διάρκεια της προνυμφικής ανάπτυξης διαφέρει από είδος σε είδος και εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη θερμοκρασία. Άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως το μήκος της φωτοπεριόδου, η διαθεσιμότητα τροφής, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού και η πυκνότητα του πληθυσμού των προνυμφών στην εστία επηρεάζουν, επίσης, την κανονική ανάπτυξη των προνυμφών. Σε τροπικά κλίματα το προνυμφικό στάδιο διαρκεί περίπου 5 με 7 ημέρες, φθάνοντας έως και τις 14 ημέρες σε ορισμένα είδη. Σε εύκρατες περιοχές, αναλόγως της εποχής, το στάδιο αυτό συνήθως διαρκεί περισσότερο.

Ορισμένα είδη κουνουπιών διαχειμάζουν ως προνύμφες, όπως συμβαίνει με είδη που ανήκουν κυρίως στα γένη *Anopheles*, *Ochlerotatus*, *Culiseta*, *Mansonia*, *Orthopodomyia*, *Topomyia*, *Tripteroides*, *Armigeres*, *Wyeomyia* και *Toxorhynchites*. Οι διαπαύουσες προνύμφες χαρακτηρίζονται από μειωμένη κινητικότητα και διατροφική δραστηριότητα, συσώρευση αποθεμάτων λίπους και αυξημένη αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες (Vinogradova, 2007). Είναι ικανές να επιβιώσουν για αρκετές ημέρες κάτω από την παγωμένη επιφάνεια του νερού, λαμβάνοντας

οξυγόνο είτε από φυσαλίδες αέρα που έχουν εγκλωβιστεί κάτω από την παγωμένη επιφάνεια του νερού είτε από το αυξημένο διαλυμένο οξυγόνο μέσα στο νερό. Ο μεταβολισμός των διαπαυουσών προνυμφών ελαττώνεται σε μεγάλο βαθμό και η ανάπτυξή τους αναστέλλεται. Ανάλογα με το είδος διαφέρει η ηλικία της προνύμφης που εισέρχεται σε φάση διάπαυσης.

Οι προνύμφες είναι ένα ενεργά τρεφόμενο στάδιο και στην πλειονότητα των ειδών, τρέφονται με μικροοργανισμούς, άλγη, πρωτόζωα, οργανική ουσία σε αποσύνθεση και μικροσωματίδια οργανικής ύλης, των οποίων η διάμετρος δεν ξεπερνά τα 50 μm . Βάσει του τρόπου που καταναλώνουν τροφή, οι προνύμφες διακρίνονται σε δύο τύπους: τον πλαγκτονικό και τον αρπακτικό. Στον πρώτο τύπο, οι προνύμφες προσλαμβάνουν την τροφή τους φιλτράροντας το νερό με τη βοήθεια των γναθικών τους ψηκτρών. Η τροφή τους αποτελείται από μονοκύτταρους οργανισμούς, όπως βακτήρια, άλγη, πρωτόζωα κ.λπ.. Εδώ ανήκουν οι προνύμφες των γενών *Culex*, *Coquillettidia* και είδη από τα γένη *Aedes*, *Ochlerotatus* και *Culiseta*. Στον δεύτερο τύπο, οι προνύμφες συμμετέχουν ενεργά στην λήψη τροφής, την οποία μαζεύουν με αναρρόφηση, ξύνοντας ή τεμαχίζοντας τμήματα από μικροοργανισμούς, άλγη, τμήματα φυτών, νεκρά ασπόνδυλα, ενώ καταναλώνουν ακόμα και μικρόβια του ατμοσφαιρικού αέρα που βρίσκονται σε επαφή με το νερό (γένος *Anopheles*). Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα περισσότερα είδη από τα γένη *Anopheles*, *Aedes* και *Ochlerotatus*. Τέλος, υπάρχουν αρπακτικές προνύμφες που τρέφονται με άλλα έντομα και προνύμφες άλλων υδρόβιων εντόμων και κυρίως άλλων ειδών κουνουπιών, όπως τα είδη του γένους *Toxorhynchites* και μερικά είδη που ανήκουν στα γένη *Aedes*, *Psorophora* και *Culex*. Ωστόσο, αυτά τα είδη δε συναντώνται στην Ελλάδα ούτε και στην Ευρώπη (Becker *et al.*, 2003b).

Οι προνύμφες μέσα στο νερό έχουν την τάση να συγκεντρώνονται σε ομάδες, τακτική που πιθανόν τους προσφέρει προστασία από θηρευτές. Κινούνται με γρήγορες κινήσεις και περιστασιακά ανέρχονται στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού για να αναπνεύσουν ατμοσφαιρικό οξυγόνο (εξαίρεση τα είδη *Mansonia* και *Coquillettidia*). Έχουν την ικανότητα να αντιλαμβάνονται κατευθείαν αναταραχές, κινήσεις και σκιές στην υδάτινη εστία που βρίσκονται, αντιδρώντας με άμεση και γρήγορη κατάδυση προς τον πυθμένα της εστίας. Λίγα δευτερόλεπτα αργότερα αναδύονται και πάλι στην επιφάνεια του νερού για να αναπνεύσουν. Οι κινήσεις τους είναι πολύ χαρακτηριστικές και τις διακρίνουν από προνύμφες άλλων εντόμων, καθώς μετακινούνται στα διάφορα ύψη του νερού περιστρέφοντας την κοιλία τους. Μπορούν επίσης να κινηθούν αργά προς τα εμπρός, χρησιμοποιώντας τις γναθικές ψήκτρες σαν έλικα.

Όταν η ανάπτυξη της προνύμφης ολοκληρωθεί κι έχει συλλέξει αρκετά θρεπτικά συστατικά, ακολουθεί η τελική έκδυση, περνώντας στο στάδιο της νύμφης. Η μετάβαση από το προνυμφικό στο νυμφικό στάδιο καθορίζεται από τα επίπεδα δύο ορμονών, της ορμόνης νεότητας (juvenile hormone) και της ορμόνης εκδύσεως (ecdysone hormone), οι οποίες δίνουν έναυσμα για την έκδυση της

προνύμφης (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

1.4.3.5. ΕΣΤΙΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ

Τα κουνούπια είναι από τους πιο ευπροσάρμοστους οργανισμούς στον πλανήτη, καθώς μπορούν να αναπτυχθούν στο σύνολο σχεδόν των υδάτινων οικοσυστημάτων που υπάρχουν. Ουσιαστικά, η ύπαρξη νερού με αρκετά θρεπτικά συστατικά αρκούν για την ανάπτυξη των προνυμφών των κουνουπιών. Οι εστίες ανάπτυξης των προνυμφών ποικίλλουν ως προς την ποιότητα, την ποσότητα και την μονιμότητα του νερού που περιέχουν, ενώ για ορισμένα είδη κουνουπιών το είδος της βλάστησης που υπάρχει παίζει σημαντικό ρόλο.

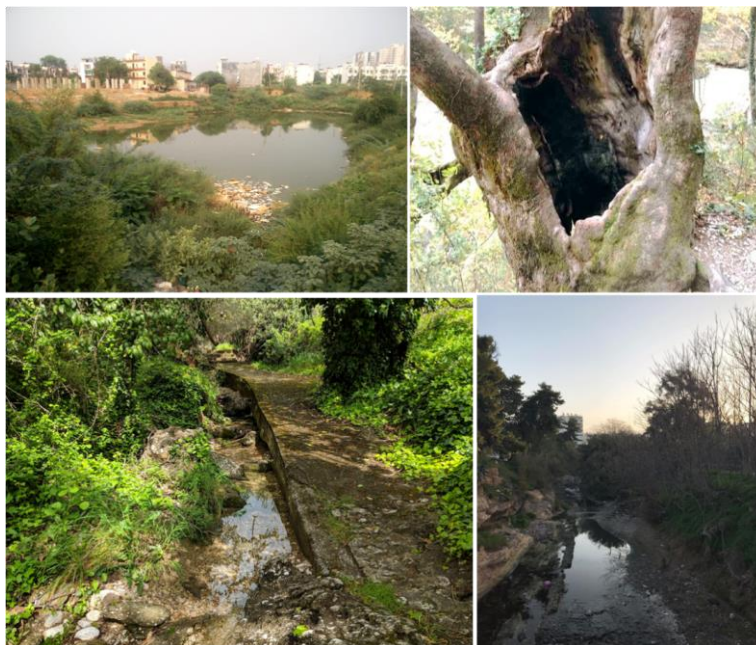
Πολλά είδη αναπτύσσονται σε μόνιμες συλλογές νερού, που διατηρούνται για μεγάλα χρονικά διαστήματα ή και όλο το χρόνο, όπως έλη, βάλτοι, παρόχθια τμήματα ποταμών και λιμνών, καλλιέργειες ρυζιού και άλλα. Σε αυτές τις περιοχές συχνά δημιουργούνται μακροπρόθεσμοι πληθυσμοί κουνουπιών, προκαλώντας επίμονα προβλήματα, ιδίως αν βρίσκονται κοντά σε αστικές περιοχές.



Εικόνα 1.18. Μόνιμες φυσικές εστίες ανάπτυξης κουνουπιών.

Άλλα είδη προτιμούν συγκεντρώσεις προσωρινού νερού, με εποχική εμφάνιση που θα διατηρηθούν για μερικές ημέρες, ώστε να παραχθεί μία νέα γενιά κουνουπιών. Τέτοιες εστίες ανάπτυξης προκύπτουν συνήθως, ύστερα από βροχοπτώσεις, όπου και παρατηρείται έξαρση του πληθυσμού κουνουπιών. Προνύμφες τέτοιων ειδών μπορούν να αναπτυχθούν σε μικρές συλλογές νερού κι έχουν βρεθεί σε φυσικές εστίες, όπως κοιλότητες δένδρων, κοιλότητες από κομμένα μπαμπού, φύλλα μπανάνας ή άλλων φυτών, όστρακα σαλιγκαριών, λακκούβες νερού στο έδαφος, σε βράχια που συγκρατούν νερό, καθώς και σε ανθρωπογενείς

εστίες που περιέχουν νερό, όπως παλιά ελαστικά αυτοκινήτου, ίχνη από ρόδες αυτοκινήτου, κονσέρβες, βάζα, πήλινα δοχεία, πιατάκια γλαστρών, πηγάδια, κουβάδες, βαρέλια, στέρνες, δοχεία νερού για κατοικίδια, αυλάκια, αποχετεύσεις, υπονόμους και οτιδήποτε άλλο μπορεί να συγκρατήσει νερό.



Εικόνα 1.19. Προσωρινές φυσικές εστίες ανάπτυξης κουνουπιών.



Εικόνα 1.20. Ανθρωπογενείς εστίες ανάπτυξης κουνουπιών.

Τα διάφορα είδη κουνουπιών επιλέγουν το σημείο που θα ωοτοκήσουν με βάση κι άλλα χαρακτηριστικά, όπως το εάν οι εστίες περιέχουν καθαρό νερό ή νερό πλούσιο σε οργανικό φορτίο, αν είναι γλυκό, υφάλμυρο ή αλατούχο, αν είναι στάσιμο ή σε κίνηση, ψυχρό ή θερμό και αν είναι ηλιόλουστες ή σκιερές.

Σχεδόν κάθε συλλογή μόνιμου ή προσωρινού νερού μπορεί να αποτελέσει εστία ανάπτυξης προνυμφών κουνουπιών. Κάποια είδη λιγότερα περιορισμένα στις απαιτήσεις τους και μπορούν να αναπτυχθούν σε ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών τύπων ενδιαιτημάτων. Ωστόσο, δεν συναντώνται προνύμφες κουνουπιών σε μεγάλες εκτάσεις στάσιμου νερού που περιέχουν μεγάλο αριθμό ψαριών και άλλων αρπακτικών που μπορούν να τραφούν με αυτές ούτε σε μεγάλους ποταμούς με

ορμητικά νερά, με εξαίρεση τις βαλτώδεις περιοχές που σχηματίζονται στις άκρες του ρέοντος νερού.

Οι πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά των εστιών που αναπτύσσονται οι προνύμφες κουνουπιών είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τον έλεγχο και την παρακολούθηση του επιπέδου των πληθυσμών τους. Ο εντοπισμός και η χαρτογράφηση των εστιών ανάπτυξης των προνυμφών αποτελεί απαραίτητο στάδιο για τον σωστό κι αποτελεσματικό σχεδιασμό των προγραμμάτων αντιμετώπισης κουνουπιών σε μία περιοχή (Κολιόπουλος, 2011; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011; Service, 2012).

1.4.4.ΝΥΜΦΗ (pupa)

Το στάδιο της νύμφης αποτελεί τη μετάβαση από την υδρόβια φάση σε αυτή του ενήλικου κουνουπιού. Όταν η προνύμφη 4^{ου} σταδίου συμπληρώσει την ανάπτυξή της, αποβάλλει το τελευταίο προνυμφικό έκδυμα και μετατρέπεται σε νύμφη.

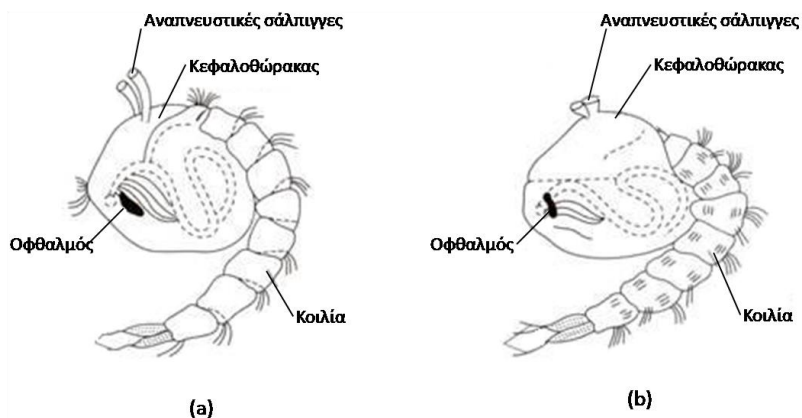
1.4.4.1.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΝΥΜΦΗΣ

Οι νύμφες των κουνουπιών, όπως και οι προνύμφες, είναι υδρόβιες και το σχήμα τους είναι χαρακτηριστικά κυρτό, σε σχήμα κόμματος (comma shaped). Το σώμα τους διαιρείται σε δύο μέρη, τον κεφαλοθώρακα και την κοιλία (Becker *et al.*, 2010).



Εικόνα 1.21. Νύμφη κουνουπιού.

Ο κεφαλοθώρακας προκύπτει από ένωση της κεφαλής και του θώρακα και στη ραχιαία του επιφάνεια φέρει ένα ζεύγος κωνικών σχηματισμών, τις αναπνευστικές χοάνες ή σάλπιγγες (trumpets), που εξυπηρετούν την αναπνοή της νύμφης μέσω του ατμοσφαιρικού αέρα. Οι νύμφες των γενών *Mansonia* και *Coquillettidia* διαθέτουν ειδικά διαμορφωμένες αναπνευστικές τρομπέτες, ώστε να διατρύπουν τους φυτικούς ιστούς των υδρόβιων φυτών και να λαμβάνουν οξυγόνο. Στις νύμφες των ανωφελών, οι αναπνευστικές τρομπέτες είναι πιο μικρές και πιο πλατιές συγκριτικά με αυτές των κοινών κουνουπιών και φέρουν ένα βαθύ επίμηκες χώρισμα (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).



Εικόνα 1.22. Νύμφη (a) κοινού και (b) ανωφελούς κουνουπιού.

Η κοιλία αποτελείται από 9 άρθρα, καθένα από τα οποία φέρει πολλές σμήριγγες. Το τελευταίο άρθρο καταλήγει σε ένα ζεύγος ωοειδών και λείων εξαρτημάτων, τα κουπιτιά (terminal paddles) που χρησιμεύουν για την κίνηση της νύμφης μέσα στο νερό (Becker *et al.*, 2010).

Η διάκριση των νυμφών των κουνουπιών από παρόμοιες νύμφες άλλων Διπτέρων, όπως αυτές των οικογενειών Chaoboridae, Dixidae και Chironomidae, βασίζεται στο διαφορετικό σχήμα του άκρου της κοιλίας τους (Becker *et al.*, 2010).

1.4.4.2.ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΝΥΜΦΗΣ

Το στάδιο της νύμφης εξελίσσεται και αυτό μέσα στο νερό και είναι το τελευταίο υδρόβιο στάδιο στον κύκλο ζωής του κουνουπιού. Το νυμφικό στάδιο είναι πολύ σύντομο και ολοκληρώνεται συνήθως σε 1-3 ημέρες και για τα δύο φύλα, κατά τη διάρκεια των οποίων λαμβάνουν χώρα έντονες φυσικοχημικές και ιστολογικές μεταβολές, ώστε να προκύψει τελικά το ενήλικο άτομο. Το διάστημα αυτό μπορεί, ωστόσο, να παραταθεί ανάλογα με τη θερμοκρασία και το είδος του κουνουπιού. Σε χαμηλές θερμοκρασίες, η ολοκλήρωση του νυμφικού σταδίου μπορεί να επεκταθεί έως και 9-12 ημέρες ή και περισσότερο. Είδη που ανήκουν στα γένη *Toxorhynchites* και *Wyeomyia* απαιτούν τουλάχιστον 5-6 ημέρες για την ολοκλήρωση του νυμφικού σταδίου (Becker *et al.*, 2010; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011; Service, 2012).

Οι νύμφες δε λαμβάνουν τροφή ούτε μεταβάλλονται σε μέγεθος, αλλά χρησιμοποιούν τα αποθέματα που μάζεψαν στο προηγούμενο στάδιο για να ολοκληρώσουν τη μεταμόρφωσή τους. Είναι πολύ κινητικές, όμως τον περισσότερο χρόνο της ζωής τους παραμένουν ακίνητες στην επιφάνεια του νερού, όπου και αναπνέουν. Αν διαταραχθούν, βυθίζονται στον πυθμένα της εστίας για να κρυφτούν, με πολύ ζωηρές και σπασμωδικές κινήσεις, εκτελώντας πλήρη αναστροφή. Το ειδικό βάρος του σώματός τους είναι μικρότερο από του νερού και

για τον λόγο αυτό, ύστερα από κάθε κατάδυση, αναδύονται παθητικά στην επιφάνεια του νερού (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι νύμφες των γενών *Mansonia* και *Coquilleltidia* αναπνέουν διαμέσου των υδρόβιων φυτών, οπότε ανέρχονται στην επιφάνεια του νερού μόνο όταν πρόκειται να γίνει η έξοδος του ακμαίου (Foster & Walker, 2002).

Στην πλειονότητα των ειδών κουνουπιών, οι νύμφες εμφανίζουν σχετική ανθεκτικότητα στην αφυδάτωση και είναι δυνατόν να προκύψουν τα τέλεια άτομα, ακόμα και σε περιπτώσεις που δεν έχουν χώρο να κινηθούν ή βρεθούν εκτός νερού ή ξεραθούν οι εστίες που βρίσκονται (Becker *et al.*, 2010).

1.4.4.3.ΕΞΟΔΟΣ ΤΕΛΕΙΟΥ

Αφού ολοκληρωθεί πλήρως ο σχηματισμός του τέλειου κουνουπιού εντός του σώματος της νύμφης, η νύμφη παραμένει ακίνητη στην επιφάνεια του νερού, ισιώνοντας σταδιακά την κοιλία της σε διάστημα 10-15 λεπτών και αρχίζει να προσροφά μεγάλη ποσότητα αέρα. Σαν αποτέλεσμα, αυξάνεται η πίεση στο εσωτερικό του σώματός της και το εξώδερμα σχίζεται κατά μήκος της ραχιαίας επιφάνειας του κεφαλοθώρακα, από όπου τελικά αναδύεται με αργές κινήσεις το τέλειο άτομο. Η όλη διαδικασία διαρκεί λίγα μόνο λεπτά.

Τα τέλεια αρσενικά τείνουν να εμφανίζονται νωρίτερα συγκριτικά με τα θηλυκά, γεγονός που οφείλεται στο συντομότερο προνυμφικό τους στάδιο.

Το νεοεμφανιζόμενο κουνούπι στηρίζεται πάνω στο δερμάτιο της νύμφης που επιπλέει, όπου και παραμένει για αρκετή ώρα, καθώς τα άκρα του είναι ακόμη προσκολλημένα στο έκδυμα της νύμφης. Στη φάση αυτή, οι κινήσεις του τέλειου είναι ιδιαίτερα προσεκτικές για αποφυγή πτώσης στο νερό, ενώ είναι πολύ σύνηθες στο στάδιο αυτό τα ενήλικα κουνούπια να πνίγονται. Όταν απελευθερωθεί πλήρως από το νυμφικό περίβλημα, στέκεται στην επιφάνεια του νερού για λίγο χρόνο ακόμη, προκειμένου να τεντωθούν τα πόδια και οι πτέρυγές του, με αύξηση της πίεσης της αιμολέμφου. Παράλληλα, ο μαλακός εξωσκελετός του σκληραίνει και έπειτα το έντομο είναι ικανό να πετάξει.



Εικόνα 1.23. Έκδυση τέλειου κουνουπιού από τη νύμφη.

Τα λιπίδια και το γλυκογόνο που μεταφέρονται από τα αποθέματα των προνυμφών, εφοδιάζουν το ενήλικο με επαρκή ενέργεια για λίγες ημέρες, ώστε να μπορέσουν να βρουν τροφή.

Σε αντίθεση με τα θηλυκά, τα αρσενικά όταν εξέρχονται από το νυμφικό περίβλημα δεν είναι σεξουαλικά ώριμα. Απαιτούνται περίπου 24 ώρες μέχρι τα εξωτερικά γεννητικά όργανα των αρσενικών να λάβουν την τελική τους θέση και να είναι ικανά να γονιμοποιήσουν θηλυκά (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Foster & Walker, 2002).

1.5.ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

1.5.1.ΓΕΝΙΚΑ

Παρόλο που το ποσοστό ανθρωπόφιλων ειδών κουνουπιών είναι σχετικά μικρό, η παρουσία τους απασχολεί ιδιαίτερα την ανθρωπότητα. Εύλογα τα κουνούπια βρίσκονται στο επίκεντρο εντομολογικών ερευνών παγκοσμίως και θεωρούνται ως τα έντομα με τη σπουδαιότερη ιατρική σημασία, χαρακτηρισμός που αιτιολογείται από το γεγονός ότι είναι φορείς και βιολογικοί διαβιβαστές (vectors), πολλών και επικίνδυνων λοιμογόνων παρασίτων που προσβάλλουν τον άνθρωπο και τα ζώα.

Τα νοσήματα μεταδιδόμενα με διαβιβαστές (vector borne diseases) είναι ασθένειες που προκαλούνται από παθογόνους οργανισμούς και μεταδίδονται μέσω οργανισμών φορέων τους διαβιβαστές. Ο τρόπος ζωής και οι αιμομυζητικές συνήθειες των θηλυκών κουνουπιών καθιστούν τα έντομα αυτά δυνητικούς διαβιβαστές πληθώρας παθογόνων, όπως αυτά που προκαλούν ελονοσία, κίτρινο πυρετό, δάγκειο πυρετό, ιό του Δυτικού Νείλου, ιό Zika, φιλαριάσεις, εγκεφαλίτιδες, πυρετό Chikungunya και μεγάλο αριθμό άλλων αρμποϊώσεων. Τα κουνούπια διαβιβαστές αυτών των παθογόνων είναι είδη που ανήκουν κυρίως στα γένη *Anopheles*, *Culex* και *Aedes* (Tandina *et al.*, 2018).

Τα παθογόνα που μπορούν να μεταδοθούν μέσω των κουνουπιών, προσλαμβάνονται από το έντομο κατά τη διάρκεια της λήψης αίματος από ξενιστή που φέρει το παθογόνο και έπειτα μεταφέρονται με το σιέλό του, στο αίμα του νέου ξενιστή (Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

Η παγκόσμια εξάπλωση των κουνουπιών και η υψηλή τους ικανότητα μετάδοσης ασθενειών τα καθιστά σοβαρή απειλή για Δημόσια Υγεία, αφού οι προκαλούμενες ασθένειες πολλές φορές είναι θανατηφόρες, ενώ συχνά εμφανίζονται με τη μορφή επιδημιών ή και πανδημιών (Μπέτζιος, 1989).

Πάνω από το μισό του παγκόσμιου πληθυσμού εκτίθενται σε κίνδυνο πιθανής προσβολής από αυτές τις ασθένειες, ενώ σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO), το 2021 εκτιμήθηκαν 247 εκατομμύρια κρούσματα μόνο από ελονοσία και οι θάνατοι ανήλθαν στους 619.000, οι περισσότεροι από τους οποίους ήταν στην Αφρική και αφορούσαν παιδιά κάτω των 5 ετών (WHO, 2023b).

Παρά το γεγονός ότι οι ασθένειες αυτές πλήττουν κυρίως χώρες με θερμό ή τροπικό κλίμα, όπως χώρες της Αφρικής, της Κεντρικής και Νοτίου Αμερικής και της Νοτιοανατολικής Ασίας, η αυξημένη ικανότητα των κουνουπιών να προσαρμόζονται

σε νέα περιβάλλοντα, σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας παγκοσμίως και την κλιματική αλλαγή, συμβάλλουν στην επέκταση των πληθυσμών των κουνουπιών, άρα και των ασθενειών που μεταδίδουν. Παράλληλα, το σύγχρονο εμπόριο, οι εναέριες, θαλάσσιες και οδικές μετακινήσεις και τα ταξίδια μεγάλου μέρους του ανθρώπινου πληθυσμού διευκολύνουν τη μετακίνηση πληθυσμών κουνουπιών σε νέες περιοχές (Becker *et al.*, 2010).

Πέρα από τη μετάδοση ασθενειών, η ύπαρξη και μόνο κουνουπιών σε μία περιοχή προκαλεί έντονη ενόχληση, ιδίως όταν η πυκνότητά τους είναι μεγάλη. Η παρουσία τους επιφέρει πολλές δυσμενείς επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής των κατοίκων, στην τουριστική ανάπτυξη, στις υπαίθριες εργασίες και στην οικονομία. Επηρεάζουν τον παγκόσμιο πληθυσμό και κυρίως τις αναπτυσσόμενες χώρες των τροπικών ζωνών και δυσχεραίνουν την ομαλή λειτουργία των συστημάτων υγείας, εξαιτίας των πολλών οικονομικών πόρων που απαιτεί η αντιμετώπισή τους. Επιπλέον, τα νύγματα κουνουπιών προκαλούν συχνά κνησμό, ερεθισμό, δερματίτιδες και αλλεργίες στα ευαίσθητα άτομα. Όπως συμβαίνει και με τα υπόλοιπα αιμομυζητικά αρθρόποδα, η πληγή που δημιουργείται στο σημείο του νύγματος, μπορεί να επιτρέψει δευτερογενή μόλυνση, η οποία επιδεινώνεται με το ξύσιμο (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Foster & Walker, 2002).

Ακολουθεί μία σύντομη αναφορά σε μερικές από τις σοβαρότερες ασθένειες που μεταδίδονται με τα κουνούπια.

1.5.1.1.ΕΛΟΝΟΣΙΑ

Η ελονοσία (malaria) είναι λοιμώδης νόσος που προκαλείται από πρωτόζωα του γένους *Plasmodium* (*Plasmodium vivax*, *P. ovale*, *P. malariae* και *P. falciparum*), με κυριότερο το *P. falciparum*, λόγω της σοβαρής κλινικής εικόνας που μπορεί να προκαλέσει (εγκεφαλική μορφή ελονοσίας) και μεταδίδεται κυρίως μέσω νύγματος μολυσμένου κουνουπιού του γένους *Anopheles* (*Anopheles maculipennis*, *An. sacharovi*, *An. superpictus* και λιγότερο το *An. hyrcanus*).

Τα συμπτώματα της νόσου μπορεί να είναι ήπια (πυρετό, ρίγη και πονοκέφαλο), ή πιο σοβαρά (κόπωση, σύγχυση, επιληπτικές κρίσεις και δυσκολία στην αναπνοή), ακόμα και θανατηφόρα.

Το 2021, εκτιμήθηκαν 247 εκατομμύρια κρούσματα παγκοσμίως και 619.000 θάνατοι, με το 95% των κρουσμάτων και το 96% των θανάτων να προέρχεται από την Αφρική. Ενώ το 80% των συνολικών θανάτων αντιπροσωπεύει παιδιά κάτω των 5 ετών.

Η ελονοσία ενδημεί (με συνεχιζόμενη μετάδοση) σε 85 χώρες παγκοσμίως (WHO World malaria report 2021), κυρίως στην υποσαχάρια Αφρική, την Ασία και την Λατινική Αμερική. Στα μισά του 20^{ου} αιώνα εκριζώθηκε από χώρες της Ευρώπης και της Βορείου Αμερικής, όπου ήταν ενδημική.

Όσον αφορά την Ελλάδα, η νόσος εκριζώθηκε το 1974, έπειτα από εντατικό πρόγραμμα καταπολέμησης (1946-1960) και από τότε καταγράφονται πανελλαδικά

κάθε χρόνο 20-110 εισαγόμενα κρούσματα (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; ΕΟΔΥ, 2021b; WHO, 2023b).

1.5.1.2.ΑΡΜΠΟΪΩΣΕΙΣ

Αρμποϊώσεις είναι οι ιογενείς λοιμώξεις που οφείλονται σε αρμποϊούς. Αρμποϊοί (arthropod born virus- arbovirus) καλούνται όλοι οι ιοί που προσβάλλουν τα σπονδυλωτά και μεταδίδονται με κάποιο αρθρόποδο διαβιβαστή (vector).

Οι λοιμώξεις που προκαλούν οι αρμποϊοί εμφανίζονται με διάφορη κλινική βαρύτητα, όπως είναι οι εγκεφαλίτιδες και οι αιμορραγικοί πυρετοί. Ο ιός μέσω του νύγματος του εντόμου εισέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος του ανθρώπου και των ζώων και ακολούθως φθάνει στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Τα αρθρόποδα αφού μολυνθούν με αρμποϊούς παραμένουν μολυσματικά και μεταδίδουν τη λοίμωξη έως το τέλος της ζωής τους.

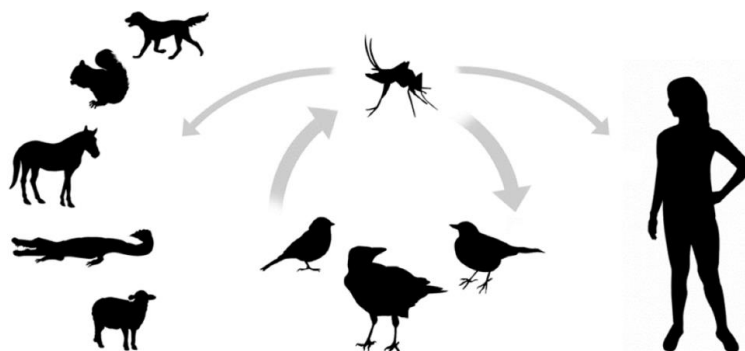
Τα κουνούπια είναι υπεύθυνα για τη μετάδοση πολλών αρμποϊών που προκαλούν σοβαρές ασθένειες στον άνθρωπο, όπως είναι ο ιός του Δυτικού Νείλου, ο Δάγκειος πυρετός, ο Κίτρινος πυρετός, ο ιός Chikungunya, ο ιός Zika, ο ιός Usutu, ο ιός Tahyna, ο ιός Sindbis, ο ιός Inkoo, ο ιός του πυρετού Rift Valley και ο ιός Snowshoe hare virus.

1.5.1.2.1.ΙΟΣ ΤΟΥ ΔΥΤΙΚΟΥ ΝΕΙΛΟΥ (West Nile Virus)

Ο ιός του Δυτικού Νείλου ανήκει στην Οικογένεια Flaviviridae, γένος *Flavivirus*. Ονομάσθηκε έτσι, διότι αναγνωρίστηκε πρώτη φορά στην επαρχία του Δυτικού Νείλου, στην Ουγκάντα το 1937. Μεταδίδεται κυρίως με τσίμπημα μολυσμένου κουνουπιού, κυρίως του γένους *Culex* και μπορεί να προκαλέσει νόσο στον άνθρωπο και σε ορισμένα ζώα (π.χ. άλογο, πτηνά).

Η κύρια πηγή του ιού στη φύση είναι τα πτηνά (ορισμένα είδη). Τα κουνούπια μολύνονται όταν τσιμπούν μολυσμένα πτηνά και στη συνέχεια μεταδίδουν τον ιό στον άνθρωπο και σε άλλα ζώα, μέσω του νύγματός τους.

Τα αποδημητικά πτηνά, που προέρχονται από την υποσαχάρια Αφρική, τη Βόρειο Αφρική ή τη Μέση Ανατολή, αποτελούν συχνά μέσο μετάδοσης του ιού και εισαγωγής του σε εύκρατες περιοχές της Ευρώπης και της Ασίας.



Εικόνα 1.24. Κύκλος μετάδοσης του ιού του Δυτικού Νείλου.

Η πλειονότητα των ατόμων που μολύνονται από τον ιό δεν αρρωσταίνουν καθόλου ή παρουσιάζουν μόνο ήπια νόσο, ενώ ένα μικρό ποσοστό των ατόμων (<1% όσων μολύνονται) εμφανίζουν σοβαρή νόσο που προσβάλλει το νευρικό σύστημα (κυρίως εγκεφαλίτιδα, μηνιγγίτιδα ή οξεία χαλαρή παράλυση). Ένα σημαντικό μέρος ανθρώπων που ανέπτυξαν σοβαρή μορφή της νόσου υποφέρουν από παρατεταμένη ανικανότητα ή μπορεί να πεθάνουν.

Κρούσματα λοίμωξης από ιό του Δυτικού Νείλου εμφανίζονται σε πολλές χώρες παγκοσμίως, όπως και σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, σε ετήσια βάση. Τα έτη 2010-2014 και 2017-2021 καταγράφηκαν κρούσματα λοίμωξης από τον ιό του Δυτικού Νείλου σε διάφορες περιοχές, συμπεριλαμβανομένης και της χώρας μας, κατά τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες, ενώ κυκλοφορία του ιού έχει καταγραφεί σε όλες τις Περιφέρειες. Αυτό υποδηλώνει ότι ο ιός του Δυτικού Νείλου έχει εγκατασταθεί και στη χώρα μας, όπως και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες (ΕΟΔΥ, 2023; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011; WHO, 2017).

1.5.1.2.2. ΔΑΓΓΕΙΟΣ ΠΥΡΕΤΟΣ

Ο Δάγκειος πυρετός αποτελεί μία οξεία ιογενή νόσο που οφείλεται σε έναν από τους τέσσερεις ορότυπους του ιού του Δάγκειου πυρετού (DENV1, 2, 3 και 4), της Οικογένειας *Flaviviridae*, του γένους *Flavivirus*. Οι ίδιοι ιοί είναι υπεύθυνοι και για τον Δάγκειο αιμορραγικό πυρετό που αποτελεί τη σοβαρή μορφή της νόσου, η οποία μπορεί να είναι και θανατηφόρος.

Ο Δάγκειος Πυρετός μεταδίδεται με το νύγμα μολυσμένων κουνουπιών του γένους *Aedes* (κυρίως τα *Aedes aegypti* και *Ae. albopictus*, καθώς και με τα *Ae. scutellaris*, *Ae. polynesiensis*) (Kettle, 1995). Το κουνούπι, από τη στιγμή που θα τσιμπήσει ένα προσβεβλημένο άτομο μεταφέρει τον ιό και 4-12 ημέρες μετά, τον μεταδίδει σε υγιή άτομα μέσω ενός νέου τσιμπήματος, ενώ παραμένει μολυσματικό εφόρου ζωής.

Τα κυριότερα συμπτώματα του Δάγκειου πυρετού είναι υψηλός πυρετός, οξύς πονοκέφαλος, πόνος στη μέση, στα μάτια και στις αρθρώσεις, ναυτία, εμετός και εξανθήματα. Τα συμπτώματα εκδηλώνονται ηπιότερα σε παιδιά μικρότερης ηλικίας, συγκριτικά με τα μεγαλύτερα και τους ενήλικες.

Τα συμπτώματα του αιμορραγικού πυρετού μπορεί να είναι πυρετός, πονοκέφαλος, ναυτία, εμετός, πόνος στην κοιλιακή χώρα, μωλωπισμός του δέρματος, δερματική αιμορραγία, αιμορραγία από τη μύτη, τα ούλα και τα αυτιά, εσωτερική αιμορραγία και αιμορραγικό σοκ.

Οι ιοί του Δάγκειου πυρετού ενδημούν σε περισσότερες από 100 τροπικές και υποτροπικές χώρες, στην Ασία (κυρίως νοτιοανατολική Ασία), στην Αφρική, στην Κεντρική και Νότια Αμερική, στην ανατολική Μεσόγειο και στον Ειρηνικό Ωκεανό, όπου υπάρχουν ικανοί διαβιβαστές, κυρίως σε αστικό και ημιαστικό περιβάλλον.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, εκτιμάται ότι συμβαίνουν 100-400 εκατομμύρια λοιμώξεις Δάγκειου πυρετού παγκοσμίως, κάθε έτος. Σε πολλές χώρες της Ασίας και Νότιας Αμερικής, ο Δάγκειος πυρετός αποτελεί βασική αιτία σοβαρής νόσου και θανάτου, κυρίως σε παιδιά.

Στην Ελλάδα, μετά την επιδημία του 1927-28 στην Αθήνα, η οποία ήταν και η μεγαλύτερη επιδημία στην Ευρώπη, με 1.533 καταγεγραμμένους θανάτους, όλα τα κρούσματα πλέον είναι εισαγόμενα και θεωρείται ότι ο Δάγκειος πυρετός έχει εκριζωθεί από τη χώρα (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; ΚΕΕΛΠΝΟ, 2013; WHO, 2023a).

1.5.1.2.3.ΚΙΤΡΙΝΟΣ ΠΥΡΕΤΟΣ

Ο κίτρινος πυρετός είναι ιογενής λοίμωξη που προκαλείται από ιό του γένους *Flavivirus* (οικ. *Flaviviridae*) και μεταδίδεται με διαβιβαστές μέσω νύγματος μολυσμένου κουνουπιού, των γενών *Aedes* ή *Haemagogus* και *Sabethes*.

Διακρίνονται δύο διαφορετικοί κύκλοι μετάδοσης του ιού, ο αστικός (urban) και ο δασικός (sylvan). Στον αστικό κύκλο μετάδοσης, ο άνθρωπος συμμετέχει ως υπόδοχο και το κουνούπι *Aedes aegypti* ως ενδιάμεσος ξενιστής. Στον δασικό κύκλο, υπόδοχοι είναι πίθηκοι και άλλα πρωτεύοντα θηλαστικά και ενδιάμεσοι ξενιστές είναι κουνούπια των γενών *Aedes* ή *Haemagogus* και *Sabethes* (Monath *et al.*, 1990; Monath, 2001).

Ενδιάμεσος ξενιστής, θεωρείται ο οργανισμός που χρησιμοποιείται ως μέσο μεταφοράς και διασποράς των παθογόνων οργανισμών, χωρίς όμως το παθογόνο να πολλαπλασιάζεται σεξουαλικά. Υπόδοχο είναι ο ξενιστής στον οποίο ο παθογόνος οργανισμός διατηρείται επί μακρό χρονικό διάστημα και θεωρείται μολυσματικός.

Τα συμπτώματα του κίτρινου πυρετού περιλαμβάνουν πυρετό, πονοκέφαλο, ίκτερο, μυϊκό πόνο, ναυτία, έμετο και κόπωση. Ένα μικρό ποσοστό ασθενών που προσβάλλονται από τον ιό εμφανίζουν σοβαρά συμπτώματα και περίπου οι μισοί από αυτούς πεθαίνουν, σε 7 έως 10 ημέρες.

Ο ιός είναι ενδημικός σε τροπικές περιοχές της Αφρικής και της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής. Παρόλο που η Ευρώπη και οι ΗΠΑ είχαν δοκιμαστεί από επιδημίες κίτρινου πυρετού, προς το παρόν υπάρχουν μόνο εισαγόμενα κρούσματα, ενώ ο επαρκής εμβολιασμός διατηρεί τον αριθμό των εισαγόμενων κρουσμάτων σε χαμηλά επίπεδα (ΕΟΔΥ, 2019; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011; WHO, 2019).

1.5.1.2.4.ΠΥΡΕΤΟΣ CHIKUNGUNYA

Ο ιός Chikungunya είναι ένας ιός RNA που ανήκει στο γένος *Alphavirus*, της Οικογένειας *Togaviridae* και δημιουργεί μία ιογενή λοίμωξη που ανήκει στην κατηγορία των αιμορραγικών πυρετών. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί γονότυποι του ιού.

Ο ιός Chikungunya μεταδίδεται στον άνθρωπο μέσω νύγματος μολυσμένων κουνουπιών του γένους *Aedes*, κυρίως των ειδών *Aedes aegypti* και *Aedes albopictus*. Οι άνθρωποι είναι η κύρια δεξαμενή (reservoir) του ιού, ιδίως κατά τη διάρκεια επιδημιών. Μεταξύ των επιδημικών περιόδων, πολλά σπονδυλωτά έχουν θεωρηθεί πιθανές δεξαμενές του ιού, συμπεριλαμβανομένων άλλων πρωτεύοντων, τρωκτικών, πτηνών και μερικών μικρών θηλαστικών. Στην Αφρική φυσικοί ξενιστές του ιού είναι άγρια πρωτεύοντα και ο κύκλος στην άγρια φύση περιλαμβάνει, επίσης, μικρότερα θηλαστικά, όπως νυχτερίδες.

Τα κουνούπια μολύνονται από τον ιό όταν τσιμπήσουν έναν ασθενή σε φάση ιαμίας και γίνονται μολυσματικά μετά από μία περίοδο επώασης 10 ημερών, κατά μέσο όρο.

Ο ιός Chikungunya προκαλεί πυρετό και έντονο πόνο στις αρθρώσεις, ο οποίος είναι συχνά εξουθενωτικός και ποικίλλει σε διάρκεια. Άλλα συμπτώματα περιλαμβάνουν αιφνίδια εμφάνιση πυρετού, οίδημα στις αρθρώσεις, μυϊκό πόνο, πονοκέφαλο, ναυτία, κόπωση και εξάνθημα. Συνήθως, τα συμπτώματα της νόσου είναι ήπια και το 3-28% των ατόμων που μολύνονται από τον ιό είναι ασυμπτωματικοί. Πιο σπάνια εμφανίζονται σοβαρά συμπτώματα ή οι ασθενείς καταλήγουν σε θάνατο και συνήθως σχετίζονται με προϋπάρχοντα προβλήματα υγείας.

Ο ιός εντοπίστηκε για πρώτη φορά στην Τανζανία (1952) και έπειτα σε χώρες της Αφρικής και της Ασίας. Πλέον έχει εντοπισθεί σε περισσότερο από 110 χώρες σε Ασία, Αφρική, Ευρώπη και Αμερική.

Στην ηπειρωτική Ευρώπη, η πρώτη επιδημία εγχώριων κρουσμάτων συνέβη στη βορειοανατολική Ιταλία το 2007 (με 210 επιβεβαιωμένα κρούσματα). Το 2010 ανιχνεύθηκαν δύο αυτόχθονα κρούσματα στη Γαλλία, σε σύνδεση με εισαγόμενα κρούσματα. Στην Ελλάδα και σε άλλες περιοχές της Ευρώπης, όπου υπάρχει ο κατάλληλος διαβιβαστής, υπάρχει κίνδυνος εισαγωγής του ιού από μολυνθέντες ταξιδιώτες και κίνδυνος περαιτέρω διασποράς της νόσου (ΕΟΔΥ, 2021c; WHO, 2022).

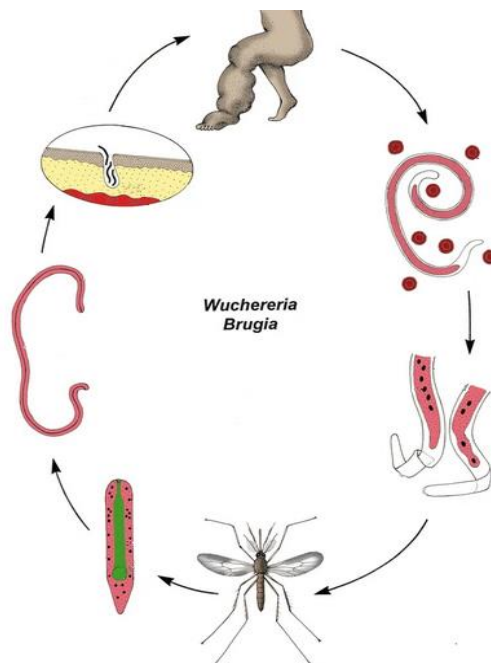
1.5.1.3.ΦΙΛΑΡΙΑΣΕΙΣ

Οι φιλαριάσεις είναι παρασιτικές ασθένειες που οφείλονται σε νηματώδεις. Στην Ευρώπη, οι φιλαριάσεις που μεταδίδονται μέσω των κουνουπιών, δεν έχουν σχεδόν καμία υγειονομική σημασία για τον άνθρωπο, έχουν όμως σημαντικό αντίκτυπο σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές, όπου και απαντώνται.

1.5.1.3.1.ΛΥΜΦΑΤΙΚΗ ΦΙΛΑΡΙΑΣΗ

Η λυμφατική φιλαρίαση, κοινώς γνωστή ως ελεφαντίαση, είναι μια επώδυνη και βαθιά παραμορφωτική ασθένεια. Προκαλείται από τους νηματώδεις *Wuchereria bancrofti*, *Brugia malayi* και *Brugia timori* (Οικογένεια *Filariodidea*), οι

οποίοι μεταδίδονται μέσω νυγμάτων μολυσμένων κουνουπιών. Οι προνύμφες που μεταδίδονται από τα κουνούπια εναποτίθενται στο δέρμα από όπου μπορούν να εισέλθουν στο σώμα. Στη συνέχεια, οι προνύμφες μεταναστεύουν στα λεμφικά αγγεία, όπου εξελίσσονται σε ενήλικα, συνεχίζοντας έτσι έναν κύκλο μετάδοσης.



Εικόνα 1.25. Διαγραμματική απεικόνιση του κύκλου ζωής των νηματώδων της λυμφατικής φιλαρίασης.

Οι νηματώδεις μεταδίδονται κυρίως με κουνούπια του γένους *Culex*, αλλά και με *Anopheles*, *Aedes* και *Mansonia*. Ο άνθρωπος είναι ο μόνος κύριος ξενιστής.

Αν και η μόλυνση μπορεί να συμβεί κατά την παιδική ηλικία, οι ορατές εκδηλώσεις της, όπως οίδημα των άκρων, μπορεί να εμφανιστούν αργότερα στη ζωή του ασθενούς, προκαλώντας προσωρινή ή μόνιμη αναπηρία.

Η λυμφατική φιλαρίαση ενδημεί σε απομονωμένες αγροτικές περιοχές και υποβαθμισμένες αστικές περιοχές των τροπικών και υποτροπικών χωρών. Η νόσος επηρεάζει πάνω από 120 εκατομμύρια ανθρώπους σε 72 χώρες σε όλες τις τροπικές και υποτροπικές περιοχές της Ασίας, της Αφρικής, του Δυτικού Ειρηνικού και σε μέρη της Καραϊβικής και της Νότιας Αμερικής. Οι νηματώδεις της λυμφατικής φιλαρίασης δεν απαντώνται στην Ευρώπη (Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011; WHO, n.d.).

1.5.1.3.2. ΔΙΡΟΦΙΛΑΡΙΑΣΗ

Η ανθρώπινη διροφιλαρίαση προκαλείται από ευκαιριακή μόλυνση με τους νηματώδεις *Dirofilaria tenuis* και *D. immitis* στην Αμερική και τους *D. immitis* και *D. repens* στην Ευρώπη. Οι νηματώδεις προκαλούν διροφιλαρίαση σε σκύλους, γάτες και κάποια άλλα θηλαστικά, ενώ δεν ωριμάζουν στο κυκλοφοριακό σύστημα των

ανθρώπων, με αποτέλεσμα να μην εμφανίζουν συμπτώματα ή πιο σπάνια να εμφανίζουν διάφορες κλινικές εκδηλώσεις, ανάλογα με την εντόπισή τους (υποδόρια, οφθαλμική ή πνευμονική) (Pampriglione & Rivasì, 2001).

Η διροφιλαρίαση του σκύλου προσβάλλει την καρδιά και γι' αυτό αναφέρεται και ως «heartworm» (σκουλήκι της καρδιάς). Τα παράσιτα μεταφέρονται μέσω μολυσμένου κουνουπιού και εισέρχονται στο δέρμα του σκύλου κατά τη διάρκεια του τσιμπήματος. Το παράσιτο εισέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος και μεταφέρεται στις πνευμονικές αρτηρίες και στην καρδιά. Τα κύρια συμπτώματα, είναι βήχας, εύκολη κόπωση, δύσπνοια, οιδήματα και παρουσιάζονται 120-270 ημέρες μετά από τη μόλυνση του σκύλου.

Η ασθένεια απαντάται από παλιά σε Αμερική, Ιαπωνία και Αυστραλία, ενώ είναι ενδημική και στη Νότια Ευρώπη. Στην Ελλάδα, ο νηματώδης *D. immitis* έχει βρεθεί σε ποσοστό 4-10% των σκύλων στη Μακεδονία και τη Θράκη και 0,7% σε ζώα στην Αττική (Κολιόπουλος, 2011; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

Διαβιβαστές των διροφιλαριάσεων είναι τα κουνούπια που ανήκουν στα γένη *Culex*, *Aedes* και *Anopheles* (Cancrini *et al.*, 1992; Cancrini *et al.*, 1995; Cancrini *et al.*, 2003; Chellapah & Chellapah Jr., 1968; Konishi, 1989; Suenaga, 1972).

1.6.ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

1.6.1.ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η παρουσία των κουνουπιών απασχολούσε τον άνθρωπο από τα προϊστορικά ήδη χρόνια όταν έγινε αντιληπτή η σημασία που έχουν στην ποιότητα της ζωής του και στην υγεία του, σύμφωνα με συγγράμματα παλαιότερων χρόνων όπου γίνονται αναφορές για τρόπους απαλλαγής και αντιμετώπισης των ενοχλητικών εντόμων, οι οποίες καταδεικνύουν το μέγεθος του προβλήματος.

Τις πρώτες δεκαετίες του 19^{ου} αιώνα σημειώθηκαν σημαντικές αλλαγές στον τρόπο καταπολέμησης των κουνουπιών, καθώς ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται φυσικές ουσίες, όπως πύρεθρο, θείο, αρσενικό, χλωριούχος υδράργυρος, διάφοροι σάπωνες και αργότερα ο φώσφορος, η Rotenone (εντομοκτόνο φυτικής προέλευσης) και εκχυλίσματα από φύλλα φυτών του γένους *Quassia*. Το 1867 παρασκευάστηκε το πρώτο συνθετικό εντομοκτόνο, το «πράσινο των Παρισίων» (Paris Green), ένα διπλό άλας αρσενικούχου χαλκού και θείου και τον επόμενο χρόνο, το γαλάκτωμα κηροζίνης. Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, ανακαλύφθηκε σταδιακά ο ρόλος των κουνουπιών στη μετάδοση ασθενειών, αλλάζοντας τον τρόπο διαχείρισής τους, αφού έπρεπε να καταπολεμηθούν τα κουνούπια για να αντιμετωπισθούν οι ασθένειες που μάστιζαν την ανθρωπότητα.

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, εντατικοποιήθηκαν οι προσπάθειες αντιμετώπισης των κουνουπιών, τόσο διεθνώς όσο και στην Ελλάδα, με στόχο την εξάλειψη της ελονοσίας. Εκείνη την περίοδο τα μέτρα που εφαρμόζονταν κατά των κουνουπιών

στα πλαίσια του ανθελonoσιακού αγώνα ήταν αποξηράνσεις μεγάλων ελωδών εκτάσεων, επιπάσεις ελών με το «πράσινο των Παρισίων», το οποίο ήταν και το μόνο διαθέσιμο εντομοκτόνο, ψεκασμοί με γαλάκτωμα κηροζίνης και διασπορά των προνυμφοφάγων ψαριών *Gambusia* spp. σε φυσικές εστίες.

Το 1939 ο Muller ανακαλύπτει την εντομοκτόνο δράση του DDT, ένα συνθετικό οργανοχλωριωμένο εντομοκτόνο, το οποίο παρόλο που συνέβαλε στην εξάλειψη της ελονοσίας από πολλές χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής, χρησιμοποιήθηκε υπέρμετρα και αλόγιστα προκαλώντας σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και σε οργανισμούς που δεν ήταν στόχος. Παράλληλα, οι πληθυσμοί κουνουπιών εμφάνιζαν ανθεκτικότητα στο εντομοκτόνο και απαιτούσαν ολοένα και μεγαλύτερη δόση, με συνεχώς μειούμενη αποδοτικότητα. Έτσι, έγιναν προσπάθειες για την ανακάλυψη νέων κατηγοριών εντομοκτόνων, που όμως αποδείχθηκαν άκαρπες. Το 1970 απαγορεύθηκε η χρήση του DDT και των άλλων εντομοκτόνων ίδιας κατηγορίας, σε πολλές χώρες του κόσμου, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας.

Μετά την εκρίζωση της ελονοσίας και μέχρι και τα τέλη της δεκαετίας του 1990, η μελέτη των κουνουπιών, όπως και η καταπολέμησή τους σταμάτησε, καθώς είχαν απομείνει πλέον μικροί πληθυσμοί που δεν θεωρούνταν ιδιαίτερα επικίνδυνοι. Η αδράνεια αυτή είχε ως αποτέλεσμα τη σταδιακή αύξηση των πληθυσμών των κουνουπιών σε πολλές περιοχές, επαναφέροντας το θέμα της αντιμετώπισής τους στο προσκήνιο.

Γνωρίζοντας πλέον τις καταστροφικές συνέπειες των χημικών εντομοκτόνων, η καταπολέμηση των εντόμων, εδώ και πολλά χρόνια, θέτει στο επίκεντρο την προστασία της υγείας του ανθρώπου, με όσο το δυνατόν μικρότερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Για τον λόγο αυτόν, σήμερα, η αντιμετώπιση των κουνουπιών, δεν βασίζεται αποκλειστικά στη χρήση χημικών εντομοκτόνων, αλλά στον συνδυασμό ποικιλίας μεθόδων, φυσικών, βιολογικών και χημικών που συμβάλλουν παράλληλα προς έναν κοινό στόχο, τη μείωση των πληθυσμών των κουνουπιών σε ανεκτό επίπεδο, προκειμένου να αντιμετωπισθούν οι μεταδιδόμενες με τα κουνούπια ασθένειες και να περιορισθεί η όχληση που προκαλούν.

Γενικά, η πρόληψη και η αντιμετώπιση των νόσων που μεταδίδονται με κουνούπια βασίζεται στη μείωση του πληθυσμού των κουνουπιών και στην παρεμπόδιση της επαφής μεταξύ διαβιβαστών και ανθρώπων.

Η μείωση του πληθυσμού των κουνουπιών θα πρέπει να κατευθύνεται κυρίως στην καταπολέμηση ή τον περιορισμό των προνυμφών κουνουπιών και όταν απαιτείται μπορεί να πραγματοποιείται συμπληρωματικά και η καταπολέμηση των τέλειων ατόμων (Becker *et al.*, 2003b; Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2010; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2010).

1.6.2.ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

1.6.2.1. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΞΑΛΕΙΨΗ ΤΩΝ ΕΣΤΙΩΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Πρωταρχικό σημείο για την αντιμετώπιση των κουνουπιών αποτελεί η εφαρμογή μέτρων περιβαλλοντικής υγιεινής και εξυγίανσης του περιβάλλοντος, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται ο περιορισμός ή η εξάλειψη των εστιών ανάπτυξης των προνυμφών κουνουπιών. Τα μέτρα αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά, καθώς προσφέρουν μακροχρόνιο όφελος, ελαχιστοποιώντας την ευχέρεια πολλαπλασιασμού των κουνουπιών και κατ' επέκταση τη δυνατότητα ανάπτυξης υψηλών πληθυσμών. Είναι σημαντικό οι τεχνικές αυτές να πραγματοποιούνται παράλληλα με άλλες μεθόδους αντιμετώπισης, καθώς από μόνες τους μπορεί να μη δώσουν οριστική λύση στο πρόβλημα.

Οι εστίες ανάπτυξης των ατελών σταδίων των κουνουπιών διαφέρουν από είδος σε είδος, ωστόσο όλα τα είδη, κατά κανόνα, απαιτούν την ύπαρξη μικρής ή μεγαλύτερης υδάτινης συλλογής, προκειμένου να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο.

Τα ατελή στάδια των ειδών που αναπτύσσονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις νερού, όπως λίμνες, έλη, ποτάμια, αρδευτικά και αποστραγγιστικά κανάλια, τείνουν να συγκεντρώνονται κυρίως στα παρόχθια τμήματα, όπου υπάρχει βλάστηση και η κίνηση του νερού είναι αργή. Η απομάκρυνση της βλάστησης στα σημεία αυτά, όταν αυτό είναι εφικτό, διευκολύνει τη ροή του νερού, συμπαρασύροντας και τα ατελή στάδια των κουνουπιών, ενώ όταν οι πληθυσμοί τους δημιουργούν έντονο πρόβλημα θα πρέπει να εξετάζεται και το ενδεχόμενο αποστράγγισης τέτοιων εκτάσεων.

Για τα είδη που αναπτύσσονται σε μικρές συλλογές νερού, η εξάλειψη ή η επιχωμάτωση των εστιών αποτελεί ριζική λύση. Όταν αυτό δεν είναι δυνατό, όπως σε δεξαμενές, βαρέλια, ποτίστρες ζώων, σιντριβάνια κ.ά., που η ύπαρξη νερού είναι απαραίτητη, τότε θα πρέπει οι χώροι αυτοί να γίνουν ακατάλληλοι ως θέσεις αναπαραγωγής των κουνουπιών. Αυτό επιτυγχάνεται με συχνή αλλαγή του νερού, τουλάχιστον κάθε 5-6 ημέρες για να μην επιτραπεί η ανάπτυξη προνυμφών και νυμφών κουνουπιών, με χρήση δικτυωτού πλέγματος ή με ερμητικό κλείσιμο με καπάκι, ώστε να παρεμποδισθούν τα τέλεια άτομα να φθάσουν στην επιφάνεια του νερού και να εναποθέσουν τα ωά τους.

Θα πρέπει επίσης, να λαμβάνεται μέριμνα για τον περιορισμό ή/και την εξάλειψη των εστιών αναπαραγωγής που βρίσκονται εντός κατοικημένων περιοχών. Γι' αυτό εξίσου σημαντική είναι η ενημέρωση του κοινού από τους αρμόδιους διαβιβαστές, σχετικά με τα ενδεικνυόμενα μέτρα πρόληψης που περιλαμβάνουν την εξάλειψη των εστιών αναπαραγωγής σε ιδιωτικούς χώρους. Διάφορα αντικείμενα που μπορούν να συγκρατήσουν νερό της βροχής, όπως κονσερβοκούτια, μεταλλικά δοχεία και παλιά λάστιχα αυτοκινήτων θα πρέπει να απομακρύνονται και να καταστρέφονται, μικρές δεξαμενές νερού για οικιακή χρήση

θα πρέπει να είναι ερμητικά κλεισμένα ή μπορούν να καλυφθούν στο άνοιγμα με μικρή σήτα, ανθοδοχεία, περιέκτες, δοχεία φύλαξης θα πρέπει να αποθηκεύονται χωρίς νερό ή αναποδογυρισμένα όταν είναι σε εξωτερικό χώρο και δεν χρησιμοποιούνται, οι υδρορροές θα πρέπει να καθαρίζονται τακτικά για να αποφεύγεται η στασιμότητα του νερού και γενικότερα κάθε πιθανή εστία συγκράτησης στάσιμου νερού θα πρέπει να εξαλείφεται ή να αποκλείεται η πρόσβαση των τέλειων κουνουπιών στο νερό (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Εγκύκλιος, 2024; Εμμανουήλ, 1999; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

1.6.2.2. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ ΜΕ ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΜΕΣΑ

Η βιολογική αντιμετώπιση των κουνουπιών επιτυγχάνεται με τη χρήση αρπακτικών, παρασίτων, παθογόνων, ανταγωνιστών ή τοξινών από μικροοργανισμούς. Ο βιολογικός έλεγχος των προνυμφών κουνουπιών χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλο βαθμό κατά τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, όμως έδωσε τη θέση του στη χημική καταπολέμηση, εξαιτίας της ανάπτυξης και διαθεσιμότητας χημικών σκευασμάτων. Το ενδιαφέρον για τις βιολογικές μεθόδους επανήλθε λόγω της ανάπτυξης ανθεκτικότητας των κουνουπιών σε χημικά εντομοκτόνα, αλλά και των προβλημάτων περιβαλλοντικής υποβάθμισης που προέκυψαν.

Γενικά, υπάρχει μεγάλος αριθμός παθογόνων μικροοργανισμών, όπως ιοί (π.χ. cytoplasmic polyhedrosis viruses), πρωτόζωα (π.χ. *Nosema algerae*, *Vavraia culicis*) και μύκητες (π.χ. είδη των γενών *Coelomomyces*, *Lagenidium* και *Culicinomyces*) που προκαλούν θνησιμότητα στις προνύμφες των κουνουπιών. Ο μύκητας *Lagenidium giganteum* χρησιμοποιείται σε ορυζώνες, φυσικά ενδιαίτηματα και προστατευόμενα υδάτινα οικοσυστήματα για τον έλεγχο των προνυμφών, χωρίς να επηρεάζει άλλα φυτά ή ζώα και οι μύκητες *Beauveria bassiana* και *Metarhizium anisopliae* έχουν δοκιμασθεί εργαστηριακά κατά των ειδών φορέων της ελονοσίας με ενθαρρυντικά αποτελέσματα (Scholte *et al.*, 2006). Υπάρχουν, επίσης, πολλά είδη παρασιτικών νηματωδών που σκοτώνουν τις προνύμφες κουνουπιών, με πιο γνωστό τον έλμινθα *Romanomermis culicivorax*, του οποίου είχε επιτευχθεί η βιομηχανοποιημένη μαζική παραγωγή (Petersen, 1980). Ωστόσο, κανένας από τους παραπάνω οργανισμούς δε θεωρείται ιδιαίτερα επιτυχημένος παράγοντας βιολογικού ελέγχου για την καταπολέμηση των προνυμφών κουνουπιών (Becker *et al.*, 2010; Service, 2012).

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, η χρήση σκευασμάτων του παθογόνου βακίλου *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (B.t.i.) έχει μεγάλη επιτυχία και παγκόσμια εφαρμογή ως προνυμφοκτόνο εναντίον των κουνουπιών. Η εντομοκτόνος δράση του B.t.i. έγκειται σε τοξίνες των σπορίων που παράγει ο βάκιλος, οι οποίες όταν καταναλωθούν προκαλούν βλάβη στο πεπτικό σύστημα των προνυμφών κουνουπιών κι επέρχεται ο θάνατός τους (μπορεί να θανατώσει και προνύμφες ειδών της Οικογένειας Simuliidae), ενώ είναι τοξικολογικά αβλαβές για άλλους οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου. Τα σκευάσματα B.t.i. για

να είναι αποτελεσματικά, θα πρέπει να εφαρμόζονται όταν οι προνύμφες σε μια εστία είναι 1^{ου}, 2^{ου} ή 3^{ου} σταδίου, καθώς είναι τα μόνα στάδια που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες τροφής. Ωστόσο, το σκεύασμα B.t.i. δεν παραμένει στο περιβάλλον, με αποτέλεσμα να μειώνεται η δράση του και για τον λόγο αυτό απαιτούνται επανειλημμένες εφαρμογές. Επίσης, η χρήση τέτοιων σκευασμάτων θα πρέπει να αποφεύγεται όταν υπάρχει υψηλή συγκέντρωση οργανικής ύλης, πυκνή υδρόβια βλάστηση και αυξημένη αλατότητα του νερού, ενώ η αποτελεσματικότητα μειώνεται δραστικά όταν έρθει σε επαφή με την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς είναι φωτοευαίσθητο. Στις μέρες μας, η χρήση του συγκεκριμένου βακίλου ως εντομοκτόνο, επιλέγεται σε ευαίσθητες εστίες, όπως προστατευόμενοι υγρότοποι.

Ανάλογη δράση έχει και ο *Bacillus sphaericus* (B.s.), ο οποίος έχει αναπτυχθεί, επίσης σε εμπορική κλίμακα για την αντιμετώπιση προνυμφών κουνουπιών κι έχει το πλεονέκτημα ότι παραμένει σε κάποιο βαθμό στο περιβάλλον, όμως έχει εμφανίσει ανθεκτικότητα σε ορισμένα είδη και γι' αυτό η χρήση του απαιτεί προσοχή.

Σκευάσματα με βάση το B.t.i και B.s. χρησιμοποιούνται σε πολλές χώρες με ικανοποιητικά αποτελέσματα για τη μείωση του πληθυσμού των προνυμφών των κουνουπιών. Στην Ελλάδα, τα εγκεκριμένα προνυμφοκτόνα σκευάσματα με βιολογικό παράγοντα βασίζονται στο B.t.i..

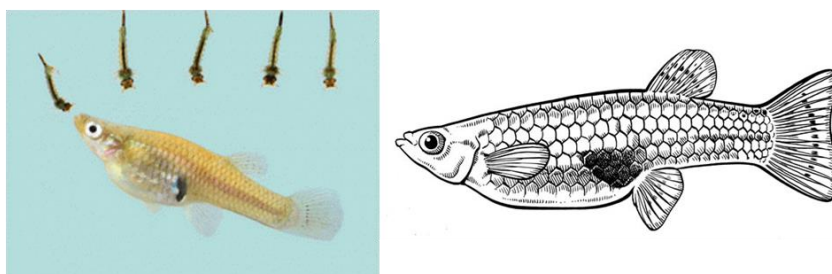
Η βιολογική αντιμετώπιση των κουνουπιών παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της χημικής, καθώς οι οργανισμοί που χρησιμοποιούνται είναι αρκετά εκλεκτικοί και συνεπώς πιο ασφαλείς για το περιβάλλον. Βέβαια οι μέθοδοι αυτοί είναι πιο δύσκολες στην εφαρμογή και τη διατήρηση, έχουν αυξημένο κόστος, απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό για την εφαρμογή τους, δεν οδηγούν σε γρήγορη καταπολέμηση των κουνουπιών και δύσκολα μπορεί να φτάσουν σε αποτελεσματικότητα τη χημική καταπολέμηση ή τις περιβαλλοντικές επεμβάσεις (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

Αξίζει επίσης να αναφέρουμε ότι κατάλληλα για την καταπολέμηση των προνυμφών των κουνουπιών με έγκριση κυκλοφορίας και στη χώρα μας είναι και τα σκευάσματα που έχουν ως δραστικές ουσίες σπινোসίνες (spinosyns). Στο εμπόριο κυκλοφορούν με την κοινή ονομασία spinosad και πρόκειται για ένα φυσικής προέλευσης εντομοκτόνο που χρησιμοποιείται αποτελεσματικά για την καταπολέμηση ενός ευρέος φάσματος εντομολογικών εχθρών γεωργικού και υγειονομικού ενδιαφέροντος, συμπεριλαμβανομένων και των κουνουπιών. Παράγεται με διαδικασία ζύμωσης από τον ακτινομύκητα του εδάφους *Saccharopolyspora spinosa* και αποτελεί μείγμα δύο τετρακυκλικών μακρολιπιδίων, των spinosyn A και spinosyn D. Η εντομοκτόνος δράση τους οφείλεται στη διατάραξη του νευρικού συστήματος, εμποδίζοντας την κανονική μετάδοση νευρικών σημάτων, μέσω παρεμπόδισης των υποδοχέων της ακετυλοχολίνης και του γ-αμινο-βουτιρικού οξέως (GABA), στις νευρικές ίνες. Λόγω του ότι είναι

ασταθές, δεν μπορεί να δράσει για μεγάλη διάρκεια. Εμφανίζει μέτρια τοξικότητα σε ψάρια και πολύ χαμηλή τοξικότητα σε πουλιά, θηλαστικά και άλλους χερσαίους οργανισμούς μη στόχους (Becker *et al.*, 2010; Bond *et al.*, 2004; European-Comission, 2010; Hertlein *et al.*, 2010; Marina *et al.*, 2011; WHO, 2007a; Ζιώγας & Μαρκόγλου, 2007).

Όσον αφορά τα αρπακτικά, υπάρχουν στη φύση πολλοί οργανισμοί που τρέφονται με κουνούπια σε κάποιο από τα στάδια του βιολογικού τους κύκλου. Με ατελή στάδια κουνουπιών τρέφονται ψάρια, αμφίβια, πτηνά, ασπόνδυλα, αράχνες, ακάρεα, καρκινοειδή και πολλά έντομα. Παρόλο που οι οργανισμοί αυτοί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο των κουνουπιών, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα, ώστε να προστατεύονται οι πληθυσμοί τους από τις διάφορες επεμβάσεις που πραγματοποιούνται στα πλαίσια των προγραμμάτων αντιμετώπισης των κουνουπιών.

Οι οργανισμοί που έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν με επιτυχία στον έλεγχο των προνυμφών κουνουπιών είναι κυρίως θηρευτές. Κλασικό παράδειγμα αποτελούν αρκετά είδη ψαριών που καταναλώνουν προνύμφες κουνουπιών, όπως ψάρια που ανήκουν στα γένη *Gambusia* και *Poecilia*, τα οποία έχουν εισαχθεί σε παραπάνω από 60 χώρες για τον έλεγχο των κουνουπιών. Το *Gambusia affinis* αποτελεί το πλέον αποτελεσματικό από τα προνυμφοφάγα ψάρια και είναι ένα μικρό ψάρι (μήκους έως 6 cm) της Οικογένειας Poeciliidae, που προέρχεται από τις νοτιοανατολικές πολιτείες της Αμερικής και χρησιμοποιήθηκε σε πολλές χώρες για την καταπολέμηση ιδίως των ανωφελών κουνουπιών. Τα ψάρια αυτά εισήχθησαν στην Ελλάδα για πρώτη φορά το 1927 κι έκτοτε έχουν εγκλιματιστεί πλήρως κι απαντώνται ως και σήμερα σε πολλές περιοχές της χώρας. Πρόκειται για ζωτόκο είδος που πολλαπλασιάζεται γρήγορα και προσαρμόζεται εύκολα σε διάφορα κλίματα και διαφορετικής σύνθεσης ύδατα (Becker *et al.*, 2010). Τρέφεται από διάφορες φυτικής ή ζωικής προέλευσης τροφές με ιδιαίτερη προτίμηση στις προνύμφες όλων των κουνουπιών, καταναλώνοντας 150-200 προνύμφες/ημέρα, τις οποίες θηρεύουν με ευκολία. Κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί εναντίον προνυμφών κουνουπιών πολλά ακόμα είδη ψαριών.



Εικόνα 1.26. Προνυμφοφάγο ψάρι *Gambusia affinis*.

Μερικά αρπακτικά ψάρια αναπτύσσονται σε αλμυρά νερά, οπότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε θαλάσσια οικοσυστήματα, ενώ γενικότερα είναι ακατάλληλα για μικρές συγκεντρώσεις νερού που πιθανόν να στεγνώνουν γρήγορα. Παρά τα ικανοποιητικά αποτελέσματα που δίνουν πολλά προνυμφοφάγα ψάρια, η χρήση εξωτικών ειδών απειλεί τα αυτόχθονα είδη ψαριών, διαταράσσοντας τα φυσικά οικοσυστήματα κάθε περιοχής (Becker *et al.*, 2010; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011). Η χρήση ιθαγενών προνυμφοφάγων ψαριών και η ενίσχυση της πρόσβασής τους στις προνύμφες των κουνουπιών αποδεικνύεται περιβαλλοντικά ορθότερη προσέγγιση, όπως για παράδειγμα το είδος *Pelagius marathonicus* που έχει εντοπιστεί στη χώρα μας, στην περιοχή του Μαραθώνα-Σχοινιά της Αττικής (Κολιόπουλος, 2011).

Γενικά, υπάρχουν πολλοί ασπόνδυλοι θηρευτές των προνυμφών των κουνουπιών, των οποίων όμως τα βιολογικά χαρακτηριστικά δεν επιτρέπουν τη μαζική παραγωγή τους, ώστε να ελευθερωθούν και να συμβάλλουν στον βιολογικό έλεγχο των κουνουπιών. Εξαίρεση πιθανόν αποτελούν είδη κουνουπιών των γενών *Toxorhynchites*, των οποίων οι προνύμφες μπορούν να εκτραφούν και να παραχθούν μαζικά. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα τέλεια κουνούπια αυτού του γένους δεν είναι αιμομυζητικά και οι προνύμφες τους τρέφονται με προνύμφες άλλων ειδών κουνουπιών υγειονομικού ενδιαφέροντος. Τέτοια είδη έχουν εισαχθεί σε ορισμένες περιοχές (Φίτζι, Σαμόα, Χαβάη) για την καταπολέμηση ειδών που αναπτύσσονται σε μικρές συγκεντρώσεις νερού, ωστόσο απαιτείται περαιτέρω έρευνα σχετικά με την πιθανή απειλή για την ιθαγενή υδρόβια πανίδα σε περίπτωση εισαγωγής τέτοιων ειδών (Benelli *et al.*, 2016; Collins & Blackwell, 2000; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011; WHO, 1982).

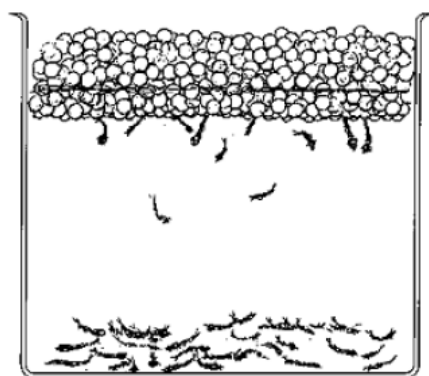
Στα πλαίσια της βιολογικής καταπολέμησης έχει διερευνηθεί και η χρήση αιθέριων ελαίων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικά εντομοκτόνα φυσικής προέλευσης για την αντιμετώπιση, κυρίως των προνυμφών κουνουπιών στις εστίες ανάπτυξης ή ως απωθητικά των τέλειων ατόμων. Πρόκειται για πολυσύνθετα μίγματα οργανικών πτητικών ουσιών που παράγονται σε ειδικούς αδένες των φυτών και παραλαμβάνονται από τα διάφορα φυτικά μέρη με απόσταξη, εκχύλιση ή μηχανικά. Παρά το γεγονός ότι η εντομοκτόνος δράση τους θεωρείται κυρίως νευροτοξική, οι ουσίες αυτές δεν έχουν μεγάλη τοξικότητα για τον άνθρωπο, τα υπόλοιπα θηλαστικά, αλλά και το περιβάλλον. Σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι δεν εμφανίζεται σημαντική ανάπτυξη ανθεκτικότητας από τα έντομα, ενώ είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά για την αντιμετώπισή τους. Από τα 2.000 είδη φυτών που παράγουν χημικές ενώσεις με εντομοκτόνες ιδιότητες, περισσότερα από 340 είδη παράγουν ουσίες των οποίων η δράση έχει αποδειχθεί και ενάντια στα κουνούπια (Amer & Mehlhorn, 2006; Sukumar *et al.*, 1991; Traboulsi *et al.*, 2002). Πέρα από την τοξικότητα που προκαλούν στα έντομα μέσω επαφής ή του στομάχου, εμφανίζουν κι άλλες σημαντικές βιολογικές δράσεις, όπως απωθητικότητα, ανασχηση λήψης τροφής, αποτροπή ωοτοκίας, ενώ έχει

παρατηρηθεί και ρυθμιστική δράση της ανάπτυξης των εντόμων και στείρωτική δράση (Isman, 2000, 2006; Isman & Machial, 2006; Regnault-Roger, 1997; Regnault-Roger & Philogene, 2008).

1.6.2.3. ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ

Για την καταπολέμηση των υδρόβιων σταδίων των κουνουπιών έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν διάφορα παράγωγα του πετρελαίου, η ακριβής σύνθεση των οποίων δεν ήταν πάντοτε γνωστή. Οι δόσεις που εφαρμόζονταν ήταν σχετικά υψηλές και κυμαίνονταν από 10 έως 100 λίτρα ανά εκτάριο. Η δράση τους έγκειτο στην παρεμπόδιση λήψης οξυγόνου, προκαλώντας ασφυξία στα ανώριμα στάδια των κουνουπιών και στην απώθηση των τέλειων ατόμων για ωοτοκία στην επιφάνεια του νερού. Ωστόσο, όπως αποδείχθηκε, η χρήση τους δρα επιβαρυντικά για πολλούς φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς μη στόχους και γι' αυτό δεν συστήνεται η εφαρμογή τους (Becker *et al.*, 2010).

Στις μέρες μας έχουν δημιουργηθεί και διατίθενται στο εμπόριο σκευάσματα με παρόμοια δράση που βασίζονται σε ουσίες, οι οποίες δημιουργούν ένα μονομοριακό φιλμ στην επιφάνεια του νερού (monomolecular surface film). Το σκεύασμα εφαρμόζεται εύκολα στην υδάτινη επιφάνεια χωρίς ψεκασμό και απλώνεται γρήγορα σε όλη την επιφάνεια του νερού κι έτσι δημιουργείται ένα φιλμ πάχους ενός μορίου. Με την εφαρμογή του μειώνεται η επιφανειακή τάση του νερού, διαταράσσεται ο προσανατολισμός των ατελών σταδίων, εμποδίζεται η αναπνοή των προνυμφών και των νυμφών των κουνουπιών, οδηγώντας τους σε ασφυξία, ενώ παράλληλα προκαλείται πνιγμός των τέλειων ατόμων και παρεμποδίζεται η ωοτοκία τους. Τα μονομοριακά φιλμ, σε αντίθεση με τα περισσότερα εμπορικά διαθέσιμα σκευάσματα, είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά για τον έλεγχο των νυμφών και των προνυμφών 4^{ου} σταδίου, ενώ εμφανίζουν χαμηλή τοξικότητα σε οργανισμούς μη στόχους, με την εφαρμογή τους να συστήνεται ακόμα και σε πόσιμο νερό. Η εφαρμογή τους αναπτύχθηκε ήδη από τη δεκαετία του 1980, αλλά τα τελευταία μόλις χρόνια έχει διαδοθεί λίγο περισσότερο η χρήση τους. Έχουν χρησιμοποιηθεί σε μικρό βαθμό στις Ηνωμένες Πολιτείες σε νερά πλημμύρας, υφάλμυρα νερά και λίμνες, ενώ έχουν χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό και με άλλους παράγοντες ελέγχου στα πλαίσια της ολοκληρωμένης διαχείρισης των κουνουπιών. Ωστόσο, η χρήση τέτοιου είδους μονομοριακών φιλμ εμφανίζει σημαντικά μειονεκτήματα, όπως είναι η δυσκολία κάλυψης όλης της υδάτινης εστίας, η μειωμένη αποτελεσματικότητα όταν υπάρχει υδρόβια βλάστηση ή άλλα εμπόδια στην επιφάνεια του νερού και η συσσώρευση της μεμβράνης σε απάνεμες περιοχές εξαιτίας της επίδρασης των ανέμων. Παρόμοια δράση έχουν και τα διογκούμενα σφαιρίδια πολυστηρενίου που αποτελούνται από πεντάνιο, έχουν διάμετρο 4-5 mm και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιορισμένες εστίες αναπαραγωγής κουνουπιών, όπου παραμένουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα, χωρίς να απαιτείται αντικατάστασή τους (Becker *et al.*, 2010).



Εικόνα 1.27. Στρώμα σφαιριδίων πολυστηρενίου που εμποδίζει τις προνύμφες κουνουπιών να φθάσουν την επιφάνεια του νερού για να αναπνεύσουν.

1.6.2.3.ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ

Η καταπολέμηση των κουνουπιών με χημικά μέσα βασίζεται σε ψεκασμούς βιοκτόνων με χημικές τοξικές ουσίες, που παρεμβαίνουν στις φυσιολογικές λειτουργίες των κουνουπιών (προνυμφών και τέλειων ατόμων) και οδηγούν τελικά στον θάνατο. Η χημική μέθοδος είναι γρήγορη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ευκολία σε μεγάλες εκτάσεις, με άμεσα αποτελέσματα και χαμηλό κόστος, συγκριτικά με άλλες μεθόδους. Παρουσιάζει, όμως, σοβαρά μειονεκτήματα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, όπως η ρύπανση του περιβάλλοντος, η αρνητική επίδραση και μείωση οργανισμών που δεν αποτελούν στόχο, η είσοδος των εντομοκτόνων στην τροφική αλυσίδα με σοβαρούς κινδύνους για τη ζωή άλλων οργανισμών και του ανθρώπου και τέλος, η ανάπτυξη ανθεκτικότητας στα έντομα που επιδιώκεται ο έλεγχος. Γι' αυτό η χημική καταπολέμηση θα πρέπει να εφαρμόζεται εφόσον τα βιολογικά και μηχανικά μέσα δεν δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Είναι σημαντικό για τον περιορισμό των επιπτώσεων των εντομοκτόνων, πριν τη χρήση τους να πραγματοποιούνται εξειδικευμένες μελέτες, όπου μετά από έλεγχο θα εντοπίζονται οι εστίες προνυμφών που πρέπει να γίνουν επεμβάσεις και θα καθορίζεται η κατάλληλη εποχή καταπολέμησης, με την ελάχιστη δυνατή δόση που θα δίνει το μέγιστο επιθυμητό αποτέλεσμα. Αδιαμφισβήτητα, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η χρήση για την οποία προορίζεται το νερό της κάθε εστίας (π.χ. παρουσία ψαριών, πότισμα ζώων ή φυτών) και η οικολογική της σημασία, καθώς απαγορεύεται η χρήση οποιουδήποτε χημικού σκευάσματος σε οικολογικά ευαίσθητες περιοχές και ιχθυοτρόφα ύδατα.

Οι ουσίες που χρησιμοποιούνται κάθε φορά εξαρτώνται από το είδος του κουνουπιού που χρήζει αντιμετώπισης, τις συνθήξεις του, το κόστος και την ύπαρξη ανθεκτικότητας. Πρέπει, επίσης, να λαμβάνεται υπόψη η ηλικία των προνυμφών και η καθαρότητα του νερού.

Τα εγκεκριμένα σκευάσματα, που χρησιμοποιούνται σήμερα (2024) για την καταπολέμηση προνυμφών κουνουπιών στη χώρα μας, έχουν ως δραστικές ουσίες ρυθμιστές ανάπτυξης (diflubenzuron, pyriproxifen και s-methoprene), τις φυσικής προέλευσης σπινোসίνες (spinosad), και τον βιολογικό παράγοντα B.t.i.. Η χρήση της δραστικής ουσίας s-methoprene επιτρέπεται μόνο σε υδάτινες συλλογές που δεν επικοινωνούν άμεσα με φυσικό υδροφόρο ορίζοντα ή με εργοστάσια διαχείρισης λυμάτων (π.χ. αχρησιμοποίητες πισίνες, δεξαμενές, τεχνητές καλλωπιστικές λίμνες, βαρέλια συλλογής βρόχινου νερού κ.λπ.). Η χρήση του pyriproxifen σε συνδυασμό με την εντομοκτόνο δραστική geraniol επιτρέπεται μόνο σε φρεάτια, δεξαμενές, αποχετευτικούς σωλήνες, στραγγιστικά κανάλια ή άλλα κλειστά συστήματα νερού, που υπάρχουν λιμνάζοντα ύδατα και τέλος, η ουσία diflubenzuron μπορεί να χρησιμοποιείται γενικότερα σε υδάτινους όγκους (Εγκύκλιος, 2024).

Οι ρυθμιστές ανάπτυξης εντόμων (Insect Growth Regulators- IGRs) παρεμποδίζουν τη φυσιολογική ανάπτυξη και εξέλιξη των εντόμων και διακρίνονται σε παρεμποδιστές βιοσύνθεσης της χιτίνης και ενώσεις που επηρεάζουν τη λειτουργία του ενδοκρινικού συστήματος των εντόμων. Τα σκευάσματα της πρώτης κατηγορίας παρεμβαίνουν ανασταλτικά στον σχηματισμό νέου δερματοσκελετού κατά την έκδυση και στη μετάβαση του εντόμου από το ένα στάδιο στο άλλο. Ως αποτέλεσμα, διακόπτεται η εξέλιξη των προνυμφικών σταδίων ή η μετάβαση στο στάδιο της νύμφης και η μεταμόρφωση σε τέλειο άτομο και τελικά επέρχεται ο θάνατος του εντόμου. Τα σκευάσματα της δεύτερης κατηγορίας μιμούνται ή ανταγωνίζονται τη δράση των ορμονών νεότητας (νεοτίνη, εκδοσύνη), με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της φυσιολογικής ανάπτυξης και εξέλιξης των εντόμων σε τέλεια. Στην περίπτωση των ενώσεων που μιμούνται τη δράση της νεοτίνης, παρατείνεται το προνυμφικό στάδιο και τα έντομα τελικά πεθαίνουν ως γερασμένες προνύμφες. Ενώ οι ενώσεις που μιμούνται τη δράση της εκδοσύνης, παρεμποδίζουν την ολοκλήρωση της έκδυσης και τελικά το έντομο πεθαίνει από αστία και αφυδάτωση (Ζιώγας & Μαρκόγλου, 2007).

Γίνεται αντιληπτό ότι οι ρυθμιστές ανάπτυξης δρουν σε συγκεκριμένο στάδιο του βιολογικού κύκλου του εντόμου και, άρα, το επίκαιρο των επεμβάσεων παίζει καθοριστικό ρόλο στην αποτελεσματικότητά τους. Επομένως, είναι απαραίτητη η παρακολούθηση των πληθυσμών του εντόμου, ώστε η επέμβαση να γίνει την κατάλληλη στιγμή.

Οι ψεκασμοί με βιοκτόνα γίνονται, συνήθως, από το έδαφος, με χρήση κατάλληλων μηχανημάτων, που εκτοξεύουν το ψεκαστικό υγρό με υψηλή πίεση, ώστε να φθάσει στην επιφάνεια του νερού της εστίας, αποφεύγοντας την παρακράτηση ψεκαστικού υγρού από τυχόν υπάρχουσα βλάστηση. Όταν οι εστίες δεν είναι προσβάσιμες ή είναι πολύ εκτεταμένες, οι ψεκασμοί γίνονται από αέρος (αεροψεκασμοί) με ελικόπτερα και ειδικά αεροπλάνα χαμηλής πτήσης, ύστερα από χορήγηση ειδικής άδειας. Στην περίπτωση αυτή, δεν υπάρχει η δυνατότητα το ψεκαστικό υγρό να εκτοξευθεί με υψηλή πίεση, με αποτέλεσμα ένα μέρος του να

επικάθεται στη βλάστηση που συνήθως υπάρχει στις εστίες. Λόγω των σημαντικών κινδύνων που εγκυμονούν οι αεροψεκασμοί για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον, πολλές χώρες έχουν πλέον περιορίσει ή απαγορεύσει τέτοιου είδους πρακτικές. Τα τελευταία χρόνια έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται κι άλλου τύπου πτητικά μέσα για τη διενέργεια αεροψεκασμών, όπως τα drones (συστήματα μη επανδρωμένων αεροσκαφών) (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Κολιόπουλος, 2011; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

1.6.3.ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΕΛΕΙΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

Η αντιμετώπιση των τέλειων κουνουπιών εφαρμόζεται συνήθως ως συμπληρωματικό μέτρο στην καταπολέμηση των ατελών σταδίων, σε έκτακτες συνθήκες κατά τις οποίες έχουν καταγραφεί κρούσματα ασθενειών που μεταδίδονται με κουνούπια ή σε συνθήκες που ευνοούν την εμφάνιση κρουσμάτων.

1.6.3.1.ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ

Η προστασία από τα κουνούπια με μηχανικά μέσα στοχεύει, κατά κύριο λόγο, στη διατήρηση των κουνουπιών μακριά από χώρους που ζουν άνθρωποι και ζώα, με στόχο την προφύλαξη από πιθανά τσιμπήματα.

Η τοποθέτηση λεπτών πλεγμάτων σε παράθυρα, πόρτες, φεγγίτες ή άλλα ανοίγματα κτηρίων και οικιών, καθώς και η χρήση κουνουπιέρας κατά τη διάρκεια του ύπνου, εξασφαλίζουν ικανοποιητικό επίπεδο προστασίας, αποτρέποντας την επαφή των κουνουπιών με τους ανθρώπους. Μάλιστα, η χρήση κουνουπιέρας εμποτισμένη με κάποιο εντομοκτόνο παράγοντα προσφέρει προστασία κατά τη διάρκεια του ύπνου, ενώ ταυτόχρονα θανατώνει τα κουνούπια που προσπαθούν να προσεγγίσουν τον άνθρωπο. Αντίστοιχα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εμποτισμένα δίκτυα σε χώρους εργασίας. Επιπλέον, οι ανεμιστήρες, ιδίως οροφής, και τα κλιματιστικά, μέσω του ρεύματος αέρα που δημιουργούν, βοηθούν ως ένα βαθμό για να παραμένουν τα κουνούπια μακριά από τον χώρο που χρησιμοποιούνται.

Ένα επιπρόσθετο μέτρο για την αντιμετώπιση των κουνουπιών είναι και η τοποθέτηση παγίδων μαζικής σύλληψης, που συλλαμβάνουν και θανατώνουν σημαντικό αριθμό κουνουπιών που περιφέρονται και αναζητούν ξενιστή στους χώρους διαβίωσης των ανθρώπων. Υπάρχουν ποικίλες συσκευές παγίδευσης που χρησιμοποιούν ως ελκυστικό για τα κουνούπια διάφορους συνδυασμούς φωτός, έκλυσης υδρατμών, θερμότητας, διοξειδίου του άνθρακα και οκτενόλης. Ο συνηθέστερος τύπος παγίδων που κυκλοφορούν στο εμπόριο έχουν, συνήθως, ως προσελκυστικό CO₂, ενώ μπορεί να διαθέτουν πηγή υπεριώδους ή κανονικού φωτός, για την έλκυση των κουνουπιών που είναι δραστήρια και νύσσουν τη νύχτα. Ωστόσο, οι αρμόδιοι παραμένουν δύσπιστοι ως προς τη δυνατότητα και την αποτελεσματικότητα της μαζικής παγίδευσης στον έλεγχο των κουνουπιών, ενώ

παράλληλα η αποτελεσματικότητα πολλών από τις παγίδες που διατίθενται στο κοινό, δεν έχει ελεγχθεί πάντα με επιστημονικά κριτήρια και, ως εκ τούτου, χρειάζεται προσοχή, ώστε να αποφευχθούν άσκοπες δαπάνες (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; ΕΟΔΥ, 2020; Κολιόπουλος, 2011; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

1.6.3.2.ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΕΛΕΙΩΝ

Στη φύση υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος φυσικών εχθρών που τρέφονται με κουνούπια και συμβάλλουν στον έλεγχο των πληθυσμών τους. Τέτοιοι οργανισμοί είναι αρπακτικά αρθρόποδα (π.χ. αράχνες, λιβελούλες), αμφίβια (π.χ. βάτραχοι), ερπετά (π.χ. σαύρες), πτηνά (π.χ. χελιδόνια) και θηλαστικά (π.χ. νυχτερίδες). Παρόλο που οι φυσικοί εχθροί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αντιμετώπιση των κουνουπιών, θα πρέπει η παρουσία τους να λαμβάνεται υπόψη και να επιδιώκεται η προστασία τους στις διάφορες εφαρμογές καταπολέμησης των κουνουπιών (Becker *et al.*, 2010).

Στα πλαίσια της βιολογικής αντιμετώπισης, τα τελευταία χρόνια, έχει χρησιμοποιηθεί, ως εργαλείο στον έλεγχο των κουνουπιών, ένα βακτήριο του γένους *Wolbachia*. Πρόκειται για ένα υποχρεωτικά ενδοκυτταρικό και μητρικά κληρονομούμενο βακτήριο, που απαντάται σε πολλά αρθρόποδα (κυρίως έντομα) και νηματώδεις, ενώ είναι ακίνδυνο για τον άνθρωπο και τα ζώα. Το βακτήριο αυτό έχει αναπτύξει στα έντομα συμβιωτικές σχέσεις αναπαραγωγικού παρασιτισμού, προκαλώντας κυτταροπλασματική ασυμβατότητα, παρθενογένεση, θηλυκοποίηση και θανάτωση των αρσενικών ατόμων, με στόχο την ευκολότερη εγκατάσταση, επιβίωση και εξάπλωσή του (Ιωαννίδης, 2008; McGraw & O'Neill, 2013). Η κυτταροπλασματική ασυμβατότητα έχει ως αποτέλεσμα την αποτυχία εκκόλαψης των ωών, όταν αυτά προέρχονται από τη σύζευξη μολυσμένου με το βακτήριο αρσενικού με μη μολυσμένο θηλυκό, αποτελώντας ουσιαστικά ένα είδος στειρώσεως των αρσενικών (Yen & Barr, 1971). Το βακτήριο έχει εντοπιστεί σε αρκετά είδη κουνουπιών, ενώ δεν έχει βρεθεί στο *Aedes aegypti* και σε ανωφελή κουνούπια. Η εργαστηριακή μόλυνση κουνουπιών με *Wolbachia* και η εξαπόλυση αυτών, σε περιοχές, όπου οι φυσικοί πληθυσμοί είναι ελεύθεροι από το βακτήριο, θα μπορούσε να συμβάλει στη μειωμένη επιτυχία επιβίωσης των απογόνων. Επιπλέον, το βακτήριο μπορεί να συμβάλει και στη μείωση της μεταδοτικότητας παθογόνων από τα κουνούπια στον άνθρωπο είτε άμεσα μέσω του ανταγωνισμού με το παθογόνο της ασθένειας είτε έμμεσα με τη μείωση της διάρκειας ζωής του φορέα (Caragata *et al.*, 2016). Η εργαστηριακή επιμόλυνση θηλυκών κουνουπιών με το βακτήριο, μείωσε τη διάρκεια ζωής τους κατά 50%. Η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε με ικανοποιητικά αποτελέσματα, με την απελευθέρωση κουνουπιών *Aedes aegypti*, για την αντιμετώπιση του δάγκειου πυρετού (CDC, 2022; Iturbe-Ormaetxe *et al.*, 2011).

1.6.3.3.ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΕΛΕΙΩΝ

Όπως και στην περίπτωση της καταπολέμησης των προνυμφών, η χημική αντιμετώπιση των τέλειων κουνουπιών πραγματοποιείται με χρήση βιοκτόνων σκευασμάτων, που έχουν ως στόχο είτε την εξόντωση είτε την απώθηση των εντόμων. Οι ουσίες που χρησιμοποιούνται στοχεύουν συνήθως, στο νευρικό, ανοσοποιητικό ή αναπαραγωγικό σύστημα των εντόμων. Παρότι η χρήση τους είναι στοχευμένη, επιδρούν και σε ωφέλιμους οργανισμούς ή οργανισμούς που δεν αποτελούν στόχο, ενώ τα υπολείμματά τους ρυπαίνουν το περιβάλλον. Για τον λόγο αυτόν, η χρήση τους θα πρέπει να γίνεται συμπληρωματικά με τις υπόλοιπες μεθόδους.

Ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής τους, διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις χημικής καταπολέμησης τέλειων κουνουπιών: α) Υπολειμματικοί ψεκασμοί επιφανειών, β) Ψεκασμοί χώρων και γ) Καπνισμοί εσωτερικών και εξωτερικών χώρων.

1.6.3.3.1.ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΟΙ ΨΕΚΑΣΜΟΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Οι ψεκασμοί με εντομοκτόνα που έχουν υπολειμματική δράση, εφαρμόζονται σε επιφάνειες χώρων που διημερεύουν ή αναπαύονται τα τέλεια κουνούπια. Είναι σημαντικό να προσδιορίζεται πρώτα η ταυτότητα του είδους, καθώς τα διάφορα είδη έχουν διαφορετικές θέσεις προτίμησης για ανάπαυση.

Οι υπολειμματικοί ψεκασμοί θα πρέπει να γίνονται σε όλους τους χώρους που διημερεύουν τα τέλεια κουνούπια, ενώ πρέπει να κατευθύνονται μόνο σε επιφάνειες και ποτέ στον αέρα. Υπολειμματικοί ψεκασμοί πραγματοποιούνται σε εσωτερικούς τοίχους, οροφές, πόρτες και παράθυρα καλά αεριζόμενων κτηρίων, σε χώρους οικόσιτων και παραγωγικών ζώων, σε εξωτερικές επιφάνειες κτηρίων, σε παρακείμενους θάμνους ή αγριόχορτα, καθώς και γύρω από τις εστίες αναπαραγωγής των κουνουπιών.

Η εφαρμογή τους γίνεται πάντα σύμφωνα με τις οδηγίες του σκευάσματος, ενώ χρειάζεται και σχετική έγκριση από τα αρμόδια υπουργεία. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, θα πρέπει να εντοπίζονται τα καταφύγια διαχείμασης των τέλειων κουνουπιών και τα σημεία αυτά να ψεκάζονται πριν την άνοιξη. Γενικά, οι ψεκασμοί αυτοί θα πρέπει να πραγματοποιούνται πριν γίνουν επεμβάσεις έναντι των προνυμφών και να επαναλαμβάνονται το φθινόπωρο, όταν τα κουνούπια πρόκειται να διαχειμάσουν, ώστε να μειώνεται σημαντικά ο πληθυσμός που θα δώσει την πρώτη γενιά.

Η διάρκεια δράσης του ψεκασμού εξαρτάται από το είδος του δρώντος συστατικού, τη μορφή του σκευάσματος, τη δόση και την υφή της επιφάνειας που ψεκάζεται (τοίχος, ξύλο, πορώδεις επιφάνειες κ.λπ.).

Στην Ελλάδα υπάρχουν αρκετά σκευάσματα που είναι εγκεκριμένα για την καταπολέμηση ακμαίων κουνουπιών με υπολειμματικούς ψεκασμούς και περιέχουν

μία από τις ακόλουθες δραστικές ουσίες: permethrin, tetramethrin, d-tetramethrin, cypermethrin, piperonyl butoxide, deltamethrin, acetamiprid, cyphenothrin, prallethrin, etofenprox, alpha-cypermethrin και chrysanthemum cinerariaefolium (Εγκύκλιος, 2024; Εμμανουήλ, 1999; Κολιόπουλος, 2011; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

1.6.3.3.2. ΨΕΚΑΣΜΟΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

Σε αντίθεση με τους υπολειμματικούς ψεκασμούς, οι ψεκασμοί χώρων δεν έχουν υπολειμματική δράση και γι' αυτό θανατώνουν μόνο τα έντομα που έρχονται σε επαφή με το ψεκαστικό υγρό κατά τη στιγμή του ψεκασμού.

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν και οι ψεκασμοί υπέρμικρου όγκου (Ultra Low Volume - ULV) που εφαρμόζονται από εκπαιδευμένο προσωπικό, αποκλειστικά σε εξωτερικούς χώρους. Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου γίνεται, κυρίως, κατά την έξαρση κάποιας επιδημίας ή όταν επιδιώκεται η άμεση μείωση των πληθυσμών των τέλειων κουνουπιών, με σκοπό τον περιορισμό της πιθανότητας μετάδοσης κάποιας νόσου και μετά από σχετική άδεια. Στηρίζονται στη δημιουργία προσωρινού νέφους του βιοκτόνου σκευάσματος που δημιουργείται από σταγονίδια διαμέτρου < 50 μ., τα οποία όταν έρθουν σε επαφή με τα ιπτάμενα κουνούπια, αυτά θανατώνονται. Οι ψεκασμοί αυτοί γίνονται με φορητούς ή μηχανοκίνητους ψεκαστήρες, οι οποίοι εκτοξεύουν το ψεκαστικό υγρό με τη μορφή ψυχρού αερολύματος ή θερμού ατμού, ανάλογα με τον τρόπο που δημιουργούνται τα σταγονίδια. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις πραγματοποιούνται και ψεκασμοί με αεροπλάνα ή ελικόπτερα για γρήγορο και αποτελεσματικό έλεγχο των διαβιβαστών. Οι ψεκασμοί επαναλαμβάνονται κάθε εβδομάδα ή και σε μεγαλύτερο χρονικά διάστημα, ανάλογα με την πυκνότητα του πληθυσμού των κουνουπιών.

Επιπλέον, σε εσωτερικούς χώρους χρησιμοποιούνται ετοιμόχρηστα διαλύματα υπό πίεση (aerosols), τα οποία σχηματίζουν ένα είδος νέφους, τα σταγονίδια του οποίου αιωρούνται για ένα διάστημα στον αέρα, λόγω μικρού μεγέθους και βάρους και προκαλούν τον θάνατο των εντόμων. Κυκλοφορούν διάφορα τέτοια σκευάσματα στο εμπόριο που προορίζονται για ερασιτεχνική χρήση (Εμμανουήλ, 1999; Μπέτζιος, 1989; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

1.6.3.3.3. ΚΑΠΝΙΣΜΟΙ ΧΩΡΩΝ

Οι καπνισμοί γίνονται μέσω διάχυσης στον αέρα πτητικών βιοκτόνων ή αιθέριων ελαίων που χρησιμοποιούνται για απώθηση και αδρανοποίηση των τέλειων κουνουπιών, παρά για θανάτωση, λόγω των μικρών συγκεντρώσεων βιοκτόνου που απελευθερώνεται και δεν είναι ικανό να σκοτώσει τα έντομα. Στο εμπόριο κυκλοφορούν κυρίως τρεις μορφές σκευασμάτων: ηλεκτροθερμαινόμενα πλακίδια, καπνογόνες σπείρες και υγρά εντομοαπωθητικά χώρου. Οι καπνογόνες σπείρες χρησιμοποιούνται σε εξωτερικούς χώρους, ενώ τα ηλεκτροθερμαινόμενα

πλακίδια και τα υγρά εντομοαπωθητικά σε εσωτερικούς χώρους. Η απελευθέρωση του δρώντος συστατικού επιτυγχάνεται μέσω θέρμανσης και η δράση τους διαρκεί όσο και η καύση τους (Κολιόπουλος, 2011; Μπέτζιος, 1989; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

1.6.3.4.ΓΕΝΕΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Η ιδέα του γενετικού ελέγχου είχε γεννηθεί ήδη από το 1959, όταν ο Knipling διαπίστωσε ότι η γονιμότητα μονογαμικών θηλυκών οργανισμών μπορεί να μειωθεί μέσω της σύζευξης με στείρα αρσενικά. Οι παγκόσμιες συνέπειες από την επανεμφάνιση ασθενειών που μεταδίδονται με κουνούπια, οι περιορισμοί που υπάρχουν στη χρήση των κλασσικών μεθόδων καταπολέμησής τους και η ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε βιοκτόνα, συμβάλλουν στη διερεύνηση και ανάπτυξη νέων μεθόδων για την αντιμετώπισή τους, όπως είναι ο γενετικός έλεγχος.

Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις που αφορούν τον γενετικό έλεγχο των κουνουπιών. Η πιο κοινή μέθοδος γενετικού ελέγχου είναι η εξαπόλυση στείρων αρσενικών ατόμων (Sterile Insect Technique-SIT), που έχουν εκτραφεί και στειρωθεί εργαστηριακά. Η στειρώση επιτυγχάνεται με ιονίζουσα ακτινοβολία, ή με διασταύρωση συγγενικών ειδών, ώστε να παραχθούν υβρίδια αρσενικά ή συνήθως, ή με εισαγωγή χημειοστερωτικών στα δοχεία ανάπτυξης ανήλικων σταδίων, ώστε τα τέλεια άτομα (αρσενικά και θηλυκά) που θα προκύψουν θα είναι στείρα. Με την απελευθέρωση στείρων αρσενικών ατόμων σε πληθυσμούς άγριων κουνουπιών, πιστεύεται ότι τα στείρα αρσενικά θα ανταγωνιστούν τα άγρια, προκειμένου να γονιμοποιήσουν τα θηλυκά, τα οποία, όμως, δεν θα δώσουν απογόνους (Service, 2012). Η τεχνική αυτή έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την εξάλειψη εντόμων οικονομικής σημασίας (Benedict & Robinson, 2003; Hendrichs *et al.*, 2002; Vreysen *et al.*, 2000), όμως στην περίπτωση των κουνουπιών δεν έχουν επιτευχθεί τα αναμενόμενα αποτελέσματα, εξαιτίας κυρίως της μειωμένης ικανότητας των στείρων αρσενικών να ανταγωνισθούν τα άγρια αρσενικά στη σύζευξη (Knipling *et al.*, 1968; Lofgren *et al.*, 1974), καθώς και εξαιτίας του γεγονότος ότι χρειάζεται να εκτραφεί τεράστιος αριθμός κουνουπιών (Becker *et al.*, 2010).

Μία άλλη τεχνική αποτελεί η απελευθέρωση γενετικώς τροποποιημένων αρσενικών που παράγονται εργαστηριακά και φέρουν ένα γονίδιο που είναι θανατηφόρο για τους θηλυκούς απογόνους τους (Release of Insects with Dominant Lethality, RIDL). Όταν ένα αρσενικό με το θνησιγενές θηλυκό γονίδιο συζευχθεί με ένα θηλυκό από τους φυσικούς πληθυσμούς, θανατώνονται οι θηλυκοί απόγονοι, με αποτέλεσμα να προκύπτουν μόνο αρσενικά άτομα (Thomas *et al.*, 2000; Wilke *et al.*, 2009). Πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι τα αρσενικά άτομα παράγονται χωρίς ακτινοβολία κι άρα δεν υπολείπονται των άγριων αρσενικών, τα οποία μπορούν να ανταγωνισθούν.

Καμία από τις τεχνικές που υπάρχουν μέχρι στιγμής δεν είναι απλή και σίγουρα η εφαρμογή τους είναι πολύ πιο δύσκολη, με αυξημένο κόστος και

μακροπρόθεσμα αποτελέσματα, έναντι των συμβατικών μεθόδων καταπολέμησης των κουνουπιών (Service, 2012). Προσφέρουν, όμως, σημαντικά οφέλη, όπως η αποτελεσματικότητα, η εξειδίκευση και η εφαρμογή σε δυσπρόσιτες περιοχές (Becker *et al.*, 2010; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

1.6.3.5.ΑΤΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η ατομική προστασία είναι απαραίτητη και συνίσταται στη χρήση βιοκτόνων που κυκλοφορούν στο εμπόριο με τη μορφή γαλακτώματος, λοσιόν, κρέμας, gel, σαμπουνιών, στικ και αερολύματος που στόχο έχουν την προστασία από τα τσιμπήματα των κουνουπιών κι άλλων αιμομυζητικών εντόμων, μέσω της απώθησής τους. Τα σκευάσματα αυτά εφαρμόζονται απευθείας πάνω στο δέρμα ή τα ρούχα και οι δραστικές ουσίες που περιέχουν είναι, συνήθως, το DEET (diethyl toluamide), το icaridin, το IR3535 (ethyl butylacetylaminopropionate), citriodiol, pyrethrins κ.ά. Οι περισσότερες από τις ουσίες που χρησιμοποιούνται αποτρέπουν τα έντομα να νύσσουν το δέρμα, ενώ ορισμένες από αυτές, ως πτητικές, απωθούν νωρίτερα τα έντομα. Συνδυαστικά με κατάλληλη ένδυση, όπως μακριά μανίκια, παρέχουν προσωρινά ικανοποιητική ασφάλεια έναντι των κουνουπιών σε περιπτώσεις έντονης παρουσίας τους (Becker *et al.*, 2010; Εμμανουήλ, 1999; ΕΟΔΥ, 2020; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

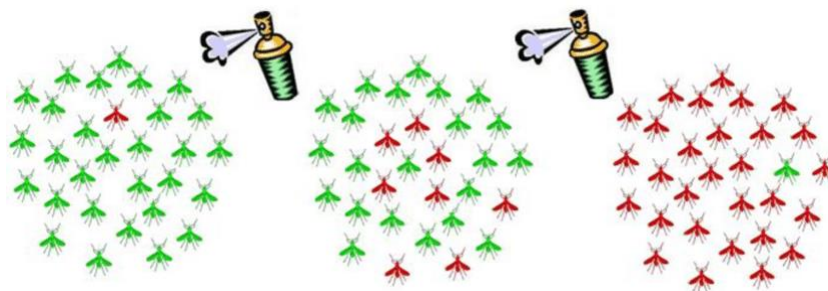
1.6.4.ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΒΙΟΚΤΟΝΑ

Παρά το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια έχουν δοκιμασθεί με επιτυχία πολλές μέθοδοι για την αντιμετώπιση των κουνουπιών, η χημική καταπολέμηση παραμένει η πιο διαδεδομένη, χάρη στην υψηλή και γρήγορη αποτελεσματικότητά της, ενώ όπως φαίνεται θα εξακολουθεί να χρησιμοποιείται για πολλά ακόμα χρόνια. Ένα κρίσιμο θέμα που προκύπτει από τη χρήση χημικών μέσων είναι το φαινόμενο της ανθεκτικότητας, το οποίο έχει απασχολήσει για πολλές δεκαετίες τους επιστήμονες, έχοντας θέσει σε κίνδυνο την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων καταπολέμησης των κουνουπιών, αλλά και τη δημόσια υγεία.

Ανθεκτικότητα (resistance) είναι το κληρονομούμενο χαρακτηριστικό ενός πληθυσμού εντόμων να επιβιώνει σε δόσεις εντομοκτόνου, που θα έπρεπε να θανατώνουν την πλειονότητα των ατόμων ενός φυσιολογικού πληθυσμού του ίδιου είδους (Brown & Rall, 1971; Cremllyn, 1978). Η ανθεκτικότητα οφείλεται σε γονίδια, τα οποία μπορούν να ενεργοποιήσουν μηχανισμούς με του οποίους τα έντομα δεν προσλαμβάνουν ή μεταβολίζουν το εντομοκτόνο, με αποτέλεσμα να μην επηρεάζεται ο οργανισμός τους από την τοξική του δράση.

Τα άτομα δεν γίνονται ανθεκτικά κατά τη διάρκεια της ζωής τους, αλλά υπάρχουν ήδη μέσα στους φυσικούς πληθυσμούς σε ένα πολύ μικρό ποσοστό. Ένας φυσικός πληθυσμός με ευπαθή άτομα και ελάχιστα ανθεκτικά, μετά τη χρήση εντομοκτόνων και με την πάροδο των γενεών γίνεται ανθεκτικός, καθώς επιβιώνουν

τα άτομα του πληθυσμού που έχουν τα ανθεκτικά στο εντομοκτόνο γονίδια. Με την επαναλαμβανόμενη χρήση του ίδιου εντομοκτόνου διατηρούνται τα ανθεκτικά άτομα του πληθυσμού, τα οποία αναπαράγονται κληροδοτώντας τα ανθεκτικά γονίδια στους απογόνους τους, ώστε τελικά αυτοί να επικρατούν μέσα σε έναν πληθυσμό (Becker *et al.*, 2010).



Εικόνα 1.28. Σχηματική απεικόνιση μηχανισμού ανάπτυξης ανθεκτικότητας σε πληθυσμούς κουνουπιών με την εφαρμογή του ίδιου εντομοκτόνου.

Η ανθεκτικότητα χαρακτηρίζεται ως διασταυρωτή (cross resistance), όταν ο πληθυσμός είναι ανθεκτικός σε δύο ή περισσότερες δραστικές ουσίες που, συνήθως, έχουν ίδιο τρόπο δράσης, ενώ, όμως, έχει εκτεθεί σε μόνο μία από αυτές. Υπάρχει, όμως, και το φαινόμενο της πολλαπλής ανθεκτικότητας (multiple resistance) και συμβαίνει όταν σε έναν πληθυσμό εμφανίζεται ταυτόχρονα ανθεκτικότητα σε αρκετές διαφορετικές δραστικές ουσίες εντομοκτόνων, μη συγγενείς μεταξύ τους, ως αποτέλεσμα της ταυτόχρονης ή διαδοχικής έκθεσης του πληθυσμού στις ουσίες αυτές και της επιλογής των ιδιαίτερων για την κάθε ουσία μηχανισμών ανθεκτικότητας (Becker *et al.*, 2010).

Ανθεκτικότητα σε χημικές ουσίες αναπτύσσεται πέρα από τα έντομα και σε άλλα αρθρόποδα, ιούς, βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα, νηματώδεις, σπονδυλωτά και φυτά, και αφορά ποικίλες ουσίες, όπως αντιβιοτικά, ανθελμοσυστικά, κοκκιδιοστατικά, μυκητοκτόνα, νηματωδοκτόνα, τρωκτικοκτόνα και ζιζανιοκτόνα. Μέχρι σήμερα έχουν δημιουργηθεί ανθεκτικές φυλές πολλών ειδών εντόμων σε πολλά εντομοκτόνα, όπως σε χλωριωμένα, καρβαμικά, οργανοφωσφορικά και πυρεθροειδή, ως επακόλουθο της εντατικής και συχνής χρήσης τους (Τζανακάκης & Κωβαίος, 2018).

Όσον αφορά τα κουνούπια, στη βάση των επίσημων καταγεγραμμένων ανθεκτικών αρθροπόδων (Insecticide Resistance Action Committee- IRAC), έχουν καταγραφεί παραπάνω από 120 είδη παγκοσμίως που έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα, η πλειονότητα των οποίων ανήκει στα γένη *Aedes*, *Culex* και *Anopheles*. Στην Ελλάδα, μέχρι και σήμερα, έχει επίσημα διαπιστωθεί ανθεκτικότητα σε κάποιο βιοκτόνο για τα είδη *Aedes albopictus*, *Anopheles maculipennis*, *Anopheles sacharovi* και *Culex pipiens pipiens* (<https://www.pesticideresistance.org/search.php>, 2024).

Η άμεση ανθρώπινη αντίδραση στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε έναν πληθυσμό κουνουπιών ή εντόμων είναι η αύξηση των δόσεων και του αριθμού των επεμβάσεων για την αντιμετώπιση των καταπολεμούμενων εντόμων. Πέρα από το αυξημένο κόστος των εφαρμογών, αυτό έχει ως αποτέλεσμα και την αύξηση των υπολειμμάτων χημικών ουσιών στον υδροφόρο ορίζοντα ή στα γεωργικά προϊόντα, τον αυξημένο κίνδυνο δηλητηριάσεων, τη ρύπανση του περιβάλλοντος και τη μείωση του πληθυσμού των ωφέλιμων ειδών. Επιπλέον, η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα και εξεύρεση νέων μεθόδων και μέσων καταπολέμησης επιζήμιων εντόμων επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομία, ενώ παράλληλα απαιτείται ειδική εκπαίδευση των ενδιαφερομένων σε νέες μεθόδους καταπολέμησης.

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι δυσκολίες που δημιουργούνται, είναι πολύ σημαντικό να γίνεται έγκαιρη διάγνωση της ανθεκτικότητας, ώστε να ληφθούν προληπτικά μέτρα για την αποφυγή δημιουργίας ανθεκτικότητας ή να εφαρμοσθούν τα κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπιση ήδη ανθεκτικών πληθυσμών.

Στην περίπτωση που δεν έχει διαπιστωθεί ανθεκτικότητα, θα πρέπει να λαμβάνονται προληπτικά μέτρα που στοχεύουν στην αποφυγή ή στην καθυστέρηση δημιουργίας ανθεκτικού πληθυσμού. Τέτοια μέτρα είναι: ο περιορισμός της δοσολογίας βιοκτόνων και του αριθμού των επεμβάσεων με χημικά μέσα στο ελάχιστο δυνατό, η αποφυγή εφαρμογής του ίδιου βιοκτόνου σε μεγάλες εκτάσεις και επανειλημμένα, η χρήση βιοκτόνων με μικρή υπολειμματική διάρκεια, η εναλλαγή βιοκτόνων με διαφορετικό τρόπο δράσης, η προστασία και ενίσχυση των φυσικών εχθρών και τέλος, η εφαρμογή εναλλακτικών μεθόδων καταπολέμησης πέρα των χημικών, όταν αυτό είναι δυνατό.

Όταν έχει ήδη αναπτυχθεί ανθεκτικότητα σε έναν πληθυσμό, τα μέτρα που συνιστώνται είναι: η αύξηση της δόσης του βιοκτόνου όταν η ανθεκτικότητα του πληθυσμού είναι μικρής έντασης, η αντικατάσταση του βιοκτόνου με άλλο που έχει διαφορετικό τρόπο δράσης, η προσθήκη συνεργιστικών ουσιών που θα ενισχύσουν τη δραστηριότητα του βιοκτόνου και η αλλαγή της μεθόδου καταπολέμησης με μία μη χημική μέθοδο.

Γίνεται αντιληπτό ότι ο προσδιορισμός της ευαισθησίας ή των επιπέδων ανθεκτικότητας των διαφόρων ειδών κουνουπιών σε μια περιοχή αποτελεί θεμέλια γνώση για τον σωστό σχεδιασμό και τη σωστή επιλογή βιοκτόνων, ώστε η αντιμετώπισή τους να είναι αποτελεσματική. Πρέπει, λοιπόν, παράλληλα με κάθε πρόγραμμα καταπολέμησης κουνουπιών να διεξάγονται βιοδοκιμές ελέγχου για πιθανή ανάπτυξη ανθεκτικότητας, τουλάχιστον για τα βιοκτόνα που χρησιμοποιούνται (Becker *et al.*, 2010; Κολιόπουλος, 2011; Τζανακάκης & Κωβαίος, 2018).

1.6.5.ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

Ο ολοκληρωμένος χειρισμός αποτελεί σύγχρονη προσέγγιση για την αντιμετώπιση εντομολογικών εχθρών με οικολογική βάση και εφαρμόζεται πλέον σε πολλές χώρες του πλανήτη. Ιδιαίτερα στην περίπτωση των κουνουπιών, κρίνεται αναγκαία η εφαρμογή ολοκληρωμένων προγραμμάτων καταπολέμησης που στηρίζονται στον συνδυασμό όλων των διαθέσιμων μεθόδων αντιμετώπισης, με στόχο την πρόληψη και τον έλεγχο των πληθυσμών των κουνουπιών, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα μετάδοσης ασθενειών και να μειωθεί η όχληση που αυτά προκαλούν σε ανεκτά επίπεδα, με το μικρότερο δυνατό περιβαλλοντικό κόστος.

Έτσι, ένα πρόγραμμα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης κουνουπιών (Integrated Mosquito Management-IMM) μπορεί να περιλαμβάνει τη διαχείριση του περιβάλλοντος, βιολογική, χημική και μηχανική καταπολέμηση των κουνουπιών και συμπληρωματικά να χρησιμοποιούνται γενετικοί χειρισμοί των πληθυσμών τους (Becker *et al.*, 2010; CDC, 2020; Τζανακάκης & Κωβαίος, 2018).

Τα προγράμματα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης κουνουπιών σε μια περιοχή πραγματοποιούνται υπό την ευθύνη των εμπλεκόμενων κρατικών φορέων (Δήμοι, Περιφέρειες), οι οποίοι έχουν την υποχρέωση της έγκαιρης οργάνωσής τους, της εξασφάλισης των απαραίτητων κονδυλίων και του ορισμού των φορέων που θα υλοποιήσουν το πρόγραμμα καταπολέμησης (Εγκύκλιος Υπ. Υγείας, 2024).

Ο σχεδιασμός των προγραμμάτων ολοκληρωμένης καταπολέμησης των κουνουπιών απαιτεί τη συγκέντρωση και αξιολόγηση επιστημονικών και τεχνικών στοιχείων που αφορούν: τη βιολογία, την ηθολογία και την εποχική διακύμανση των πληθυσμών του είδους ή των ειδών των κουνουπιών κάθε περιοχής, τη χαρτογράφηση όλων των εστιών ανάπτυξης προνυμφών κουνουπιών στις περιοχές αυτές, καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου αναπαραγωγής τους, τη διερεύνηση ύπαρξης φυσικών εχθρών, τη μελέτη ευαισθησίας των συγκεκριμένων πληθυσμών στα βιοκτόνα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, τα επιδημιολογικά δεδομένα των ασθενειών που είναι διαβιβαστές τα κουνούπια, καθώς και τα στοιχεία από προηγούμενα έτη εφαρμογής των προγραμμάτων, αλλά και τις έκτακτες συνθήκες που διαμορφώνονται από έτος σε έτος (Becker *et al.*, 2010; Κολιόπουλος, 2011; Τζανακάκης & Κωβαίος, 2018).

Εξετάζοντας όλα τα παραπάνω στοιχεία, επιλέγονται τα μέτρα που θα εφαρμοσθούν για την αντιμετώπιση των κουνουπιών, η οποία θα πρέπει να στηρίζεται, αρχικά, στην καταπολέμηση ή τον περιορισμό των προνυμφών στις εστίες ανάπτυξης και συμπληρωματικά, στην καταπολέμηση των τέλειων ατόμων. Οι ψεκασμοί πραγματοποιούνται με εγκεκριμένα σκευάσματα, σύμφωνα με την ετικέτα και τις οδηγίες χρήσης τους, από κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, με λήψη όλων των απαραίτητων μέτρων για τη αποφυγή έκθεσης των ανθρώπων, των ζώων, του οικοσυστήματος και του περιβάλλοντος στα χρησιμοποιούμενα βιοκτόνα. Επίσης, πρέπει να υπάρχει έγκαιρη ενημέρωση του κοινού για αποφυγή

παραπληροφόρησης, αλλά και κατάδειξη των τρόπων με τους οποίους μπορούν να συμβάλλουν και οι ίδιοι στην αντιμετώπιση των κουνουπιών (Εγκύκλιος Υπ. Υγείας, 2024).

Αφού ολοκληρωθούν οι εφαρμογές, θα πρέπει να διενεργείται δειγματοληπτικός έλεγχος για την ανίχνευση τυχόν υπολειμμάτων των δραστικών ουσιών που χρησιμοποιήθηκαν και να μελετάται η πιθανή ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε αυτά. Στο τέλος κάθε περιόδου πρέπει να αξιολογείται η επιτυχία του προγράμματος καταπολέμησης και να εντοπίζονται οι δυσκολίες που εμφανίσθηκαν, ώστε σε επόμενα προγράμματα να γίνουν οι απαραίτητες διορθώσεις και προσαρμογές.

Σύμφωνα με τη Βογιατζόγλου-Σαμανίδου (2010) οι εργασίες πεδίου που πρέπει να πραγματοποιούνται πριν την υλοποίηση προγραμμάτων ολοκληρωμένης αντιμετώπισης κουνουπιών για τη συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών είναι:

- Χαρτογράφηση των εστιών ανάπτυξης κουνουπιών (φυσικών ή τεχνητών), εποχική παρακολούθηση αυτών και καταγραφή οικολογικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών τους (ύπαρξη βλάστησης, παρουσία άλλων υδρόβιων οργανισμών, pH, θερμοκρασία, οργανικό φορτίο, αλατότητα, αγωγιμότητα), καθώς και των περιβαλλοντικών συνθηκών (καιρικές συνθήκες).
- Τακτικό έλεγχος των εστιών για την ύπαρξη ατελών σταδίων (ανά 7, 15 ή 30 ημέρες ανάλογα τον μήνα και τις καιρικές συνθήκες), λήψη δειγμάτων, καταγραφή σταδίου του εντόμου και πυκνότητας του πληθυσμού και αποστολή σε κατάλληλο εργαστήριο για αναγνώριση των ειδών κουνουπιών. Για τα είδη που ωοτοκούν σε περιορισμένες εστίες, πρέπει να τοποθετούνται παγίδες ωοτοκίας σε κατάλληλα σημεία, όπως μικρά δοχεία.
- Συλλογή τέλειων κουνουπιών ανά 10-15 ημέρες με τοποθέτηση παγίδων κοντά στους βιοτόπους τους, με χρήση ειδικής συσκευής αναρρόφησης, εντός ή εκτός οικημάτων και με την τεχνική «Human Bait», δηλαδή συλλέγοντας κουνούπια επάνω από άνθρωπο την ώρα της επίθεσης. Τα συλληφθέντα κουνούπια αποστέλλονται σε εργαστήριο για περαιτέρω μελέτη, έλεγχο για παθογόνα και αναγνώριση είδους. Σε κουνούπια που έχουν τραφεί με αίμα, εξετάζεται η προέλευση του αίματος με τη μέθοδο της άμεσης ELISA, ώστε να καθορισθεί ο βαθμός ανθρωποφιλίας ή ζωοφιλίας αυτών.
- Επεξεργασία και μελέτη των δειγμάτων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, εκτίμηση αποτελεσμάτων, διερεύνηση ευαισθησίας-ανθεκτικότητας των κουνουπιών στα χρησιμοποιούμενα εντομοκτόνα.

Αφού πραγματοποιηθούν οι παραπάνω εργασίες και συγκεντρωθούν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες (είδη κουνουπιών, βιολογία, οικολογία, εποχική εξέλιξη, παρουσία ευαίσθητων σταδίων στα εντομοκτόνα, ύπαρξη φυσικών εχθρών, ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε εντομοκτόνα), μπορεί να καθορισθεί και να συνταχθεί ένα σχέδιο δράσης, να εκτιμηθεί το κόστος του, να εξασφαλισθεί η έγκαιρη χρηματοδότησή του και να γίνουν όλες οι απαραίτητες ενέργειες για την

πραγματοποίησή του, όπως η επιλογή και ο εφοδιασμός με τον κατάλληλο εξοπλισμό και η εκπαίδευση του προσωπικού που θα αναλάβει το έργο (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; CDC, 2020; Κολιόπουλος, 2011).

1.7.ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Παρόλο που το πρόβλημα των κουνουπιών στην Ελλάδα ξεκίνησε να επηρεάζει τους κατοίκους της από αρχαιοτάτων χρόνων (Belios, 1933; Bruce-Chwatt & Zulueta, 1980; Jones, 1909), οι πρώτες προσπάθειες για τη μελέτη, καταγραφή και αντιμετώπιση των ειδών κουνουπιών που ενδημούν στη χώρα χρονολογούνται στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, αμέσως μετά την ανακάλυψη του ρόλου των ειδών του γένους *Anopheles* στη μετάδοση της ελονοσίας. Εκείνη την εποχή, η ελονοσία μάστιζε τη χώρα και το γεγονός ότι επηρέασε και τα συμμαχικά στρατεύματα κατά τις πολεμικές επιχειρήσεις στη Μακεδονία, κατά τον Ά Παγκόσμιο Πόλεμο, στάθηκε αφορμή για τη μελέτη των κουνουπιών, κυρίως από ξένους στρατιωτικούς ιατρούς που συμμετείχαν στον πόλεμο (Σαμανίδου-Βογιατζόγλου, 1997). Ωστόσο, οι πρώτες αυτές εργασίες γύρω από τα κουνούπια αφορούσαν μόνο τα ανωφελή είδη.

Οι πρώτες ολοκληρωμένες μελέτες για τα κουνούπια της Ελλάδας πραγματοποιήθηκαν κατά τη δεκαετία του 1930, με τη συμβολή του Αμερικανικού Ιδρύματος Rockefeller, που εγκαταστάθηκε τότε στην Ελλάδα (Samanidou-Voyadjoglou & Vakalis, 2006), και της νεοϊδρυθείσας Υγειονομικής Σχολής (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Μέχρι το 1950 είχαν πραγματοποιηθεί παραπάνω από 60 μελέτες που αφορούσαν τα κουνούπια της Ελλάδας, εστιάζοντας το ενδιαφέρον τους στην παρουσία των ανωφελών και κυρίως, των ειδών που ήταν διαβιβαστές των πλασμωδίων της ελονοσίας (Κολιόπουλος, 2011).

Με την ανακάλυψη των πρώτων συνθετικών εντομοκτόνων, την υπέρμετρη χρήση τους και την εμφάνιση ανθεκτικών πληθυσμών κουνουπιών κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, οι μελέτες σχετικά με τα κουνούπια της Ελλάδας επικεντρώθηκαν στη χημική καταπολέμηση των ανωφελών και στη μελέτη της ανθεκτικότητά τους στα γνωστά εκείνη την εποχή χημικά εντομοκτόνα (Λιβαδάς, 1949).

Παρά την, μέχρι τότε, αξιοσημείωτη εντομολογική έρευνα, η εκρίζωση της ελονοσίας από τη χώρα μας στις αρχές τις δεκαετίας του 1970, σήμανε και το τέλος σχεδόν της ενασχόλησης με τα κουνούπια, αφού οι μικροί πληθυσμοί κουνουπιών που είχαν απομείνει δεν ήταν ιδιαίτερα ενοχλητικοί ούτε θεωρούνταν επικίνδυνοι. Ως αποτέλεσμα αυτής της αδράνειας, οι πληθυσμοί των κουνουπιών αναζωπυρώθηκαν, δυσχεραίνοντας τη διαβίωση των κατοίκων, ιδιαίτερα στο βόρειο τμήμα της χώρας, ενώ παράλληλα η είσοδος και εγκατάσταση πολλών οικονομικών μεταναστών στην Ελλάδα από περιοχές που ενδημούν σημαντικές ασθένειες, αποτέλεσε απειλή για τη δημόσια υγεία (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).

Από τη δεκαετία του '90 κι έπειτα, το ενδιαφέρον γύρω από το πρόβλημα των κουνουπιών, τις ασθένειες που μεταδίδουν και την αντιμετώπισή τους επανήλθε, τόσο σε εγχώριο, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο (Κολιόπουλος, 2011).

Σύμφωνα με τη Βογιατζόγλου-Σαμανίδου (2011), στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί 60 είδη κουνουπιών που ανήκουν σε 17 υπογένη, 8 γένη και 2 υποοικογένειες. Από αυτά τα είδη, πολλά είναι δυνητικοί διαβιβαστές σοβαρών ασθενειών, όπως είναι η Ελονοσία, ο Δάγκειος πυρετός, ο Κίτρινος πυρετός, ο Ιός του Δυτικού Νείλου και αρκετές άλλες αρμποιώσεις, που προσβάλλουν τον άνθρωπο και τα ζώα. (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Κολιόπουλος, 2011; Λύτρα, 2015)

Η Λύτρα (2015) δημοσίευσε ένα κατάλογο με τα είδη κουνουπιών που διαβιούν στην Ελλάδα και βασίζεται, κυρίως, στον αντίστοιχο κατάλογο της Βογιατζόγλου-Σαμανίδου (2011).

Πίνακας 1.1. Τα είδη των κουνουπιών της Ελλάδας.

Υποοικογένεια Anophelinae	
Anopheles (Anopheles) 1. <i>An. algeriensis</i> Theobald 1903 2. <i>An. atroparvus</i> Van Thiel 1927 (#) 3. <i>An. claviger</i> (Meigen) 1804 4. <i>An. hyrcanus</i> (Pallas) 1771 5. <i>An. labranchiae</i> Falleroni 1926 6. <i>An. maculipennis</i> Meigen 1818 7. <i>An. marteri</i> Senevet and Prunnelle 1927 8. <i>An. marteri sogdianus</i> Keshishian 1938 9. <i>An. melanoon</i> Hackett 1934 10. <i>An. messeae</i> Falleroni 1926 (*) 11. <i>An. petragrani</i> Del Vecchio 1939 (#) 12. <i>An. plumbeus</i> Stephens 1828 13. <i>An. pseudopictus</i> (Grassi) 1889 14. <i>An. sacharovi</i> Favre 1903 15. <i>An. subalpinus</i> Hackett and Lewis 1935 Anopheles (Cellia) 16. <i>An. cinereus hispaniola</i> (Theobald) 1903 (*) 17. <i>An. sergentii</i> (Theobald) 1907 18. <i>An. superpictus</i> Grassi 1899	34. <i>Oc. pulcritarsis</i> (Rondani) 1872 35. <i>Oc. pullatus</i> (Coquillett) 1904 36. <i>Oc. punctor</i> (Kirby) 1837 37. <i>Oc. sticticus</i> (Meigen) 1838 38. <i>Oc. zammittii</i> (Theobald) 1903 Ochlerotatus (Rusticoides) 39. <i>Oc. lepidonotus</i> (Edwards) 1920 40. <i>Oc. refiki</i> (Medschid) 1928 (#) 41. <i>Oc. rusticus</i> (Rossi) 1790 (*) Coquillettidia (Coquillettidia) 42. <i>Co. buxtoni</i> (Edwards) 1923 (#) 43. <i>Co. richiardii</i> (Ficalbi) 1889 Culex (Barraudius) 44. <i>Cx. modestus</i> Ficalbi 1889 45. <i>Cx. pusillus</i> Macquart 1850 Culex (Culex) 46. <i>Cx. laticinctus</i> Edwards 1913 47. <i>Cx. mimeticus</i> Noe 1899 48. <i>Cx. perexiguus</i> Theobald 1903 49. <i>Cx. pipiens</i> Linnaeus 1758 50. <i>Cx. theileri</i> Theobald 1903 51. <i>Cx. torrentium</i> Martini 1925 (#) 52. <i>Cx. tritaeniorhynchus</i> Giles 1901 Culex (Maillotia) 53. <i>Cx. hortensis</i> Ficalbi 1889 Culex (Neoculex) 54. <i>Cx. impudicus</i> Ficalbi 1890 (#) 55. <i>Cx. martinii</i> Medschid 1930 (#) 56. <i>Cx. territans</i> Walker 1856 Culiseta (Allotheobaldia) 57. <i>Cs. longiareolata</i> (Macquart) 1838
Υποοικογένεια Culicinae	
Aedes (Aedimorphus) 19. <i>Ae. vexans</i> (Meigen) 1830 Aedes (Stegomyia) 20. <i>Ae. aegypti</i> (Linnaeus) 1762 21. <i>Ae. albopictus</i> (Skuse) 1895 22. <i>Ae. cretinus</i> Edwards 1921 Ochlerotatus (Finlaya) 23. <i>Oc. echinus</i> Edwards 1920 24. <i>Oc. geniculatus</i> (Olivier) 1791	

<i>Ochlerotatus (Ochlerotatus)</i> 25. <i>Oc. annulipes</i> (Meigen) 1830 26. <i>Oc. berlandi</i> (Seguy) 1921 27. <i>Oc. cantans</i> (Meigen) 1818 (#) 28. <i>Oc. caspius</i> (Pallas) 1771 29. <i>Oc. catafylla</i> (Dyar) 1916 30. <i>Oc. communis</i> (De Geer) 1776 31. <i>Oc. detritus</i> (Haliday) 1833 32. <i>Oc. dorsalis</i> (Meigen) 1830 33. <i>Oc. mariae</i> (Sergent and Sergent) 1903	<i>Culiseta (Culicella)</i> 58. <i>Cs. fumipennis</i> (Stephens) 1825 59. <i>Cs. morsitans</i> (Theobald) 1901 <i>Culiseta (Culiseta)</i> 60. <i>Cs. annulata</i> (Schrank) 1776 61. <i>Cs. glaphyroptera</i> (Schiner) 1864 (#) 62. <i>Cs. subochrea</i> (Edwards) 1921 <i>Orthopodomyia</i> 63. <i>Or. pulchripalpis</i> (Rondani) 1872 <i>Uranotaenia (Pseudoficalbia)</i> 64. <i>Ur. unguiculata</i> Edwards 1913
--	--

Πηγή: Λύτρα (2015).

Σύμφωνα με τη Βογιατζόγλου-Σαμανίδου (2011) και τη Λύτρα (2015) τα είδη που σημειώνονται με αστερίσκο (*) στον Πίνακα 1.1 αναφέρονται από τους Pantazis (1935) και Shannon (1935) ως ελληνικά, χωρίς, όμως, να υπάρχει επιβεβαιωμένο δείγμα τους, ενώ τα είδη που σημειώνονται με δίσηση (#) πιθανώς να υπάρχουν στην Ελλάδα, σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές για τη γεωγραφική κατανομή τους, ωστόσο δεν έχουν βρεθεί άτομα αυτών των ειδών να ενδημούν στη χώρα. Το είδος *Ae. aegypti* περιλαμβάνεται στον πίνακα, λόγω του ότι ενδημούσε κατά το παρελθόν σε πολλές περιοχές στη χώρα, όμως μετά την εφαρμογή του ανθελνοσοσιακού αγώνα εξαλείφθηκε, χωρίς να έχουν βρεθεί έκτοτε δείγματα του είδους (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Μπελιός, 1957). Το 80% των αναφερόμενων ειδών αποδεδειγμένα ενδημεί στην Ελλάδα και αντιπροσωπεύονται με δείγματα. Τέλος, για τα είδη *Oc. rusticus* (Κιουλος, 2013; Λύτρα και συν., 2011) και *Cx. impudicus* (Κιουλος et al., 2014) έχει επιβεβαιωθεί η παρουσία τους στον ελλαδικό χώρο, σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Λύτρα, 2015).

1.8.ΤΟ ΕΙΔΟΣ *Culex (Culex) pipiens* Linnaeus 1758

Το *Culex pipiens* αντιπροσωπεύει ένα σύμπλεγμα ειδών κουνουπιών (mosquito species complex), το οποίο αποτελείται από πολλά είδη, υποείδη, φυλές και βιότυπους (Becker et al., 2010; Μπέτζιος, 1989; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011). Η ταξινόμησή τους εξακολουθεί να αποτελεί ένα αμφιλεγόμενο ζήτημα μεταξύ των ερευνητών, λόγω του ότι βασίζεται σε μορφολογικές διαφορές των ειδών, οι οποίες εκλείπουν σε πολλά από τα μέλη του συμπλέγματος, σε συνδυασμό με την παρουσία υβριδίων (Harbach et al., 1985; Mattingly, 1965; Mattingly et al., 1951; Vinogradova, 2000; Zhao & Lu, 1999). Παρόλο που τα είδη του συμπλέγματος μπορούν να αναγνωρισθούν από τη μορφολογία των γεννητικών οργάνων (genitalia) των αρσενικών ατόμων (Barr, 1957; Dobrotworsky, 1967), αυτό δεν μπορεί να συμβεί στα θηλυκά κουνούπια, τα οποία αποτελούν και τον πρωταρχικό στόχο των προγραμμαμάτων επιτήρησης. Η πρώτη περιγραφή του είδους *Culex pipiens*

πραγματοποιήθηκε από τον Linnaeus το 1758. Ως μέλη του συμπλέγματος *Culex ripiens*, σήμερα, αναγνωρίζονται τα είδη *Culex ripiens*, *Cx. quinquefasciatus* (Say, 1823), *Cx. australicus* (Dobrotworsky & Drummond, 1953) και *Cx. globocoxitus* (Dobrotworsky, 1953) (Brugman *et al.*, 2018; Harbach, 2012; Knight, 1978). Το σύμπλεγμα περιλαμβάνει, επίσης, ένα αναγνωρισμένο υποείδος, το *Cx. ripiens pallens*, το οποίο αποτελεί υβρίδιο του *Cx. ripiens* και *Cx. quinquefasciatus* (Harbach, 2012). Τέλος, το *Culex ripiens* διαχωρίζεται σε δύο βιότυπους, το *Culex ripiens* biotype *ripiens* (Linnaeus 1758) και το *Culex ripiens* biotype *molestus* (Forskal, 1775) (Becker *et al.*, 2003), οι οποίοι απαντώνται και στην Ελλάδα (Κολιόπουλος, 2011; Μπέτζιος, 1989).

Οι δύο αυτοί βιότυποι είναι μορφολογικά όμοιοι (Harbach *et al.*, 1984), καθιστώντας σχεδόν αδύνατο τον διαχωρισμό τους με βάση τα εξωτερικά χαρακτηριστικά τους, ακόμα και με μοριακές τεχνικές, γεγονός που δεν επιτρέπει τη διαφορετική αντιμετώπισή τους. Η διάκρισή τους βασίζεται σε σημαντικές διαφορές που παρουσιάζουν ως προς τη βιολογία και την οικολογία τους (Κολιόπουλος, 2011). Οι δύο βιότυποι συχνά συνυπάρχουν και διασταυρώνονται μεταξύ τους και ως αποτέλεσμα, σε πολλές περιοχές, έχουν παρατηρηθεί τα υβρίδιά τους (Gomes *et al.*, 2013; Μπέτζιος, 1989).

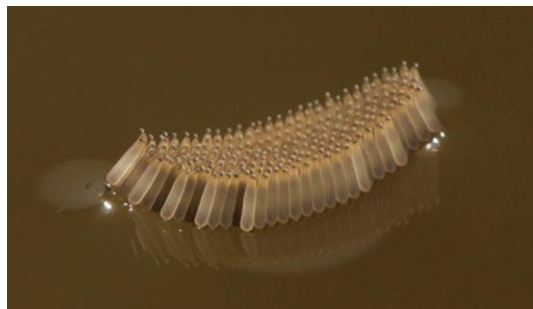
1.8.1.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Το *Culex ripiens* είναι ένα μεσαίου μεγέθους κουνούπι (4-10 mm) με ανοιχτό καστανό χρώμα, που παρουσιάζει έντονο πολυμορφισμό, ενώ δεν διαθέτει κάποιο εμφανές αναγνωριστικό χαρακτηριστικό. Οι πτέρυγές του έχουν ομοιόμορφο σκούρο χρωματισμό και το μήκος του κυμαίνεται από 3,5 έως 4 mm (Carpenter & La Casse, 1974), με τις πτέρυγες των θηλυκών να είναι μεγαλύτερες από αυτές των αρσενικών. Η προβοσκίδα έχει πιο σκούρο χρώμα στο άκρο της και εκτείνεται προς τα κάτω σε σχέση με το υπόλοιπο σώμα. Ο θυρεός είναι τρίλοβος, με τρίχες σε κάθε λοβό. Η κοιλία έχει στρογγυλεμένο άκρο (Darsie & Ward, 2005), ενώ η ύπαρξη κιτρινωπού χρώματος λεπιών διατεταγμένων σε ζώνες, στη ραχιαία όψη κάθε κοιλιακού τμήματος, δίνουν συχνά τη μορφή κηλίδων. Τα πόδια και οι κεραίες έχουν ομοιόμορφο καστανό χρώμα (Becker *et al.*, 2010; Günay *et al.*, 2017).



Εικόνα 1.29. Μορφολογία τέλειου *Culex ripiens*.

Τα ενήλικα θηλυκά αποθέτουν τα ωά τους στην επιφάνεια στάσιμων νερών με τη μορφή σχεδίας, η οποία αποτελείται από 150 έως 300 ωά (Vinogradova, 2000; Wood *et al.*, 1979). Η σχεδία επιπλέει στην επιφάνεια του νερού μέχρι την εμφάνιση των προνυμφών.



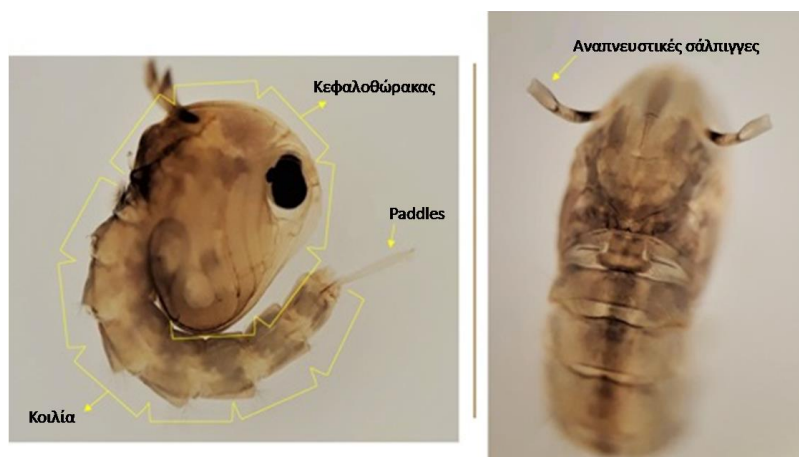
Εικόνα 1.30. Σχεδία ωών του *Culex ripiens*.

Οι προνύμφες του *Culex ripiens* είναι ανοιχτόχρωμες έως καστανού χρώματος. Το σιφώνιο της προνύμφης είναι λεπτό με ομοιόμορφη λέπτυνση προς το άκρο του και το μήκος του είναι, συνήθως, 4-5 φορές μεγαλύτερο από το πλάτος της βάσης του (Μπέτζιος, 1989). Επίσης, το σιφώνιο φέρει δυο πλαγιοκοιλιακές γραμμές, αποτελούμενες από 1-3 σμήριγγες εξωτερικά της γραμμής, ενώ δε φέρει θυσάνους στη βάση του (Κολιόπουλος, 2011). Στο σιφώνιο υπάρχει κτενίδιο και τα δόντια των κτενιδίων έχουν μακριά δοντάκια με μήκος μεγαλύτερο από το μισό του μήκους των δοντιών.



Εικόνα 1.31. Προνύμφη του είδους *Culex ripiens*.

Η νύμφη του *Culex ripiens*, όπως και στα υπόλοιπα κουνούπια, έχει σχήμα που μοιάζει με κόμμα. Το χρώμα της γίνεται πιο σκούρο όσο πλησιάζει προς την έξοδο του τέλειου κουνουπιού.



Εικόνα 1.32. Νύμφη του *Culex ripiens*.

1.8.2.ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η διάκριση των δύο βιότυπων του *Culex ripiens* βασίζεται σε διαφορετικά βιολογικά χαρακτηριστικά και ιδιαιτερότητες που παρουσιάζουν στη συμπεριφορά τους. Τα κριτήρια που διακρίνουν τον βιότυπο *molestus*, ο οποίος παρουσιάζει και τη μεγαλύτερη υγειονομική σημασία για τον άνθρωπο, είναι: α) η στενογαμία (είναι δυνατή η σύζευξη σε πολύ περιορισμένους χώρους), β) η ανθρωποφιλία (προτιμάει τη λήψη αίματος από θηλαστικά, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου), γ) το γεγονός ότι δε διαχειμάζει, συνεχίζοντας να είναι δραστήριο και τον χειμώνα (ομοδύναμο είδος) και δ) το ότι είναι αυτόγονο είδος (δεν απαιτεί πρόσληψη αίματος για την πρώτη ωοτοκία). Πρόκειται για κουνούπι ενδοφιλικό, των αστικών, κυρίως, περιοχών και καλείται

«κοινό οικιακό κουνούπι», λόγω της συχνής παρουσίας του εντός των οικιών (Becker *et al.*, 2010; Clements, 1999).

Αντίθετα, ο βιότυπος *ripiens*, ο οποίος είναι εξωφιλικός και αποτελεί μορφή υπαίθρου, είναι ένα είδος ευρύγαμο (σύζευξη σε ανοιχτούς χώρους), ορνιθόφιλο (τρέφεται κυρίως με αίμα πτηνών), ετεροδύναμο (εισέρχεται σε διάπαυση κατά τη χειμερινή περίοδο) και αναυτόγονο (*anautogenous*) (είναι απαραίτητη η κατανάλωση αίματος για την πρώτη ωοτοκία) (Becker *et al.*, 2010; Clements, 1999).

Οι εστίες ανάπτυξης του *Culex ripiens* ποικίλλουν και περιλαμβάνουν σχεδόν κάθε φυσική ή τεχνητή συγκέντρωση στάσιμων νερών. Οι προνύμφες μπορεί να εμφανισθούν σε μικρές ή μεγάλες υδατοσυλλογές, καθαρά ή μολυσμένα νερά, ενώ αντέχουν και σε νερά με μικρή αλατότητα (παράκτια έλη, κοιλότητες βράχων). Τυπικές εστίες ανάπτυξης του είδους αποτελούν μικρές συγκεντρώσεις νερού σε δεξαμενές, ντεπόζιτα, βαρέλια νερού, διακοσμητικές λίμνες, όπως επίσης, και παροδικές υδατοσυλλογές, λίμνες με βλάστηση, ορυζώνες, πλημμυρισμένα εδάφη και παρόχθια τμήματα ποταμών (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Foster & Walker, 2002; Μπέτζιος, 1989; Wood *et al.*, 1979).

Ο βιότυπος *molestus* καταφεύγει, κυρίως, σε εστίες που βρίσκονται σε υπόγεια σημεία για την ωοθεσία και αναπαραγωγή των προνυμφών, όπως υπόγεια οικοδομών, βόθροι, αποχετευτικά δίκτυα, υπόγειοι σιδηρόδρομοι και κελάρια. Αντίθετα, ο βιότυπος *ripiens* προτιμάει συλλογές νερού σε υπαίθριους χώρους για την ωοτοκία και ανάπτυξη των προνυμφών (Μπέτζιος, 1989). Ωστόσο, δεν αποκλείεται οι δύο βιότυποι να συνυπάρχουν, όπως σε χώρες της Νότιας Ευρώπης που έχουν βρεθεί προνύμφες και των δύο βιοτύπων σε υπέργεια μέρη κι έχει καταγραφεί η παρουσία υβριδίων μεταξύ των δύο μορφών με ενδιάμεσα βιολογικά χαρακτηριστικά (Gomes *et al.*, 2009).

Η εκκόλαψη των προνυμφών του *Culex ripiens* στους 30 °C λαμβάνει χώρα μία ημέρα μετά την ωοτοκία, ενώ όταν η θερμοκρασία είναι 20 °C και 10 °C χρειάζονται 3 και 10 ημέρες, αντίστοιχα, για να εκκολαφθούν. Στους 4 °C ή σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, η εμβρυική ανάπτυξη των ωών δε μπορεί να ολοκληρωθεί (Montell & Zwiebel, 2016).

Το προνυμφικό στάδιο ολοκληρώνεται εντός μίας ή περισσότερων εβδομάδων, ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η εμφάνιση των τέλειων ατόμων πραγματοποιείται σε 6-7 μέρες στους 30 °C και σε 21-24 μέρες στους 15 °C, από τη στιγμή της εκκόλαψης των προνυμφών (Becker *et al.*, 2010).

Τα τέλεια άτομα συνήθως, δεν απομακρύνονται παραπάνω από 500-800 μέτρα από την εστία που αναπτύχθηκαν για εύρεση τροφής. Τα τέλεια θηλυκά δραστηριοποιούνται για αναζήτηση ξενιστή και λήψη αίματος από τη δύση του ηλίου έως την ανατολή (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Μπέτζιος, 1989).

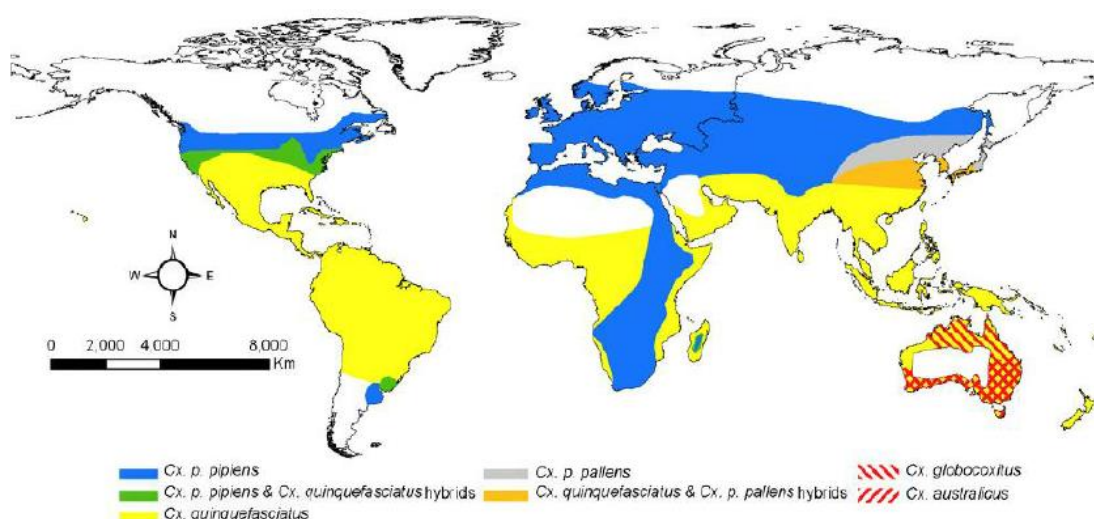
Ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες, το είδος αυτό μπορεί να αναπαραχθεί με πολλές γενεές κάθε χρόνο. Ο βιότυπος *ripiens* διαχειμάζει ως γονιμοποιημένο θηλυκό (Becker *et al.*, 2010), ενώ ο βιότυπος *molestus* μπορεί να

αναπαραχθεί και κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Τα αρσενικά και τα μη γονιμοποιημένα θηλυκά δεν επιβιώνουν τον χειμώνα (Petrić, 1985; Petrić *et al.*, 1986). Τα θηλυκά που εμφανίζονται στα τέλη του καλοκαιριού αναζητούν καταφύγιο και διαχειμάζουν μέχρι την άνοιξη, όταν η θερμοκρασία και η φωτοπερίοδος αυξάνονται, ενώ, όταν ο χειμώνας είναι ζεστός αναζητούν νερό για ωοτοκία (Bahnck & Fonseca, 2006).

1.8.3.ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ

Το *Culex pipiens* σήμερα συναντάται σε εύκρατες περιοχές της Ευρώπης, της Ασίας, της Αφρικής, της Αυστραλίας, της Βορείου και Νότιας Αμερικής. Το είδος αυτό έχει βρεθεί σε όλες τις χώρες της Ευρώπης, με εξαίρεση την Ισλανδία και τα Νησιά Φερόε (Harbach, 2012). Το *Culex pipiens* αποτελεί το πιο ευρέως διαδεδομένο είδος κουνουπιού στον κόσμο, καθώς, επίσης, και στην Ελλάδα, με την παρουσία του να είναι έντονη στις αστικές περιοχές της χώρας (Κιούλος, 2014; Κολιόπουλος, 2011; Λύτρα, 2015).

Το *Cx. quinquefasciatus* ευδοκίμει σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές και έχει διαδοθεί σε Αφρική, Αυστραλία, Ασία και Αμερική (Fonseca *et al.*, 2006), ενώ τα *Cx. australicus* και *Cx. globocoxitus*, είναι ενδημικά είδη της Αυστραλίας και της Τασμανίας (Aardema *et al.*, 2022; Dobrotworsky, 1966). Τέλος, το *Cx. p. pallens* εμφανίζεται στις εύκρατες περιοχές τις Κίνας και της Ιαπωνίας (Foster & Walker, 2002).



Εικόνα 1.33. Παγκόσμια διασπορά των κουνουπιών του συμπλέγματος *Culex pipiens*.

1.8.4.ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

Το *Culex pipiens* αποτελεί είδος σπουδαίας υγειονομικής σημασίας, εξαιτίας της ανθρωποφιλίας του και της παγκόσμιας διασποράς του, καθώς και της συμβολής του στη μετάδοση σημαντικών αρμοϊών και άλλων παθογόνων στον άνθρωπο (Lundström, 1999). Αποτελεί το κυριότερο είδος φορέα του ιού του

Δυτικού Νείλου στην Ευρώπη (Hubalek, 2008) και θεωρήθηκε υπεύθυνο για την επιδημία που προκλήθηκε στην Ελλάδα το 2010, με 262 επιβεβαιωμένα κρούσματα και 35 θανάτους (Danis *et al.*, 2011; Gomes *et al.*, 2013). Μεταξύ των ασθενειών που μπορεί να μεταδώσει είναι και οι ιοί Sindbis, Rift Valley, Tahyna, Saint Louis encephalitis, Japanese encephalitis, Flanders, Hart Park, La Crosse, Olifantsvlei, Trivittatus, Turlock, Umatilla, καθώς και η φιλαρίαση του σκύλου (*Dirofilaria immitis*) που μπορεί να προσβάλει τυχαία και τον άνθρωπο (Brugman *et al.*, 2018; ECDC, 2020; Κολιόπουλος, 2011; Λύτρα, 2015).

1.9.ΤΟ ΕΙΔΟΣ *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse 1895

Το *Aedes albopictus* ανήκει στο υπογένος *Stegomyia*, ένα από τα σημαντικότερα υπογένη της Οικογένειας Culicidae από υγειονομικής άποψης, εξαιτίας του γεγονότος ότι περιλαμβάνει πολλά είδη κουνουπιών-διαβιβαστών παθογόνων και παρασίτων για τον άνθρωπο. Το *Aedes albopictus*, μαζί με τα *Ae. aegypti* και *Ae. cretinus*, είναι τα τρία είδη κουνουπιών που αντιπροσωπεύουν το υπογένος *Stegomyia* στην Ευρώπη (Becker *et al.*, 2010). Το *Aedes albopictus* τις τελευταίες δεκαετίες έχει απασχολήσει ιδιαίτερα την ανθρωπότητα και θεωρείται από τα πλέον «επικίνδυνα» είδη κουνουπιών για το Δυτικό ημισφαίριο (Benedict *et al.*, 2007; Estrada & Craig, 1995; Gratz, 2004; Hawley, 1988; Lundström, 1999; Mitchell, 1995; Pinazo *et al.*, 2008), εξαιτίας της ταχύτατης εξάπλωσής του σε νέες περιοχές μακριά από τον αρχικό τόπο παρουσίας του, της επιτυχής εγκατάστασής του σε βιότοπους διαφορετικούς από αυτούς που αρχικά ζούσε, αλλά και της υγειονομικής του σημασίας (Benedict *et al.*, 2007; Lounibos, 2002; Reiter & Sprenger, 1987). Είναι γνωστό με την κοινή ονομασία «Ασιατικό κουνούπι τίγρης» (Asian tiger mosquito), η οποία οφείλεται στην καταγωγή του από τα δάση της Νοτιοανατολικής Ασίας και τον ασπρόμαυρο χρωματισμό του σώματός του (Bhaumik, 2013; Enserink, 2008). Μάλιστα, το συγκεκριμένο είδος θεωρείται ως το πιο χωροκατακτητικό είδος κουνουπιού παγκοσμίως (Enserink, 2008; Meldock *et al.*, 2012).

1.9.1.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

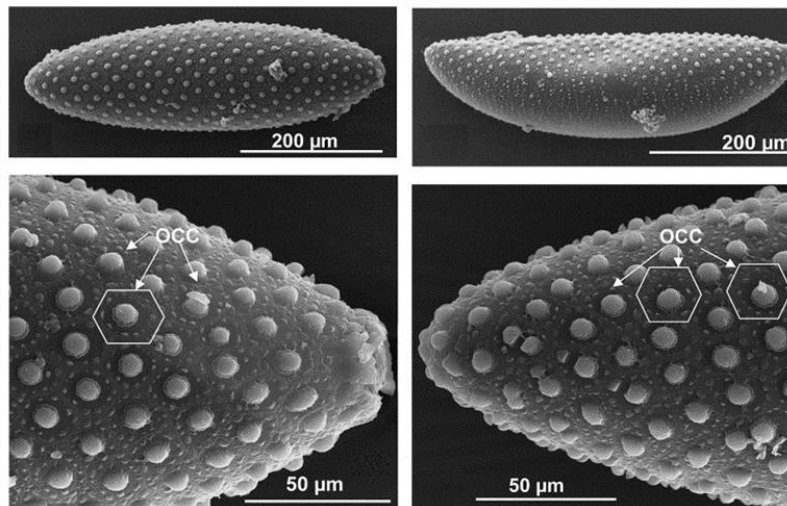
Το σώμα ενός τέλει ατόμου του *Aedes albopictus* έχει μέσο μήκος 4 mm, με διακύμανση από 2 έως 10 mm και το μήκος των πτερύγων του είναι κατά μέσο όρο 2,7 mm (Hartman, 2011). Τα τέλεια έχουν σκούρου χρώματος σώμα με πολλές λευκές περιοχές, κυρίως στον θώρακα, την κοιλία και τα πόδια. Χαρακτηριστικό του είδους αποτελούν τα λέπια (scales) στον θώρακα, τα οποία σχηματίζουν μία έντονη κεντρική λευκή γραμμή που διατρέχει κατά μήκος το επιθωράκιο (scutum) στο μέσο του (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011). Εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής υπάρχουν δύο μικρές δυσδιάκριτες λευκές λωρίδες, με μήκος μικρότερο από το μισό της κεντρικής γραμμής. Η πλευρική όψη του θώρακα έχει διακεκομμένα λευκά σχέδια

και στα ισχία υπάρχουν κηλίδες από λευκά λέπια. Ο θυρεός είναι τρίλοβος, με τρίχες σε κάθε λοβό. Στην κοιλία υπάρχουν, επίσης, λευκά-αργυρόχρωμα λέπια που σχηματίζουν πλήρεις λωρίδες και κηλίδες. Τα νεύρα των πτερύγων καλύπτονται από σκούρου χρώματος λέπια, με εξαίρεση μία κηλίδα που δημιουργείται από λευκά λέπια στη βάση του πλευρικού νεύρου (costa). Η προβοσκίδα έχει σκούρο χρώμα και οι προσακτρίδες των θηλυκών έχουν μήκος ίσο με το 1/5 της προβοσκίδας με λευκά λέπια στην ραχιαία επιφάνειά τους (Becker *et al.*, 2010). Οι ταρσοί των πρόσθιων και των μεσαίων ποδιών έχουν ευρείς λευκούς δακτυλίους στα ταρσομερή I και II και των οπίσθιων στα ταρσομερή I έως IV, με το ταρσομερές V να είναι ολόκληρο λευκό. Τέλος, τα *Ae. albopictus* φέρουν απλούς όνυχες σε όλα τα πόδια τους (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).



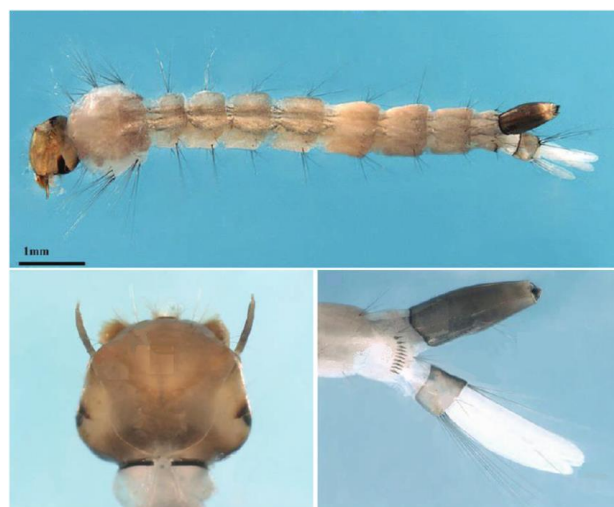
Εικόνα 1.34. Μορφολογία τέλειου *Aedes albopictus*.

Τα ωά του *Aedes albopictus* έχουν ατρακτοειδή μορφή (διογκωμένο κέντρο και λεπυνόμενα άκρα) και τραχιά επιφάνεια, λόγω της παρουσίας μεγάλων σφαιρικών φυματίων (outer chorionic tubercles) σε κάθε κυτταροειδή σχηματισμό του εξωτερικού χόριου (chorion) (Estrada-Franco & Craig, 1995). Γύρω από κάθε μεγάλο φυμάτιο υπάρχουν μικρότερα εξογκώματα (Κολιόπουλος, 2011). Τη στιγμή της ωοτοκίας είναι ανοιχτόχρωμα και μαλακά και σε διάστημα μερικών ωρών αποκτούν σκούρο γυαλιστερό χρωματισμό και σκληραίνουν, ενώ παράλληλα παρουσιάζουν υψηλή αντοχή στην αφυδάτωση, γεγονός που τους επιτρέπει να επιβιώνουν και να εξαπλώνονται ταχέως σε όλον τον κόσμο (Benoit *et al.*, 2010; Diniz *et al.*, 2017; Faull *et al.*, 2016; Schmidt *et al.*, 2018).



Εικόνα 1.35. Ωό του *Aedes albopictus*, όπως φαίνεται σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Πάνω: ραχιαία και πλάγια επιφάνεια ωού. Κάτω: πρόσθιο και οπίσθιο άκρο ωού. Συντομογραφία: OCC, outer chorionic cell - κύτταρο εξωτερικού χορίου.

Σύμφωνα με την κλείδα της Βογιατζόγλου-Σαμανίδου (2011) και των Becker *et al.* (2010) τα κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά των προνυμφών 4^{ης} ηλικίας του *Aedes albopictus* είναι τα παρακάτω: Το μήκος της κεφαλής είναι περίπου ίσο με το φάρδος της. Οι κεραίες έχουν μήκος ίσο με το μισό της κεφαλής και δεν είναι ακανθωτές. Η σμήριγγα 1-A είναι απλή και βρίσκεται κοντά στο μέσο του άξονα της κεραίας. Οι σμήριγγες 4 και 6-C είναι τοποθετημένες στο πρόσθιο μέρος της κεφαλής. Το σιφώνιο είναι κοντό, χωρίς βελονοειδή απόφυση στη βάση του και λεπταίνει ευδιάκριτα από το μέσο του. Ο λόγος του μήκους του σιφωνίου προς το εύρος της βάσης του (siphonal index) είναι 1,7-2,5. Τα λέπια του κτενιδίου φέρουν μια μεγάλη άκανθα και ασθενείς πλευρικές άκανθες (weak lateral spiracles). Οι υποστηρικτικές πλάκες των μεταθωρακικών σμηρίγγων 9-12-T έχουν πολύ μικρή άκανθα. Οι σμήριγγες 4-X είναι όλες απλές (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011).



Εικόνα 1.36. Προνύμφη του είδους *Aedes albopictus*.

Ο Darsie (1999) αναφέρει ότι η διάκριση των νυμφών του *Aedes albopictus* από αυτές παρόμοιων ειδών, όπως το *Ae. aegypti* και *Ae. cretinus*, βασίζεται στις σμήριγγες που φέρει ο κεφαλοθώρακας και τα κοιλιακά τμήματα της νύμφης, καθώς και στη μορφολογία και το μέγεθος των τελικών προσαρτημάτων που μοιάζουν με κουπιά (paddles) και χρησιμεύουν για την κίνηση της νύμφης μέσα στο νερό. Συγκεκριμένα, στις νύμφες του *Ae. albopictus*, η σμήριγγα 9-VIII (στο 8^ο κοιλιακό τμήμα) είναι συνήθως μονή και φθάνει πέρα από τα όρια των paddles, η σμήριγγα 10-CT (CT: του κεφαλοθώρακα) έχει ίσο μήκος με τη σμήριγγα 11-CT, η σμήριγγα 2-VII (στο 7^ο κοιλιακό τμήμα) φύεται πλευρικά της σμήριγγας 1-VII, η σμήριγγα 9-VII (στο 7^ο κοιλιακό τμήμα) είναι συνήθως μονή και λεία. Επίσης, η σμήριγγα 9-VI έχει πάχος ίσο με τη σμήριγγα 9-V και μήκος λιγότερο από το διπλάσιό της. Η σμήριγγα 1-II (στο 2^ο κοιλιακό τμήμα) εμφανίζεται με 4-8 διακλαδώσεις, τα paddles φέρουν οδοντώσεις στο περιθώριο με τη μορφή κροσσού (paddle fringe) και τέλος, ο λόγος μεταξύ του μήκους και του εύρους των paddles (paddle index) είναι 1,22-1,38 (Darsie, 1999).



Εικόνα 1.37. Νύμφη του *Aedes albopictus*.

1.9.2.ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Το θηλυκό κουνούπι *Aedes albopictus*, μετά την έξοδό του, αναζητά ξενιστή για το πρώτο γεύμα αίματος, εντός των πρώτων 2-3 ημερών, για την ανάπτυξη των ωών του (Hartman, 2011). Σε εργαστηριακές εκτροφές, έχει αναφερθεί και αυτόγονη δραστηριότητα του είδους, δηλαδή ωρίμανση των ωών χωρίς λήψη αίματος, σε μικρό ποσοστό που, όμως, είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς δίνεται η δυνατότητα διαίωνισης του είδους, ακόμα και απουσία ξενιστών (Estrada-Franco & Craig, 1995). Τρέφεται από ένα ευρύ φάσμα ξενιστών, ανάλογα με τη διαθεσιμότητά τους και το περιβάλλον. Όταν έχει την επιλογή, τρέφεται πρωτίστως με ανθρώπινο αίμα, μπορεί όμως, να λάβει αίμα κι από μια ποικιλία ζώων, όπως οικόσιτα και κατοικίδια ζώα, πτηνά (όπως στρουθιόμορφα και περιστερόμορφα) (Becker *et al.*, 2010; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011), ερπετά και αμφίβια (Delatte *et*

al., 2010; Kamgang *et al.*, 2012). Η ευκαιριακή ζωοφιλία που εμφανίζει ενισχύει το φάσμα των παθογόνων που μπορεί να μεταδώσει και τις οικολογικές θέσεις που μπορεί να καταλάβει (Becker *et al.*, 2010; Paupy *et al.*, 2009).

Η αναζήτηση ξενιστή πραγματοποιείται σε δύο διαφορετικές περιόδους της ημέρας: νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα (Hartman, 2011), ενώ μπορεί να δραστηριοποιηθεί και κατά τη διάρκεια της νύχτας (Γιατρόπουλος, 2014). Θεωρείται ένα τυπικά εξωδίαιτο και εξώφιλο είδος κουνουπιού (Faraji *et al.*, 2014; Hawley, 1988; Kraemer *et al.*, 2015), με τα θηλυκά να νύσσουν στο ύπαιθρο και σε σκιερές θέσεις, κυρίως αστικών και ημιαστικών περιοχών (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Napp *et al.*, 2018). Ωστόσο, μπορούν να εισέλθουν σε κατοικίες και κλειστούς χώρους για να τραφούν τη μέρα ή τη νύχτα (Becker *et al.*, 2010; Napp *et al.*, 2018). Ανάλογα με το περιβάλλον που διαβιούν προσαρμόζονται, ρυθμίζοντας το μέγιστο της δραστηριότητάς τους τις ώρες που είναι πιο πιθανό να βρουν ξενιστή (Hartman, 2011). Το *Ae. albopictus*, προτιμάει να νύσσει κατά κύριο λόγο κοντά στο έδαφος, ενώ έχουν αναφερθεί τσιμπήματα, ακόμα και σε ύψος 9 μέτρων (Γιατρόπουλος, 2014). Είναι επιθετικό είδος, το οποίο πέρα από τη μετάδοση ασθενειών, προκαλεί σημαντική όχληση με την παρουσία του και μόνο, δυσχεραίνοντας τη διαβίωση των κατοίκων στις περιοχές που δραστηριοποιείται κι επιφέρει σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις (Meldock *et al.*, 2012).

Το *Ae. albopictus* έχει αδύναμη πτήση κι επομένως, οι δραστηριότητές του περιορίζονται σε εμβέλεια έως 500 μέτρων από την εστία νερού (Hartman, 2011). Σύμφωνα με τους Niebylski & Craig (1994), οι οποίοι μελέτησαν στο ύπαιθρο την ακτίνα πτήσης του *Ae. albopictus* με σήμανση τέλειων κουνουπιών του είδους, απελευθέρωση και επανασυλλογή τους, η μέγιστη ακτίνα πτήσης για τα θηλυκά άτομα ήταν στα 525 μέτρα και για τα αρσενικά στα 225 μέτρα, ενώ η πλειονότητα των αρσενικών (84,9%) δεν ξεπέρασε τα 100 μέτρα.

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία, επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την επιβίωση των τέλειων ατόμων. Οι Gao *et al.* (1984), υπολόγισαν ότι η μακροβιότητα των τέλειων θηλυκών ατόμων του *Ae. albopictus* σε συνθήκες εργαστηρίου, που διατηρούνταν σε κλωβούς στους 25 ± 1 °C και σχετική υγρασία $80 \pm 5\%$, διήρκεσε περίπου 30-40 ημέρες, ενώ το ανώτατο και κατώτατο θερμοκρασιακό όριο επιβίωσης ήταν 40 °C και -5 °C, αντίστοιχα (Gao *et al.*, 1984). Ο Hartman (2011) αναφέρει ότι σε εύκρατο κλίμα με σχετικά υψηλή υγρασία, η μέση διάρκεια ζωής των θηλυκών ατόμων κυμάνθηκε στις 30 με 40 ημέρες. Θηλυκά του είδους έχουν ζήσει έως και 117 ημέρες σε εργαστηριακές συνθήκες, σε διάφορα πειράματα, με διαφορετικές τροφές και διαφορετικές ποσότητες. Ωστόσο, αυτή είναι μια ακραία κατάσταση που δεν είναι δυνατόν να συμβεί στο φυσικό περιβάλλον (Hartman, 2011). Σε πειράματα των Cui *et al.* (2021), που διεξήχθησαν σε τροπική περιοχή της Κίνας με κουνούπια του *Ae. albopictus*, υπό φυσικές συνθήκες, σε εσωτερικούς χώρους (29,7 °C, 75,6% Σ.Υ.), ημι-σκιερούς (27,6 °C, 95,9% Σ.Υ.) και πλήρως σκιερούς (26,4 °C, 98,4% Σ.Υ.) εξωτερικούς χώρους,

υπολογίστηκε ότι ο μέσος χρόνος επιβίωσης των θηλυκών ήταν $27,3 \pm 0,8$ ημέρες σε εσωτερικούς χώρους, ο οποίος ήταν σημαντικά μεγαλύτερος από εκείνον στους ημι-σκιερούς ($18,4 \pm 0,6$ ημέρες) και σκιερούς ($13,8 \pm 1,2$ ημέρες). Ο μέγιστος χρόνος επιβίωσης των θηλυκών ήταν 70 ημέρες στον εσωτερικό χώρο, 34 ημέρες στον πλήρως σκιερό και 46 ημέρες στον ημι-σκιερό χώρο. Όσον αφορά τα αρσενικά άτομα, στην ίδια μελέτη, η μέση διάρκεια ζωής των αρσενικών κουνουπιών ήταν $17,3 \pm 0,6$ ημέρες στην ημι-σκιερή περιοχή, η οποία ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από εκείνη στον εσωτερικό χώρο ($13,8 \pm 0,3$ ημέρες) και στον σκιερό χώρο ($12,7 \pm 1,2$ ημέρες). Γενικότερα, φαίνεται ότι τα αρσενικά άτομα έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής σε σύγκριση με τα θηλυκά.

Το *Aedes albopictus* μπορεί να αναπαραχθεί με πολλές γενεές κάθε χρόνο (Becker *et al.* 2010, Βογιατζόγλου-Σαμανίδου 2011) και σε συνθήκες εργαστηρίου μπορεί να ολοκληρώσει τον βιολογικό του κύκλο (από ωό σε τέλειο) σε λιγότερο από 10 ημέρες (Hawley, 1988). Οι Gomes *et al.* (1995) υπολόγισαν ότι ο συνολικός χρόνος που χρειάστηκε από την εκκόλαψη των προνυμφών μέχρι την εμφάνιση των τέλειων ατόμων, ήταν 19,6, 27,3 και 37,5 ημέρες για κουνούπια *Ae. albopictus* που εκτράφηκαν σε τρύπα δένδρου, στέλεχος από μπαμπού και ελαστικό αυτοκινήτου, αντίστοιχα.

Τα θηλυκά του *Ae. albopictus* αποθέτουν τα ωά τους μεμονωμένα και προτιμούν να ωοτοκούν σε κάθετες και τραχιές επιφάνειες σκούρου χρώματος, πάνω από τη στάθμη του νερού. Συνηθίζουν να μετακινούνται μεταξύ διαφορετικών εστιών, εναποθέτοντας σε κάθε μία λίγα ωά κάθε φορά και όχι όλα τα ωά σε μία μόνο εστία, ως μία στρατηγική επιβίωσης του είδους (Estrada-Franco & Craig, 1995). Οι Aida *et al.* (2011), οι οποίοι μελέτησαν μεταξύ άλλων και τον ρυθμό ωοτοκίας του *Ae. albopictus* από νύμφες που συνέλεξαν στην Πολιτεία Πενάνγκ της Μαλαισίας και τις μετέφεραν στο εργαστήριο (29 ± 3 °C και $75 \pm 10\%$ Σ.Υ.), υπολόγισαν ότι ο μέσος αριθμός των ωών που γεννήθηκαν από κάθε θηλυκό στον πρώτο γονοτροφικό κύκλο ήταν 77,4 ωά, αναφέροντας ότι στην παρούσα μελέτη το *Ae. albopictus* είχε αυξημένη γονιμότητα. Γενικότερα, στον πρώτο γονοτροφικό κύκλο τα θηλυκά του συγκεκριμένου είδους γεννούν τον μεγαλύτερο αριθμό ωών, ο οποίος μπορεί να είναι από 42 έως 88 ωά. Σε εργαστηριακές συνθήκες, η μέση αναπαραγωγική ικανότητα κυμαίνεται στα 300 με 345 ωά ανά θηλυκό, ενώ μπορεί να γεννήσει έως και 950 κατά τη διάρκεια της ζωής τους (Estrada-Franco & Craig, 1995). Ο αριθμός των ωών φαίνεται να επηρεάζεται και από το είδος του ξενιστή που έλαβε αίμα το τέλειο θηλυκό πριν την ωοτοκία, καθώς, σύμφωνα με τους Xue *et al.* (2009), τα ωά που προέκυψαν από θηλυκά του *Ae. albopictus* που τράφηκαν με αίμα από κοτόπουλο, ινδικό χοιρίδιο και άνθρωπο ήταν 67, 80 και 82 ωά ανά θηλυκό, αντίστοιχα.

Τα ωά είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στην ξηρασία, γεγονός που ευνοεί τη μεταφορά τους σε μεγάλες αποστάσεις. Από τη στιγμή που θα κατακλειστούν με νερό, ορισμένα ωά θα εκκολαφθούν αμέσως, ενώ άλλα μπορεί να χρειαστούν

μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και να εκκολάπτονται προοδευτικά. Παρατηρείται, δηλαδή, το φαινόμενο της συνεχόμενης εκκολαπτικότητας (installment hatching), όπου ακόμα κι αν οι επικρατούσες συνθήκες είναι ευνοϊκές, τα ωά εκκολάπτονται σταδιακά κατά ομάδες (Estrada-Franco & Craig, 1995). Η εκκολαπτικότητα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία και τη διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών στα ενδιδαιτήματα των προνυμφών, καθώς και από τη δραστική μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, που συνήθως, σχετίζεται με έντονη μικροβιακή δραστηριότητα (Edgerly *et al.*, 1993; Gjullin *et al.*, 1941). Επιπλέον, τα ωά του *Ae. albopictus* μπορεί να χρειασθούν διαδοχικές κατακλίσεις με νερό προκειμένου να εκκολαφθούν. Ο αριθμός των κατακλίσεων εξαρτάται από τη φυλή, τον βαθμό αφυδάτωσης των ωών και τη συγκέντρωση του οξυγόνου στο νερό (Hawley, 1988).

Σε τροπικά και υποτροπικά κλίματα το *Ae. albopictus* συνεχίζει να αναπαράγεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ σε εύκρατες περιοχές, όπως στην Ευρώπη, εμφανίζει διάπαυση και διαχειμάζει στο στάδιο του ωού (Becker *et al.* 2010, Βογιατζόγλου-Σαμανίδου 2011). Όταν το τέλειο θηλυκό εκτεθεί σε μικρής διάρκειας φωτοπερίοδο και χαμηλές θερμοκρασίες, όπως συμβαίνει κατά τη διάρκεια του χειμώνα, τα ωά που θα ωοτοκήσει θα εισέλθουν σε φάση διάπαυσης, έως ότου οι καιρικές συνθήκες ευνοήσουν την εκκόλαψή τους (Hanson & Craig, 1994; Lounibos *et al.*, 2003).

Το *Aedes albopictus* ωοτοκεί σε μικρές φυσικές ή τεχνητές συλλογές νερού. Ήταν, αρχικά, είδος, του οποίου οι προνύμφες αναπτύσσονταν σε κοιλότητες δένδρων και κυρίως, στις κοιλότητες των μπαμπού (Huang, 1972). Πλέον, οι προνύμφες του έχουν εντοπιστεί σε ποικιλία ενδιδαιτημάτων, όπως μασχάλες φύλλων, άδειες καρύδες, λακκούβες με νερό στο έδαφος, οπές σε βράχους, πιατάκια γλαστρών, κουτιά από κονσέρβες, βάζα, κουβάδες, πεταμένα λάστιχα αυτοκινήτων, σπασμένα μπουκάλια, στέρνες, βαρέλια, δοχεία νερού για κατοικίδια, ποτίστρες πουλιών, υδρορροές, μικρά σιντριβάνια κ.ά. (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Becker *et al.*, 2010; Estrada-Franco & Craig, 1995; Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011).

Το μέγεθος των προνυμφών και η διάρκεια του προνυμφικού σταδίου επηρεάζονται από τη θερμοκρασία, τη διαθεσιμότητα τροφής, τον συνωστισμό και το φύλο (Hartman, 2011). Σε πείραμα πεδίου, οι Gomes *et al.* (1995) υπολόγισαν ότι το προνυμφικό στάδιο διήρκεσε 7,7, 14,3 και 13,5 ημέρες για κουνούπια *Ae. albopictus* που εκτράφηκαν σε τρύπα δένδρου, στέλεχος από μπαμπού και ελαστικό αυτοκινήτου, αντίστοιχα, ενώ και στις τρεις εστίες παρατήρησαν ότι η προνύμφη 4^{ου} σταδίου χρειάστηκε τον περισσότερο χρόνο ανάπτυξης. Στη συγκεκριμένη μελέτη, η θερμοκρασία ήταν ίδια και στις τρεις εστίες (22 °C), ενώ δεν χορηγήθηκε τροφή στις προνύμφες από τους ερευνητές κατά τη διάρκεια του πειράματος.

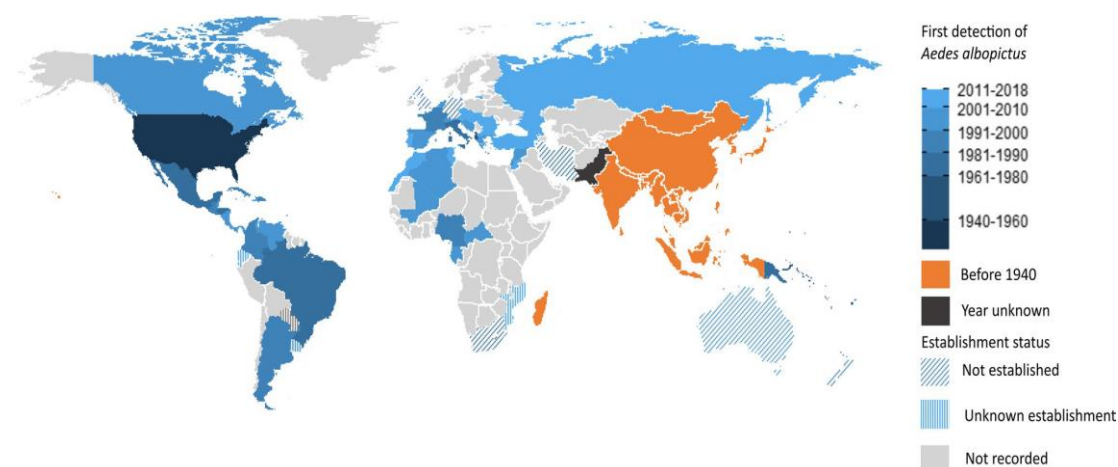
Το στάδιο της νύμφης διαρκεί δύο περίπου ημέρες, με την έξοδο των αρσενικών να προηγείται των θηλυκών. Τα αρσενικά παραμένουν στο νυμφικό

στάδιο κατά μέσο όρο 32-36 ώρες και τα θηλυκά 49-52 ώρες (Hartman, 2011), ενώ έχει αναφερθεί ότι μπορούν να επιβιώσουν σε συνθήκες ξηρασίας έως και 2 ημέρες στους 26 °C και σχ. υγρασία 87% (Estrada-Franco & Craig, 1995).

1.9.3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ

Αρχικά, η διασπορά του *Ae. albopictus* περιοριζόταν στην Ανατολική Ασία και την Ωκεανία, όπου και ενδημούσε (Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011). Σήμερα, είναι γνωστό ότι εμφανίζεται σε 126 χώρες παγκοσμίως (Wilkerson *et al.*, 2020), σε όλες τις ηπείρους, με εξαίρεση την Ανταρκτική (Benedict *et al.*, 2007; Caminade *et al.*, 2012), ενώ αναμένεται η εξάπλωσή του να επεκταθεί περαιτέρω, λόγω της παγκόσμιας θερμοκρασιακής αύξησης (Cunze *et al.*, 2016).

Το *Aedes albopictus* πλέον εμφανίζεται στη Βόρεια, Νότια και Κεντρική Αμερική, σε περιοχές της Αφρικής, στη Βόρεια Αυστραλία και σε διάφορες χώρες της Ευρώπης (Benedict *et al.* 2007, Enserink 2008). Η εξάπλωσή του θεωρείται ότι οφείλεται κυρίως στο εμπόριο μεταχειρισμένων ελαστικών, τα οποία αποτελούν μία από τις κυριότερες εστίες ωστοκίας του είδους, με αποτέλεσμα τα ανθεκτικά στην αφυδάτωση να μεταφέρονται σε νέες περιοχές (Craven *et al.*, 1988; Grist, 1993, Reiter, 1998; Reiter & Sprenger, 1987).



Εικόνα 1.38. Παγκόσμια εξάπλωση του *Aedes albopictus*, όπου φαίνεται η χρονολογία της πρώτης καταγραφής του είδους ανά περιοχή.

Ο κύριος τρόπος διασποράς του είναι συνήθως η παθητική μεταφορά, η οποία γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με τη μεσολάβηση του ανθρώπου. Οι θαλάσσιες μεταφορές, τα οχήματα, καθώς και το διεθνές εμπόριο μεταχειρισμένων ελαστικών και τροπικών καλλωπιστικών φυτών του γένους *Dracaena sp.* (lucky bamboo), τα οποία αποτελούν συνήθεις εστίες απόθεσης ωών του είδους αυτού, συνέβαλαν στη μεταφορά του *Ae. albopictus* σε νέους τόπους και ηπείρους (Enserink, 2008; Eritja *et al.*, 2017; Ibanez-Justicia, 2020; Swan *et al.*, 2022).

Στην Ευρώπη εντοπίστηκε, αρχικά, στην Αλβανία (1979), από όπου πιθανολογείται ότι ξεκίνησε η διασπορά του προς τις υπόλοιπες Μεσογειακές

χώρες (Adhami & Reiter, 1998). Αργότερα, καταγράφηκε στην Ιταλία (1990) (Sabatini *et al.*, 1990), στη Γαλλία (1999) (Schaffner & Said, 1999; Schaffner & Karch, 2000; Schaffner *et al.*, 2001) και στο Μαυροβούνιο (2001) (Pétrie *et al.*, 2001). Πλέον, έχει αναφερθεί σε 20 Ευρωπαϊκές χώρες, συμπεριλαμβανομένων της Αλβανίας, του Βελγίου, της Βοσνίας και Ερζεγοβίνης, της Κροατίας, της Γαλλίας (με την Κορσική), της Γερμανίας, της Ελλάδας, της Ιταλίας (με τη Σαρδηνία και τη Σικελία), της Μάλτας, του Μονακό, του Μοντενέγκρο, της Ολλανδίας, του Σαν Μαρίνο, της Σερβίας, της Σλοβενίας, της Ισπανίας, της Ελβετίας, του Βατικανό, της Βουλγαρίας, καθώς και της Τουρκίας (ECDC, 2009; Gatt *et al.*, 2009; Petric, 2009).

Στην Ελλάδα βρέθηκε για πρώτη φορά στην Κέρκυρα και τη Θεσπρωτία το 2003-2004 (Samanidou-Voyadjoglou *et al.*, 2005), κι έπειτα, στις Σέρρες το 2007 και στην Αττική το 2008 (Σαββοπούλου-Σουλτάνη, 2011). Έκτοτε, έχει εντοπιστεί στο μεγαλύτερο μέρος της ηπειρωτικής χώρας, με εξαίρεση ορισμένες περιοχές της Βορείου Ελλάδας και ορισμένα νησιά του Αιγαίου πελάγους (Badieritakis *et al.*, 2018).

1.9.4.ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

Το *Aedes albopictus* έχει μεγάλη υγειονομική σημασία και αποτελεί κίνδυνο για τη δημόσια υγεία στις περιοχές που δραστηριοποιείται, καθώς είναι δυνητικός φορέας πολλών σοβαρών ασθενειών για τον άνθρωπο. Μαζί με το *Ae. aegypti*, έχει αποδειχθεί ότι είναι οι σημαντικότεροι διαβιβαστές του δάγκειου και του δάγκειου αιμορραγικού πυρετού, προσβάλλοντας εκατομμύρια ανθρώπους κάθε χρόνο σε Ασία, Αφρική και Αμερική (Lundström, 1999; Mitchell, 1995; Pinazo Delgado *et al.*, 2008). Έχει, επίσης, τεκμηριωθεί η εμπλοκή του *Ae. albopictus* στη μετάδοση τουλάχιστον 22 ακόμα αρμοϊών και παθογόνων, όπως είναι οι αρμοϊοί Chikungunya (ECDC, 2007; Mangiafico, 1971; Parola *et al.*, 2006; Rezza *et al.*, 2007), Ιαπωνική Εγκεφαλίτιδα (Huang, 1957; Mitchell *et al.*, 1992; Mitchell *et al.*, 1993; Xu, 1998), Ιός του Δυτικού Νείλου (Holick *et al.*, 2002), La Crosse virus, St. Louis Encephalitis, Eastern Equine Encephalomyelitis (CDC, 1992; Mitchell *et al.*, 1992), Western Equine Encephalomyelitis, ιός του Κίτρινου Πυρετού (Bellini, 2001), το βακτήριο *Wolbachia* (Armbruster *et al.*, 2003) και οι νηματώδεις των φιλαριάσεων *Dirofilaria immitis* (Chellapah & Chellapah Jr, 1968; Konishi, 1989; Suenaga, 1972) και *Dirofilaria repens* (Cancrini *et al.*, 1995; Cancrini *et al.*, 2003) που προκαλούν ασθένειες κυρίως στα σκυλιά, αλλά και στους ανθρώπους. Εργαστηριακά έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να μεταδώσει αρκετούς ακόμη αρμοϊούς, όπως οι Sindbis, Keystone, Tensaw, Cache Valley, Mayaro, Oropouche και Potosi (Dohm *et al.*, 1995; Hawley, 1988; Mitchell, 1991; Shroyer, 1986; Smith & Franci, 1991).

1.10.ΤΟ ΕΙΔΟΣ *Aedes (Stegomyia) cretinus* Edwards 1921

Το είδος *Aedes cretinus* περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Edwards, το 1921, από δείγματα προερχόμενα από την Κρήτη, στην οποία οφείλεται και η ονομασία «*cretinus*». Ο ίδιος ενέταξε το είδος αυτό στο υπογένος *Stegomyia*, καθώς εμφανίζει πολλές μορφολογικές ομοιότητες και συγγένεια με το *Aedes albopictus* Skuse, θεωρώντας το ως το αντίστοιχο είδος του *Ae. albopictus* για την περιοχή της Μεσογείου (Samanidou-Vogadjoglou, 1998). Σύμφωνα με τον Darsie (1999), το *Aedes cretinus* είναι το μοναδικό είδος του υπογένους *Stegomyia*, το οποίο είναι ιθαγενές στην Ευρώπη.

1.10.1.ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Τα τέλεια άτομα του *Aedes cretinus* διαχωρίζονται εύκολα από τα υπόλοιπα είδη κουνουπιών, με εξαίρεση το *Ae. albopictus*, χάρη στα σχέδια που δημιουργούν τα λέπια σε διάφορα μέρη του σώματός τους. Όπως και το *Ae. albopictus*, το σώμα των τέλειων του είδους αυτού έχει μαύρο χρώμα, ενώ εντοπίζονται ανοιχτόχρωμα λέπια κυρίως στον θώρακα, την κοιλία και τα πόδια. Χαρακτηριστικά είναι τα λέπια στον θώρακα, οι λωρίδες που σχηματίζονται από αργυρόχρωμα- λευκά λέπια στα κοιλιακά τμήματα και οι φαρδιοί δακτύλιοι στη βάση των ταρσομερών των οπίσθιων ποδιών.



Εικόνα 1.39. Μορφολογία του είδους *Aedes cretinus*.

Όπως ειπώθηκε νωρίτερα, τα τέλεια άτομα του *Ae. cretinus* εμφανίζουν πολλά κοινά μορφολογικά χαρακτηριστικά με αυτά του *Ae. albopictus*. Οι μορφολογικές διαφορές που βοηθούν στη διάκριση των δύο ειδών είναι οι εξής:

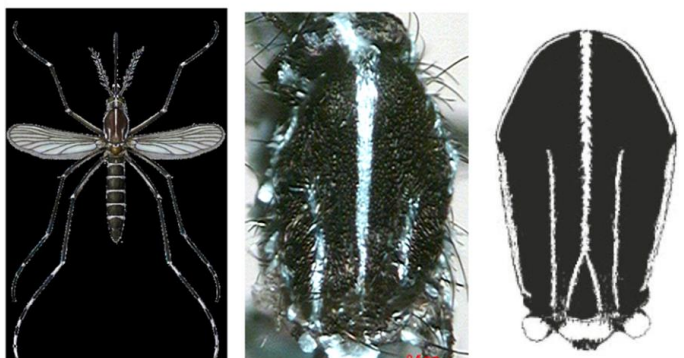
ι) Τα τέλεια του *Ae. cretinus* φέρουν στον θώρακα μία έντονη κεντρική λευκή γραμμή που διατρέχει κατά μήκος το επιθωράκιο (scutum) και διακλαδίζεται λίγο πριν τον θυρεό (scutellum), με τις διακλαδώσεις να εκτείνονται ως τον θυρεό. Εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής υπάρχουν άλλες δύο ευδιάκριτες στενές λευκές γραμμές που εκτείνονται από τον θυρεό μέχρι το μισό μήκος της κεντρικής γραμμής. Στο *Ae. albopictus*, τα ανοιχτόχρωμα λέπια στον θώρακα, πέρα από την

ευδιάκριτη κεντρική γραμμή, η οποία δεν εκτείνεται ως τον θυρεό, σχηματίζουν εκατέρωθεν αυτής, δύο μικρές δυσδιάκριτες λευκές λωρίδες, με μήκος μικρότερο από το μισό της κεντρικής γραμμής.

Aedes albopictus



Aedes cretinus



Εικόνα 1.40. Επιθωράκιο του *Aedes albopictus* (πάνω) και *Aedes cretinus* (κάτω).

ii) Στο *Ae. cretinus*, στο πλευρικό τμήμα του θώρακα υπάρχουν ανοιχτόχρωμα λέπια που σχηματίζουν σχεδόν συνεχόμενη λευκή γραμμή από τον προθώρακα ως την πρόσφυση της πτέρυγας, ενώ στην περίπτωση του *Ae. albopictus*, η αντίστοιχη γραμμή είναι διακεκομμένη.



Εικόνα 1.41. Πλευρική όψη θώρακα του *Ae. albopictus* (αριστερά) και *Ae. cretinus* (δεξιά).

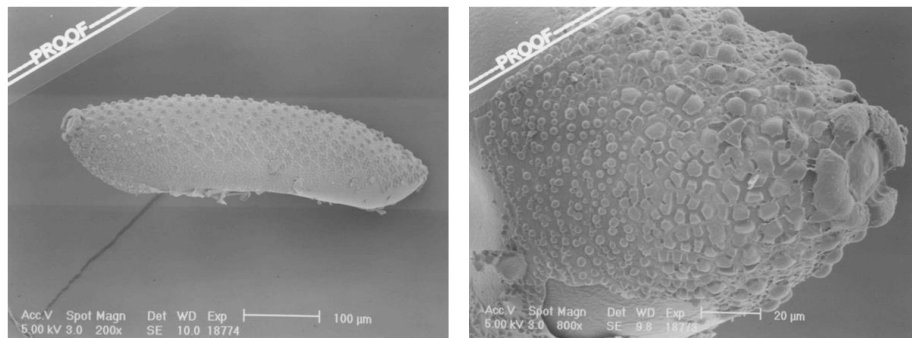
iii) Τα θηλυκά του *Ae. cretinus* φέρουν όνυχες με όδοντα στη βάση τους, στα πρόσθια και μεσαία πόδια, ενώ έχουν απλούς όνυχες μόνο στα οπίσθια πόδια, σε αντίθεση με το *Ae. albopictus*, το οποίο φέρει απλούς όνυχες και στα τρία ζεύγη ποδιών.



Εικόνα 1.42. Οδοντωτός όνυχας του *Aedes cretinus* (αριστερά) και απλός όνυχας του *Aedes albopictus* (δεξιά).

iv) Τέλος, τα τέλεια άτομα του *Ae. cretinus* έχουν λέπια στο μετάμερο (metameron), ενώ στο *Ae. albopictus* η περιοχή αυτή δεν έχει λέπια (Drasie & Samanidou-Voyadjoglou, 1997; Darsie, 1999; Patsoula *et al.*, 2006).

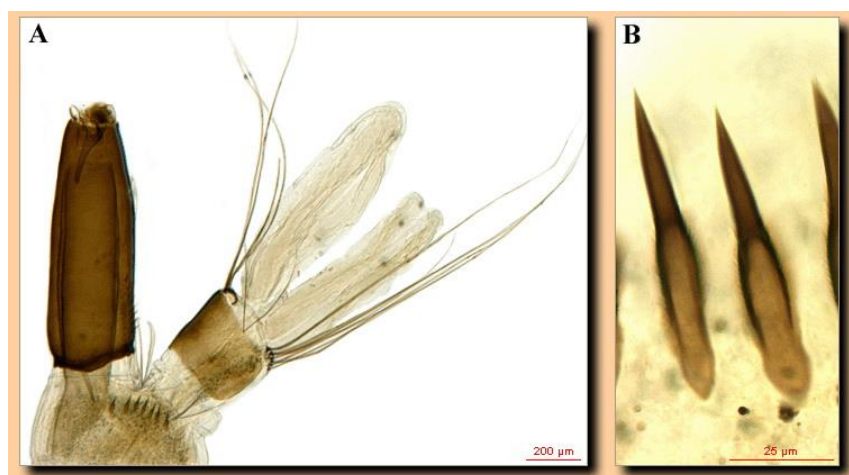
Όσον αφορά τα ωά του *Aedes cretinus*, μοιάζουν σε μεγάλο βαθμό με αυτά του *Ae. albopictus*. Έχουν και αυτά ατρακτοειδή μορφή με διογκωμένο κέντρο και λεπυνόμενα άκρα και τραχιά επιφάνεια. Το χρώμα τους είναι σκούρο έως μαύρο, με γυαλιστερή όψη. Σε κάθε κυτταροειδή σχηματισμό του εξωτερικού χόριου φέρουν μεγάλα ημισφαιρικά φυμάτια και γύρω από το καθένα υπάρχουν μικρότερα εξογκώματα. Το μήκος των ωών του *Ae. cretinus* είναι μεγαλύτερο από αυτά του *Ae. albopictus* και φαίνεται να έχουν πιο μακρόστενο σχήμα. Οι διαστάσεις των μεγάλων φυματίων και ο αριθμός των μικρότερων φυματίων στα ωά του *Ae. cretinus* είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα του *Ae. albopictus* (Κολιόπουλος, 2011).



Εικόνα 1.43. Γενική εικόνα ωού του *Ae. cretinus*, όπως φαίνεται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (μεγέθυνση 200x) (αριστερά), Λεπτομέρεια ωού του *Ae. cretinus*, όπως φαίνεται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (μεγέθυνση 800x) (δεξιά).

Στις προνύμφες του *Ae. cretinus* οι κεραίες είναι λείες (όχι ακανθωτές) και η σμήριγγα 1-A είναι λεπτή και απλή. Οι σμήριγγες 4 και 6-C είναι τοποθετημένες πρόσθια στην κεφαλή και η σμήριγγα 7-C είναι μονή. Οι υποστηρικτικές πλάκες των μεταθωρακικών σμηρίγγων 9-12-T έχουν πολύ μικρή άκανθα. Τα λέπια του κτενιδίου φέρουν μεγάλη μεσαία άκανθα και ασθενείς πλευρικές άκανθες (weak lateral spicules) στις οδοντώσεις του κτενίου. Οι οδοντώσεις του κτενίου είναι 10-

13. Το σιφώνιο δεν έχει βελονοειδή απόφυση στη βάση του. Ο λόγος του μήκους του σιφωνίου προς το εύρος της βάσης του (siphonal index) είναι περίπου 2. Οι προνύμφες 4^{ης} ηλικίας του *Ae. cretinus* διαφέρουν από αυτές του *Ae. albopictus*, γιατί όλες οι 4-Χ σμήριγγες στο ουραίο ριπίδιο (cratal satae) είναι μονήρεις στο *Ae. albopictus*, ενώ στο *Ae. cretinus* οι περισσότερες είναι απλές, αλλά κάποιες είναι διακλαδισμένες (Becker *et al.*, 2010; Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Darsie Jr. & Samanidou-Voyadjoglou, 1997).



Εικόνα 1.44. Σιφώνιο και άκανθες κτενίου της προνύμφης του *Aedes cretinus*.

Σύμφωνα με τη διχοτομική κλείδα του Darsie (1999), στις νύμφες του *Ae. cretinus* η σμήριγγα 1-II (στο 2^ο κοιλιακό τμήμα) έχει 2 ή 3 διακλαδώσεις, η σμήριγγα 9-VIII (στο 8^ο κοιλιακό τμήμα) είναι, συνήθως, μονή και δε φθάνει πέρα από τα όρια των paddles (τελικά προσαρτήματα που μοιάζουν με κουπιά και χρησιμεύουν για την κίνηση της νύμφης μέσα στο νερό). Επιπλέον, η σμήριγγα 9-VII (στο 7^ο κοιλιακό τμήμα) είναι, συνήθως, μονή και λεία, η σμήριγγα 9-VI (στο 6^ο κοιλιακό τμήμα) έχει πάχος ίσο περίπου με τη σμήριγγα 9-V και μήκος λιγότερο από το διπλάσιο της και η σμήριγγα 9-III-V δεν είναι έντονα αναπτυγμένη και έχει περίπου το ίδιο μέγεθος με τη σμήριγγα 9-II (στο 2^ο κοιλιακό τμήμα). Τέλος, τα paddles φέρουν οδοντώσεις στο περιθώριο με τη μορφή κροσσού (paddle fringe) και ο λόγος μεταξύ του μήκους και του εύρους των paddles (paddle index) είναι 1,4-1,7.

1.10.2.ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Λίγα στοιχεία είναι γνωστά για τη βιολογία του *Aedes cretinus* με τη σχετική βιβλιογραφία να είναι περιορισμένη (Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, 2011; Lane, 1982), καθώς πρόκειται για ένα είδος κουνουπιού που έχει μελετηθεί ελάχιστα, πιθανόν λόγω της μειωμένης εξάπλωσης και της χαμηλής πυκνότητας του πληθυσμού του (Samanidou- Voyadjoglou, 1998). Οι γνώσεις σχετικά με τη συμπεριφορά και τις συνήθειες του συγκεκριμένου είδους βασίζονται κυρίως σε τρεις μελέτες, οι δύο

από τις οποίες διεξήχθησαν στην περιφέρεια Belek, της επαρχίας Αντάλια της Τουρκίας, από τους Alten *et al.* (2000) και Caglar *et al.* (2003), και η τρίτη από τον Κολιόπουλο (2011) στον Νομό Αττικής.

Το *Aedes cretinus* είναι εξώφιλο είδος που προτιμάει δασώδεις περιοχές και ανοιχτές εκτάσεις (Alten *et al.*, 2000). Εισέρχεται με δυσκολία σε σπίτια και σπάνια παραμένει ή διημερεύει σε εσωτερικούς χώρους (Κολιόπουλος, 2011). Πρόκειται για κουνούπι ανθρωπόφιλο, που ωστόσο, τρέφεται με ευκολία και από άλλα θηλαστικά ή ακόμα και πτηνά, ενώ εμφανίζεται ιδιαίτερα επιθετικό, προκαλώντας έντονη όχληση στις περιοχές που διαβιεί (Κολιόπουλος, 2011). Οι Gutsevich *et al.* (1974) αναφέρουν ότι τα ενήλικα θηλυκά νύσσουν σε μέρη υπό σκιά (Becker *et al.*, 2010). Σύμφωνα με παρατηρήσεις του Κολιόπουλου (2011), τα θηλυκά άτομα αναζητούν ξενιστή πετώντας σχετικά κοντά στο έδαφος και νύσσουν κατά τη διάρκεια της ημέρας και ιδιαίτερα το σούρουπο, ενώ οι Caglar *et al.* (2003) αναφέρουν ότι η μέγιστη δραστηριότητα των τέλειων του *Aedes cretinus*, σύμφωνα με τις συλλήψεις που πραγματοποιήθηκαν σε παγίδες τέλειων κουνουπιών (New Jersey light traps και παγίδες CO₂), καταγράφηκε από τις 18:00 έως τις 22:00 και ακολούθησε έντονη, αλλά μικρότερη δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της νύχτας (24:00-02:00).

Οι Alten *et al.* (2000) αναφέρουν ότι το *Aedes cretinus* είναι ένα είδος κουνουπιού που δραστηριοποιείται και αναπαράγεται την άνοιξη και νωρίς το καλοκαίρι. Οι μελέτες των ίδιων, όπως επίσης και των Caglar *et al.* (2003), κατέληξαν στην κοινή διαπίστωση ότι τα τέλεια του *Ae. cretinus* συλλέγονταν σε μεγάλους αριθμούς τον Μάιο και τον Ιούνιο, με το υψηλότερο ποσοστό συλλογής να γίνεται τον Ιούνιο, κατά τη διάρκεια του οποίου αποτέλεσε το είδος κουνουπιού που συλλήφθηκε σε μεγαλύτερους πληθυσμούς. Οι πληθυσμοί που συλλήφθηκαν τον Ιούλιο ήταν μικρότεροι συγκριτικά με τους προηγούμενους μήνες, ενώ μετά τον Ιούλιο τα τέλεια του είδους εξαφανίζονταν. Ο Κολιόπουλος (2011) παρατήρησε ότι το συγκεκριμένο είδος είναι ενεργό τουλάχιστον για 9 μήνες κατά τη διάρκεια του έτους, σχεδόν σε όλες τις περιοχές του Ν. Αττικής που μελέτησε, με τη δραστηριότητα των θηλυκών ατόμων για ωοτοκία να ξεκινάει την άνοιξη (συνήθως τον Απρίλιο) και να σταματάει κατά τα τέλη Οκτώβρη ή αρχές Νοέμβρη και τις μέγιστες ωοθεσίες να πραγματοποιούνται το καλοκαίρι και νωρίς το φθινόπωρο.

Οι Alten *et al.* (2000) αναφέρουν ότι το είδος *Aedes cretinus* προτιμάει να αναπαράγεται σε λακκούβες με νερό, κουφάλες δένδρων και μικρές κοιλότητες σε δάση. Επιπλέον, οι Gutsevich *et al.* (1974) αναφέρουν ότι προνύμφες του *Ae. cretinus* έχουν βρεθεί σε κοιλότητες δένδρων μαζί με προνύμφες των ειδών *An. plumbeus*, *Oc. geniculatus* και *Or. pulchripalpis* στα νότια της Ουκρανίας και της Ρωσίας (Becker *et al.*, 2010; Caglar *et al.*, 2003). Στη μελέτη του Κολιόπουλου (2011) στον Ν. Αττικής εντοπίστηκαν ποικίλες εστίες για ωοθεσία και ανάπτυξη των προνυμφών του συγκεκριμένου είδους, χαρακτηριστικά των οποίων ήταν η μικρή συγκέντρωση γλυκού νερού, η καθαρότητα του νερού ή το μέτριο οργανικό φορτίο

του και η τοποθεσία των εστιών αποκλειστικά σε σκιερά μέρη. Τέτοιες εστίες ήταν λεκάνες, μεταχειρισμένα ελαστικά αυτοκινήτων, βαρέλια και δοχεία φύλαξης νερού, δοχεία και κύπελλα που συγκρατούν νερό, πιάτα με νερό από γλάστρες, σιφώνια σε βεράντες, ανθοδοχεία σε κοιμητήρια, καθώς και μικρές συλλογές νερού στο έδαφος που δημιουργήθηκαν από διαρροές του δικτύου ύδρευσης και αποχέτευσης, ή ακόμα και κάτω από σχάρες συλλογής όμβριων υδάτων. Πιο σπάνια εντοπίσθηκαν προνύμφες σε κοιλότητες δένδρων, γεγονός που δικαιολογείται από την απουσία τέτοιου είδους εστιών στον Ν. Αττικής. Φαίνεται ότι το *Aedes cretinus* μοιράζεται τα ίδια ακριβώς ενδιαίτηματα και τις ίδιες εστίες ανάπτυξης με το *Aedes albopictus*, το οποίο εισήχθη αργότερα στην Ελλάδα, ενώ έχουν γενικότερα παρόμοια μορφολογία, βιολογία και οικολογία (Κολιόπουλος, 2011).

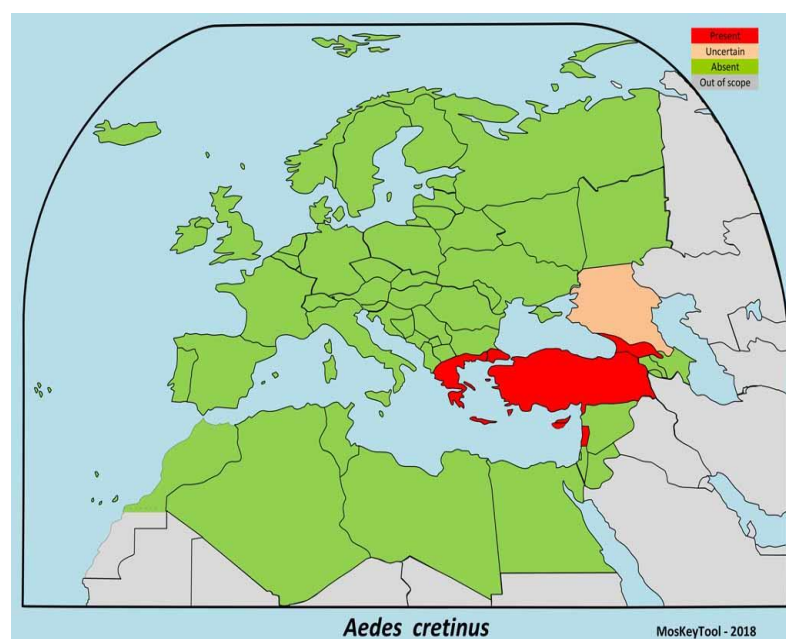
Επιπρόσθετα, ο Κολιόπουλος (2011) στην ίδια εργασία μελέτησε εργαστηριακά, διατηρώντας εκτροφή του *Ae. cretinus*, τα βασικά βιολογικά χαρακτηριστικά του είδους, συμπεραίνοντας ότι το συγκεκριμένο είδος έχει υψηλή αναπαραγωγική ικανότητα και μπορεί να δώσει υψηλούς πληθυσμούς όταν βρεθεί σε κατάλληλες συνθήκες. Με βάση τη συγκεκριμένη μελέτη και τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν, διεξήχθησαν τα ακόλουθα συμπεράσματα που αφορούν στοιχεία της βιολογίας του *Ae. cretinus*. Αρχικά, τα θηλυκά άτομα προσκολλούν τα ωά στα τοιχώματα των εστιών ή σε υλικά που βρίσκονται σε αυτές και τα ωά εκκολάπτονται σε 1,5-2 ημέρες, στους 25 °C. Όταν οι συνθήκες δεν είναι ιδανικές, το είδος διαχειμάζει στο στάδιο του ωού και μπορεί να αντέξει σημαντικό βαθμό αφυδάτωσης. Το προνυμφικό στάδιο διαρκεί περίπου 10 ημέρες και το στάδιο της νύμφης περίπου 3 ημέρες. Η έξοδος των αρσενικών προηγείται από αυτή των θηλυκών ατόμων, με διαφορά 1-2 ημερών. Τα θηλυκά, αφού γονιμοποιηθούν, πρέπει να τραφούν με αίμα για να πραγματοποιήσουν την πρώτη ωοτοκία 4-5 ημέρες αργότερα. Ο μέσος αριθμός των ωών που γεννάει κάθε θηλυκό (καταγράφηκαν 7 ωοτοκίες) είναι 240, με τα περισσότερα ωά να εναποτίθενται στις 3 πρώτες ωοτοκίες (163,2 ωά). Τα ωά εκκολάπτονται από την πρώτη μέρα της ωοτοκίας, με το μεγαλύτερο ποσοστό εκκολάψεων να πραγματοποιείται τη δεύτερη ημέρα. Ο συνολικός χρόνος που απαιτείται από την ανάπτυξη των ωών έως την εμφάνιση των τέλειων ατόμων είναι 8,4 και 10 ημέρες για τα αρσενικά και τα θηλυκά, αντίστοιχα και ο μέσος χρόνος συμπλήρωσης μίας γενεάς είναι περίπου 18,5 ημέρες. Έτσι, υπολογίσθηκε ότι το *Ae. cretinus* μπορεί να συμπληρώσει 9 ή και 10 γενεές κάθε χρόνο, σύμφωνα με τις συνθήκες που επικρατούν στην Αττική. Η διάρκεια ζωής των τέλειων αρσενικών ατόμων είναι περίπου 25 ημέρες και τα θηλυκά μπορούν να ζήσουν περίπου τον διπλάσιο χρόνο (Κολιόπουλος, 2011).

1.10.3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ

Το *Aedes cretinus* έχει περιορισμένη εξάπλωση στον κόσμο και έχει εντοπιστεί στην Ελλάδα (Lane, 1982; Samanidou-Voyadjoglou, 1998), στη Λευκωσία της Κύπρου (Lane 1982), στην επαρχία Αντάλια της Τουρκίας (Alten *et al.*, 2000; Caglar

et al., 2003) και στις ακτές της Μαύρης Θάλασσας στη Γεωργία της πρώην ΕΣΣΔ (Gutsevich *et al.*, 1974; Lane, 1982; Mattingly, 1953). Πληθυσμοί του *Ae. cretinus* έχουν βρεθεί, επίσης, στο Λίβανο (Knio *et al.*, 2005) και στη Ρωσία (Napp *et al.*, 2018).

Στην Ελλάδα, το συγκεκριμένο είδος, αρχικά, εντοπίστηκε από δείγματα με προέλευση την Κρήτη και τη Μακεδονία (Samanidou-Voyadjoglou, 1998), ενώ όπως αναφέρει ο Κολιόπουλος (2011) από προσωπικές παρατηρήσεις και δείγματα που είχαν σταλεί προς το Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο την προηγούμενη δεκαετία, θεωρείται ότι έχουν υπάρξει πληθυσμοί του είδους σε όλες σχεδόν τις περιφέρειες της χώρας. Πλέον, η παρουσία του *Ae. cretinus* στη χώρα μας έχει περιοριστεί, καθώς δεν υπάρχουν καταγραφές του είδους μέχρι και το 2016 (Badieritakis *et al.*, 2018). Ωστόσο, το 2018 αναφέρθηκε η παρουσία του στην Κρήτη και τη Λέρο (Lytra *et al.*, 2018). Η τελευταία δημοσιευμένη καταγραφή του συγκεκριμένου είδους κουνουπιού στην Αθήνα έγινε πριν από περίπου 10 χρόνια (Giatropoulos *et al.*, 2012a, 2012b).



Εικόνα 1.45. Γεωγραφική εξάπλωση του *Aedes cretinus*.

1.10.4.ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

Λίγα στοιχεία είναι γνωστά για την υγειονομική σημασία του *Aedes cretinus*. Μέχρι σήμερα, δεν έχουν γίνει οι απαραίτητες μελέτες που να αποδεικνύουν την ικανότητα του συγκεκριμένου είδους ως πιθανό φορέα ασθενειών ούτε έχει αναφερθεί η ανάμιξή του στη μετάδοση παθογόνων. Ωστόσο, η κατάταξη του είδους στο υπογένος *Stegomyia* αποτελεί ιδιαίτερα ανησυχητικό στοιχείο, καθώς το συγκεκριμένο υπογένος έχει μεγάλο υγειονομικό ενδιαφέρον, περιλαμβάνοντας είδη κουνουπιών που αποτελούν διαβιβαστές πολλών και σημαντικών παθογόνων και παρασίτων στον άνθρωπο (Becker *et al.*, 2010; Κολιόπουλος, 2011).

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΩΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ *Culex pipiens*, *Aedes albopictus* και *Aedes cretinus*

2.1.ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1.1.ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ

Ο όρος ανταγωνισμός, υπό την ευρεία έννοια, αναφέρεται στην αλληλεπίδραση δύο οργανισμών που αγωνίζονται για το ίδιο αγαθό. Ανταγωνισμός θεωρείται κάθε αλληλεπίδραση μεταξύ δύο ή περισσότερων πληθυσμών, διαφορετικών ειδών, η οποία επιφέρει δυσμενείς επιδράσεις στην αύξηση και επιβίωσή τους (Odum, 1971). Το φαινόμενο του ανταγωνισμού λαμβάνει χώρα όταν άτομα του ίδιου ή διαφορετικού είδους χρησιμοποιούν κοινούς πόρους, οι οποίοι είναι περιορισμένοι, ή ακόμα και στην περίπτωση που οι πόροι υπάρχουν σε αφθονία, ανταγωνισμός μπορεί να συμβεί όταν οι οργανισμοί βλάπτουν ο ένας τον άλλον κατά τη διαδικασία αναζήτησης πόρων (Birch, 1957). Ως «πόρος» θεωρείται κάθε στοιχείο του περιβάλλοντος και του συστήματος σχέσεων ατόμων και ειδών που επηρεάζει τον βαθμό ευδοκίμησης και διαίωνισης του πληθυσμού (Καρανδεινός, 2007). Οι πόροι για τους οποίους παρατηρείται ανταγωνισμός είναι κυρίως η τροφή και ο χώρος και τα ανταγωνιζόμενα άτομα, συνήθως, ανήκουν στο ίδιο τροφικό επίπεδο (Σαϊτάνης & Καρανδεινός, 2010).

Ο ανταγωνισμός μπορεί να διακριθεί σε ενδοειδικό (intraspecific competition), ο οποίος αναπτύσσεται ανάμεσα σε άτομα που ανήκουν στο ίδιο είδος, και συνήθως στον ίδιο πληθυσμό, και διαειδικό (interspecific competition), όταν στην ανταγωνιστική αλληλεπίδραση εμπλέκονται άτομα διαφορετικών ειδών (Pianca, 2006).

Ο ανταγωνισμός διακρίνεται, επιπλέον, στον «ανταγωνισμό εκμετάλλευσης ή κατανάλωσης» (exploitation ή consumptive competition), στον «ανταγωνισμό παρέμβασης» (interference competition) για έναν ή περισσότερους πόρους και στον «ανταγωνισμό προτίμησης» (preemptive competition). Στην περίπτωση του ανταγωνισμού εκμετάλλευσης, ο ανταγωνισμός είναι έμμεσος, παρατηρείται όταν η προσφορά ενός κοινού πόρου δεν απαντάται σε επαρκείς ποσότητες και εκφράζεται μέσω της συρρίκνωσης του κοινού πόρου. Ένα παράδειγμα ανταγωνισμού εκμετάλλευσης είναι, όταν η προσφορά τροφής είναι περιορισμένη, οπότε η τροφή

που χρησιμοποιήθηκε από το ένα είδος δεν είναι πλέον διαθέσιμη για το δεύτερο είδος, με αποτέλεσμα η παρουσία του ενός πληθυσμού να αναστέλλει την παρουσία του άλλου. Σε αυτή την περίπτωση, δεν είναι απαραίτητο τα ανταγωνιζόμενα άτομα να συναντηθούν. Αντίθετα, ο ανταγωνισμός παρέμβασης είναι πιο άμεσος και εμφανίζεται με αλληλεπιδράσεις χημικής μορφής ή συμπεριφοράς μεταξύ των ανταγωνιζόμενων ατόμων, πριν από τη χρησιμοποίηση του πόρου. Στην περίπτωση αυτή, ένα άτομο ή ένας πληθυσμός συμπεριφέρεται με τέτοιο τρόπο που έχει ως αποτέλεσμα να μειώνει την ικανότητα εκμετάλλευσης του πόρου από άλλο άτομο ή πληθυσμό (Gotelli, 2001). Στον ανταγωνισμό παρέμβασης τα άτομα έρχονται σε επαφή μεταξύ τους ή με κάποιο τρόπο γνωρίζουν την παρουσία των ανταγωνιστών τους. Κλασική περίπτωση χημικής αλληλεπίδρασης είναι η «αλληλοπάθεια» (allelopathy), η οποία συναντάται σε πολλά είδη φυτών που απελευθερώνουν στο έδαφος ουσίες, καθιστώντας το ακατάλληλο για εγκατάσταση άλλων ανταγωνιζόμενων ειδών φυτών. Όσον αφορά τον παρεμβατικό ανταγωνισμό που εμφανίζεται με αλληλεπίδραση συμπεριφοράς, η πιο εμφανής περίπτωση είναι η προάσπιση του πόρου, ο οποίος έχει σταθερή και συγκεκριμένη θέση στον χώρο και οδηγεί σε «συμπεριφορά επικράτειας», όπως συμβαίνει για παράδειγμα σε πουλιά που εμποδίζουν άμεσα άλλα είδη πουλιών να εγκατασταθούν και να εκμεταλλευτούν τους πόρους στον χώρο γύρω από τη φωλιά τους. Τέλος, ο ανταγωνισμός προτίμησης αφορά ανταγωνισμό για χώρο και, συχνά, εκδηλώνεται μέσω του ποιος οργανισμός θα φθάσει πρώτος στον συγκεκριμένο χώρο, όπως συμβαίνει στη βραχύδη μεσοπαλιρροϊκή ζώνη (Pianca, 2006; Σαϊτάνης & Καρανδρινός, 2010).

Στη φύση είναι πιθανότερο να υπάρξει ανταγωνισμός μεταξύ περισσοτέρων των δύο ειδών. Η συνολική ανταγωνιστική επίδραση των υπολοίπων ειδών της βιοκοινότητας πάνω σε έναν συγκεκριμένο πληθυσμό καλείται «διάχυτος ανταγωνισμός» (diffuse competition) (Pianca, 2006; Σαϊτάνης & Καρανδρινός, 2010).

Γενικά, η ύπαρξη ανταγωνισμού προϋποθέτει τη μερική έστω επικάλυψη των «βιοθέσεων» (niches) των ανταγωνιζόμενων ατόμων. Η έννοια «βιοθέση» (niche) είναι σύνθετη και ιδιαίτερα σημαντική για την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος, καθώς και του ανταγωνισμού, της φυσικής επιλογής και της εξέλιξης των ειδών. Ο όρος «βιοθέση» χρησιμοποιείται για να αποδώσει στα ελληνικά την αγγλική λέξη «niche», η οποία αναφέρεται και με τις ονομασίες «οικολογικός θώκος», «οικολογική φωλιά», «τροφοκατοικία» και «κόγχη». Σύμφωνα με τον Καρανδρινό (2007), η σύγχρονη οικολογική έννοια του όρου niche προσεγγίζεται πληρέστερα με τον όρο βιοθέση, καθώς υποδηλώνει τη γενικότερη λειτουργία, ρόλο, ή «θέση» μιας οντότητας μέσα στο λειτουργικό σύστημα. Ο ίδιος αναφέρει ότι οι υπόλοιποι ελληνικοί όροι δεν είναι επιτυχείς, αφού αναφέρονται απλώς στον χώρο ή τον τόπο που καταλαμβάνει ή ζει ένα είδος, χωρίς να υποδηλώνουν τις διαστάσεις (άξονες) που περιλαμβάνει ο όρος niche. Η βιοθέση δεν ταυτίζεται με συγκεκριμένο γεωγραφικό χώρο ή βιότοπο, αλλά

αποτελεί τον πολυδιάστατο ιδεατό «χώρο» που ορίζεται από το εύρος των τιμών όλων των παραμέτρων του περιβάλλοντος που επηρεάζουν τη ζωή ενός οργανισμού και του επιτρέπουν να επιβιώνει και να αναπαράγεται. Η περιοχή επικάλυψης των βιοθέσεων είναι εκεί που λαμβάνει χώρα ο ανταγωνισμός των ειδών. Αν ένα συγκεκριμένο είδος θεωρηθεί εκτός βιοκοινότητας, μπορεί να έχει μία βιοθέση μεγάλου εύρους, η οποία καλείται «εν δυνάμει» ή «θεμελιώδης βιοθέση». Στην πραγματικότητα, όμως, η βιοθέση του εντός μιας βιοκοινότητας, όπου υπάρχουν κι άλλοι οργανισμοί με τους οποίους αλληλεπιδρά θετικά ή αρνητικά, είναι η «πραγματοωθείσα» (ή πραγματική) του βιοθέση. Όταν η αλληλεπίδραση με τους άλλους οργανισμούς είναι αρνητική, η «πραγματική βιοθέση» μπορεί να είναι αρκετά μικρότερη από τη «θεμελιώδη βιοθέση» του οργανισμού.

Ο ανταγωνισμός συνιστά σημαντική εξελικτική δύναμη που διαμορφώνει την πορεία της φυσικής επιλογής και της οικολογικής διαφοροποίησης των ειδών, αφού ωθεί τα εμπλεκόμενα είδη να εξελιχθούν προς διαφορετικές κατευθύνσεις, μέσω χρησιμοποίησης διαφορετικών πόρων, ώστε να μειωθεί, κατά το δυνατόν, η ανταγωνιστική αλληλεπίδραση μεταξύ τους, πάντοτε προς όφελός τους. Όταν παρόμοια είδη επιτυγχάνουν μία μερική έστω, αλλά επαρκή διαφοροποίηση, μπορούν να συνεχίσουν να συνυπάρχουν στην ίδια γεωγραφική περιοχή. Ο ανταγωνισμός, όμως, μπορεί να οδηγήσει ακόμα και στον εκτοπισμό του ενός ανταγωνιστή. Γενικότερα, ο ανταγωνισμός δεν είναι μια διαδικασία που ή υπάρχει ή δεν υπάρχει, αλλά θα πρέπει να θεωρείται ως ένα φαινόμενο διαφορετικών εντάσεων που μεταβάλλεται συνεχώς, καθώς αλλάζει η αναλογία των απαιτήσεων προς τις διαθέσιμες ποσότητες. Έτσι, ο ανταγωνισμός μπορεί να εμφανίζεται σε όλη την κλίμακα, από το ανταγωνιστικό κενό (απουσία ανταγωνισμού) μέχρι το πλήρως κορεσμένο (προσφορά πόρων ίση με τη ζήτηση) και υπερκορεσμένο (προσφορά πόρων μικρότερη από τη ζήτηση) περιβάλλον, καθώς και σε όλες τις ενδιάμεσες καταστάσεις (Καρανδεινός, 2007; Pianka, 2006; Σαϊτάνης & Καρανδεινός, 2010).

2.1.2.ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΥ ΣΤΗ ΦΥΣΗ

Ακόμα και σήμερα, όπως αναφέρει ο Pianka (2006), ο ανταγωνισμός αποτελεί ένα από τα βασικότερα και πλέον σύνθετα οικολογικά φαινόμενα που έχουν μελετηθεί διεξοδικά σε εργαστηριακά πειράματα. Η μελέτη του, όμως, σε φυσικά οικοσυστήματα αποδεικνύεται απρόσμενα δύσκολη και περίπλοκη, ενώ συνεχίζει να μην γίνεται πλήρως κατανοητή ως πραγματικό φαινόμενο. Ωστόσο, πλήθος παρατηρήσεων και μελετών υποδεικνύουν ότι πράγματι ο ανταγωνισμός λαμβάνει χώρα στη φύση και ότι έχει παίξει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της οικολογίας πολλών ειδών φυτών και ζώων. Τέτοιες ενδείξεις που υποδεικνύουν ότι ο ανταγωνισμός συνέβη στο παρελθόν ή ακόμη λαμβάνει χώρα στους φυσικούς πληθυσμούς περιλαμβάνουν: μελέτες της οικολογίας στενά συγγενικών ειδών που ζουν στην ίδια περιοχή, το φαινόμενο της «μετατόπισης χαρακτήρα» (character displacement), μελέτες σε «ατελείς» (incomplete) χλωρίδες και πανίδες, οι σχετικές

αλλαγές στις βιοθέσεις, δηλαδή οι μετατοπίσεις βιοθέσεων (niche shifts), καθώς και η ταξινομική σύνθεση των βιοκοινοτήτων.

Ο ανταγωνισμός είναι πολύ έντονος ανάμεσα σε ζεύγη στενά συγγενικών ειδών που ζουν στην ίδια περιοχή, τα οποία αποκαλούνται «συμπάτριοι συγγενείς» (sympatric congeners). Ζεύγη τέτοιων ειδών, μέσω έντονης φυσικής επιλογής, διαφοροποιούν τις οικολογίες τους ή οδηγούνται σε οικολογικό διαχωρισμό. Ύστερα από μελέτες πολλών στενά συγγενικών συμπάτριων ειδών, έχουν αποκαλυφθεί πολλές μικρές, αλλά σημαντικές οικολογικές διαφορές ανάμεσά τους. Έχουν παρατηρηθεί τρεις βασικοί τύποι τέτοιων διαφορών, όπου: 1) τα είδη εκμεταλλεύονται διαφορετικά ενδιαιτήματα ή μικροενδιαιτήματα, 2) καταναλώνουν διαφορετικές τροφές ή 3) δραστηριοποιούνται διαφορετικές χρονικές περιόδους. Αυτές οι οικολογικές διαφορές ονομάζονται «διαστάσεις του θώκου» (niche dimensions) και καθορίζουν τον ρόλο ενός είδους στη βιοκοινότητα που ζει και τις αλληλεπιδράσεις του με τα άλλα είδη.

Το φαινόμενο της μετατόπισης χαρακτήρα (character displacement), το οποίο αποδεικνύει την παρουσία ανταγωνισμού στη φύση, αποτελεί ένα είδος οικολογικής απόκλισης και σχετίζεται με τις αυξημένες διαφορές μεταξύ ειδών σε περιοχές που αυτά συνυπάρχουν. Τέτοιες διαφορές μπορεί να αφορούν τη μορφολογία, τη συμπεριφορά ή/και τη φυσιολογία. Έτσι, δύο είδη με ευρεία κατανομή εμφανίζουν περισσότερες οικολογικές ομοιότητες στα τμήματα της κατανομής τους, όπου το καθένα ζει χωρίς τον ανταγωνιστή του [δηλαδή σε περίπτωση αλλοπατρίας (allopatry)], παρά όταν συνυπάρχουν [σε περίπτωση συμπατρίας (sympatry)].

Οι μελέτες σε ατελείς βιοκόσμους (biotas), δηλαδή περιοχές όπου δεν είναι παρόντα όλα τα συνήθη είδη, αποτελούν ακόμη έναν τύπο ενδείξεων ανταγωνισμού, καθώς τα είδη που εισβάλλουν σε τέτοιες περιοχές συχνά διευρύνουν τις βιοθέσεις τους και εκμεταλλεύονται νέα ενδιαιτήματα και πόρους, που δεν αξιοποιούσαν σε περιοχές με πληρέστερη πανίδα, παρουσία άλλων ανταγωνιστικών ειδών. Η επέκταση της βιοθέσης, λόγω μειωμένου διαειδικού ανταγωνισμού, ονομάζεται «οικολογική απελευθέρωση» (ecological release).

Τέλος, η ταξινομική σύνθεση των βιοκοινοτήτων συνιστά ένα ακόμα είδος παρατηρήσεων, το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του κατά πόσο ο ανταγωνισμός αποτελεί σημαντική δύναμη στη φύση. Τα στενά συγγενικά είδη είναι κατά βάση και ισχυροί ανταγωνιστές και άρα θα μπορούσε να προβλεφθεί η ύπαρξη λιγότερων ζευγών ειδών του ίδιου γένους σε οποιαδήποτε φυσική βιοκοινότητα απ' όσα θα μπορούσαν να βρεθούν σε μια ευρύτερη γεωγραφική περιοχή. Εφόσον η έλλειψη συμπάτριων ειδών του ίδιου γένους ισχύει σε μία βιοκοινότητα, φαίνεται ότι ο ανταγωνιστικός αποκλεισμός συμβαίνει πιο συχνά μεταξύ ειδών του ίδιου γένους παρά μεταξύ λιγότερο συγγενικών ειδών (Pianca, 2006).

2.1.3.ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΟΥ Ή ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ

Ο «ανταγωνιστικός εκτοπισμός» (competitive displacement) ή «ανταγωνιστικός αποκλεισμός» (competitive exclusion) -δύο όροι που φαίνεται πως είναι ταυτόσημοι και περιγράφουν το ίδιο οικολογικό φαινόμενο (Γιατρόπουλος, 2014)- βασίζονται στην οικολογική αρχή ότι διαφορετικά είδη δεν μπορούν να καταλαμβάνουν την ίδια βιοθέση (niche) ταυτόχρονα (Debach, 1966).

Η διατύπωση της έννοιας του ανταγωνιστικού αποκλεισμού ή εκτοπισμού χρονολογείται τουλάχιστον στην εποχή του Δαρβίνου (Darwin, 1859), ενώ εκφράστηκε και από συγγραφείς του 20^{ου} αιώνα, μεταξύ των οποίων ήταν ο Grinnell (1928) και ο Gause (1934). Ο Gause (1934) ήταν ο πρώτος που μελέτησε εργαστηριακά τον ανταγωνισμό σε πειράματα με πρωτόζωα, επιβεβαιώνοντας την ύπαρξη ανταγωνιστικού αποκλεισμού. Μάλιστα, το φαινόμενο του ανταγωνιστικού αποκλεισμού έχει διατυπωθεί και ως «Αρχή του Gause», παρόλο που πολλοί άλλοι ερευνητές πριν από αυτόν διατυπώνουν απόψεις που συγκλίνουν προς την ίδια αρχή, χωρίς όμως να τη διατυπώνουν με σαφήνεια (Pianca, 2006).

Πλέον, ο ανταγωνιστικός αποκλεισμός έχει καταδειχθεί μέσω εργαστηριακών πειραμάτων σε μεγάλη ποικιλία φυτών και ζώων και έχουν δοθεί διάφοροι ορισμοί για την αρχή του ανταγωνιστικού αποκλεισμού από διάφορους ερευνητές, όπως: «Δύο είδη με παρόμοια οικολογία δεν μπορούν να ζουν μαζί στο ίδιο μέρος», «Δύο είδη με ταυτόσημη οικολογία δεν μπορούν να διατηρηθούν και τα δύο στην ίδια περιοχή», «Διαφορετικά είδη, τα οποία συνυπάρχουν απεριόριστα (στον χρόνο) στον ίδιο βιότοπο, δεν μπορεί να είναι οικολογικά ομόλογα», «Δύο είδη με την ίδια ακριβώς οικολογία δεν μπορούν να συνυπάρξουν στον ίδιο χώρο και χρόνο. Τελικώς, το ένα θα πρέπει να εκτοπίσει το άλλο» (Pianca, 2006; Σαϊτάνης & Καρανδρινός, 2010).

Ο Grinnell (1904) κατέληξε στο απλό, αλλά λογικό, συμπέρασμα ότι «ανταγωνισμός μεταξύ δύο (ή περισσότερων) ειδών για τον ίδιο πόρο δεν μπορεί να συνεχίζεται σε απεριόριστο χρόνο. Αυτό που πρόκειται να συμβεί τελικώς είναι είτε το ένα είδος να αποκλειστεί είτε τα είδη να διαφοροποιήσουν τις βιοθέσεις τους, με φυσικό επακόλουθο και στις δύο περιπτώσεις τη μείωση της έντασης του ανταγωνισμού».

Ο Hardin (1960), βασιζόμενος σε εργαστηριακές μελέτες που αφορούσαν τον ανταγωνισμό πληθυσμών, στις οποίες τελικά το ένα ή το άλλο είδος εξαφανίζονταν, πρότεινε το όνομα αυτού του φαινομένου ως «αρχή του ανταγωνιστικού αποκλεισμού», την οποία αρχή όρισε με τη διατύπωση ότι «απόλυτοι ανταγωνιστές δεν μπορούν να συνυπάρχουν».

Όπως αναφέρουν οι Σαϊτάνης & Καρανδρινός (2010), «η αρχή του ανταγωνιστικού αποκλεισμού προϋποθέτει ότι τα ανταγωνιζόμενα είδη δε θα αλλάξουν γενετικά (δια της φυσικής επιλογής) κατά τη χρονική διάρκεια που ο αποκλεισμός του ασθενέστερου ανταγωνιστή λαμβάνει χώρα».

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται σχετικά λίγα παραδείγματα ανταγωνιστικού εκτοπισμού, τα οποία έχουν παρατηρηθεί σε φυσικά οικοσυστήματα (Lounibos, 2007). Το φαινόμενο του ανταγωνιστικού αποκλεισμού στη φύση είναι δυνατόν να συμβεί όταν ένα τυχαίως ή σκοπίμως εισαχθέν είδος εκτοπίσει ένα οικολογικό ομόλογο σε σχετικά γρήγορο χρονικό διάστημα. Προκειμένου να αποδειχθεί ότι λειτουργεί στις φυσικές βιοκοινότητες ανταγωνιστικός αποκλεισμός, θα πρέπει είτε να επέμβει ο άνθρωπος με κάποιο τρόπο, απομακρύνοντας για παράδειγμα κάποιο είδος από μία περιοχή και παρατηρώντας στη συνέχεια αν η περιοχή αυτή θα καταληφθεί από οικολογικά παρόμοιο παρακείμενο είδος είτε παρατηρώντας την τύχη κάποιου γηγενούς είδους σε μια περιοχή, ύστερα από την εισαγωγή (τυχαία ή με ανθρώπινη επέμβαση) κάποιου οικολογικά παρόμοιου είδους (Σαϊτάνης & Καρανδεινός, 2010). Ωστόσο, ορισμένες περιπτώσεις ανταγωνιστικού εκτοπισμού μπορεί να συμβούν σε χρονικά πλαίσια που υπερβαίνουν τα συνήθη χρονικά διαστήματα παρατήρησης, καθιστώντας δύσκολη την πειραματική τεκμηρίωση των αιτιών του φαινομένου (Lounibos, 2007). Ένα γνωστό παράδειγμα ανταγωνιστικού αποκλεισμού στη φύση αποτελεί ο αποκλεισμός του *Chthamalus stellatus* από το *Balanus balanoides*, δύο είδη πεταλίδων παράκτιων βράχων. Το *C. stellatus*, ελλείψει ανταγωνισμού, μπορεί να καταλάβει, καθ' ύψος, μεγάλος μέρος του βράχου, από την κατώτερη ως την ανώτερη παλιρροιακή ζώνη. Παρουσία, όμως, του δεύτερου είδους, αναγκάζεται λόγω ανταγωνισμού να περιοριστεί μόνο στην ανώτερη ζώνη. Έτσι, το *B. balanoides* αποκλείει ανταγωνιστικά το *C. stellatus* από ένα τμήμα της βιοθέσης του (Σαϊτάνης & Καρανδεινός, 2010).

Ο ανταγωνιστικός εκτοπισμός, με την ευρεία έννοια του όρου, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ως ένας βιολογικός τρόπος καταπολέμησης επιβλαβών ειδών, μέσω της εισαγωγής, διατήρησης και επαύξησης φυσικών εχθρών των επιβλαβών εντόμων (pests) ή των διαβιβαστών (vectors) (Lounibos & Frank, 1994). Ο Lounibos (2007) μέσα από μία ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που σχετίζεται με περιπτώσεις ανταγωνιστικού εκτοπισμού σε κουνούπια, εξετάζει εάν υπάρχει η δυνατότητα και με ποιον τρόπο θα μπορούσε να εφαρμοσθεί το συγκεκριμένο φαινόμενο στην καταπολέμηση των κουνουπιών, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για μία σχετικά μη δοκιμασμένη μέθοδο που απαιτεί περαιτέρω οικολογική έρευνα. Ο ίδιος ισχυριζόμενος ότι στην οικολογία είναι επιθυμητή η μερική μείωση των πληθυσμών των επιβλαβών εντόμων ή διαβιβαστών και ο ανταγωνιστικός εκτοπισμός των ειδών είναι απίθανο να είναι ολοκληρωτικός, χρησιμοποιεί τον όρο «ανταγωνιστική μείωση» (competitive reduction) για να περιγράψει οποιαδήποτε μείωση πληθυσμών κουνουπιών που προκαλείται από διαειδικό ανταγωνισμό, σε βαθμό μικρότερο από την εξάλειψη των ειδών.

Ο ανταγωνιστικός εκτοπισμός συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με την εξάπλωση εισβαλλόντων ειδών. Είναι γνωστό ότι τα χωροκατακτητικά είδη είναι συχνά ανταγωνιστικά ισχυρότερα των ιθαγενών ειδών, τα οποία και εκτοπίζουν (Σαϊτάνης & Καρανδεινός, 2010). Έχουν αναφερθεί απρόβλεπτες περιπτώσεις ανταγωνιστικών

μειώσεων μεταξύ ιθαγενών και εισβαλλόντων ειδών κουνουπιών, ειδικά όταν επηρεάζονται από ανθρώπινες παρεμβάσεις (Lounibos, 2007). Όπως επιβεβαιώνεται από μία σχετικά πρόσφατη ανασκόπηση των Reitz & Trumble (2002), που αφορά τα αρθρόποδα, ο ανταγωνισμός προνυμφών για πόρους ή ο παρεμβατικός ανταγωνισμός προνυμφών φαίνεται να είναι ο πιο διαδεδομένος μηχανισμός που επηρεάζει τον ανταγωνιστικό εκτοπισμό.

Το φαινόμενο του ανταγωνιστικού εκτοπισμού εμφανίζεται τα τελευταία χρόνια στο προσκήνιο στα πλαίσια των βιολογικών εισβολών (biological invasions) και των μεταβολών των ενδιαιτημάτων (habitats) των ειδών μέσω της ανθρώπινης παρέμβασης (Lounibos, 2007). Ως βιολογική εισβολή νοείται η διαδικασία κατά την οποία ένα είδος εγκαθίσταται και επεκτείνεται γεωγραφικά σε μία περιοχή στην οποία δεν υπήρχε πρωτύτερα (Facon *et al.*, 2006; Vermeij, 1996). Τέτοιου είδους αλλαγές απειλούν τη βιοποικιλότητα, όταν εκτοπίζονται οικολογικά τρωτά (vulnerable) ή απειλούμενα (endangered) είδη (Mack *et al.*, 2000). Η εισαγωγή μη ιθαγενών ειδών για τον βιολογικό έλεγχο έχει επικριθεί εξαιτίας των ανεπιθύμητων επιπτώσεων που μπορεί να προκληθούν λόγω θήρευσης, παρασιτισμού και ανταγωνισμού, σε είδη της ιθαγενούς πανίδας και χλωρίδας που δεν αποτελούν στόχο (Ewel *et al.*, 1999; Simberloff & Stiling, 1996). Οι Reitz & Trumble (2002), σύμφωνα με ανασκόπηση που πραγματοποίησαν περί ανταγωνιστικού εκτοπισμού σε αρθρόποδα και αραχνοειδή, επιβεβαιώνουν ότι στην πλειονότητα των περιπτώσεων, τα εξωτικά είδη εκτόπισαν τα ιθαγενή ή και άλλα χωροκατακτητικά είδη που είχαν προηγουμένως εγκατασταθεί.

2.1.4. ΣΥΝΥΠΑΡΞΗ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ

Η διαμάχη γύρω από την αρχή του ανταγωνιστικού εκτοπισμού ώθησε τους οικολόγους να προσδιορίσουν τον βαθμό ομοιότητας «παρόμοιων ειδών» που συνυπάρχουν στο ίδιο ενδιαίτημα και να εξετάσουν τους μηχανισμούς που μειώνουν τον ανταγωνισμό μεταξύ τους, επιτρέποντας τη συνύπαρξη (Σαϊτάνης & Καρανδεινός, 2010). Σύμφωνα με τον Debach (1966), η «αρχή της συνύπαρξης» των ειδών (coexistence principle) προκύπτει κατ' αντίστροφο τρόπο από την αρχή του ανταγωνιστικού εκτοπισμού και μπορεί να διατυπωθεί ως εξής: «διαφορετικά είδη τα οποία συνυπάρχουν επ' αόριστον στο ίδιο ενδιαίτημα, θα πρέπει να έχουν διαφορετικές βιοθέσεις, που σημαίνει ότι δεν μπορεί να είναι οικολογικά όμοια». Η ίδια αρχή έχει διατυπωθεί και με τον εξής τρόπο: «Δύο είδη μπορεί να συνυπάρχουν εφόσον το ένα δε βλάπτει το άλλο και εφόσον διαφέρουν ελαφρώς στις τροφικές τους απαιτήσεις».

Συγγενή είδη ή είδη που εμφανίζουν παρόμοια οικολογία μπορεί να συνυπάρχουν στο ίδιο ενδιαίτημα, εφόσον υπάρχει «διαφοροποίηση των βιοθέσεών τους» που οδηγεί στη μείωση του ανταγωνισμού μεταξύ τους. Επιπλέον κι άλλοι παράγοντες ή φυσικοί ή βιολογικοί μηχανισμοί μπορούν να ανακόψουν τον ανταγωνισμό πριν την εξάντληση του κοινού πόρου και να επιτρέψουν τη

συνύπαρξη των ειδών. Τέτοιος παράγοντας συχνά είναι κάποιος κοινός θηρευτής, που συγκρατεί τους πληθυσμούς σε χαμηλά επίπεδα (Γιατρόπουλος, 2014; Σαϊτάνης & Καρανδεινός, 2010).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η επικάλυψη των βιοθέσεων είναι απαραίτητη για να λάβει χώρα ο ανταγωνισμός δύο ειδών. Τα ανταγωνιζόμενα είδη ωθούνται μέσω της φυσικής επιλογής σε διαφοροποίηση των βιοθέσεών τους, ώστε να μειωθεί η επικάλυψη των βιοθέσεών τους, άρα και ο ανταγωνισμός μεταξύ τους (Σαϊτάνης & Καρανδεινός, 2010). Η διαφοροποίηση των βιοθέσεων γίνεται, συνήθως, αντιληπτή από το φαινόμενο με το οποίο συνδέεται και καλείται «μετατόπιση των χαρακτήρων» (character displacement). Σύμφωνα με τους Brown & Wilson (1956), το φαινόμενο αυτό είναι «η κατάσταση κατά την οποία, όταν υπάρχει επικάλυψη της γεωγραφικής κατανομής δύο ειδών ζώων, τότε οι διαφορές μεταξύ των ειδών (ως προς κάποιο χαρακτηριστικό που σχετίζεται άμεσα με τον μεταξύ τους ανταγωνισμό), είναι πιο έντονες στη ζώνη επικάλυψης (συμπατρία) και πιο εξασθενημένες ή ανύπαρκτες στις περιοχές της κατανομής τους, που βρίσκεται έξω από τη ζώνη επικάλυψης (αλλοπατρία)». Ο Grant (1972) όρισε το φαινόμενο της μετατόπισης χαρακτήρων ως «η διαδικασία δια της οποίας η κατάσταση ενός μορφολογικού χαρακτήρα κάποιου είδους αλλάζει λόγω φυσικής επιλογής, προερχόμενης από την παρουσία, στο ίδιο περιβάλλον, ενός ή περισσότερων ειδών, παρόμοιων με αυτό οικολογικά ή και αναπαραγωγικά». Το φαινόμενο της μετατόπισης χαρακτήρων έχει παρατηρηθεί σε αρκετές περιπτώσεις όπου τα μορφολογικά χαρακτηριστικά παρόμοιων ειδών διαφέρουν κατά μέσο όρο (σε σχήμα, μέγεθος κ.λπ.) περισσότερο μεταξύ ατόμων συμπατρικών πληθυσμών και λιγότερο μεταξύ ατόμων αλλοπατρικών πληθυσμών των ίδιων ειδών. Η πλειονότητα των μελετών σχετικά με τη μετατόπιση χαρακτήρων εστιάζουν στα μορφολογικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με κάποια βασική δραστηριότητα των ειδών, καθότι είναι πιο εύκολα αναγνωρίσιμα και μετρήσιμα, όπως είναι το μήκος της προβοσκίδας των εντόμων που σχετίζεται με τα είδη των ανθέων από τα οποία λαμβάνουν νέκταρ (Σαϊτάνης & Καρανδεινός, 2010). Στη βιβλιογραφία υπάρχουν διάφορα παραδείγματα ζευγών-ειδών, των οποίων τα μορφολογικά χαρακτηριστικά διαφέρουν περισσότερο στη γεωγραφική ζώνη συνύπαρξης (συμπατρία), συγκριτικά με άλλες περιοχές που υπάρχει μόνο το ένα από τα δύο είδη (αλλοπατρία). Εντούτοις, το φαινόμενο της μετατόπισης χαρακτήρων μπορεί να αφορά, εκτός από μορφολογικούς χαρακτήρες, και φυσιολογικούς, συμπεριφοράς ή οικολογικούς χαρακτήρες, όπως ο χρόνος δραστηριοποίησης του κάθε είδους ή οι τροφικές και αναπαραγωγικές συνήθειες (Σαϊτάνης & Καρανδεινός, 2010).

2.1.4.1. ΣΥΝΥΠΑΡΞΗ ΕΙΔΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

Ο διαειδικός ανταγωνισμός είναι συχνά έντονα ασύμμετρος, οδηγώντας στον αποκλεισμό του ανταγωνιστικά ασθενέστερου είδους (Chase & Leibold, 2003; Hardin, 1960; Tilman, 1982). Ωστόσο, ο ανταγωνιστικός αποκλεισμός μεταξύ

συγγενών ή παρόμοιων οικολογικά ειδών σε ένα ενδιαίτημα μπορεί να αποφευχθεί μέσω μηχανισμών που επιτρέπουν τη συνύπαρξή τους, όπως είναι ο χωρικός διαχωρισμός (spatial segregation) (Murrell & Juliano, 2008), η διαφορική χρήση πόρων (Tilman, 1982) ή η αντιστάθμιση μεταξύ ανταγωνιστικής ικανότητας και περιβαλλοντικής ανοχής (Chesson, 1986, 2000). Ο ανταγωνισμός υπό συγκεκριμένες συνθήκες (condition-specific competition) αποτελεί έναν από τους πιο διαδεδομένους μηχανισμούς που προάγουν τη συνύπαρξη των ειδών και λαμβάνει χώρα όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες μεταβάλλουν το αποτέλεσμα του ανταγωνισμού προς όφελος ενός ανταγωνιστικά κατώτερου είδους που διαφορετικά θα εκτοπιζόταν (Chesson, 2000; Taniguchi & Nakano, 2000; Tilman, 1982). Παρόλο που οι περισσότερες μελέτες σχετικά με τον ανταγωνισμό υπό συγκεκριμένες συνθήκες επικεντρώνονται στις επιπτώσεις των αβιοτικών συνθηκών (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία, χημικά), η διακύμανση των βιοτικών συνθηκών είναι επίσης πιθανό να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην έκβαση του διαειδικού ανταγωνισμού (Murrell & Juliano, 2008).

Οι βιολογικές εισβολές (biological invasions) προσφέρουν μια εξαιρετική ευκαιρία για τη μελέτη του διαειδικού ανταγωνισμού, καθώς συχνά προκαλούν μετατόπιση της ισορροπίας μεταξύ των ειδών, καθώς οι διαειδικές αλληλεπιδράσεις είναι πολύ εντονότερες, συγκριτικά με μη διαταραγμένα οικοσυστήματα (Hui & Richardson, 2017).

Τα ανταγωνιστικά κυρίαρχα χωροκατακτητικά είδη ενδέχεται να επηρεάσουν τα ιθαγενή είδη, χωρίς όμως να προκαλέσουν πλήρη εκτοπισμό των πληθυσμών τους σε όλο το εύρος των περιοχών εισβολής (Juliano & Lounibos, 2005). Η μελέτη των μηχανισμών που συμβάλλουν στη διαμόρφωση της συνύπαρξης χωροκατακτητικών και ιθαγενών ειδών είναι σημαντική για την πρόβλεψη οικολογικών και οικονομικών επιπτώσεων, καθώς και του αντίκτυπου που έχουν οι εισαγωγές εισβαλλόντων μη-ιθαγενών ειδών στη δημόσια υγεία (Leishman & Juliano, 2009).

Οι Leishman *et al.* (2021) έλεγξαν εάν ο ανταγωνισμός υπό συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να διευκολύνει τη διατήρηση των μόνιμων πληθυσμών του *Culex pipiens* έναντι του ανταγωνιστικά κυρίαρχου χωροκατακτητικού είδους *Aedes albopictus* σε συλλογές νερού από διαφορετικά ενδιαίτηματα αστικών περιοχών, στην πόλη Βαλτιμόρη, της πολιτείας Μέριλαντ (Η.Π.Α.). Παρά τη φαινομενική ανταγωνιστική υπεροχή του *Ae. albopictus*, το *Cx. pipiens* διατηρεί τους πληθυσμούς του σε πολλές αστικές περιοχές, ακόμα και μετά την εισβολή του *Ae. albopictus*. Ένας μηχανισμός που διευκολύνει τη συνύπαρξη αυτών των δύο ειδών μπορεί να είναι ο διαχωρισμός των ενδιαιτημάτων τους. Το *Cx. pipiens* συναντάται σε μία ευρύτερη ποικιλία ενδιαιτημάτων σε σχέση με το *Ae. albopictus*, συμπεριλαμβανομένων επίγειων υδάτινων συλλογών και υπόγειων ενδιαιτημάτων, όπου το *Ae. albopictus* βρίσκεται σε πολύ χαμηλότερες πληθυσμιακές πυκνότητες, κι έτσι αποφεύγει επαρκώς τον ανταγωνισμό με το χωροκατακτητικό είδος, γεγονός

που του επιτρέπει να διατηρεί την παρουσία του. Ωστόσο, σε πολλές αστικές περιοχές, οι υπέργειες υδατοσυλλογές αποτελούν τα μόνα διαθέσιμα ενδιαιτήματα για τις προνύμφες *Cx. pipiens*, οι οποίες συχνά συνυπάρχουν με αυτές του *Ae. albopictus*, κι έτσι έρχονται αντιμέτωπες με ισχυρό διαειδικό ανταγωνισμό.

Συγκεκριμένα, οι Leishham *et al.* (2021) στην έρευνά τους εξέτασαν τις επιδράσεις της παρουσίας του *Ae. albopictus* στην επιβίωση και ανάπτυξη του *Cx. pipiens* στο πεδίο, σε νερό που συλλέχθηκε από δοχεία εν χρήση, όπως κουβάδες κηπουρικής, και δοχεία που έχουν απορριφθεί, όπως μεταχειρισμένα ελαστικά, κατά τη διάρκεια τριών περιόδων (Μάιος, Ιούλιος- Αύγουστος, Σεπτέμβριος), σε 33 οικοδομικά τετράγωνα στη Δυτική Βαλτιμόρη.

Το χερσαίο περιβάλλον γύρω από αυτά τα αντικείμενα μπορεί να ποικίλλει σημαντικά ως προς τη βλάστηση, τη θερμοκρασία, τη σκιά και άλλες μεταβλητές που μπορεί να αλλάξουν τις συνθήκες του νερού. Επιπλέον, ο τύπος του δοχείου μπορεί να αντανakλά την αλληλεπίδρασή του με το περιβάλλον. Για παράδειγμα, αντικείμενα που απορρίπτονται, συχνά πετιούνται σε σκιερά μέρη με πυκνή βλάστηση και σπάνια διαταράσσονται, ενώ τα δοχεία που χρησιμοποιούνται, συνήθως αδειάζονται τακτικά από το νερό και αποθηκεύονται σε τακτοποιημένους χώρους κοντά σε κτίρια. Αυτή η ετερογένεια στον τύπο του δοχείου μπορεί να υποστηρίξει τον ανταγωνισμό υπό συγκεκριμένες συνθήκες, οδηγώντας σε τοπική διακύμανση της επιτυχίας και της επίδρασης των εισβαλλόντων χωροκατακτητικών ειδών ή διευκολύνοντας τη συνύπαρξη ειδών με ασθενέστερους ανταγωνιστές.

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η αυξημένη πληθυσμιακή πυκνότητα του *Ae. albopictus* επηρέασε αρνητικά την επιβίωση και ανάπτυξη του *Cx. pipiens* σε συλλογές νερού αντικειμένων που είχαν απορριφθεί, αλλά είχε μικρή επίδραση σε νερό αντικειμένων εν χρήση, κυρίως σε κάδους απορριμμάτων. Οι συλλογές νερού σε απορριπτόμενα αντικείμενα, οι οποίες είχαν μεγαλύτερες μέσες συγκεντρώσεις σε αμμωνία και νιτρικά που μπορούν να προάγουν μικροβιακή τροφή (microbial food), σε αντίθεση με άλλους τύπους υδατοσυλλογών, επέτρεψαν την επιβίωση και ανάπτυξη του *Cx. pipiens*. Τα αποτελέσματα αυτά υποδηλώνουν ότι το περιεχόμενο των διαφορετικών αντικειμένων σε αστικές περιοχές μεταβάλλει τις επιδράσεις του *Ae. albopictus* στο *Cx. pipiens* και ότι τα απορριπτόμενα δοχεία, ειδικότερα, διευκολύνουν τη διατήρηση των πληθυσμών του *Cx. pipiens* (Leishham *et al.*, 2021).

Ακόμη μία περίπτωση συνύπαρξης ειδών κουνουπιών εξέτασαν οι Chumsri *et al.* (2020), οι οποίοι μελέτησαν τις χωρικές και χρονικές μεταβολές στη συνύπαρξη προνυμφών κουνουπιών των ειδών *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* και *Culex pipiens*, στη Νότια Ταϊλάνδη. Συγκεκριμένα, μελέτησαν τον ανταγωνισμό των προνυμφών αυτών των ειδών υπό συγκεκριμένες συνθήκες και τη χωρική διακύμανση μεταξύ πέντε υποπεριοχών στην πόλη Nakhon Si Thammarat, της Ταϊλάνδης, κατά τη διάρκεια της υγρής και της ξηρής περιόδου. Οι ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των τριών ειδών κουνουπιών είναι ασύμμετρες όταν αυτά

συνυπάρχουν σε φυσικά οικοσυστήματα. Όπως προέκυψε από τη μελέτη αυτή, ο εποχιακός ανταγωνισμός (seasonal condition-specific competition) είναι ο μηχανισμός που συμβάλλει στη συνύπαρξη των ειδών. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου που οι εστίες αναπαραγωγής είναι άφθονες, η πλειονότητα των ενδιαιτημάτων καταλαμβάνεται από προνύμφες του *Ae. albopictus* (ανώτερος ανταγωνιστής). Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου που οι εστίες αναπαραγωγής σπανίζουν τα κατώτερα ανταγωνιστικά είδη (*Ae. aegypti* και *Culex* spp.) αναγκάζονται να ωοτοκήσουν σε εστίες που ήδη υπάρχουν προνύμφες του *Ae. albopictus*. Κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου, ο αριθμός των εστιών αναπαραγωγής που βρέθηκαν περισσότερα του ενός είδη ήταν μεγαλύτερος σε σχέση με αυτές της υγρής περιόδου. Οι προνύμφες του *Ae. albopictus* παρουσίασαν μεγαλύτερη αύξηση στην αναλογία των θέσεων που καταλαμβάνουν και στην αφθονία των πληθυσμών τους ανά εστία, κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου, σε σχέση με τις προνύμφες *Culex* και *Ae. aegypti*, εξαιτίας της υψηλής θνησιμότητας των ωών τους την ξηρή περίοδο και της ισχυρής ανταγωνιστικής υπεροχής τους την υγρή περίοδο. Παράλληλα, οι προνύμφες *Ae. albopictus* και *Ae. aegypti* ήταν περισσότερες από τις προνύμφες *Cx. pipiens*, γεγονός που οφείλεται σε δύο πιθανούς λόγους. Πρώτον, οι προνύμφες *Ae. aegypti* βρέθηκαν κυρίως σε υδατοσυλλογές σε εσωτερικούς χώρους, ενώ οι προνύμφες *Cx. pipiens* βρέθηκαν κυρίως σε δοχεία εξωτερικών χώρων, τα οποία ήταν εκτεθειμένα σε βροχοπτώσεις της υγρής περιόδου, με αποτέλεσμα η βροχή να ξεπλένει τις προνύμφες από τα δοχεία. Δεύτερον, κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου, το νερό που συγκεντρώθηκε σε δοχεία εξωτερικών χώρων, συνήθως παρέμενε καθαρό, λόγω των συχνών βροχοπτώσεων κι όπως είναι γνωστό, τα κουνούπια *Culex* spp. δεν προτιμούν να ωοτοκούν σε καθαρό νερό, σε αντίθεση με το *Ae. albopictus* του οποίου οι προνύμφες συναντώνται κυρίως σε καθαρό νερό. Επιπλέον, παρατηρήθηκε αυξημένος αριθμός προνυμφών *Culex* spp. την ξηρή περίοδο, σε σχέση με την υγρή περίοδο, γεγονός που πιθανόν οφείλεται: i) στην αποθήκευση νερού αυτή την περίοδο χωρίς να καθαρίζεται, με αποτέλεσμα οι προνύμφες *Culex* να παραμένουν στο ίδιο νερό για μεγάλο χρονικό διάστημα και να ολοκληρώνουν την ανάπτυξή τους, ii) στην προτίμηση του είδους να αναπαράγεται σε στάσιμα νερά με υψηλό οργανικό φορτίο σε εξωτερικά μέρη, τα οποία είναι περισσότερα την ξηρή περίοδο, iii) στην αύξηση της δραστηριοποίησης των θηλυκών *Culex* για ωοτοκία όταν η σχετική υγρασία είναι 60% και πάνω, καθώς κατά τη διεξαγωγή των ερευνών η μέση σχ. υγρασία ήταν περισσότερο από 80% και τέλος, iv) στην πιθανή μείωση του ρυθμού ανάπτυξης των ατελών σταδίων, λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών την ξηρή περίοδο στην Ταϊλάνδη, που οδήγησε σε αυξημένο αριθμό μικρότερου μεγέθους θηλυκών ατόμων που χωνεύουν αίμα συχνότερα και παράγουν περισσότερους απογόνους. Η εκτιμώμενη βέλτιστη θερμοκρασία για την ανάπτυξη του κουνουπιού *Culex* είναι 28,1 °C (Kiarie-Makara,

et al. 2015; Loetti *et al.*, 2011) και η μέση θερμοκρασία κατά την ξηρή περίοδο στη Νότια Ταϊλάνδη είναι 28,2 °C.

2.1.5.ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΣΕ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥΣ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

2.1.5.1.ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΕ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥΣ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

Η ανταγωνιστική μείωση των πληθυσμών των κουνουπιών πραγματοποιείται με πολλούς τρόπους. Ο Lounibos (2007) εξετάζοντας το ενδεχόμενο εφαρμογής αυτού του φαινομένου στον βιολογικό έλεγχο των κουνουπιών αναλύει τους μηχανισμούς ανταγωνιστικής μείωσης που λαμβάνουν χώρα σε φυσικά ενδιαιτήματα. Σύμφωνα, λοιπόν, με την ανασκόπηση του Lounibos (2007), παρακάτω παρατίθενται οι μηχανισμοί ανταγωνιστικής μείωσης σε πληθυσμούς κουνουπιών.

Αναπαραγωγικός ανταγωνισμός (reproductive competition)

Ο αναπαραγωγικός ανταγωνισμός αφορά τις ασύμμετρες παρεμβάσεις στις συζεύξεις, κατά τις οποίες τα αρσενικά άτομα ενός είδους συζευγνύονται με τα θηλυκά ενός συγγενικού είδους, παράγοντας μη-βιώσιμους ή λιγότερο βιώσιμους απογόνους. Ο συγκεκριμένος μηχανισμός έχει προταθεί ως μέθοδος βιολογικού ελέγχου εντόμων-εχθρών και διαβιβαστών ασθενειών (Ribeiro, 1988), καθώς και ως ένας μηχανισμός διατήρησης παραπατρικών διασπορών (parapatric distributions) συγγενών ειδών στη φύση (Ribeiro & Spielman, 1986). Ο όρος «παραπατρικός» (parapatric, parapatry) χρησιμοποιείται στη βιογεωγραφία για να περιγράψει τη σχέση μεταξύ οργανισμών, των οποίων η γεωγραφική κατανομή δεν επικαλύπτεται σημαντικά, αλλά είναι γειτονική και οι οργανισμοί συνυπάρχουν μόνο σε μία στενή βιογεωγραφική ζώνη.

Παρόλο που υπάρχουν ενδείξεις για την παρουσία του μηχανισμού του αναπαραγωγικού ανταγωνισμού, γνωστού και με τον όρο «σατυρισμός» (satyrization), σε φυσικούς πληθυσμούς κροτώνων και μυγών τσε-τσε (Ribeiro, 1988), η σπουδαιότητά τους, ως τρόπος μείωσης πληθυσμών κουνουπιών, παραμένει αναπόδεικτη (Lounibos, 2007).

Οι Spielman & Feinsod (1979) υπέθεσαν ότι χάρη στις άγονες διαειδικές συζεύξεις διατηρήθηκε η παραπατρική βιογεωγραφική κατανομή των *Ae. aegypti* και *Ae. bahamensis* στο νησί Γκραντ Μπαχάμα στις Μπαχάμες, όμως, δεν υπάρχουν δεδομένα που να υποστηρίζουν αυτήν την άποψη.

Οι Nasci *et al.* (1989) ισχυρίστηκαν ότι ο ασύμμετρος αναπαραγωγικός ανταγωνισμός ευνόησε το *Ae. albopictus*, το οποίο και θεωρήθηκε υπεύθυνο για την εξάλειψη του *Ae. aegypti*, μετά την εισβολή του στις νοτιοανατολικές Η.Π.Α. τη δεκαετία του '80. Σε αυτή τη μελέτη, οι ερευνητές παρατήρησαν διαειδικές

συζεύξεις μεταξύ αρσενικών ατόμων *Ae. albopictus* και θηλυκών *Ae. aegypti*, τόσο σε εργαστηριακά πειράματα, όσο και σε μελέτες υπαίθρου με τη μέθοδο της σήμανσης, απελευθέρωσης και επανασυλλογής τελείων κουνουπιών (mark-release-recaptured). Τα αρσενικά *Ae. albopictus* είχαν μεγάλη ικανότητα γονιμοποίησης θηλυκών *Ae. aegypti*, ενώ τα αρσενικά *Ae. aegypti* σπάνια γονιμοποιούσαν θηλυκά *Ae. albopictus*. Τα θηλυκά του *Ae. aegypti* που είχαν συζευχθεί με το *Ae. albopictus* περιείχαν ποσότητες νεκρού σπέρματος στις σπερματοθήκες τους, γεγονός που σύμφωνα με τον Γιατρόπουλος (2014) συνεπάγεται ενδεχομένως την απροθυμία των θηλυκών για περαιτέρω συζεύξεις. Οι εργαστηριακές παρατηρήσεις αυτής της μελέτης οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι στη φύση θα υπάρξει παρέμβαση στις συζεύξεις του *Ae. aegypti* παρουσία υψηλών πληθυσμών του *Ae. albopictus*. Ωστόσο, τα πειραματικά στοιχεία που ανέφεραν οι συγκεκριμένοι συγγραφείς για να υποστηρίξουν τον παραπάνω ισχυρισμό δεν έχουν επιβεβαιωθεί από άλλους ερευνητές (Estrada-Franco & Craig, 1995; Harper & Paulson, 1994).

Φαινομενικός ανταγωνισμός (apparent competition)

Ο φαινομενικός ανταγωνισμός πραγματοποιείται μέσω των διαφορετικών επιδράσεων ενός παρασίτου ή ενός αρπακτικού σε δύο είδη που συνυπάρχουν (Holt & Lawton, 1994).

Ο μηχανισμός αυτός δόθηκε αρχικά ως ερμηνεία για τη μείωση της γεωγραφικής κατανομής του *Ae. aegypti* στις Η.Π.Α., η οποία θεωρήθηκε ότι οφείλεται στις ασύμμετρες επιδράσεις ενός παρασιτικού πρωτόζωου, του *Ascogregarina taiwanensis*, το οποίο μεταφέρθηκε στη Βόρεια Αμερική ως ενδοπράσιτο του *Ae. albopictus* και θεωρούνταν παθογόνο μόνο ενάντια στο *Ae. aegypti* (Craig, 1993).

Ωστόσο, έρευνες πεδίου, που πραγματοποιήθηκαν μετά την εγκατάσταση του *Ae. albopictus* στη Φλόριντα, έδειξαν χαμηλή παρουσία αυτού του παρασίτου στο *Ae. aegypti* (Garcia *et al.*, 1994; Juliano, 1998). Επιπλέον, τα αποτελέσματα πειραμάτων υπαίθρου που διεξήχθησαν στη Φλόριντα, σε ελαστικά όπου τα δύο είδη συνυπήρχαν, έδειξαν ότι οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δύο ειδών *Aedes* δεν μπορούν να αποδοθούν στον μηχανισμό του φαινομενικού ανταγωνισμού εξαιτίας του *A. taiwanensis* (Juliano, 1998).

Παρεμπόδιση εκκόλαψης (egg hatching inhibition)

Οι Edgerly *et al.* (1993) ανέπτυξαν τη θεωρία ότι οι προνύμφες του *Ae. albopictus* παρεμποδίζουν την εκκολαπτικότητα από τα ωα των ειδών *Ae. aegypti* και *Ae. (= Ochlerotatus) triseriatus*. Αντικείμενο της μελέτης τους ήταν η αξιολόγηση της ικανότητας των προνυμφών του *Ae. albopictus* και των δύο πιθανών ανταγωνιστών ειδών του στη Βόρεια Αμερική, του *Ae. aegypti* και *Ae. triseriatus*, να παρεμποδίζουν την εκκολαπτικότητα από τα ωά του ίδιου είδους και άλλων ειδών

του ίδιου γένους, ως ένας πιθανός μηχανισμός ρύθμισης του πληθυσμού τους. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκαν τα ποσοστά εκκόλαψης ωών του *Ae. albopictus* σε σχέση με την αύξηση της πυκνότητας των προνυμφών του *Ae. aegypti* και *Ae. triseriatus*. Τα ωά του κάθε είδους *Aedes* εκτέθηκαν για 24 ώρες σε συλλογές νερού με διαφορετικούς συνδυασμούς και πυκνότητες προνυμφών και αξιολογήθηκε το ποσοστό εκκόλαψής τους.

Όταν τα ωά *Aedes* εμβαπτιστούν σε νερό, διάφοροι μικροοργανισμοί επικάθονται στην επιφάνεια του ωού, οδηγώντας σε μείωση της περιεκτικότητας του προσλαμβανομένου οξυγόνου, λόγω μικροβιακής αναπνοής, με αποτέλεσμα να διεγείρεται η εκκόλαψη των προνυμφών (Edgerly *et al.*, 1993). Έτσι, οι Edgerly *et al.* (1993) υπέθεσαν ότι οι διαφορές στην εκκολαπτικότητα από τα ωά των τριών ειδών που μελετήθηκαν, οφείλονται στους διαφορετικούς ρυθμούς κατανάλωσης τροφής από τις προνύμφες και αναπνοής των ωών, καθώς και της ποσότητας οξυγόνου που απαιτείται για την εκκόλαψη.

Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι από τα τρία είδη που μελετήθηκαν, τα ωά του *Ae. albopictus* εμφάνισαν το μικρότερο ποσοστό παρεμπόδισης εκκόλαψης, όταν αυτά εκτέθηκαν σε υψηλές πυκνότητες προνυμφών και παράλληλα, το ίδιο είδος παρουσίασε την υψηλότερη διαιδική παρεμπόδιση εκκολαπτικότητας ωών με τη χαμηλότερη πυκνότητα προνυμφών.

Η ικανότητα των προνυμφών του *Ae. albopictus* να παρεμποδίζουν την εκκόλαψη των προνυμφών των άλλων δύο ειδών (*Ae. aegypti*, *Ae. triseriatus*) σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα ωά του *Ae. albopictus* μπορούν να εκκολάπτονται σε εστίες παρουσία άλλων ειδών κουνουπιών, αποτελεί προτέρημα του *Ae. albopictus* ως προς τον ανταγωνισμό του έναντι άλλων ειδών κουνουπιών (Estrada-Franco & Craig, 1995). Παρόλο που αυτή η προαιρετική εκκολαπτικότητα ευνόησε το χωροκατακτητικό είδος *Ae. albopictus* σε εργαστηριακά πειράματα ανταγωνισμού, δεν υπάρχουν διαθέσιμες μελέτες από πειράματα πεδίου για να αξιολογηθεί εάν το φαινόμενο της παρεμπόδισης της εκκόλαψης μεταξύ των ειδών μπορεί να προκαλέσει μείωση των πληθυσμών κουνουπιών στη φύση (Lounibos, 2007).

Απώθηση ωοτοκίας (Oviposition deterrence)

Ο φυσικός εκτοπισμός ενός οργανισμού από έναν άλλον μπορεί να λάβει χώρα χωρίς να προηγηθεί η μεταξύ τους συνάντηση ή ακόμα και πριν την εμφάνιση των ανταγωνιστικών σταδίων των ειδών, όπως είναι οι προνύμφες (Lounibos, 2007). Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση του είδους κουνουπιού *Culiseta longiareolata* και ενός είδους βατράχου, του *Bufo viridis*, ο οποίος αποτελεί δυνητικό ανταγωνιστή του για τροφή και χώρο. Το *Cs. longiareolata*, κατά τη διαδικασία επιλογής θέσης ωοτοκίας, τείνει να αποφεύγει την ωοτοκία σε προσωρινές συλλογές νερού, όπου βρίσκεται το *Bufo viridis*, πιθανότατα για να αποφευχθεί η θήρευση ή/και ο ανταγωνισμός (Blaustein & Kotler, 1993). Η

ανταγωνιστική μείωση των πληθυσμών του *Cs. longiareolata* από τα ατελή στάδια του *B. viridis* εξαλείφεται σε νερά με υψηλό οργανικό φορτίο (Blaustein & Margalit, 1996).

Τα οικολογικά μοντέλα υποδεικνύουν ότι οι αλλαγές στην επιλογή ενδιαιτημάτων, που οφείλονται σε διαειδικές επιδράσεις στη στρατηγική ωτοκίας, μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά το μέγεθος του πληθυσμού των ανταγωνιζόμενων ειδών (Spencer *et al.*, 2002).

Ανταγωνισμός προνυμφών για πόρους ή παρεμβατικός ανταγωνισμός προνυμφών (Larval resource or Interference competition)

Μεταξύ προνυμφών κουνουπιών έχουν παρατηρηθεί και οι δύο τύποι ανταγωνισμού: ανταγωνισμός εκμετάλλευσης και ανταγωνισμός παρέμβασης για πόρους, ενώ μπορεί να λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα στο ίδιο σύστημα (Broadie & Bradshaw, 1991; Dye, 1982, 1984; Juliano, 1998).

Ο διαειδικός ανταγωνισμός προνυμφών προτάθηκε από τους Moore & Fisher (1969) ως ένας πιθανός μηχανισμός ανταγωνισμού για την ερμηνεία της επιτυχημένης εισβολής του *Ae. aegypti* στην Ασία, βάσει εργαστηριακών πειραμάτων που καταδείκνυαν την ανταγωνιστική υπεροχή αυτού του χωροκατακτητικού είδους έναντι του ιθαγενούς *Ae. albopictus*. Παρόλο που οι προνύμφες του *Ae. aegypti* επικράτησαν σταθερά έναντι του *Ae. albopictus*, σε εργαστηριακά πειράματα παρουσία τεχνητής τροφής (Black *et al.*, 1989), στις νοτιοανατολικές πολιτείες των Η.Π.Α. μεταξύ των δεκαετιών του '80 και του '90, η μείωση των πληθυσμών του *Ae. aegypti*, λόγω της αντίστοιχης αύξησης του *Ae. albopictus*, επιβεβαιώνει ότι δεν ισχύει η ανταγωνιστική υπεροχή του *Ae. aegypti* (Hobbs *et al.*, 1991; O'Meara *et al.*, 1995a). Επιπλέον, σε εργαστηριακά πειράματα ανταγωνισμού που χρησιμοποιήθηκαν φυτικά υπολείμματα ως πηγή τροφής, οι προνύμφες του *Ae. albopictus* επικρατούσαν σταθερά έναντι των προνυμφών του *Ae. aegypti* ως προς την ανάπτυξη και την επιβίωση (Barrera, 1996; Juliano, 1998) και αναλύσεις της πορείας της πληθυσμιακής αύξησης απέδειξαν ότι ο διαειδικός ανταγωνισμός προνυμφών ήταν η πιο λογική εξήγηση της πληθυσμιακής μείωσης του *Ae. aegypti* σε συλλογές νερού που περιείχαν φυτικά υπολείμματα ως πηγή τροφής (Juliano, 1998). Το ίδιο αποτέλεσμα ανταγωνιστικής υπεροχής των προνυμφών του *Ae. aegypti* έναντι του *Ae. albopictus* παρατηρήθηκε και σε πειράματα υπαίθρου που διεξήχθησαν με τοπικούς πληθυσμούς αυτών των δύο ειδών στη Βραζιλία (Braks *et al.*, 2004), καταδεικνύοντας ότι το φαινόμενο αυτό είναι γενικότερο και ισχύει και σε άλλες περιοχές με γενετικά διαφορετικούς πληθυσμούς κουνουπιών (Birungi & Munstermann, 2002).

Ακόμη μία περίπτωση διαειδικού ανταγωνισμού προνυμφών παρατηρήθηκε σε εργαστηριακά πειράματα των Smith *et al.* (1995) μεταξύ των ειδών *Culex quinquefasciatus* και *Cx. tarsalis*. Στη μελέτη αυτή, οι ερευνητές κατέδειξαν την ανταγωνιστική υπεροχή του *Cx. quinquefasciatus* έναντι των προνυμφών του *Cx.*

tarsalis και ως εκ τούτου προτείνεται ως ένας μηχανισμός ανταγωνισμού για την ερμηνεία της μετατόπισης της ισορροπίας αυτών των δύο ειδών σε συλλογές παγίδων φωτός στην Καλιφόρνια. Ωστόσο, η μεταβολή της πληθυσμιακής πυκνότητας των κουνουπιών στις παγίδες μπορεί, επίσης, να αντανakλά τις αλλαγές των ενδιαιτημάτων της περιοχής, ως συνέπεια της ανθρώπινης δραστηριότητας που ευνόησε την πληθυσμιακή αύξηση του *Cx. quinquefasciatus* σε ευτροφικά υδατικά περιβάλλοντα, τα οποία προτιμώνται από αυτό το είδος.

Παρόλο που εργαστηριακά έχει αποδειχθεί ότι ο διαειδικός ανταγωνισμός προνυμφών αποτελεί έναν προφανή μηχανισμό μείωσης των πληθυσμών ορισμένων ειδών στη φύση, αυτός ο μηχανισμός και η πρόβλεψη της πληθυσμιακής πορείας των ανταγωνιζόμενων ειδών έχει αποδεχθεί επισφαλώς (Lounibos, 2007). Αυτό συνέβη στην περίπτωση δύο ειδών κουνουπιών, των *Oc. triseriatus* και *Ae. albopictus*, στη Φλόριντα. Αν και εργαστηριακά πειράματα πρόβλεψαν τη μείωση των πληθυσμών του *Oc. triseriatus*, λόγω ανταγωνισμού σε ενδιαιτήματα ελαστικών, από το χωροκατακτητικό είδος *Ae. albopictus* (Livdahl & Willey, 1991), η ανταγωνιστική μείωση των πληθυσμών του *Oc. triseriatus* δεν παρατηρήθηκε στο φυσικό περιβάλλον της Φλόριντα (Lounibos *et al.*, 2001). Η απροσδόκητη συνύπαρξη αυτών των δύο ειδών στη φύση πιθανόν να οφείλεται στην επιλογή διαφορετικών ενδιαιτημάτων (Lounibos *et al.*, 2001) και στην ασύμμετρη ευαισθησία σε ιθαγενή αρπακτικά (Griswold & Lounibos, 2005).

Ο διαειδικός ανταγωνισμός προνυμφών μπορεί να είναι παρόν ακόμα και σε περιπτώσεις που δεν παρατηρείται μείωση του πληθυσμού ενός ιθαγενούς είδους μετά την είσοδο ενός χωροκατακτητικού, αλλά συμβαίνει το αντίθετο. Μία τέτοια περίπτωση παρατηρήθηκε στη Φλόριντα με τα είδη κουνουπιών *Wyeomyia* spp., των οποίων οι προνύμφες αναπτύσσονται σε κοιλότητες φυτών και εκδήλωσαν ανταγωνιστική υπεροχή για πόρους έναντι του χωροκατακτητικού *Ae. albopictus* (Lounibos *et al.*, 2003).

Διαφυλετικός ανταγωνισμός προνυμφών (Interphyletic larval competition)

Αν και οι περισσότερες έρευνες στο παρελθόν εστίαζαν στον ανταγωνιστικό εκτοπισμό μόνο μεταξύ οικολογικά ομόλογων ειδών (DeBach, 1966), πρόσφατες μελέτες από τρία διαφορετικά οικοσυστήματα δείχνουν ότι οι προνύμφες κουνουπιών μπορούν να υποστούν διαφυλετικό ανταγωνισμό με τα ατελή στάδια αμφιβίων της τάξης Anura (Lounibos, 2007). Σύμφωνα με τους Blaustein & Margalit (1996), οι γυρίνοι βατράχων μπορεί να εμποδίσουν την ανάπτυξη προνυμφών του *Cs. longiareolata* σε προσωρινές συλλογές νερού, στο Ισραήλ. Στην Αυστραλία, σε πιο μόνιμες συλλογές νερού, οι γυρίνοι συμπατρικών ειδών βατράχων καταστέλλουν την ανάπτυξη και επιβίωση των προνυμφών των ειδών *Cx. quinquefasciatus* και *Oc. australis* (Mokany & Shine, 2003a, 2003b). Είναι σημαντικό το γεγονός ότι η μείωση της ανάπτυξης των κουνουπιών από τα ατελή στάδια των βατράχων συμβαίνει σε ενδιαιτήματα νερού με υψηλό οργανικό φορτίο και

πιθανόν να οφείλεται σε κάποιον μύκητα που ζει συμβιωτικά στον εντερικό σωλήνα των βατράχων, αλλά αναστέλλει την ανάπτυξη των κουνουπιών (περίπτωση «φαινομενικού ανταγωνισμού») (Mokany & Shine, 2003a).

2.1.5.2.ΧΩΡΟΚΑΤΑΚΤΗΤΙΚΑ ΕΙΔΗ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ, ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ

Η μελέτη γύρω από τα χωροκατακτητικά είδη επικεντρώνεται στα μοτίβα και τις διαδικασίες που σχετίζονται με την εισαγωγή, την εγκατάσταση, την εξάπλωση και τις επιπτώσεις που προκαλούν τα μη ιθαγενή είδη σε μια περιοχή (Davis & Thompson, 2000; Lounibos, 2002; Williamson, 1996). Οι Juliano & Lounibos (2005) ορίζουν ως «χωροκατακτητικά είδη», τα εισαχθέντα είδη των οποίων ο πληθυσμός έχει αυξηθεί και εξαπλωθεί σε βαθμό που να επηρεάζει δυνητικά τα ιθαγενή είδη και οικοσυστήματα ή τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Τα χωροκατακτητικά είδη επηρεάζουν άλλα είδη και οικοσυστήματα, κυρίως μέσω βιοτικών αλληλεπιδράσεων, συμπεριλαμβανομένης της θήρευσης, του παρασιτισμού και του διαειδικού ανταγωνισμού (Williamson, 1996). Μεταξύ των βιοτικών επιδράσεων που ασκούν ορισμένα χωροκατακτητικά είδη, είναι και οι επιπτώσεις στην υγεία ανθρώπων και ζώων (Lounibos, 2002). Επιπλέον, τα χωροκατακτητικά είδη διαβιβαστές (invasive vectors) είναι πιθανό να αλλάξουν τον κύκλο μετάδοσης ιθαγενών ή μη ιθαγενών παθογόνων (McMichael & Bouma, 2000).

Στην περίπτωση των κουνουπιών, τα υδρόβια ατελή στάδια είναι αυτά που είναι πιο πιθανό να αλληλεπιδράσουν με άλλα είδη, ενώ τα τέλεια κουνούπια είναι αυτά που μπορεί να αποτελέσουν απειλή για τη δημόσια υγεία (Juliano & Lounibos, 2005).

Ένα καλά μελετημένο χωροκατακτητικό είδος κουνουπιού είναι το *Ae. albopictus*, για το οποίο έχουν διατυπωθεί και αναλυθεί διάφορες απόψεις γύρω από τις οικολογικές εξελίξεις που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια των εισβολών του σε νέα μέρη. Ωστόσο, λίγες πληροφορίες είναι διαθέσιμες για άλλα είδη κουνουπιών και τις εξελίξεις που λαμβάνουν χώρα ύστερα από την εισαγωγή τους σε νέους τόπους, κυρίως είτε επειδή πρόκειται για πολύ πρόσφατο φαινόμενο και η έρευνα είναι ακόμα σε εξέλιξη, όπως στην περίπτωση του *Ochlerotatus japonicus* είτε επειδή οι εισβολές συνέβησαν πολύ παλιά στο παρελθόν, οπότε δεν υπάρχει πλέον η δυνατότητα ανάλυσής τους (Juliano & Lounibos, 2005).

Ανάμεσα στα χαρακτηριστικά που ευνοούν ένα μη ιθαγενές είδος κουνουπιού να εγκατασταθεί σε έναν νέο τόπο, όπως εμφανίζονται σε πολλά από τα χωροκατακτητικά είδη, είναι η ανθεκτικότητα των ωών του είδους στην αφυδάτωση, γεγονός που ενισχύει την επιβίωση τους σε αφιλόξενα περιβάλλοντα και αυξάνει τις πιθανότητες επιτυχής μεταφοράς του σε νέα μέρη, η ανάπτυξη των ατελών σταδίων σε μικρές τεχνητές συλλογές νερού, σε κοιλάτητες δένδρων και φυτών, η δραστηριοποίηση του είδους σε ενδιαιτήματα πλησίον του ανθρώπου και ενδεχομένως, η αυτόγονη δραστηριότητα και η εμφάνιση διάπαυσης. Αν και σε

πολλές περιπτώσεις δεν έχει εξακριβωθεί ο τρόπος εισαγωγής εισβαλλόντων ειδών κουνουπιών σε νέες περιοχές (ενεργητική ή παθητική διασπορά), τα ταξίδια και το διεθνές εμπόριο αποτελούν αδιαμφισβήτητα έναν πολύ κοινό τρόπο μεταφοράς τους (Juliano & Lounibos, 2005).

Στα πλαίσια της εισβολής των ειδών, οι συνέπειες του ανταγωνισμού και της θήρευσης είναι σημαντικές, διότι μπορεί να αφορούν επιδράσεις των εισβαλλόντων ειδών στα ιθαγενή είδη ή μπορεί να εμποδίσουν την εισβολή άλλων ειδών. Τόσο ο ανταγωνισμός, όσο και η θήρευση που πραγματοποιούνται εξαιτίας της εισβολής ειδών κουνουπιών μπορεί να επηρεάσουν τη μετάδοση ασθενειών. Ένα χωροκατακτητικό είδος κουνουπιού που εκτοπίζει ένα ιθαγενές είδος μέσω ανταγωνισμού μπορεί να μεταβάλει τη μετάδοση μίας ασθένειας, εάν είναι περισσότερο ή λιγότερο αποτελεσματικός διαβιβαστής αυτής της ασθένειας (Juliano & Lounibos, 2005). Εάν η εισβολή ενός είδους κουνουπιού οδηγεί στη μείωση της μετάδοσης μιας ασθένειας λόγω εκτοπισμού του ιθαγενούς διαβιβαστή, τότε η εισαγωγή του νέου είδους θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον βιολογικό έλεγχο του ιθαγενούς διαβιβαστή μέσω ανταγωνιστικού αποκλεισμού (Rosen *et al.*, 1976; Rozeboom, 1971). Η ίδια λογική επικρατεί και πίσω από τις προσπάθειες καταπολέμησης ασθενειών με χρήση διαγονιδιακών κουνουπιών που δεν μεταδίδουν αυτές τις ασθένειες (O'Brochta, 2003). Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις, στόχος είναι η αντικατάσταση ενός πληθυσμού κουνουπιών που είναι ικανοί διαβιβαστές μιας ασθένειας από έναν άλλον πληθυσμό κουνουπιών που δεν μεταδίδουν αυτή την ασθένεια (Takken & Boete, 2003). Στην πρώτη περίπτωση, ο εκτοπισμός των ειδών πραγματοποιείται μέσω διαειδικού ανταγωνιστικού αποκλεισμού, ενώ στην περίπτωση της χρήσης διαγονιδιακών κουνουπιών, ο εκτοπισμός ειδών μπορεί να συμβεί μέσω ενδοειδικού ανταγωνισμού μεταξύ γονοτύπων ή ενδοφυλετικού ανταγωνισμού (intrasexual competition) (π.χ. χρήση γονιδιακών στείρων αρσενικών σε ανταγωνιστικές συζεύξεις) (Juliano & Lounibos, 2005).

Είναι, επίσης, πιθανό τα χωροκατακτητικά είδη κουνουπιών να μεταβάλουν τη μετάδοση μιας ασθένειας χωρίς να επιδράσουν σε κάποιο ιθαγενές είδος διαβιβαστή, όταν το χωροκατακτητικό είδος διαδραματίζει έναν νέο ρόλο στον κύκλο ζωής του παθογόνου. Για παράδειγμα, ένα χωροκατακτητικό είδος, το οποίο έχει την ικανότητα να μεταδώσει ένα παθογόνο που έχει ενδοζωικό κύκλο ζωής στον άνθρωπο, μπορεί να μεταβάλει τον κύκλο ζωής της ασθένειας, δημιουργώντας νέα προβλήματα για τη δημόσια υγεία. Επιπλέον, τα χωροκατακτητικά είδη διαβιβαστές ασθενειών μπορεί να μεταφέρουν νέα παθογόνα σε περιοχές που δεν υπήρχαν προηγουμένως κι αυτά να εξαπλωθούν ταχέως σε πληθυσμούς ευπαθών ξενιστών με κίνδυνο ακόμα και να ξεσπάσει επιδημία (Juliano & Lounibos, 2005).

Οι Juliano & Lounibos (2005) αναφέρουν ότι ο διαειδικός ανταγωνισμός που λαμβάνει χώρα εξαιτίας ενός χωροκατακτητικού είδους, περικλείει κάθε μηχανισμό που προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στην αύξηση του πληθυσμού των εσιακών

ειδών (focal species), αποκλείοντας τις περιπτώσεις της θήρευσης και του παρασιτισμού στα εστιακά είδη. Εστιακά είδη (focal species) είναι αυτά που επηρεάζονται περισσότερο από μία απειλή σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον (Astleithner *et al.*, 2004). Έτσι, ο διαειδικός ανταγωνισμός περιλαμβάνει τον ανταγωνισμό για πόρους (resource competition) (αρνητικές επιδράσεις μέσω εξάντλησης κοινών πόρων), χημική ή φυσική παρέμβαση (chemical or physical interference) (αρνητικές επιδράσεις μέσω τοξινών, περιττωμάτων ή επιθετικότητας) και παρέμβαση στις συζεύξεις (mating interference) (αρνητικές επιδράσεις μέσω διειδικών συζεύξεων μειώνοντας τους πληθυσμούς των ειδών) (Juliano & Lounibos, 2005).

Η διαειδική ανταγωνιστική υπεροχή συχνά θεωρείται χαρακτηριστικό των μη ιθαγενών ειδών που ενισχύει την πιθανότητα να γίνουν χωροκατακτητικά (Sakai *et al.*, 2001; Williamson, 1996). Η ανταγωνιστική υπεροχή είναι απαραίτητη για την είσοδο και εξάπλωση των εισβαλλόντων ειδών μόνο όταν αυτά ανταγωνίζονται παρόμοια είδη και οι πόροι είναι περιορισμένοι ή όταν ο ανταγωνισμός παρέμβασης (interference competition) επικρατεί στην κοινότητα που έχει γίνει εισβολή. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου τα χωροκατακτητικά είδη μπορεί να επεκταθούν σε νέες περιοχές πληρώνοντας μία «κενή βιοθέση» (empty niche), δηλαδή κατέχοντας ένα ενδιαίτημα που δεν είχε προηγουμένως καταληφθεί (ή που ήταν ακόρεστο) ή αξιοποιώντας ένα αχρησιμοποίητο πόρο (Williamson, 1996). Έτσι, η εισβολή ενός νέου είδους συχνά καταλήγει στη μείωση ή τον εκτοπισμό οικολογικά όμοιων ειδών (Juliano, 1998), ενώ αντίθετα, υπάρχουν και περιπτώσεις μη ιθαγενών ειδών που δεν μπορούν να εξαπλωθούν πέρα από μία περιορισμένη περιοχή, επειδή δεν είναι αποτελεσματικοί ανταγωνιστές και ο ανταγωνισμός με τα ιθαγενή είδη περιορίζει την εξάπλωσή τους. Σε κάθε περίπτωση, ο διαειδικός ανταγωνισμός καθορίζει την έκβαση της εισαγωγής ενός νέου είδους. Μεταξύ των κουνουπιών, έχει παρατηρηθεί, τόσο η μείωση ιθαγενών ειδών, όσο και η αποτυχία εξάπλωσης μη ιθαγενών ειδών. Τέλος, βάσει ιστορικών και φυσικών δεδομένων για το είδος *Aedes aegypti*, αποδεικνύεται ότι είναι δυνατόν χωροκατακτητικά είδη κουνουπιών να έχουν καταλάβει κενές βιοθέσεις, αφού δεν υπάρχουν ενδείξεις ανταγωνιστικών επιπτώσεων (Juliano & Lounibos, 2005).

2.1.5.3. ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ

Ανταγωνιστική μείωση στους πληθυσμούς των κουνουπιών μπορεί να λάβει χώρα μετά από αλλαγές των ενδιαιτημάτων τους ή με την είσοδο και εγκατάσταση εισβαλλόντων ειδών κουνουπιών, εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας (Lounibos, 2007). Στη βιβλιογραφία αναφέρεται πληθώρα τέτοιων περιπτώσεων, όπως αυτές που αφορούν είδη του συμπλέγματος *Maculipennis* του γένους *Anopheles* στη Νότια Ιταλία, τα οποία είναι διαβιβαστές της ελονοσίας. Συγκεκριμένα, το ανθεκτικό σε υφάλμυρα νερά είδος *An. labranchiae*, εκτοπίστηκε

από το λιγότερο επικίνδυνο και ζωόφιλο είδος *An. hispaniola*, ύστερα από αφαλάτωση των εστιών ανάπτυξης των προνυμφών του (Missiroli, 1939) και εφαρμογή ψεκασμών με DDT εναντίον του (Trapido & Aitken, 1953). Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι αυτή η αλλαγή ισορροπίας μεταξύ των δύο ειδών κουνουπιών ήταν προσωρινή, όπως τεκμηριώνεται από παρατηρήσεις των τελευταίων 35 ετών που δείχνουν αύξηση του αριθμού των εστιών ανάπτυξης του *An. labranchiae* και εξάλειψη του *An. hispaniola* από τη Σαρδηνία (Marchi & Munstermann, 1987). Η επανεμφάνιση του *An. labranchiae* στη Σαρδηνία συνέβη κοντά σε νεόκτιστους οικισμούς, όπου το *An. hispaniola* δεν δραστηριοποιούταν. Επομένως, οι πρόσφατες αλλαγές στην ισορροπία των δύο πληθυσμών στην νότια Ιταλία πιθανόν να μην συνδέεται με ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις (Lounibos, 2007).

Ένα άλλο παράδειγμα ανταγωνιστικής μείωσης σε πληθυσμούς κουνουπιών εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας είναι η περίπτωση εξαφάνισης ενός είδους διαβιβαστή της ελονοσίας, του *An. funestus*, στην Κένυα και την Τανζανία, λόγω εφαρμογής υπολειμματικών ψεκασμών εντός των οικιών, στα πλαίσια προγράμματος καταπολέμησης της ελονοσίας, τη δεκαετία του '50 και η αντικατάστασή του από το ζωόφιλο είδος, *An. rivulorum*, σε καταφύγια εκτός οικιών (Gillies & Smith, 1960). Πριν την καταπολέμηση του *An. funestus*, οι προνύμφες των δύο ειδών συχνά συνυπήρχαν στα ίδια ενδιαιτήματα, οπότε θεωρήθηκε ότι ο διαειδικός ανταγωνισμός μεταξύ των προνυμφών, ευθύνονταν για τη μείωση των πληθυσμών του *An. rivulorum*. Κατά συνέπεια, οι ψεκασμοί εναντίον του *An. funestus* ανέστειλαν την υπεροχή του και εξάλειψαν τον ανταγωνισμό με το *An. rivulorum* στις βιοθέσεις που προηγουμένως μοιράζονταν και τα δύο είδη (Lounibos, 2007).

Τέτοιες μεταβολές στην πληθυσμιακή ισορροπία των ειδών κουνουπιών συχνά διεγείρουν ανησυχίες ως προς το αν το θεωρητικά ακίνδυνο είδος κουνουπιού που «αντικατέστησε» κάποιον επικίνδυνο διαβιβαστή, αποτελεί ή θα μπορούσε με την πάροδο του χρόνου να αποτελέσει φορέα παθογόνων για τον άνθρωπο. Στην παραπάνω περίπτωση, το *An. rivulorum* έχει αποδειχθεί ότι μεταδίδει το πιο θανατηφόρο είδος παρασιτικού πρωτόζωου της ελονοσίας, το *Plasmodium falciparum* σε ανθρώπους στην ανατολική Τανζανία (Wilkes *et al.*, 1996).

Οι ορατές αλλαγές στην πληθυσμιακή αφθονία των ειδών κουνουπιών του γένους *Aedes*, τα οποία αναπαράγονται σε μικρές υδάτινες συλλογές, έχουν συσχετιστεί με τις εισβολές των ευρέως διαδεδομένων ειδών *Ae. aegypti* και *Ae. albopictus*, που συνέβησαν με τη βοήθεια του ανθρώπου (Lounibos, 2002). Το *Ae. aegypti*, ένα ιθαγενές είδος της Αφρικής, θεωρείται ότι εγκαταστάθηκε σε τροπικές περιοχές της Ασίας, κατά τα τέλη του 19^{ου} αιώνα (Smith, 1956). Σε πόλεις, όπως η Κουάλα Λουμπούρ και η Καλκούτα, η εξάπλωση του *Ae. aegypti* συνέπεσε με τη μείωση της εξάπλωσης του ιθαγενούς είδους *Ae. albopictus* σε αστικές περιοχές (Gilotra *et al.*, 1967).

Το χωροκατακτητικό είδος *Ae. albopictus* εξαπλώθηκε από την Ασία στα νησιά του Ειρηνικού ωκεανού κατά τη διάρκεια έντονων κοινωνικών αναταραχών και μαζικών ανθρωπίνων μεταναστεύσεων, λόγω του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, οδηγώντας σε μείωση των πληθυσμών των ενδημικών ειδών κουνουπιών αυτών των νησιών, όπως το *Ae. guamensis*, ενδεχομένως λόγω διαειδικού ανταγωνισμού (Rozeboom & Bridges, 1972). Επιπλέον, σε περιοχές όπως το Γκουάμ και η Μανίλα, όπου εντομοκτόνες επεμβάσεις είχαν μειώσει τους πληθυσμούς του *Ae. aegypti*, παρατηρήθηκε εξάπλωση του *Ae. albopictus* σε αστικές περιοχές, λόγω διαειδικού ανταγωνισμού (Gilotra *et al.*, 1967).

Μετά την εισβολή του *Ae. albopictus* στη Βόρεια Αμερική τη δεκαετία του '80 (Hawley *et al.*, 1987), περιορίστηκε ταχύτατα η διασπορά και η πυκνότητα του πληθυσμού του *Ae. aegypti* στο μεγαλύτερο μέρος των νοτιοανατολικών περιοχών των Η.Π.Α. (Hobbs *et al.*, 1991; O'Meara *et al.*, 1995a).

2.1.5.4.ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ *Aedes albopictus* ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΕΙΔΩΝ *Aedes* ΣΤΗ ΦΥΣΗ - ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ *Aedes albopictus* ΚΑΙ *Aedes aegypti*

Η είσοδος και εξάπλωση του *Ae. albopictus* στο νότιο τμήμα της Βόρειας Αμερικής τη δεκαετία του '80, επέφερε μείωση έως και τοπική εξάλειψη των πληθυσμών του *Ae. aegypti* (Juliano *et al.*, 2004; O'Meara *et al.*, 1995a), γεγονός που συνδέεται με διαειδικές ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δύο ειδών (Juliano & Lounibos, 2005).

Ωστόσο, το *Ae. aegypti* διατηρεί τους πληθυσμούς του στις νότιες και αστικές περιοχές της χερσονήσου της Φλόριντα (O'Meara *et al.*, 1995b; Juliano *et al.*, 2002, 2004) και σε άλλες αστικές περιοχές των νοτίων Η.Π.Α. (π.χ. Χιούστον, Σαβάννα, Νέα Ορλεάνη), όπου συνυπάρχει τοπικά με το *Ae. albopictus* (Juliano *et al.*, 2004). Η συνύπαρξη αυτή, παρά τον διαειδικό ανταγωνισμό των προνυμφών των δύο ειδών, αποτελεί ένα από τα κύρια αναπάντητα ερωτήματα σχετικά με την εισβολή του *Ae. albopictus* στη Βόρεια Αμερική. Το *Ae. aegypti* παραμένει το κυρίαρχο είδος στο Μαϊάμι (O'Meara *et al.*, 1995a, 1995b) και τα νησιά του κοραλλιογενούς αρχιπελάγους της νότιας ακτής της Φλόριντα (Florida Keys), στα περισσότερα από τα οποία απουσιάζει το *Ae. albopictus*, πιθανόν λόγω των ξηρικών συνθηκών (Juliano *et al.*, 2002) ή των εντατικών μέτρων καταπολέμησης (Juliano & Lounibos, 2005).

Εργαστηριακά πειράματα, στα οποία χρησιμοποιήθηκαν φυτικά υπολείμματα ως τροφή προνυμφών, άλλα πειράματα σε ανθοδοχεία κοιμητηρίων καθώς και μελέτες υπαίθρου, έδειξαν ότι το *Ae. albopictus* στη Βόρεια Αμερική κυριαρχεί στον ανταγωνισμό έναντι του *Ae. aegypti* (Barrera, 1996; Daugherty *et al.*, 2000; Juliano,

1998) και μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση στην επιβίωση του *Ae. aegypti* (Juliano *et al.*, 2004), αποδεικνύοντας ότι ο διαειδικός ανταγωνισμός είναι ένα σημαντικό φαινόμενο που συμβαίνει στη φύση. Αντίθετα, άλλα εργαστηριακά πειράματα ανταγωνισμού προνυμφών των δύο ειδών, όπου χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές πηγές τροφής (όπως σκόνη συκωτιού, μαγιά, νεκρά έντομα) έδειξαν ότι υπήρχε ισορροπία μεταξύ των δύο ειδών ή κάποιο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα για το *Ae. aegypti* (Barrera, 1996; Daugherty *et al.*, 2000).

Δεδομένα πεδίου και εργαστηριακών μελετών υποδεικνύουν ότι η ξήρανση των ενδιαιτημάτων και η επακόλουθη θνησιμότητα των ωών επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο το *Ae. albopictus* (Juliano *et al.*, 2002), ευνοώντας το *Ae. aegypti* στην ανταγωνιστική αλληλεπίδραση των δύο ειδών (Juliano & Lounibos, 2005). Βάσει μελετών των δύο ειδών είναι προφανές ότι οι επιπτώσεις του ανταγωνισμού μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με το περιβάλλον που συμβαίνει η αλληλεπίδραση (condition-specific competition) (Taniguchi & Nakano, 2000).

Η τρέχουσα διασπορά των *Ae. aegypti* και *Ae. albopictus* στις Η.Π.Α., όπου το πρώτο είδος περιορίζεται πλέον σε αστικές και υποτροπικές περιοχές, αντικατοπτρίζει μία κατάσταση σχετικά σταθερής ισορροπίας, στην οποία οι ζώνες συνύπαρξης και αποκλεισμού των δύο ειδών σχετίζονται με διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως συμβαίνει και σε άλλες περιοχές του κόσμου, όπου τα δύο είδη είναι συμπατρικά ή παραπατρικά (Fontenille & Rodhain, 1989). Πειράματα σε περιοχές αποκλεισμού και συνύπαρξης των δύο ειδών αποδεικνύουν ότι η υψηλότερη θνησιμότητα των ωών του *Ae. albopictus* σε ξηρότερα και θερμότερα περιβάλλοντα μετριάξει το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα αυτού του είδους στα προνυμφικά στάδια έναντι του *Ae. aegypti* (Juliano *et al.*, 2002). Συνεπώς, παρόλο που οι περιοχές συνύπαρξης και αποκλεισμού μπορεί να είναι παρόμοιες για τα δύο είδη σε υδατικά περιβάλλοντα (Juliano *et al.*, 2004), οι διαφορές στο εναέριο περιβάλλον μπορεί να καθορίζουν τον αντίκτυπο του διαειδικού ανταγωνισμού των προνυμφών στις διάφορες περιοχές. Επομένως, τόσο οι αβιοτικοί, όσο και οι βιοτικοί παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν το αποτέλεσμα της ανταγωνιστικής μείωσης, μέσω των επιδράσεων στα διάφορα βιολογικά στάδια (Lounibos, 2007).

Γενικότερα, η μείωση των πληθυσμών του *Ae. aegypti* στη Βόρεια Αμερική και ο ρόλος που έπαιξε σε αυτήν η εξάπλωση του *Ae. albopictus*, έχει εξεταστεί από διάφορες οπτικές, αλλά δεν έχει ακόμα προκύψει μία γενική εξήγηση. Σε γενικές γραμμές, οι ερευνητές συμφωνούν ότι δεν υπάρχουν επαρκεί στοιχεία που να αποδεικνύουν ότι η μείωση των πληθυσμών του *Ae. aegypti* οφείλεται στο *Ae. albopictus*. Πιθανότατα, η πληθυσμιακή μείωση του *Ae. aegypti* και άλλων ειδών *Aedes* στη Β. Αμερική, προκύπτει από έναν συνδυασμό πολλών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένου και του ανταγωνισμού των προνυμφών (Estrada-Franco & Craig, 1995).

Στη Βραζιλία, το *Ae. albopictus* εισήχθη στα μέσα της δεκαετίας του 1980 και πλέον έχει εξαπλωθεί σε όλη τη χώρα (Santos & La, 2003). Μετά την εισαγωγή του *Ae. albopictus* στη Βραζιλία υπάρχουν στοιχεία για τοπική μείωση των πληθυσμών του *Ae. aegypti* (Braks *et al.*, 2004). Παρά τη συνύπαρξη των δύο ειδών στη Νότια Βραζιλία, υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις από πειράματα πεδίου ότι οι προνύμφες του *Ae. albopictus* στη Βραζιλία υπερτερούν στον ανταγωνισμό έναντι των προνυμφών του *Ae. aegypti* σε τεχνητές συλλογές νερού, όπως συμβαίνει και στη Βόρεια Αμερική (Braks *et al.* 2003).

Αντίθετα, στη Νοτιοανατολική Ασία, το *Ae. aegypti* φαίνεται να έχει εκτοπίσει το *Ae. albopictus*, γεγονός που όπως αναφέρουν οι Estrada-Franco & Craig (1995), προκύπτει από την ανεξέλεγκτη αστικοποίηση περιοχών της Νοτιοανατολικής Ασίας, η οποία προκάλεσε αύξηση των πληθυσμών του *Ae. aegypti* μετά την εισβολή του από την Αφρική και μείωση του ιθαγενούς *Ae. albopictus*. Οι Edgerly *et al.* (1993) και Hawley (1988) αναφορικά με τον εκτοπισμό του *Ae. albopictus* στη Νοτιοανατολική Ασία, συμπεραίνουν ότι «οι αλλαγές στα ενδιαίτηματα των κουνουπιών έχουν δραματικές επιπτώσεις στην έκβαση της εισβολής ειδών κουνουπιών». Παρόλο που έχουν διατυπωθεί πολλές πιθανές εξηγήσεις, τα φαινόμενα ανταγωνιστικού εκτοπισμού των ειδών *Aedes* στην Ασία και τη Βόρεια Αμερική, εξακολουθούν να αποτελούν ένα οικολογικό αίνιγμα (Estrada-Franco & Craig, 1995).

Ο Juliano (2010) στην προσπάθειά του να εξετάσει εάν ο διαειδικός ανταγωνισμός οδηγεί στη συνύπαρξη ή στον ανταγωνιστικό αποκλεισμό, μέσα από μία μετα-ανάλυση δεδομένων επιμέρους μελετών σχετικά με τις ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις του χωροκατακτητικού είδους *Aedes albopictus* και άλλων ιθαγενών ειδών *Aedes*, διατυπώνει την άποψη ότι η φαινομενική συνύπαρξη αυτών των ειδών κουνουπιών είναι πιθανή σε ορισμένα φυσικά οικοσυστήματα με υψηλής ποιότητας υπολείμματα, όπου η ανταγωνιστική ασσυμετρία μειώνεται και ο χρόνος που απαιτείται για τον ανταγωνιστικό αποκλεισμό μπορεί να είναι μεγάλος. Έτσι, μπορεί να παρατηρηθεί μακροχρόνια διατήρηση των πληθυσμών και των δύο ειδών, αν όχι σταθερή συνύπαρξη. Με την ανταγωνιστική ισότητα, η ικανότητα των δύο ανταγωνιστών είναι σχεδόν ίση και ακόμα και μικρές σταθεροποιητικές επιδράσεις (π.χ. μικρές διαφορές στη χρήση πόρων ή στην επιλογή ενδιαιτημάτων) μπορεί να είναι αρκετές για να προάγουν τη συνύπαρξη (Chesson, 2000; Adler *et al.*, 2007).

Τέλος, η εισβολή του *Ae. albopictus* στην Ευρώπη πιθανολογείται ότι σχετίζεται με μείωση των πληθυσμών του *Ae. aegypti* (Simberloff & Gibbons, 2004), ωστόσο η μείωση της πληθυσμιακής πυκνότητας του *Ae. aegypti* στην Ισπανία και τη Νότια Ευρώπη προηγήθηκε της εισβολής του *Ae. albopictus*, γεγονός που οφείλεται πιθανόν στις προσπάθειες αντιμετώπισης του είδους (Eritja *et al.*, 2005).

ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ *Aedes albopictus* ΚΑΙ *Aedes triseriatus*

Εργαστηριακές μελέτες των Livdahl & Willey (1991) σχετικά με το ανταγωνισμό προνυμφών των ειδών *Ae. albopictus* και *Ae. triseriatus* στη Βόρεια Αμερική έδειξαν ότι τα δύο είδη μπορεί να συνυπάρχουν σε κοιλότητες δένδρων, αλλά σε ελαστικά το *Ae. triseriatus* μπορεί να εκλείψει. Για να εξετάσουν την κατάσταση αυτή, οι Lounibos *et al.* (2001) παρακολούθησαν τους πληθυσμούς των υδρόβιων σταδίων των κουνουπιών πριν την εισβολή του *Ae. albopictus* στη νότια Φλόριντα. Παρατήρησαν ότι σε αστικές και περιαστιακές περιοχές, η παρουσία του *Ae. triseriatus* σε εγκαταλελειμμένα ελαστικά δεν ήταν συνήθης, ακόμα και πριν την εισβολή του *Ae. albopictus*. Σε δασώδεις περιοχές, υπάρχουν ενδείξεις για μειωμένη πληθυσμιακή πυκνότητα του *Ae. triseriatus* σε μεταχειρισμένα ελαστικά και ανθοδοχεία νεκροταφείων, χωρίς όμως το είδος αυτό να έχει εκτοπιστεί από αυτά τα ενδιαιτήματα. Πειράματα υπαίθρου σε τεχνητές κοιλότητες δένδρων έδειξαν ότι το *Ae. albopictus* είχε καλύτερη ικανότητα επιβίωσης σε σχέση με το *Ae. triseriatus*, παρουσία των αρπακτικών προνυμφών του ιθαγενούς είδους κουνουπιού *Toxorhynchites rutilus*. Τα ωά του *Ae. albopictus* εκκολάπτονται γρηγορότερα από αυτά του *Ae. triseriatus*, δίνοντας στις προνύμφες τους είδους ένα αναπτυξιακό πλεονέκτημα και με αυτό τον τρόπο αποφεύγουν τη θήρευση. Τα βιολογικά χαρακτηριστικά που ευνοούν το *Ae. albopictus*, αντισταθμίζονται εν μέρει από την αξιοποίηση των περισσοτέρων κοιλοτήτων δένδρων από το *Ae. triseriatus*, αλλά και τη σπάνια εμφάνιση χωροκατακτητικών ειδών κουνουπιών σε μη διαταραγμένες δασικές εκτάσεις, γεγονός που μετριάζει τον εκτοπισμό του *Ae. triseriatus* σε αυτά τα ενδιαιτήματα (Lounibos *et al.*, 2001).

Παρόλο που ο διαειδικός ανταγωνισμός προνυμφών είναι ένας σημαντικός μηχανισμός μείωσης των πληθυσμών κουνουπιών, η πρόβλεψη της πορείας των πληθυσμών ανταγωνιζόμενων ειδών στη φύση με βάση εργαστηριακά πειράματα δεν αποδεικνύεται πάντα επιτυχής. Αν και τα εργαστηριακά πειράματα των Livdahl & Willey (1991) πρόβλεψαν την ανταγωνιστική μείωση του *Ae. triseriatus* σε ενδιαιτήματα ελαστικών από το χωροκατακτητικό είδος *Ae. albopictus*, τελικώς δεν παρατηρήθηκε η κατάσταση αυτή στη Φλόριντα (Lounibos *et al.*, 2001). Πιθανοί μηχανισμοί για να εξηγήσουν αυτήν την απροσδόκητη συνύπαρξη των δύο ειδών στη φύση περιλαμβάνουν τη χρήση διαφορετικών ενδιαιτημάτων (Lounibos *et al.*, 2001) και την ασύμμετρη ευαισθησία σε ιθαγενή αρπακτικά (Griswold & Lounibos, 2005).

ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ *Aedes albopictus* ΚΑΙ *Aedes polynesiensis*

Εργαστηριακά πειράματα στο Πανεπιστήμιο Johns Hopkins, τα οποία πραγματοποιήθηκαν σε κλωβούς, έδειξαν ότι το *Ae. albopictus* μπορούσε να εκτοπίσει ανταγωνιστικά τους πληθυσμούς του *Ae. polynesiensis* (Gubler, 1970a).

Αποδείχθηκε ότι οι μηχανισμοί εκτοπισμού του *Ae. polynesiensis* από το *Ae. albopictus* ήταν η παραγωγή στείρων θηλυκών του *Ae. polynesiensis*, που οφείλεται σε ασύμμετρο αναπαραγωγικό ανταγωνισμό (Gubler, 1970b), σε διαειδικό ανταγωνισμό προνυμφών (Lowrie, 1973) ή στον συνδυασμό και των δύο μηχανισμών (Gubler, 1970a).

Με βάση τα εργαστηριακά πειράματα και τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τον διαειδικό ανταγωνισμό των δύο ειδών, πραγματοποιήθηκαν εξαπολύσεις μη-ιθαγενών φυλών του *Ae. albopictus* σε ένα αραιοκατοικημένο κοραλλιογενές νησί του Ειρηνικού Ωκεανού, προκειμένου να μειωθεί ο τοπικός πληθυσμός του *Ae. polynesiensis* (Rosen *et al.*, 1976). Τρία στελέχη του *Ae. albopictus* απελευθερώθηκαν σε διαφορετικές τοποθεσίες του νησιού και οι πληθυσμοί τους παρακολουθούνταν για 4 χρόνια (Rosen *et al.*, 1976). Στόχος αυτού του προγράμματος ήταν η μείωση ή ο εκτοπισμός των πληθυσμών του *Ae. polynesiensis*, ένα είδος κουνουπιού που αποτελεί σημαντικό διαβιβαστή του παρασίτου της ανθρώπινης φιλαρίασης στην Ωκεανία, από το *Ae. albopictus* που δεν είναι διαβιβαστής του συγκεκριμένου παρασίτου. Παρόλο που το *Ae. albopictus* εξαπολύθηκε ευρέως σε όλο το νησί, δεν επιτεύχθηκε η εγκατάστασή του και εξαφανίστηκε μέσα σε 2 χρόνια, χωρίς να επηρεάσει τους πληθυσμούς του *Ae. polynesiensis* (Rosen *et al.*, 1976). Οι ερευνητές δεν κατάφεραν τελικά να εξηγήσουν την αποτυχία της εγκατάστασης του *Ae. albopictus* στα ενδιαίτηματα-στόχους (Juliano, 2008), καθώς δεν ήταν σαφές αν τα στελέχη του είδους ήταν ακατάλληλα, αν το γενικό περιβάλλον δεν ήταν το κατάλληλο ή αν το *Ae. polynesiensis* υπήρχε σε τέτοια πληθυσμιακή αφθονία που το *Ae. albopictus* δεν μπόρεσε να συζευχθεί με άτομα του δικού του είδους (Rosen *et al.*, 1976). Γενικότερα, το συγκεκριμένο πείραμα αποτελεί παράδειγμα αποτυχίας των εργαστηριακών πειραμάτων στην εκτίμηση της έκβασης των ανταγωνιστικών αλληλεπιδράσεων στη φύση (Hawley, 1988).

ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ *Aedes albopictus* ΚΑΙ *Aedes guamensis*

Το *Ae. guamensis* είναι ένα ιθαγενές είδος του Γκουάμ και άλλων νησιών του συμπλέγματος Mariana, στον Ειρηνικό ωκεανό. Η είσοδος του *Ae. albopictus*, το 1944, αναφέρεται ότι εκτόπισε το *Ae. guamensis* από ορισμένες περιοχές της χώρας. Οι προνύμφες των δύο ειδών παρουσιάζουν παρόμοια οικολογία και συναντώνται σε κοιλότητες δένδρων, κελύφη καρύδας και άλλες φυσικές ή ανθρωπογενείς συλλογές νερού. Οι Rozeboom & Bridges (1972) σε μελέτη που πραγματοποίησαν αναφέρουν ότι, καθώς η πληθυσμιακή πυκνότητα του *Ae. albopictus* αυξανόταν, η αντίστοιχη για το *Ae. guamensis* μειώθηκε κατά 95% σε τεχνητές συλλογές νερού και έως 30% σε φυσικές εστίες νερού, γεγονός που απέδωσαν στον ανταγωνισμό μεταξύ των δύο ειδών, δεδομένου ότι δε φαίνεται να

εμπλέκεται κάποιος περιβαλλοντικός παράγοντας που να καθιστά τα ενδιαιτήματα του *Ae. guamensis* ακατάλληλα. (Rozeboom & Bridges, 1972).

ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ *Aedes albopictus* ΚΑΙ *Aedes japonicus*

Τα *Aedes albopictus* και *Aedes japonicus* είναι δύο από τα πιο ευρέως διαδεδομένα χωροκατακτητικά είδη κουνουπιών που έχουν εγκατασταθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες. Το *Ae. albopictus* εισήχθη στις Η.Π.Α., μέσω του εμπορίου ελαστικών από την Ιαπωνία (Hawley *et al.*, 1987; Reiter & Sprenger, 1987), κι έκτοτε, εξαπλώθηκε γρήγορα και εγκαταστάθηκε στο μεγαλύτερο μέρος των ανατολικών Η.Π.Α. (Moore, 1999) και με πιο αργό ρυθμό προς τα δυτικά. Ομοίως και για το *Ae. japonicus*, θεωρείται ότι η είσοδός του στις Ηνωμένες Πολιτείες οφείλεται στο εμπόριο μεταχειρισμένων ελαστικών από την Ιαπωνία (Lounibos, 2002; Peyton *et al.*, 1999). Το *Ae. japonicus* εντοπίστηκε πρώτη φορά στις Η.Π.Α. το 1998 και πλέον έχει βρεθεί σε περιοχές τόσο τις ανατολικής όσο και της δυτικής ακτής.

Τα δύο είδη συνυπάρχουν σε τεχνητές συλλογές νερού, όπου ο συνωστισμός και η περιορισμένη διαθεσιμότητα τροφής είναι πιθανό να προάγουν τον ενδοειδικό και διαειδικό ανταγωνισμό προνυμφών (Armistead *et al.*, 2008).

Οι Armistead *et al.* (2008) μελέτησαν τις ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των προνυμφών των δύο ειδών σε πραγματικές συνθήκες, σε δασική περιοχή της πόλης Fairfax, στη βόρεια Βιρτζίνια. Οι προνύμφες των δύο ειδών τοποθετήθηκαν μαζί σε δοχεία νερού με φύλλα δρυός (*Quercus palustris*) σε διάφορες αναλογίες. Παρόλο που και τα δύο είδη διατήρησαν θετική πληθυσμιακή ανάπτυξη, το *Ae. albopictus* επέδειξε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι του *Ae. japonicus* ως αποτέλεσμα της υψηλότερης επιβίωσης, του συντομότερου χρόνου ανάπτυξης ως την ενηλικίωση και του υψηλότερου ρυθμού αύξησης του πληθυσμού. Αν και ο διαειδικός ανταγωνισμός προνυμφών είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την επιβίωση, την ανάπτυξη, την αναπαραγωγική ικανότητα και την πληθυσμιακή πυκνότητα των κουνουπιών σε μικρές συλλογές νερού με περιορισμένους πόρους, κι άλλοι παράγοντες, όπως η θήρευση (Edgerly *et al.*, 1999; Griswold & Lounibos, 2005, 2006), ο φαινομενικός ανταγωνισμός (apparent competition) υπό την παρουσία κοινών εχθρών (Juliano, 1998), η αλλαγή των ενδιαιτημάτων (Bertness, 1984) και οι διαφορές στη συμπεριφορά κατά την αναζήτηση τροφής (O'Donnell & Armbruster, 2007; Yee *et al.*, 2004) έχουν σημαντικό αντίκτυπο στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δύο ειδών (Armistead *et al.*, 2008).

ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ *Aedes albopictus* ΚΑΙ *Aedes cretinus*

Τα *Aedes albopictus* και *Aedes cretinus* είναι δύο στενά συγγενικά είδη κουνουπιών με κοινά μορφολογικά χαρακτηριστικά, βιολογικές και οικολογικές

ομοιότητες (Giatropoulos *et al.*, 2015). Το *Ae. cretinus* είναι ιθαγενές στην Ευρώπη (Darsie, 1999) και μοιράζεται τις ίδιες βιοθέσεις με το *Ae. albopictus* (Γιατρόπουλος, 2014), το οποίο εντοπίστηκε στην Ευρώπη το 1979 στις ακτές της Βόρειας Αλβανίας (Adhami & Reiter, 1998) και στην Ελλάδα επιβεβαιώθηκε η παρουσία του, αρχικά στην Κέρκυρα και τη Θεσπρωτία το 2003-2004 (Samanidou-Vogiadjoglou *et al.*, 2005), κι έκτοτε έχει βρεθεί σε αρκετές περιοχές της χώρας (Giatropoulos *et al.*, 2012a).

Πρόσφατη παρακολούθηση των πληθυσμών των κουνουπιών στην Αθήνα (Ελλάδα) έδειξε ότι πρόκειται για συμπατρικά (sympatric) είδη κουνουπιών, με το *Ae. albopictus* να αναπτύσσει αρκετά υψηλότερες πληθυσμιακές πυκνότητες από το *Ae. cretinus* (Giatropoulos *et al.*, 2012b). Το *Ae. albopictus* κυριαρχούσε σε αστικές περιοχές, ενώ το *Ae. cretinus* δραστηριοποιούνταν σε λιγότερο πολυσύχναστες περιοχές και μέρη με περισσότερη βλάστηση, όπου τα δύο είδη συνυπήρχαν και είχαν ενδεχομένως τη δυνατότητα να διασταυρωθούν (Giatropoulos *et al.*, 2012b).

Ο Γιατρόπουλος (2014) διερεύνησε εργαστηριακά σε κλωβούς αν υπάρχει παρέμβαση στις συζεύξεις του *Ae. cretinus*, παρουσία του *Ae. albopictus*. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα αρσενικά *Ae. albopictus* είχαν σημαντική ικανότητα σύζευξης με θηλυκά *Ae. cretinus*, έχοντας ή μη την επιλογή σύζευξης με θηλυκά του είδους τους. Η κατάσταση αυτή πιθανόν να έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία των θηλυκών *Ae. cretinus*, που έχουν προηγουμένως συζευχθεί με αρσενικά *Ae. albopictus*, να συζευχθούν περαιτέρω με αρσενικά του είδους τους, οδηγώντας τελικά σε μείωση του πληθυσμού του *Ae. cretinus*, λόγω αναπαραγωγικού ανταγωνισμού με το *Ae. albopictus*. Αντίστοιχα, ελέγχθηκε κι η ικανότητα των αρσενικών *Ae. cretinus* για σύζευξη με θηλυκά *Ae. albopictus*, αποδείχθηκε όμως, αμελητέα και άρα δεν υπάρχουν ενδείξεις αναπαραγωγικού ανταγωνισμού των δύο ειδών εις βάρος του *Ae. albopictus* (Γιατρόπουλος, 2014).

ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ *Aedes albopictus* ΚΑΙ ΤΟΥ *Culex pipiens* ΣΤΗ ΦΥΣΗ - ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

Η εισβολή του *Ae. albopictus* στη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη θεωρείται ότι μπορεί να έχει επηρεάσει τους πληθυσμούς του *Culex pipiens*. Το *Aedes albopictus* κυριαρχεί στον ενδοειδικό ανταγωνισμό προνυμφών σε σχέση με *Cx. pipiens* και η ταυτόχρονη παρουσία αυτών των δύο ειδών σε τεχνητές εστίες νερού είναι συχνή στο ύπαιθρο, τόσο στην Ευρώπη (Carrieri *et al.*, 2003), όσο και στη Βόρεια Αμερική (Costanzo *et al.*, 2005). Οι προνύμφες του *Cx. pipiens* αποικίζουν ένα ευρύ φάσμα υδάτινων ενδιαιτημάτων, πολλά από τα οποία δεν χρησιμοποιούνται από το *Ae. albopictus* (Vinogradova, 2000), με αποτέλεσμα ο αντίκτυπος του ανταγωνισμού στη διασπορά και την πληθυσμιακή αφθονία του *Cx. pipiens* να μην γίνεται αντιληπτός (Juliano & Lounibos, 2005).

Ευρώπη

Το *Aedes albopictus* εντοπίστηκε στην Ιταλία το 1990, αρχικά στην περιοχή της Γένοβας (Sabatini *et al.*, 1990) και χάρη στην υψηλή βιολογική προσαρμοστικότητα του (Hawley, 1988) εξαπλώθηκε ραγδαία και σε άλλες περιοχές της Βόρειας και Κεντρικής Ιταλίας (Romi, 2001). Οι Carrieri *et al.* (2003) εξέτασαν μέσω επιτόπιων ερευνών στην πόλη Desenzano del Garda, την ικανότητα του *Ae. albopictus* να προσαρμόζεται σε αστικές περιοχές της Ιταλίας. Οι παρατηρήσεις στο ύπαιθρο έδειξαν ότι τα ενδιαιτήματα που καταλαμβάνει το *Ae. albopictus* επικαλύπτουν ένα μόνο μέρος αυτών που καταλαμβάνει το *Cx. pipiens*. Το *Ae. albopictus* επικρατεί σε μικρού μεγέθους εστίες που σχηματίζονται από εποχιακές πλημμύρες, ενώ το *Cx. pipiens* αποικίζει μεγάλες υδατοσυλλογές, που το νερό παραμένει για μεγάλα χρονικά διαστήματα, υπάρχει αφθονία τροφής, έντονη δραστηριότητα μικροοργανισμών και η ωστοκία του είδους μπορεί να πραγματοποιείται καθόλη τη διάρκεια του έτους. Ωστόσο, τα δύο είδη φαίνεται να συνυπάρχουν σε μεσαίου μεγέθους υδατοσυλλογές (10-50 λίτρα νερού), όπως φρεάτια και ελαστικά. Επιπλέον, υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές στην πληθυσμιακή πυκνότητα των δύο ειδών κατά την περίοδο αναπαραγωγής. Οι προνύμφες του *Cx. pipiens* ξεκινάνε την ανάπτυξή τους την άνοιξη και κυριαρχούν στα ενδιαιτήματα μέχρι τον Ιούλιο, ενώ οι προνύμφες του *Ae. albopictus* εμφανίζονται μερικές εβδομάδες αργότερα, με τις μέγιστες πληθυσμιακές πυκνότητες να σημειώνονται τον μήνα Σεπτέμβριο.

Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις σε συνδυασμό με εργαστηριακές μελέτες που πραγματοποίησαν οι ίδιοι ερευνητές, φαίνεται ότι η βιοθέση του *Ae. albopictus* επικαλύπτεται μερικώς από αυτή του *Cx. pipiens* και το πρώτο είδος είναι ικανό να ανταγωνιστεί επιτυχώς τα ιθαγενή είδη σε ενδιαιτήματα με περιορισμένη ποσότητα τροφής. Τα δύο είδη είναι πιθανό να συνυπάρξουν τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο, σε μεσαίου μεγέθους υδατοσυλλογές, όπου οι ποσότητες τροφής επαρκούν για να επιτρέψουν την ανάπτυξη και των δύο (Carrieri *et al.*, 2003).

Βόρεια Αμερική

Το *Aedes albopictus* εισήχθη στις Ηνωμένες Πολιτείες στα μέσα της δεκαετίας του 1980, μέσω του εμπορίου ελαστικών από την Ασία (Sprenger & Wuithranayagool, 1986). Η είσοδός του, πλέον, θεωρείται ότι σχετίζεται με τη μείωση, ακόμα και την τοπική εξάλειψη των πληθυσμών άλλων κουνουπιών της Βόρειας Αμερικής (Hobbs *et al.*, 1991; Hornby *et al.*, 1994; McHugh, 1993; Mekuria & Hyatt, 1995; O'Meara *et al.*, 1995a). Το *Ae. albopictus* μοιράζεται συχνά τα ίδια τεχνητά ενδιαιτήματα με το *Culex pipiens*, σε μεγάλο μέρος της Βόρειας Αμερικής, όπου η διασπορά των δύο ειδών επικαλύπτεται (Hawley, 1988; Vinogradova, 2000). Οι προνύμφες των δύο κουνουπιών αναπτύσσονται σε φυσικές και ανθρωπογενείς υδατοσυλλογές, ενώ εμφανίζουν και παρόμοιες διατροφικές συνήθειες, όπως το φιλτράρισμα (filtering) και η περιήγηση (browsing) (Hawley, 1988; Vinogradova, 2000).

Οι Costanzo *et al.* (2005) διερεύνησαν για πρώτη φορά αν η εισβολή του *Ae. albopictus* στη Βόρεια Αμερική μπορεί να επηρεάσει τους πληθυσμούς του *Cx. pipiens*, εξαιτίας του διαειδικού ανταγωνισμού μεταξύ τους. Πραγματοποίησαν εργαστηριακά πειράματα ανταγωνισμού με διάφορους συνδυασμούς πυκνοτήτων προνυμφών των δύο ειδών στους 25 °C και προσδιόρισαν τη συχνότητα και τα χωρικά και χρονικά μοτίβα συνύπαρξης των δύο ειδών στο πεδίο, στην πόλη East St. Louis του Illinois (USA).

Ο διαειδικός ανταγωνισμός των δύο ειδών στο εργαστήριο ήταν ισχυρός και ασύμμετρος, με το *Ae. albopictus* να έχει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι του *Cx. pipiens*, γεγονός που υποδηλώνει ότι ο ανταγωνιστικός αποκλεισμός του *Cx. pipiens* υπό αυτές τις συνθήκες είναι πιθανό να συμβεί, αν δεν υπάρχουν άλλοι μηχανισμοί συνύπαρξης (π.χ. χωρικά ή χρονικά καταφύγια).

Όσον αφορά τις μελέτες πεδίου, οι συγκεκριμένοι ερευνητές εξέτασαν την εποχή και τους τύπους των ενδιαιτημάτων όπου τα δύο είδη συναντώνται, ενώ έλεγξαν και αν η συγκέντρωση σε διαλυμένα θρεπτικά συστατικά στο νερό ελαστικών σχετίζεται με τη διασπορά και την πληθυσμιακή αφθονία των δύο ειδών. Οι παραπάνω μελέτες πραγματοποιήθηκαν ύστερα από συλλογή μηνιαίων δειγμάτων από ελαστικά σε διάφορες περιοχές του East St. Louis, από τον Μάιο έως τον Σεπτέμβριο του 2003. Για κάθε ελαστικό προσδιόρισαν το ποσοστό κάλυψης (overstory cover) του ελαστικού με χρήση πυκνόμετρου, καθόρισαν την κατηγορία χρήσης της γης για κάθε τοποθεσία (αστική, κατοικημένη, μεταφορών, βιομηχανική ή υπαίθρια), προσδιόρισαν την αγωγιμότητα, το συνολικό ανόργανο άζωτο (μαζί με νιτρώδη, νιτρικά και αμμωνία) και το ολικό φώσφορο του νερού.

Οι μετρήσεις έδειξαν ότι τα δύο είδη συναντώνται σε ελαστικά αστικών περιοχών, γεγονός που υποδηλώνει ότι η ανταγωνιστική υπεροχή του *Ae. albopictus* θα μπορούσε να επηρεάσει τους πληθυσμούς του *Cx. pipiens*. Το *Ae. albopictus* εμφανίζεται με χαμηλούς πληθυσμούς από τον Μάιο μέχρι τον Ιούλιο, ενώ η πληθυσμιακή του πυκνότητα βαίνει αυξανόμενη μέχρι τον Αύγουστο, όπου εμφανίζει τις μέγιστες τιμές πληθυσμιακής αύξησης και συνεχίζει έως και τον Σεπτέμβριο. Το *Cx. pipiens* έρχεται αντιμέτωπο σε ελαστικά με το *Ae. albopictus*, κυρίως αργά την εποχή (Αύγουστο και Σεπτέμβριο), όταν οι πληθυσμοί του τελευταίου είναι σε αφθονία. Άρα, αν ο ανταγωνισμός μεταξύ των δύο ειδών μπορεί να επηρεάσει τους πληθυσμούς του *Cx. pipiens* στο ύπαιθρο, η αλληλεπίδραση θα είναι κρίσιμη στα τέλη του καλοκαιριού με αρχές του φθινοπώρου.

Παρόλο που τα δύο είδη μπορεί να συμπίπτουν χρονικά σε τέτοια ενδιαιτήματα, διαφέρουν ως προς τον τρόπο ωτοκίας και την εκκόλαψη των προνυμφών. Όπως είναι γνωστό, το *Ae. albopictus* ωτοκεί σε επιφάνειες πάνω από τη στάθμη του νερού και η εκκόλαψη απαιτεί την κατάκλυση των ωών από νερό (Hawley, 1988). Σε περιόδους χαμηλής βροχόπτωσης, η εκκόλαψη των προνυμφών του *Ae. albopictus* είναι χαμηλή και τα ωά συσσωρεύονται στα τοιχώματα των

ενδαιτημάτων. Αντίθετα, τα είδη του συμπλέγματος *Cx. pipiens* αποθέτουν σχεδίες ωών στην επιφάνεια του νερού και εκκολάπτονται 1-2 ημέρες αργότερα, χωρίς να χρειάζεται επιπλέον νερό στην εστία (Vinogradova, 2000). Αυτός ο ασυγχρονισμός στην εκκόλαψη των προνυμφών, έχει ως αποτέλεσμα σε περιόδους χαμηλής βροχόπτωσης να υπάρχουν ενδαιτήματα όπου εκκολάπτονται και δραστηριοποιούνται προνύμφες του *Cx. pipiens* απουσία του *Ae. albopictus*, παρέχοντας ένα καταφύγιο στο *Cx. pipiens* απουσία ανταγωνισμού. Ωστόσο, όταν η εστία στεγνώσει, τα ωά του *Ae. albopictus* παραμένουν στα τοιχώματα και εκκολάπτονται λίγο μετά την κατάκλυση της εστίας με νερό. Σε αυτή την περίπτωση, το *Cx. pipiens* θα ωτοκούσε μετά την πλημμύρα και οι νεοεκκολαφθείσες προνύμφες του θα έρχονταν αντιμέτωπες με τις μεγαλύτερης ηλικίας προνύμφες του *Ae. albopictus*.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν, επίσης, ότι τα δύο είδη συνυπάρχουν σε υψηλή πληθυσμιακή αφθονία σε ελαστικά που βρίσκονται, κυρίως, σε κατοικημένες περιοχές. Επιπλέον, η αφθονία των πληθυσμών του *Ae. albopictus* συσχετίστηκε έντονα με τον μήνα και την αγωγιμότητα του νερού, ενώ δεν συνέβη το ίδιο για το *Cx. pipiens*. Το συνολικό ανόργανο άζωτο και ο φώσφορος δεν σχετίστηκαν σημαντικά με την πληθυσμιακή αφθονία κανενός από τα δύο είδη. Ωστόσο, η απουσία σημαντικών συσχετίσεων της διαθεσιμότητας θρεπτικών ουσιών με την πληθυσμιακή αφθονία των κουνουπιών πιθανόν να οφείλεται στα χαμηλά επίπεδα αζώτου και φωσφόρου στα ελαστικά.

Το *Cx. pipiens* επιλέγει ένα ευρύ φάσμα ενδαιτημάτων για την ανάπτυξη των προνυμφών και εξαιτίας αυτού, οι ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις με το *Ae. albopictus* σε ελαστικά αστικών περιοχών μπορεί να μην οδηγήσουν σε δραστικές μειώσεις του συνολικού πληθυσμού του *Cx. pipiens*. Όμως, η αλληλεπίδραση των δύο ειδών σε αυτά τα ενδαιτήματα μπορεί να έχει σημαντική οικολογική και υγειονομική σημασία, καθώς βρίσκονται κοντά σε κατοικημένες περιοχές και είναι πιθανό να μεταφέρουν πολλούς αρμοποιούς στον άνθρωπο. Μάλιστα, πιστεύεται ότι και τα δύο είδη παίζουν ρόλο στη μετάδοση του Ιού του Δυτικού Νείλου (ΙΔΝ) (Turell *et al.*, 2005) και άρα η συνύπαρξη και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους σε πυκνοκατοικημένες περιοχές έχει μεγάλη υγειονομική σημασία για τον άνθρωπο (Costanzo *et al.*, 2005).

Τα μέλη του συμπλέγματος *Cx. pipiens* θεωρούνται οι κύριοι διαβιβαστές του ΙΔΝ στη Βόρεια Αμερική (Fonseca *et al.* 2004, Kulasekera *et al.* 2001, Spielman 2001, Turell *et al.* 2001, 2005). Τα τέλεια κουνούπια τρέφονται κυρίως από πτηνά, αλλά στη Βόρεια Αμερική εμφανίζουν έντονα ανθρωπόφιλη συμπεριφορά (Fonseca *et al.* 2004, Vinogradova 2000). Αντίθετα, το *Ae. albopictus* τρέφεται κυρίως από θηλαστικά, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπου, ενώ συχνά λαμβάνει γεύματα και από πτηνά (Hawley, 1988). Ο ανταγωνισμός μεταξύ του *Ae. albopictus* και του *Cx. pipiens* σε ελαστικά κατοικημένων περιοχών μπορεί να επηρεάσει την επιδημιολογία του ΙΔΝ, λόγω των επιπτώσεων στη δυναμική του πληθυσμού και

στα βιολογικά χαρακτηριστικά της ζωής (life history traits) του *Cx. pipiens* σε συλλογές νερού στο περιοικιακό περιβάλλον, αλλά κι επειδή το *Ae. albopictus* από αυτές τις ίδιες υδατοσυλλογές μπορεί να δράσει ως φορέας-γέφυρα του ΙΔΝ (Sardelis *et al.*, 2002; Turell *et al.*, 2005).

2.2.ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Κίνητρο για την παρούσα εργασία αποτέλεσε η επιβεβαιωμένη παρουσία των ειδών *Aedes cretinus* και *Aedes albopictus* στον Νομό Αττικής, σε συνδυασμό με την υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα του είδους *Culex pipiens* σε όλη την Ελλάδα.

Σύμφωνα με τον Κολιόπουλο (2011), ο οποίος μελέτησε, μεταξύ άλλων, την παρουσία, εξάπλωση και εποχική εμφάνιση των πληθυσμών του *Aedes cretinus*, στον Νομό Αττικής για 3 συνεχή έτη (2000-2002), το συγκεκριμένο είδος διατηρεί μόνιμα εγκατεστημένους πληθυσμούς, ενώ ήταν το μόνο είδος του υπογένους *Stegomyia* που εντοπίστηκε, με την παρουσία του να είναι εμφανής σε όλες τις γεωγραφικές ζώνες του Νομού. Όπως αναφέρει ο ίδιος, η περίοδος που δραστηριοποιείται το *Ae. cretinus* διαρκεί τουλάχιστον 9 μήνες μέσα στο έτος και ξεκινάει από τα μέσα της άνοιξης (κυρίως τον Απρίλιο) έως τα τέλη Οκτωβρίου ή αρχές Νοεμβρίου, με τις μέγιστες ωοθεσίες να καταγράφονται το καλοκαίρι ή/και νωρίς το φθινόπωρο.

Η παραπάνω μελέτη, αναφορικά με την παρουσία του *Ae. cretinus* στην Αττική, πραγματοποιήθηκε χρονικά πριν την εισβολή του *Ae. albopictus* στην Ελλάδα, το 2003-2004 (Samanidou-Voyadjoglou *et al.*, 2005) και την πρώτη καταγραφή του στην Αθήνα, το 2008 (Κολιόπουλος και συν., 2008).

Λίγα χρόνια μετά την είσοδο του *Ae. albopictus* στη χώρα μας, ο Γιατρόπουλος (2014) μελέτησε τη διασπορά και την εποχική διακύμανση των πληθυσμών του χωροκατακτητικού αυτού είδους στην Αθήνα, από τον Αύγουστο του 2009 έως τον Δεκέμβριο του 2010. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το Ασιατικό κουνούπι τίγρης δραστηριοποιούνταν σε όλη την υπό εξέταση περιοχή της Αττικής, για διάστημα περίπου 8 μηνών, από τα μέσα Απριλίου έως τα τέλη Δεκεμβρίου, αναπτύσσοντας σχετικά υψηλούς πληθυσμούς το καλοκαίρι και το φθινόπωρο, με τις μέγιστες πληθυσμιακές πυκνότητες να σημειώνονται τον Οκτώβριο. Παράλληλα, στην ίδια μελέτη διαπιστώθηκε ότι το ιθαγενές είδος *Ae. cretinus* δραστηριοποιούνταν σε μικρούς πληθυσμούς στην ανατολική πλευρά της περιοχής που εξετάστηκε. Η παρουσία του *Ae. cretinus* στην περιοχή δραστηριοποίησης του *Ae. albopictus* οδήγησε τον Γιατρόπουλο (2014) στη διερεύνηση της εποχικής συνύπαρξης των δύο ειδών, μέσω παγίδων ωοθεσίας, το έτος 2011. Τα στοιχεία από τις παγίδες έδειξαν την καθολική, αδιάλειπτη και αυξανόμενη παρουσία του *Ae. albopictus*, ενώ οι πληθυσμοί του *Ae. cretinus* που καταγράφηκαν ήταν περιορισμένοι και εμφανίζονταν από τον Μάιο μέχρι τα μέσα του καλοκαιριού. Έτσι, ο Γιατρόπουλος (2014) καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η παρουσία του *Ae. albopictus*, η οποία

βαίνει αυξανόμενη και εξαπλούμενη, φαίνεται να επικρατεί της παρουσίας του *Ae. cretinus*, σε περιοχές της Αθήνας.

Τα παραπάνω δεδομένα σε συνδυασμό με την ευρεία διάδοση του *Cx. pipiens* στη χώρα μας, τόσο γεωγραφικά, όσο και από πλευράς ποικιλότητας τύπου εστιών, καθώς βρίσκεται σε σχεδόν κάθε είδους εστία (Ανδρεάδης και συν., 2007; Κιούλος, και συν., 2007; Λύτρα & Εμμανουήλ, 2011; Στέφου και συν., 2011; Vakali *et al.*, 2022), αποτέλεσαν την αφορμή για την υλοποίηση της παρούσας μελέτης.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της εντομολογικής επιτήρησης που οργάνωσε ο Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας (ΕΟΔΥ), κατά την περίοδο 2021, στην Ελλάδα, το *Cx. pipiens* ήταν το κυρίαρχο συλλεχθέν είδος κουνουπιού σε ποσοστό 58% από το σύνολο των συλλεχθέντων κουνουπιών, με τη μεγαλύτερη γεωγραφική εξάπλωση, όντας καταγεγραμμένο στις 55 από τις 57 Περιφερειακές Ενότητες της χώρας, στις οποίες διενεργήθηκε το συγκεκριμένο έργο. Το *Ae. albopictus* καταγράφηκε στις 48 από τις 57 Περιφερειακές Ενότητες, αποτελώντας το 2,66% από το σύνολο των συλλεχθέντων κουνουπιών, η πλειονότητα (63%), των οποίων προήλθε από την Περιφέρεια Αττικής (ΕΟΔΥ, 2021a).

Το *Cx. pipiens* και το *Ae. albopictus* είναι διαβιβαστές πολλών αρμποιών. Το *Ae. albopictus* μπορεί να μεταδώσει, μεταξύ άλλων, τον Δάγκειο πυρετό, τον ιό Chikungunya, τον ιό Zika και τον ιό του Δυτικού Νείλου (Chouin-Carneiro *et al.*, 2016; Fortuna *et al.*, 2015; Paupy *et al.*, 2009; Vega-Rua *et al.*, 2013; Vega-Rúa *et al.*, 2014; Wong *et al.*, 2013), ενώ το *Cx. pipiens* είναι ο πιο σημαντικός διαβιβαστής του ιού του Δυτικού Νείλου στην Ευρώπη (Zeller & Schuffenecker, 2004). Η πληθυσμιακή αφθονία των τοπικών διαβιβαστών, η οποία επηρεάζει τη δυναμική μετάδοσης παθογόνων (Colborn *et al.*, 2013; Kilpatrick & Pape, 2013), μπορεί να επηρεαστεί από τον διαειδικό ανταγωνισμό (Marini *et al.*, 2017). Επιπλέον, ο ανταγωνισμός των κουνουπιών στο προνυμφικό στάδιο μπορεί να έχει έμμεσες επιπτώσεις στον επιδημιολογικό κίνδυνο, αλλάζοντας τις αλληλεπιδράσεις κουνουπιού-ιού στα τέλεια θηλυκά (Alto & Lounibos, 2013) (διαφορετικά είδη του γένους *Aedes* που εκτράφηκαν σε συνθήκες διατροφικού στρες και ωθήθηκαν σε διαειδικό ανταγωνισμό ήταν πιο ευαίσθητα στη μόλυνση και πιο ικανά να μεταδώσουν παθογόνα, όπως οι ιοί του Δάγκειου πυρετού, Sinbis και LaCrosse [Alto *et al.*, 2005; Alto *et al.*, 2008; Bevins, 2007]). Παράλληλα, η επιβίωση των τέλειων κουνουπιών και κατά συνέπεια, η διάρκεια της μολυσματικής περιόδου για τα μολυσμένα θηλυκά, μπορεί να επηρεαστεί από διαειδικές αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν στο προνυμφικό στάδιο (Reiskind & Lounibos, 2009; Costanzo *et al.*, 2011). Συνεπώς, ο ανταγωνισμός μπορεί να έχει σημαντικές συνέπειες στην επιδημιολογία των λοιμώξεων που μεταδίδονται από τα κουνούπια και στις πιθανές στρατηγικές ελέγχου τους (Juliano, 2009).

Η ταυτόχρονη, λοιπόν, παρουσία των *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus* σε πολλές περιοχές της χώρας μας, η μεγάλη σημασία των δύο ειδών στη μετάδοση σοβαρών ασθενειών, η πιθανότητα τα ατελή στάδια των δύο ειδών να συνυπάρχουν στις

ίδιες εστίες, ο έντονος ανταγωνιστικός «χαρακτήρας» του *Ae. albopictus*, όπως έχει αναφερθεί σε πολλές εργασίες (βλ. παρ. 2.1.5.4.), καθώς και η καταγεγραμμένη παρουσία του *Ae. cretinus* στον Ν. Αττικής, το οποίο είναι συγγενές είδος με το *Ae. albopictus*, αφού έχουν παρόμοια βιο-οικολογικά χαρακτηριστικά και μοιράζονται τα ίδια ακριβώς ενδιαίτηματα και τις ίδιες εστίες ανάπτυξης των υδρόβιων σταδίων (Κολιόπουλος, 2011), σηματοδότησαν τη διερεύνηση των ανταγωνιστικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των προνυμφών των τριών ειδών κουνουπιών στο εργαστήριο.

Ως εκ τούτου, η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε για να εξετασθεί το ενδεχόμενο ύπαρξης ενδοειδικού και διαειδικού ανταγωνισμού μεταξύ των προνυμφών των ειδών *Culex pipiens*, *Aedes albopictus* και *Aedes cretinus*, σε ελεγχόμενες συνθήκες στο εργαστήριο. Αναλυτικότερα, μελετήθηκε εάν σε δεδομένο χώρο για το κάθε είδος κουνουπιού, η συνύπαρξη των προνυμφών των τριών ειδών και η ποσότητα της τροφής επηρεάζουν την ταχύτητα ανάπτυξης των ατελών σταδίων, την επιβίωσή τους και το μέγεθος των τέλειων ατόμων.

2.3.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.3.1.ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Το πείραμα ανταγωνισμού των προνυμφών των ειδών *Culex pipiens*, *Aedes albopictus* και *Aedes cretinus* διεξήχθη στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, τον Σεπτέμβριο του 2022 έως τον Μάρτιο του 2023.

2.3.2.ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Για τη διεξαγωγή των βιοδοκιμών χρησιμοποιήθηκαν ωά κουνουπιών των ειδών *Culex pipiens* biotype *molestus*, *Aedes albopictus* και *Aedes cretinus* από τις εργαστηριακές αποικίες των ειδών που εκτρέφονταν στο Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Η χρήση εντόμων από εργαστηριακές εκτροφές ενδείκνυται σε βιοδοκιμές, καθώς μπορεί να εξασφαλισθεί ικανός αριθμός εντόμων, όμοιας ηλικίας και ομοιόμορφης καλής κατάστασης.

Η εργαστηριακή εκτροφή των ειδών *Ae. albopictus* και *Ae. cretinus*, από τις οποίες χρησιμοποιήθηκε βιολογικό υλικό στην παρούσα εργασία, πραγματοποιούνται από τον Γεώργιο Κολιόπουλο (Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ), υπό ελεγχόμενες και σχετικά σταθερά συνθήκες σε χώρο του Εργαστηρίου Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του ΓΠΑ.

2.3.2.1.ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΚΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Culex pipiens*

Η εργαστηριακή εκτροφή του *Culex pipiens* λάμβανε χώρα στον υπόγειο χώρο (εντομοτροφείο) του Εργαστηρίου Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του ΓΠΑ, όπου υπήρχαν όλα τα απαραίτητα εργαλεία και υλικά, καθώς και οι θάλαμοι ελεγχόμενων συνθηκών για τη διατήρηση της εκτροφής του είδους.

Όλα τα στάδια του βιολογικού κύκλου του *Cx. pipiens* διατηρούνταν εντός θαλάμου ελεγχόμενων συνθηκών, σε θερμοκρασία 25 ± 1 °C, σχετική υγρασία $65 \pm 5\%$ και φωτοπερίοδο 16 ώρες φως και 8 ώρες σκοτάδι.



Εικόνα 2.1. Θάλαμος ελεγχόμενων συνθηκών που διατηρούνται οι πληθυσμοί του *Culex pipiens*.

Τα τέλεια έντομα του *Cx. pipiens* διατηρούνταν εντός ξύλινου κλωβού, διαστάσεων 33 x 33 x 33 cm, του οποίου οι 3 πλευρές του ήταν καλυμμένες με λεπτή σήτα. Η εμπρός επιφάνεια του κλωβού ήταν γυάλινη, ώστε να διευκολύνεται η εποπτεία των εντόμων, ενώ στο πίσω μέρος υπήρχε κατασκευή με άνοιγμα που καλυπτόταν από υφασμάτινο «μανίκι», καθιστώντας δυνατή την είσοδο του χεριού του παρατηρητή για την εισαγωγή και εξαγωγή υλικών, αποτρέποντας παράλληλα την έξοδο των εντόμων.



Εικόνα 2.2. Κλωβός εκτροφής κουνουπιών.

Τα ατελή στάδια του είδους τοποθετούνταν και αναπτύσσονταν σε πλαστικά κύπελλα με νερό βρύσης, τα οποία καλύπτονταν με τούλι. Ο κλωβός και τα κύπελλα εκτροφής διατηρούνταν καθόλη τη διάρκεια της εκτροφής μέσα στον θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών.

Για την πραγματοποίηση της εργαστηριακής εκτροφής, αρχικά, συλλέγονταν οι σχεδίες ωών των κουνουπιών του είδους *Culex pipiens* με ειδικό συλλέκτη και τοποθετούνταν σε πλαστικό κύπελλο χωρητικότητας 1000 ml και διαμέτρου 17 cm, με λίγη τροφή (JBL Novo Tom 10% *Artemia*, ιχθυοτροφή) και νερό, ώστε να εκκολαφθούν και να εξέλθουν οι νεαρές προνύμφες, με την επώαση των ωών να διαρκεί 2-3 ημέρες. Έπειτα, το κύπελλο καλύπτονταν με τούλι και τοποθετούνταν εντός του θαλάμου ελεγχόμενων συνθηκών. Όταν εμφανίζονταν οι προνύμφες 1^{ης} ηλικίας, οι πληθυσμοί αραιώνονταν, αν κρινόταν απαραίτητο, και τοποθετούνταν σε νέα καθαρά κύπελλα. Τα κύπελλα με τις προνύμφες ελέγχονταν ανά 2 ημέρες και καθαρίζονταν με νερό βρύσης και τη χρήση σουρωτηριού και σφουγγαριού πιάτων. Ακολούθως, οι προνύμφες ταιΐζονταν με αποξηραμένο ψωμί και ιχθυοτροφή, ώστε να εξασφαλιστούν οι απαραίτητες ποσότητες σε υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και μέταλλα (Bentley & Day, 1989). Η ολοκλήρωση του προνυμφικού σταδίου κυμαινόταν σε 7-10 ημέρες κι έπειτα οι προνύμφες μεταμορφώνονταν σε νύμφες, οι οποίες συλλέγονταν με ειδικούς συλλέκτες από τα κύπελλα εκτροφής και μεταφέρονταν σε πλαστικά κύπελλα χωρητικότητας 250 ml και διαμέτρου 10 cm με νερό και τοποθετούνταν στον κλωβό για το τελικό στάδιο της εξέλιξής τους σε τέλεια έντομα. Η συλλογή των νυμφών πραγματοποιούνταν κάθε 2 ημέρες, πριν τον καθαρισμό των κυπέλλων εκτροφής. Το νυμφικό στάδιο διαρκούσε περίπου 3-4 ημέρες.



Εικόνα 2.3. (a) Συλλογή νυμφών με ειδικό συλλέκτη, (b) Τάισμα προνυμφών με ιχθυοτροφή και ψωμί, (c) Εσωτερικό κλωβού με κύπελλο νυμφών, κύπελλο για ωοτοκία τέλειων και υδατικό διάλυμα ζάχαρης, (d) κύπελλο με νύμφες.

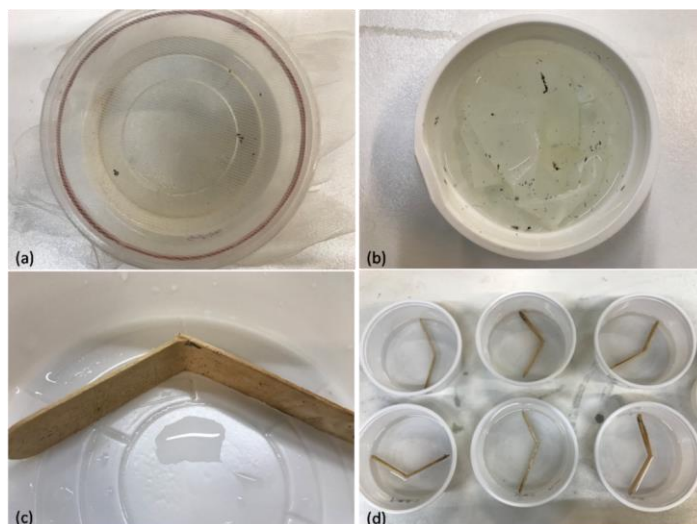
Τα τέλεια κουνούπια, για την επιβίωσή τους, τρέφονταν με υδατικό διάλυμα ζάχαρης 10%, το οποίο τοποθετούνταν μέσα στον κλωβό, σε μικρό πλαστικό δοχείο μαζί με μία κατασκευή από βαμβάκι τυλιγμένο με διηθητικό χαρτί (σαν φυτίλι), για την ευκολότερη λήψη τους διαλύματος από τα έντομα. Το ζαχαρούχο διάλυμα αντικαθίσταντο με καινούργιο μία φορά την εβδομάδα. Επιπλέον, μέσα στον κλωβό με τα τέλεια έντομα υπήρχε και κύπελλο με νερό για την ωσαπόθεση των θηλυκών κουνουπιών. Η συλλογή των ωών γινόταν κάθε 2 ημέρες, όπου και τοποθετούνταν καθαρό κύπελλο με νερό. Τέλος, ο κλωβός των τέλειων κουνουπιών αντικαθίσταντο από καθαρό κλωβό περίπου κάθε 2 μήνες.

2.3.3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν προνύμφες 1^{ης} ηλικίας από τις εργαστηριακές εκτροφές του κάθε είδους, ηλικίας μικρότερης των 24 ωρών. Προκειμένου να είναι αυτό εφικτό, η προετοιμασία κάθε επέμβασης του πειράματος πραγματοποιούνταν σε 2 ημέρες.

Την πρώτη ημέρα, μεταφέρονταν ωά του είδους *Cx. pipiens* από την εκτροφή του εργαστηρίου σε νερό, μέσα σε πλαστικά κύπελλα χωρητικότητας 300 ml και διαμέτρου 12 cm, τα οποία καλύπτονταν με λεπτό τούλι και τοποθετούνταν εντός θαλάμου ελεγχόμενων συνθηκών σε θερμοκρασία 25 ± 1 °C, σχετική υγρασία $65 \pm 5\%$ και φωτοπερίοδο 16 ώρες φως και 8 ώρες σκοτάδι. Την ίδια ημέρα, παραλαμβάνονταν ωά από τις εργαστηριακές εκτροφές των *Ae. albopictus* και *Ae. cretinus* σε διηθητικό χαρτί ή γλωσσοπίεστρα, τα οποία πριν τη χρήση τους διατηρούνταν υγρά για αρκετές ημέρες, ώστε να ολοκληρωθεί η εμβρυογένεση. Τα ωά αυτά εμβαπτίζονταν ξεχωριστά για το κάθε είδος σε νερό μέσα σε πλαστικά κύπελλα χωρητικότητας 300 ml και διαμέτρου 12 cm, τα οποία καλύπτονταν με λεπτό τούλι και τοποθετούνταν εντός του θαλάμου ελεγχόμενων συνθηκών.

Τη δεύτερη ημέρα (περίπου ένα 24ωρο μετά από τις παραπάνω εργασίες) μεταφέρονταν με πλαστική πιπέτα οι νεοεκκολαφθείσες προνύμφες από το κάθε είδος ξεχωριστά σε πλαστικά δοχεία με νερό. Ακολούθως, δημιουργούνταν ομάδες προνυμφών 1^{ης} ηλικίας των 60 ατόμων για την αξιολόγηση του ανταγωνισμού, μέσα σε πλαστικά κύπελλα χωρητικότητας 300 ml και διαμέτρου 12 cm, που έφεραν 250 ml νερό βρύσης και καλύπτονταν με λεπτό τούλι. Έπειτα, χορηγούνταν συγκεκριμένη ποσότητα τροφής στις προνύμφες και τα κύπελλα τοποθετούνταν εντός του θαλάμου ελεγχόμενων συνθηκών σε θερμοκρασία 25 ± 1 °C, σχετική υγρασία $65 \pm 5\%$ και φωτοπερίοδο 16 ώρες φως και 8 ώρες σκοτάδι.



Εικόνα 2.4. (a) Ωά του *Culex pipiens*, (b) Εμβάπτιση σε νερό διηθητικού χαρτιού με ωά του *Aedes cretinus*, (c) Γλωσσοπίεστρο με ωά του *Ae. albopictus*, (d) Γλωσσοπίεστρα με ωά του *Ae. albopictus* σε νερό για να πραγματοποιηθεί η εκκόλαψη.

Η αξιολόγηση του ανταγωνισμού πραγματοποιήθηκε σε δοχεία με νερό που περιείχαν είτε προνύμφες ενός είδους είτε προνύμφες των τριών ειδών μαζί σε αναλογία 1:1:1. Η πυκνότητα των προνυμφών σε κάθε δοχείο νερού ήταν συνολικά 60 άτομα και στις προνύμφες χορηγούνταν καθημερινά συγκεκριμένη ποσότητα τροφής (JBL Novo Tom 10% *Artemia*, ιχθυοτροφή), ανά προνύμφη, έως το στάδιο της νύμφης. Η χορήγηση τροφής πραγματοποιούνταν σε δύο ποσότητες: 0,3 mg τροφής/προνύμφη, «χαμηλή ποσότητα τροφής» και 0,6 mg τροφής/προνύμφη, «υψηλή ποσότητα τροφής».



Εικόνα 2.5. Κύπελλα με προνύμφες των *Culex pipiens*, *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* για την αξιολόγηση ανταγωνισμού.

Για την προετοιμασία της τροφής χρησιμοποιούνταν ζυγαριά ακριβείας, όπου ζυγίζονταν 0,6 gr ή 0,3 gr ιχθυοτροφής (ανάλογα την επέμβαση) και ακολούθως, διαλύονταν σε 50 ml νερού βρύσης μέσα σε πλαστικό κύπελλο. Το διάλυμα νερού-τροφής αναδευόταν σχολαστικά, έως ότου η τροφή να διαλυόταν πλήρως στο νερό. Έπειτα, χορηγούνταν η τροφή στις προνύμφες με πλαστική πιπέτα δοσομετρίας χωρητικότητας 3 ml, με υποδιαίρέσεις ανά 0,5 ml, για την ακριβή μέτρηση της δόσης διαλύματος νερού-τροφής που έπρεπε να χορηγηθεί σε κάθε επέμβαση.



Εικόνα 2.6. Διαδικασία ζύγισης και χορήγησης τροφής στις προνύμφες.

Για κάθε συνδυασμό επεμβάσεων (είδος κουνουπιού-ποσότητα τροφής) πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις. Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιούνταν καθημερινή καταμέτρηση των προνυμφών και τα δοχεία νερού με τις προνύμφες καθαρίζονταν δύο φορές την εβδομάδα με νερό βρύσης και σφουγγάρι πιάτων, αφού πρώτα οι προνύμφες μεταφέρονταν προσωρινά με πιπέτα σε άλλο κύπελλο με νερό και απομακρύνονταν οι νεκρές προνύμφες.

Συνολικά, οι συνδυασμοί επεμβάσεων που πραγματοποιήθηκαν ήταν:

i) 60 προνύμφες του είδους *Cx. pipiens* σε υψηλή (0,6 mg τροφής/ προνύμφη) και χαμηλή (0,3 mg τροφής/ προνύμφη) ποσότητα τροφής.

ii) 60 προνύμφες του είδους *Ae. albopictus* σε υψηλή (0,6 mg τροφής/ προνύμφη) και χαμηλή (0,3 mg τροφής/ προνύμφη) ποσότητα τροφής.

iii) 60 προνύμφες των ειδών *Cx. pipiens*, *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* σε αναλογία 1:1:1 σε υψηλή (0,6 mg τροφής/ προνύμφη) και χαμηλή (0,3 mg τροφής/ προνύμφη) ποσότητα τροφής.

Για καθένα από τους συνδυασμούς πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος αφορούσαν την επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση, τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου κουνουπιού) και το μήκος της πτέρυγας των τέλειων εντόμων (θηλυκών και αρσενικών), σε κάθε μεταχείριση. Επιπλέον, σε κάθε επανάληψη ομάδας προνυμφών για κάθε μεταχείριση καταγράφονταν καθημερινά η εμφάνιση νυμφών.

Οι ζωντανές νύμφες μεταφέρονταν ξεχωριστά σε πλαστικά διαφανή ποτήρια χωρητικότητας 250 ml με 50 ml νερό βρύσης, τα οποία καλύπτονταν με τούλι που έφερε οπή καλυμμένη με βαμβάκι, έως την εμφάνιση των τέλειων ατόμων.



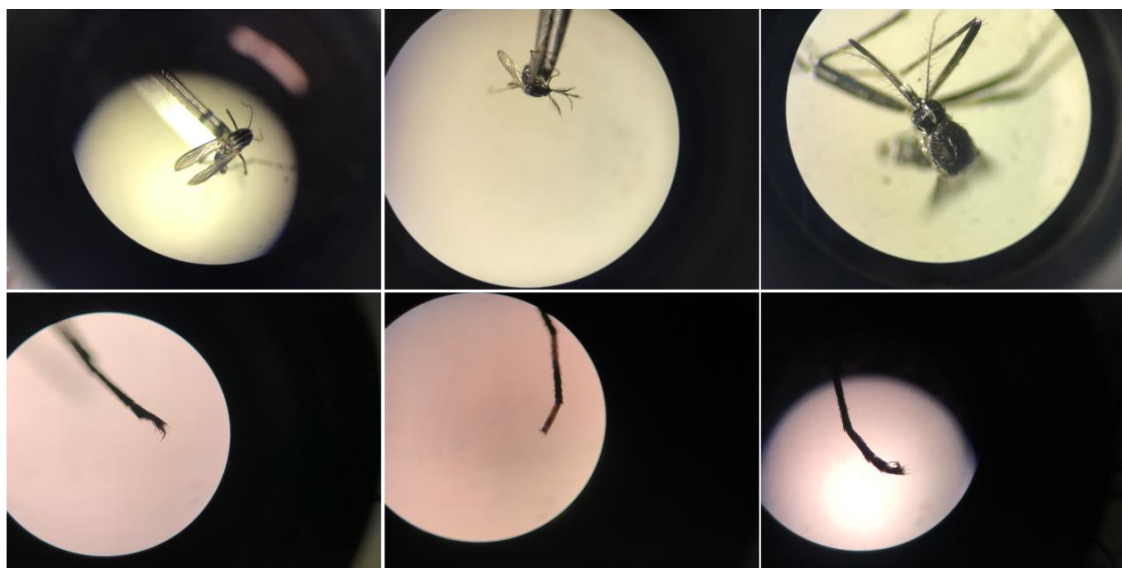
Εικόνα 2.7. Νύμφες κουνουπιών των ειδών *Culex pipiens*, *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* σε πλαστικά ποτήρια.

Τα τέλεια κουνούπια που εξέρχονταν συλλέγονταν από το πλαστικό ποτήρι, μέσω της οπής που υπήρχε στο τούλι, με τη χρήση μηχανικού αναρροφητήρα και θανατώνονταν με την τοποθέτησή τους σε καταψύκτη για μία ημέρα.



Εικόνα 2.8. Τέλεια κουνούπια των ειδών *Cx. pipiens*, *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* μετά την έξοδό τους (αριστερά) και θανατωμένα σε τριβλίο πριν τον διαχωρισμό τους ανά είδος (δεξιά).

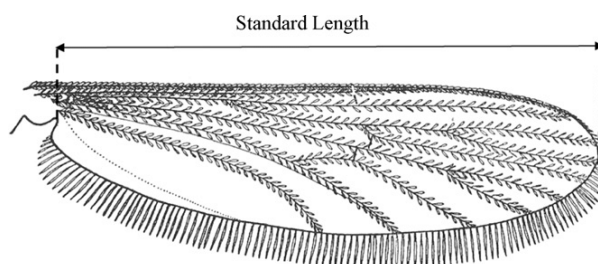
Έπειτα, τα θανατωμένα τέλεια κουνούπια κάθε μεταχείρισης τοποθετούνταν σε τριβλία και ακολουθούσε ο διαχωρισμός τους ανά είδος για τις μεταχειρίσεις που περιλάμβαναν παραπάνω του ενός είδους. Ο διαχωρισμός των ειδών *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* έγινε με βάση τις μορφολογικές διαφορές που εμφανίζουν τα δύο είδη ως προς τη διάταξη των λεπιών στο επιθωράκιο και τη μορφολογία των ονύχων τους και πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια μεγεθυντικού φακού, στερεοσκοπίου και μικροσκοπίου.



Εικόνα 2.9. Εικόνες από το στερεοσκόπιο κατά των διαχωρισμό των ειδών *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus*, με βάση τις μορφολογικές διαφορές στο επιθωράκιο και τους ονύχους.

Ακολούθως, μετρήθηκε το μήκος της πτέρυγας τόσο των θηλυκών όσο και των αρσενικών τέλειων κουνουπιών. Με τη χρήση στερεοσκοπίου που έφερε κλίμακα, μετρήθηκε το μήκος της μίας εκ των δύο πτερύγων, λόγω της αμφίπλευρης

συμμετρίας των εντόμων, από την κορυφή, εξαιρώντας τους κροσσούς, μέχρι το σημείο καμπής προς τη βάση της πτέρυγας (Packer & Corbet, 1989; Van Den Huevel, 1963).



Εικόνα 2.10. Τμήμα της πτέρυγας θηλυκού του *Aedes aegypti* που μετράται για τον υπολογισμό του μήκους της πτέρυγας.



Εικόνα 2.11. Μέτρηση μήκους πτέρυγας κουνουπιών στο στερεοσκόπιο με χρήση κλίμακας.

2.3.3.1. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Εξετάσθηκε η επίδραση των παραγόντων «ποσότητα τροφής» και «ανταγωνισμός» στις 4 εξαρτημένες μεταβλητές: επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση, διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου κουνουπιού), μήκος πτέρυγας θηλυκών ατόμων και μήκος πτέρυγας αρσενικών ατόμων, για καθένα από τα τρία είδη κουνουπιών ξεχωριστά (*Cx. pipiens*, *Ae. cretinus*, *Ae. albopictus*). Για τον κάθε παράγοντα υπήρχαν δύο επίπεδα και συγκεκριμένα, για τον παράγοντα «ποσότητα τροφής», τα επίπεδα ήταν «χαμηλή» και «υψηλή» ποσότητα τροφής και για τον παράγοντα «ανταγωνισμός», τα επίπεδα ήταν «ένα είδος» και «τρία είδη». Η ποιοτική μεταβλητή «επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση» αναλύθηκε χρησιμοποιώντας τη δοκιμασία Pearson chi square (χ^2), ενώ οι ποσοτικές μεταβλητές «διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων», «μήκος πτέρυγας θηλυκών ατόμων» και «μήκος πτέρυγας αρσενικών ατόμων» αναλύθηκαν με τη δοκιμασία Mann-Whitney U test. Η στατιστική ανάλυση έγινε με τη χρήση του SPSS 21.00 για Windows (IBM SPSS Statistics).

2.4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των πειραμάτων μετά την στατιστική τους επεξεργασία για τους παράγοντες «ποσότητα τροφής» και «ανταγωνισμός» στις 4 εξαρτημένες μεταβλητές: επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση, διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων (προνύμφης 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου), μήκος πτέρυγας θηλυκών ατόμων και μήκος πτέρυγας αρσενικών ατόμων, ξεχωριστά για την κάθε μία μεταβλητή και το κάθε είδος κουνουπιού.

Όπως φαίνεται αναλυτικά και παρακάτω, για το είδος *Culex pipiens* η επιβίωση επηρεάστηκε σημαντικά από τον παράγοντα «ανταγωνισμός» σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής, η διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων επηρεάστηκε σημαντικά από τον παράγοντα «ποσότητα τροφής», το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών ατόμων επηρεάστηκε τόσο από τον παράγοντα «ποσότητα τροφής», όσο και από τον παράγοντα «ανταγωνισμός» σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής και το μήκος της πτέρυγας των αρσενικών επηρεάστηκε σημαντικά και από τον παράγοντα «ποσότητα τροφής» και από τον παράγοντα «ανταγωνισμός» σε χαμηλή και υψηλή ποσότητα τροφής.

Αντίστοιχα, για το είδος *Aedes cretinus*, η επιβίωση επηρεάστηκε σημαντικά από τον παράγοντα «ποσότητα τροφής» και τον παράγοντα «ανταγωνισμός» σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής, ενώ η διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων, το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών ατόμων και το μήκος της πτέρυγας των αρσενικών ατόμων επηρεάστηκαν τόσο από τον παράγοντα «ποσότητα τροφής», όσο και από τον παράγοντα «ανταγωνισμός» σε συνθήκες υψηλής και χαμηλής ποσότητας τροφής.

Τέλος, για το είδος *Aedes albopictus*, η επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση δεν επηρεάστηκε από κανέναν από τους δύο παράγοντες, η διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων επηρεάστηκε και από τους δύο παράγοντες «ποσότητα τροφής» και «ανταγωνισμός» σε υψηλή και χαμηλή ποσότητα τροφής, το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών ατόμων και το μήκος της πτέρυγας των αρσενικών ατόμων επηρεάστηκαν σημαντικά από τους παράγοντες «ποσότητα τροφής» και «ανταγωνισμός» σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

2.4.1. ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ

Για να διαπιστωθεί η ύπαρξη εξάρτησης μεταξύ των μεταβλητών «επιβίωση-ποσότητα τροφής» και «επιβίωση-ανταγωνισμός», για καθένα από τα τρία είδη κουνουπιών, διεξήχθη έλεγχος ανεξαρτησίας χ^2 , κατά τον οποίο γίνεται μια σύγκριση μεταξύ πραγματικών και προβλεπόμενων συχνοτήτων σε κάθε κατηγορία και εξετάζεται η μηδενική υπόθεση, υποθέτοντας ότι οι μεταβλητές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, δηλαδή δεν έχουν καμία σχέση. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη διεξαγωγή του ελέγχου χ^2 είναι το ποσοστό των κελιών του πίνακα που έχουν αναμενόμενη συχνότητα μικρότερη του 5 να μην ξεπερνά το 20%.

Τα αποτελέσματα της δοκιμασίας Chi-square (χ^2) για τις επιδράσεις των παραγόντων «ανταγωνισμός» και «ποσότητα τροφής» στην εξαρτημένη μεταβλητή «επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση» για τα είδη *Culex pipiens*, *Aedes cretinus* και *Aedes albopictus* εμφανίζονται στον Πίνακα 2.1 Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η επιβίωση επηρεάστηκε σημαντικά από τους παράγοντες «ποσότητα τροφής» και «ανταγωνισμός» για τουλάχιστον ένα από τα τρία είδη κουνουπιών.

Πίνακας 2.1. Αποτελέσματα της δοκιμασίας Chi-square (χ^2) για τις επιδράσεις των παραγόντων ανταγωνισμού και ποσότητα τροφής στην εξαρτημένη μεταβλητή: % επιβίωσης μέχρι την ενηλικίωση των ειδών κουνουπιών *Culex pipiens*, *Aedes cretinus* και *Aedes albopictus*.

Παράγοντες ¹		B.E.	Τιμές P για επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση ²			
			<i>Cx. pipiens</i>	<i>Ae. cretinus</i>		<i>Ae. albopictus</i>
Ποσότητα τροφής		1	0,218	< 0,0001		0,482
				Υψηλή: 83,9%	Χαμηλή: 67,8%	
Ανταγωνισμός	Χαμηλή ποσότητα τροφής	1	0,215	< 0,0001		0,590
				Ένα είδος: 67,8%	Τρία είδη: 96,7%	
	Υψηλή ποσότητα τροφής	1	0,035		0,606	0,542
			Ένα είδος: 84,4%	Τρία είδη: 95%		

¹Ο παράγοντας τροφή αναφέρεται στην παρουσία χαμηλής ή υψηλής ποσότητας τροφής και ο παράγοντας ανταγωνισμός στην παρουσία ενός ή τριών ειδών κουνουπιών σε χαμηλή και υψηλή ποσότητα τροφής.

²Οι σημαντικές επιδράσεις ($P < 0,05$) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$, σημειώνονται με έντονη γραφή, ενώ δίνονται και τα ποσοστά επιβίωσης των προνυμφών για τις συγκεκριμένες επιδράσεις.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.1, η επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο ποσοτήτων χορηγούμενης τροφής (χαμηλή και υψηλή) σε συνθήκες μεμονωμένης ανάπτυξης (ένα είδος) των προνυμφών για το είδος *Ae. cretinus*, ενώ δεν συνέβη το ίδιο για τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus*. Ειδικότερα, η χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής αύξησε το ποσοστό της επιβίωσης του *Ae. cretinus* κατά 16,1%, όταν οι προνύμφες αυτού του είδους αναπτύσσονταν μόνες τους.

Η συνύπαρξη των τριών ειδών κουνουπιών σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής άσκησε σημαντική επίδραση στην επιβίωση του *Ae. cretinus*, όχι όμως στα

Cx. pipiens και *Ae. albopictus*. Το ποσοστό επιβίωσης του *Ae. cretinus* με χορήγηση χαμηλής ποσότητας τροφής αυξήθηκε στο 96,7%, όταν οι προνύμφες του είδους αυτού συνυπήρχαν με τις προνύμφες των ειδών *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus*, σε σύγκριση με τη μεμονωμένη ανάπτυξη του είδους, όπου επιβίωσε το 67,8% των προνυμφών. Η συνύπαρξη των τριών ειδών κουνουπιών με χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής άσκησε σημαντική επίδραση στην επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση μόνο για το είδος *Cx. pipiens*. Το ποσοστό επιβίωσης του *Cx. pipiens* ήταν σημαντικά αυξημένο όταν οι προνύμφες αναπτύχθηκαν μαζί με τα άλλα δύο είδη κουνουπιών και με χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής (95%), συγκριτικά με τη μεμονωμένη ανάπτυξη των προνυμφών του *Cx. pipiens* (84,4%). Αντίθετα, η επιβίωση του *Ae. albopictus* δεν επηρεάστηκε ούτε από την ποσότητα τροφής, ούτε από τον ανταγωνισμό με τα άλλα δύο είδη.

Συνολικά, τα ποσοστά επιβίωσης κυμάνθηκαν μεταξύ 67,8% και 96,7% για τα τρία είδη κουνουπιών, ενώ και τα δύο αυτά ποσοστά αφορούν τις προνύμφες του *Ae. cretinus*. Τα χαμηλότερα ποσοστά επιβίωσης του *Ae. cretinus* σημειώθηκαν σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής και μεμονωμένης ανάπτυξης και τα υψηλότερα ποσοστά επιβίωσης του *Ae. cretinus* καταγράφηκαν σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής και συνύπαρξης με τα άλλα δύο είδη κουνουπιών.

Σε συνθήκες διαειδικού ανταγωνισμού (τρία είδη) και χορήγησης χαμηλής ποσότητας τροφής, το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης καταγράφηκε για το είδος *Ae. cretinus* και το μικρότερο για το *Cx. pipiens*. Ενώ, σε συνθήκες διαειδικού ανταγωνισμού (τρία είδη) και χορήγησης υψηλής ποσότητας τροφής το μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης σημειώθηκε για το είδος *Cx. pipiens* και το μικρότερο για το *Ae. cretinus*.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα του ελέγχου ανεξαρτησίας χ^2 για κάθε είδος κουνουπιού. Συγκεκριμένα, παρατίθενται οι πίνακες συνάφειας, όπου φαίνονται οι συχνότητες για κάθε ένα συνδυασμό τιμών των δύο μεταβλητών και οι πίνακες Chi-square Tests, όπου φαίνεται η τιμή του ελέγχου ανεξαρτησίας χ^2 , ο βαθμός ελευθερίας και το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας που αντιστοιχεί σε αυτήν την τιμή. Συγκρίνοντας το παραπάνω επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας [asymptotic significance (2-sided)] με το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha=0,05$, μπορούμε είτε να αποδεχτούμε (όταν $P>0,05$) είτε να απορρίψουμε (όταν $P<0,05$) τη μηδενική υπόθεση, υποστηρίζοντας είτε ότι δεν υπάρχει είτε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική εξάρτηση μεταξύ των δύο μεταβλητών, αντίστοιχα. Ουσιαστικά, η τιμή του significance (sig.) εκφράζει την πιθανότητα να κάνουμε λάθος αν απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση. Επομένως, όταν το $\text{sig}<0,05$, μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση με σφάλμα $\alpha=5\%$ και άρα, οι δύο μεταβλητές δεν είναι ανεξάρτητες. Οι υπόλοιποι δείκτες στον πίνακα Chi-square Tests δεν βρίσκουν ιδιαίτερη εφαρμογή στη συγκεκριμένη μελέτη. Ο δείκτης «Continuity Correction» χρησιμοποιείται όταν οι πραγματικές

συχνότητες στον πίνακα κατανομής συχνοτήτων των δύο μεταβλητών που εξετάζονται είναι πολύ μικρές (<5). Ο δείκτης «Likelihood ratio» (λόγος πιθανοφάνειας) έχει παραπλήσιες τιμές με τον «Pearson χ^2 ». Ο δείκτης «Linear-by-Linear association» είναι ένα μέτρο που εξετάζει εάν υφίσταται (γραμμική) συσχέτιση ανάμεσα στις δύο μεταβλητές (Φλώρου Γ., 2012). Τέλος, ο δείκτης «Fisher» εφαρμόζεται για πίνακες 2x2, στους οποίους η αναμενόμενη τιμή σε ένα ή περισσότερα κελιά είναι μικρή. Τέλος, δίνονται τα διαγράμματα, στα οποία παρουσιάζεται το ποσοστό επιβίωσης μέχρι την ενηλικίωση κάθε είδους κουνουπιού, σε σχέση με τον παράγοντα που εξετάζεται κάθε φορά.

2.4.1.1. ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Culex pipiens*

Ι) ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΗΣ»

Όπως φαίνεται στους Πίνακες 2.2 και 2.3, η επιβίωση του είδους *Culex pipiens* ήταν μεγαλύτερη σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής, συγκριτικά με τη χαμηλή ποσότητα τροφής. Ωστόσο, δεν εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική εξάρτηση σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ μεταξύ της επιβίωσης του είδους *Cx. pipiens* και της χορηγούμενης ποσότητας τροφής ($\chi^2=1,521$; d.f.=1; $P=0,218$).

Πίνακας 2.2. Επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Culex pipiens* σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

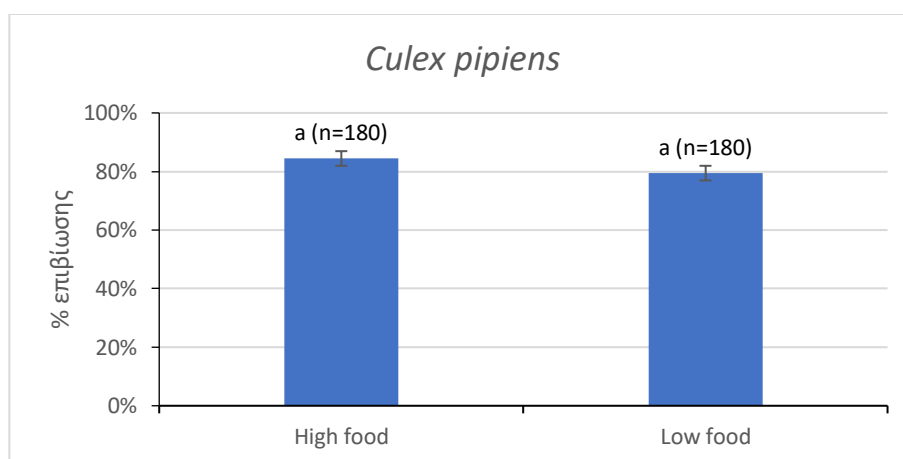
		Επιβίωση <i>Culex pipiens</i>		
		Ζωντανές	Νεκρές	
Ποσότητα τροφής	Υψηλή	152	28	180
		84,4%	15,6%	100%
	Χαμηλή	143	37	180
		79,4%	20,6%	100%
Σύνολα		295	65	360
		81,9%	18,1%	100%

Πίνακας 2.3. Αποτελέσματα Chi-square Tests για την επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Culex pipiens* σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1,521 ^a	1	0,218		
Continuity Correction^b	1,202	1	0,273		
Likelihood Ratio	1,525	1	0,217		
Fisher's Exact Test				,273	,136
Linear-by-Linear Association	1,517		0,218		
N of Valid Cases	360				

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 32,50.

b. Computed only for a 2x2 table



Διάγραμμα 2.1. Ποσοστό επιβίωσης μέχρι την ενηλικίωση του είδους *Culex pipiens*, όταν οι προνύμφες αναπτύσσονται μεμονωμένα με πυκνότητα 60 ατόμων, σε συνθήκες υψηλής (high food-84,4%) ή χαμηλής (low food-79,4%) ποσότητας τροφής (0,6 ή 0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Pearson chi-square test ($\chi^2=1,521$; d.f.=1; $P=0,218$)].

II) ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ» ΓΙΑ ΔΥΟ ΕΠΙΠΕΔΑ ΧΟΡΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Υψηλή ποσότητα τροφής

Βάσει των αποτελεσμάτων (Πίνακας 2.4 και 2.5) εντοπίσθηκε στατιστικά σημαντική εξάρτηση σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ μεταξύ της επιβίωσης μέχρι την ενηλικίωση του *Culex pipiens* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής ($\chi^2=4,457$; d.f.=1; $P=0,035$). Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 2.2, για τις προνύμφες του *Cx. pipiens* σε συνθήκες μεμονωμένης

ανάπτυξης καταγράφηκε ποσοστό επιβίωσης 84,4%, ενώ σε συνθήκες συνύπαρξης με τα άλλα δύο είδη το ποσοστό επιβίωσης αυξήθηκε στο 95%.

Πίνακας 2.4. Επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Culex pipiens* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

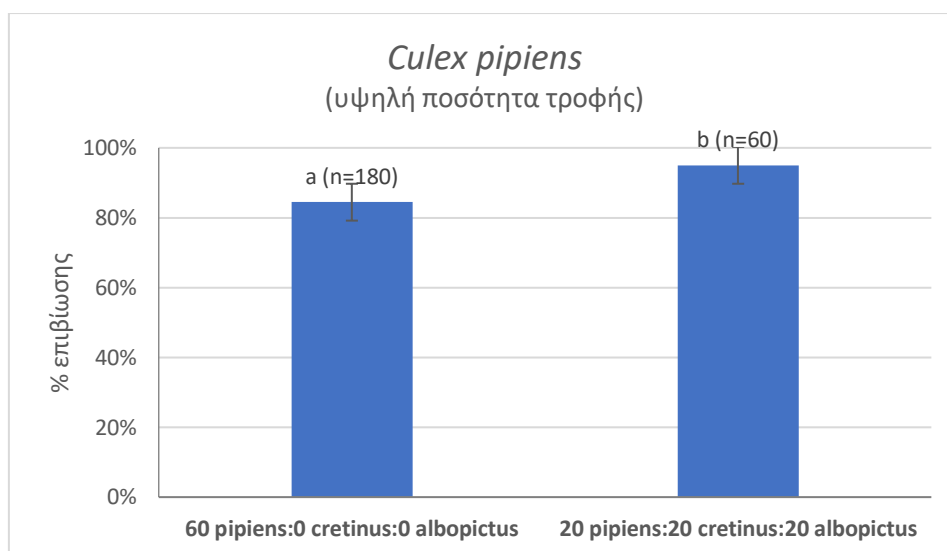
		Επιβίωση <i>Culex pipiens</i>		Σύνολα
		Ζωντανές	Νεκρές	
Ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής	Ένα είδος (60 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	152	28	180
		84,4%	15,6%	100%
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	57	3	60
		95%	5%	100%
Σύνολα		209	31	240
		87,1%	12,9%	100%

Πίνακας 2.5. Αποτελέσματα Chi-square Tests για την επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Culex pipiens* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

	Value	df	Asymp. Sig. (2- sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	4,457 ^a	1	0,035		
Continuity Correction ^b	3,568	1	0,059		
Likelihood Ratio	5,281	1	0,022		
Fisher's Exact Test				0,044	0,023
Linear-by-Linear Association	4,439	1	0,035		
N of Valid Cases	240				

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 7,75.

b. Computed only for a 2x2 table



Διάγραμμα 2.2. Ποσοστό επιβίωσης μέχρι την ενηλικίωση του είδους *Culex pipiens*, όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα (84,4%) ή μαζί με τα είδη *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) (95%) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$) [Statistics: Pearson chi-square test ($\chi^2 = 4,457$; d.f.=1; $P = 0,035$)].

Χαμηλή ποσότητα τροφής

Σε αντίθεση με την υψηλή ποσότητα τροφής, σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής, δεν εμφανίζεται στατιστικά σημαντική εξάρτηση μεταξύ της επιβίωσης του *Culex pipiens* και της ύπαρξης ανταγωνισμού ($\chi^2 = 1,541$; d.f.=1; $P = 0,215$) (Πίνακας 2.6 και 2.7, Διάγραμμα 2.3).

Πίνακας 2.6. Επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Culex pipiens* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

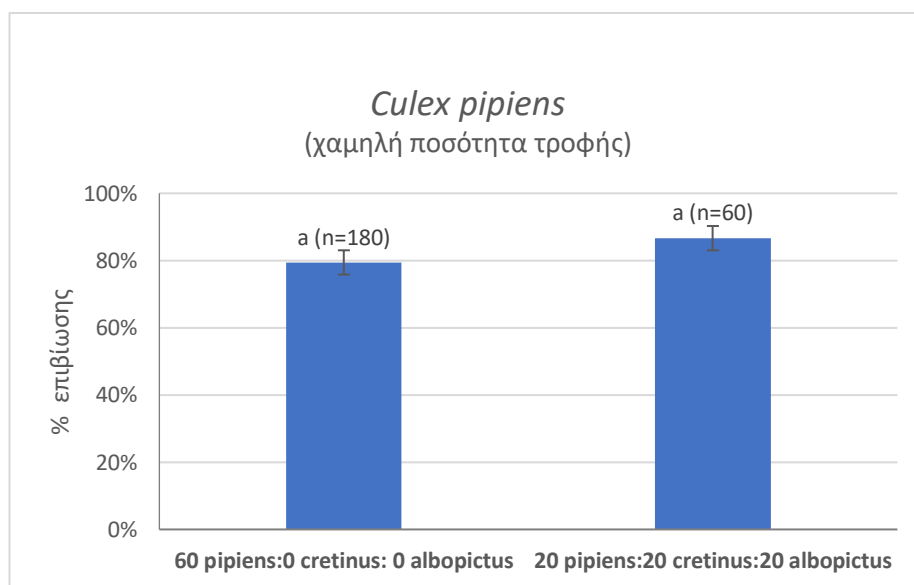
		Επιβίωση <i>Culex pipiens</i>		
		Ζωντανές	Νεκρές	Σύνολα
Ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής	Ένα είδος (60 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	143	37	180
		79,4%	20,6%	100%
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	52	8	60
		86,7%	13,3%	100%
Σύνολα		195	45	240
		81,3%	18,8%	100%

Πίνακας 2.7. Αποτελέσματα Chi-square Tests για την επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Culex pipiens* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1,541 ^a	1	0,215		
Continuity Correction^b	1,103	1	0,294		
Likelihood Ratio	1,633	1	0,201		
Fisher's Exact Test				0,255	0,146
Linear-by-Linear Association	1,534	1	0,215		
N of Valid Cases	240				

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 11,25.

b. Computed only for a 2x2 table



Διάγραμμα 2.3. Ποσοστό επιβίωσης μέχρι την ενηλικίωση του είδους *Culex pipiens*, όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα (79,4%) ή μαζί με τα είδη *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) (86,7%) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής (0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Pearson chi-square test ($\chi^2=1,541$; d.f.=1; $P=0,215$)].

2.4.1.2. ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Aedes cretinus*

Ι) ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΗΣ»

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης (Πίνακας 2.9) έδειξαν ότι η επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του είδους *Aedes cretinus* εξαρτάται σημαντικά από τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ ($\chi^2=12,747$; d.f.=1; $P<0,0001$). Μάλιστα, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.8 και στο Διάγραμμα 2.4, το ποσοστό επιβίωσης του *Ae. cretinus* ανέρχεται στο 83,9% σε υψηλές ποσότητες τροφής και στο 67,8% σε χαμηλές ποσότητες τροφής. Γίνεται αντιληπτό ότι η ανάπτυξη των προνυμφών του είδους σε αυξημένη τροφή έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη επιβίωση του είδους.

Πίνακας 2.8. Επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Aedes cretinus* σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

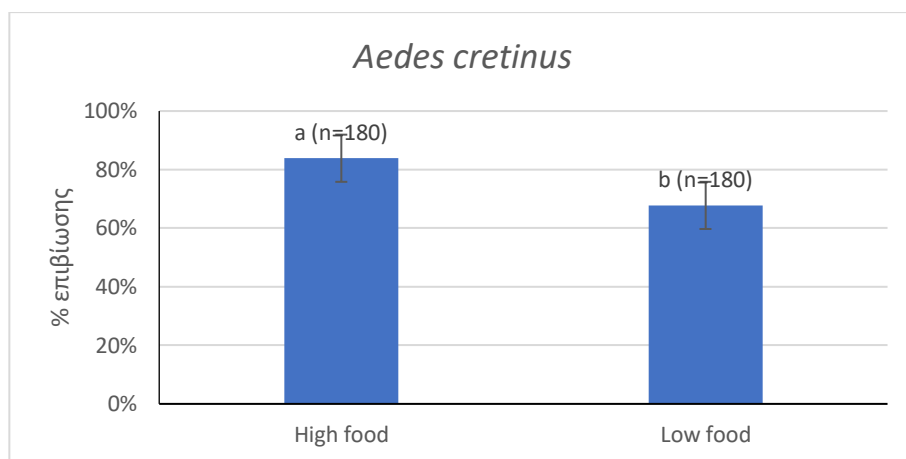
		Επιβίωση <i>Aedes cretinus</i>		
		Ζωντανές	Νεκρές	
Ποσότητα τροφής	Υψηλή	151	29	180
		83,9%	16,1%	100%
	Χαμηλή	122	58	180
		67,8%	32,2%	100%
Σύνολα		273	87	360
		75,8%	24,2%	100%

Πίνακας 2.9. Αποτελέσματα Chi-square Tests για την επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Aedes cretinus* σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	12,747 ^a	1	0,000		
Continuity Correction^b	11,883	1	0,001		
Likelihood Ratio	12,941	1	0,000		
Fisher's Exact Test				0,001	0,000
Linear-by-Linear Association	12,712	1	0,000		
N of Valid Cases	360				

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 43,50.

b. Computed only for a 2x2 table



Διάγραμμα 2.4. Ποσοστό επιβίωσης μέχρι την ενηλικίωση του είδους *Aedes cretinus*, όταν οι προνύμφες αναπτύσσονται μεμονωμένα με πυκνότητα 60 ατόμων, σε συνθήκες υψηλής (high food-83,9%) ή χαμηλής (low food-67,8%) ποσότητας τροφής (0,6 ή 0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$) [Statistics: Pearson chi-square test ($\chi^2 = 12,747$; d.f.=1; $P < 0,0001$)].

II) ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ» ΓΙΑ ΔΥΟ ΕΠΙΠΕΔΑ ΧΟΡΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Υψηλή ποσότητα τροφής

Οι Πίνακες 2.10 και 2.11 και το Διάγραμμα 2.5, δείχνουν ότι η επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Ae. cretinus* που εκτράφηκαν σε υψηλή ποσότητα τροφής, σε σχέση με τον ανταγωνισμό δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντική εξάρτηση σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ ($\chi^2 = 0,266$; d.f.=1; $P = 0,606$).

Πίνακας 2.10. Επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Aedes cretinus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

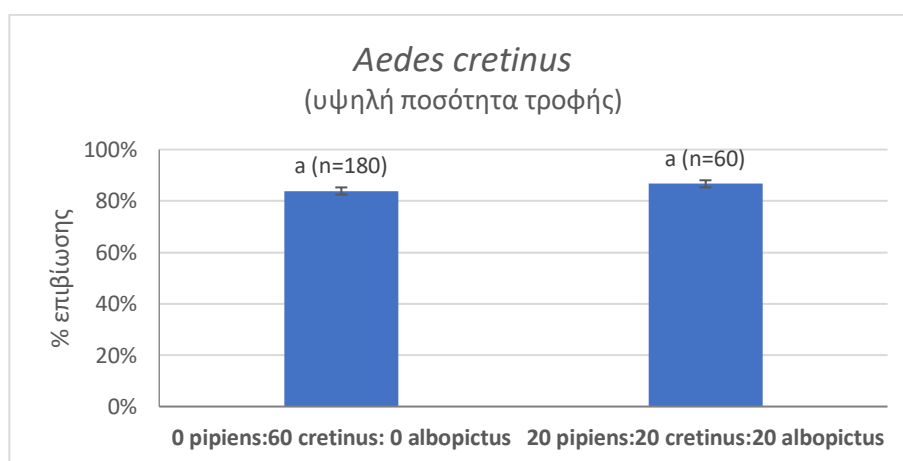
		Επιβίωση <i>Aedes cretinus</i>		
		Ζωντανές	Νεκρές	
Ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής	Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 60 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	151	29	180
		83,9%	16,1%	100%
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	52	8	60
		86,7%	13,3%	100%
Σύνολα		203	37	240
		84,6%	15,4%	100%

Πίνακας 2.11. Αποτελέσματα Chi-square Tests για την επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Aedes cretinus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	12,747 ^a	1	0,606		
Continuity Correction^b	11,883	1	0,757		
Likelihood Ratio	12,941	1	0,601		
Fisher's Exact Test				0,684	0,387
Linear-by-Linear Association	12,712	1	0,607		
N of Valid Cases	360				

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 9,25.

b. Computed only for a 2x2 table



Διάγραμμα 2.5. Ποσοστό επιβίωσης μέχρι την ενηλικίωση του είδους *Aedes cretinus*, όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα (83,9%) ή μαζί με τα είδη *Culex pipiens* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) (86,7%) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Pearson chi-square test ($\chi^2=0,266$; d.f.=1; $P=0,606$)].

Χαμηλή ποσότητα τροφής

Σε αντίθεση με την παραπάνω περίπτωση, η επιβίωση του *Ae. cretinus* σε χαμηλή ποσότητα τροφής εμφανίζει στατιστικά σημαντική εξάρτηση με τον ανταγωνισμό σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ ($\chi^2=20,030$; d.f.=1; $P<0,0001$) (Πίνακας 2.13). Όταν οι προνύμφες εκτράφηκαν μεμονωμένα, επιβίωσε το 67,85%, ενώ το ποσοστό αυξήθηκε στο 96,7% όταν οι προνύμφες συνυπήρχαν με τα δύο άλλα είδη κουνουπιών (Πίνακας 2.12, Διάγραμμα 2.6).

Πίνακας 2.12. Επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Aedes cretinus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

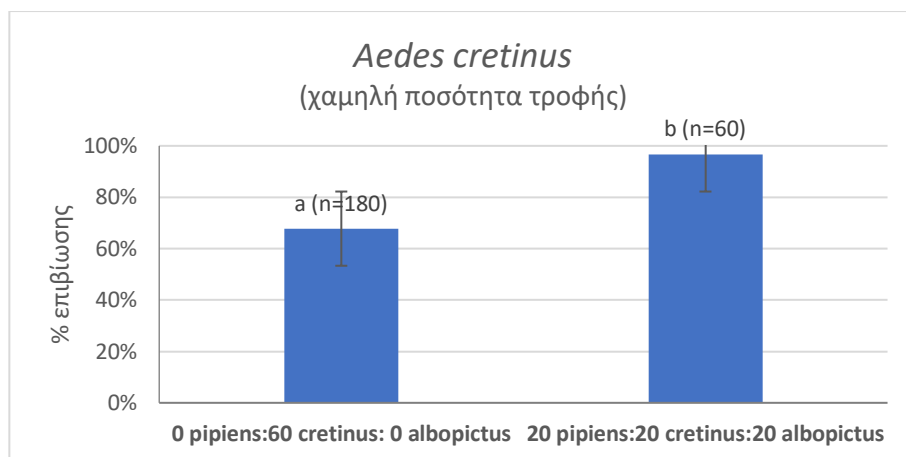
		Επιβίωση <i>Aedes cretinus</i>		
		Ζωντανές	Νεκρές	
Ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής	Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 60 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	122	58	180
		67,8%	32,2%	100%
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	58	2	60
		96,7%	3,3%	100%
Σύνολα		180	60	240
		75%	25%	100%

Πίνακας 2.13. Αποτελέσματα Chi-square Tests για την επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Aedes cretinus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	20,030 ^a	1	0,000		
Continuity Correction ^b	18,519	1	0,000		
Likelihood Ratio	26,112	1	0,000		
Fisher's Exact Test				0,000	0,000
Linear-by-Linear Association	19,946	1	0,000		
N of Valid Cases	240				

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 15,00.

b. Computed only for a 2x2 table



Διάγραμμα 2.6. Ποσοστό επιβίωσης μέχρι την ενηλικίωση του είδους *Aedes cretinus*, όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα (67,8%) ή μαζί με τα είδη *Culex pipiens* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) (96,7%) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής (0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$) [Statistics: Pearson chi-square test ($\chi^2 = 20,030$; d.f.=1; $P < 0,0001$)].

2.4.1.3. ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Aedes albopictus*

Ι) ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΗΣ»

Η επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του είδους *Ae. albopictus* δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντική εξάρτηση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ ($\chi^2 = 0,494$; d.f.=1; $P = 0,482$) (Πίνακας 2.14 και 2.15, Διάγραμμα 2.7).

Πίνακας 2.14. Επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Aedes albopictus* σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

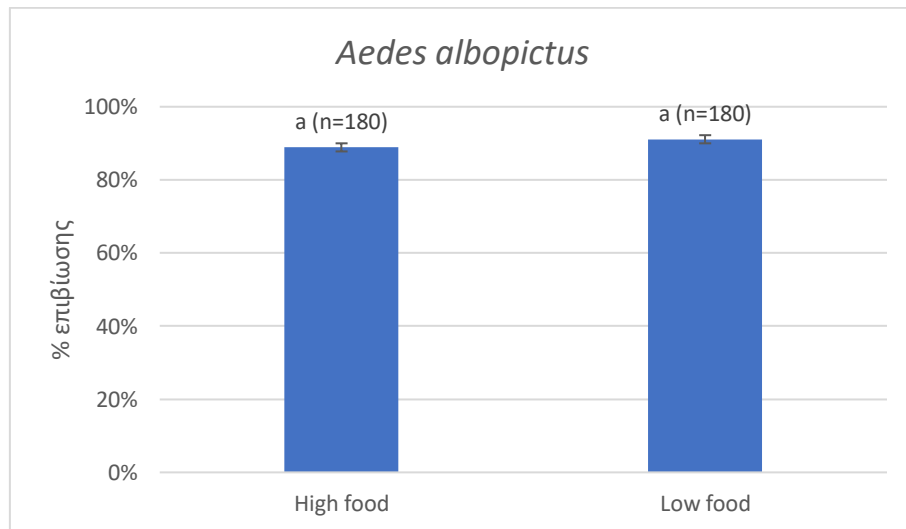
		Επιβίωση <i>Aedes albopictus</i>		
		Ζωντανές	Νεκρές	
Ποσότητα τροφής	Υψηλή	160	20	180
		88,9%	11,1%	100%
	Χαμηλή	164	16	180
		91,1%	8,9%	100%
Σύνολα		324	36	360
		90%	10%	100%

Πίνακας 2.15. Αποτελέσματα Chi-square Tests για την επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Aedes albopictus* σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	0,494 ^a	1	0,482		
Continuity Correction^b	0,278	1	0,598		
Likelihood Ratio	0,495	1	0,482		
Fisher's Exact Test				0,599	0,299
Linear-by-Linear Association	0,492	1	0,483		
N of Valid Cases	360				

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 18,00.

b. Computed only for a 2x2 table



Διάγραμμα 2.7. Ποσοστό επιβίωσης μέχρι την ενηλικίωση του είδους *Aedes albopictus*, όταν οι προνύμφες αναπτύσσονται μεμονωμένα με πυκνότητα 60 ατόμων, σε συνθήκες υψηλής (high food-88,9%) ή χαμηλής (low food-91,1%) ποσότητας τροφής (0,6 ή 0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Pearson chi-square test ($\chi^2=0,494$; d.f.=1; $P=0,482$)].

II) ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ»
ΓΙΑ ΔΥΟ ΕΠΙΠΕΔΑ ΧΟΡΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Υψηλή ποσότητα τροφής

Όπως φαίνεται από τους Πίνακες 2.16 και 2.17, δεν εντοπίζεται στατιστικά σημαντική εξάρτηση μεταξύ της επιβίωσης μέχρι την ενηλικίωση του είδους *Aedes albopictus* και του ανταγωνισμού σε υψηλές ποσότητες τροφής ($\chi^2=0.372$; d.f.=1; $P=0.542$). Τα ποσοστά επιβίωσης του συγκεκριμένου είδους ήταν παραπλήσια, όταν οι προνύμφες αναπτύσσονταν μεμονωμένα (88,9%) ή μαζί με τα *Ae. cretinus* και *Cx. pipiens* (91,7%) σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής (Διάγραμμα 2.8).

Πίνακας 2.16. Επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Aedes albopictus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

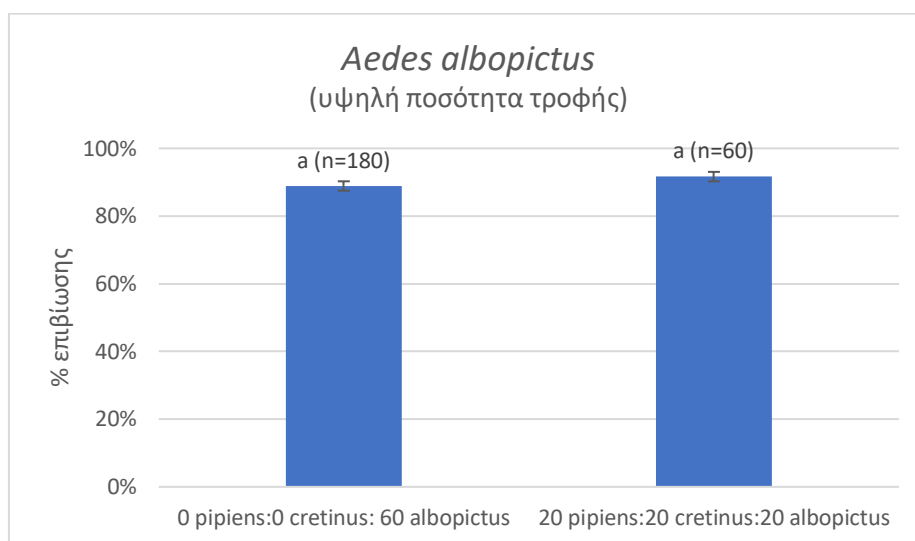
		Επιβίωση <i>Aedes albopictus</i>		Σύνολα
		Ζωντανές	Νεκρές	
Ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής	Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 60 <i>Ae. albopictus</i>)	160	20	180
		88,9%	11,1%	100%
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	55	5	60
		91,7%	8,3%	100%
Σύνολα		215	25	240
		89,6%	10,4%	100%

Πίνακας 2.17. Αποτελέσματα Chi-square Tests για την επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Aedes albopictus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

	Value	df	Asymp. Sig. (2- sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	0,372 ^a	1	0,542		
Continuity Correction ^b	0,134	1	0,714		
Likelihood Ratio	0,389	1	0,533		
Fisher's Exact Test				0,633	0,369
Linear-by-Linear Association	0,371	1	0,543		
N of Valid Cases	240				

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 6,25.

b. Computed only for a 2x2 table



Διάγραμμα 2.8. Ποσοστό επιβίωσης μέχρι την ενηλικίωση του είδους *Aedes albopictus*, όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα (88,9%) ή μαζί με τα είδη *Ae. cretinus* και *Culex pipiens* (σε αναλογία 1:1:1) (91,7%) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Pearson chi-square test ($\chi^2=0,372$; d.f.=1; $P=0,542$)].

Χαμηλή ποσότητα τροφής

Ομοίως, και σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής, η επιβίωση και ο ανταγωνισμός για τις προνύμφες του *Ae. albopictus* δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντική εξάρτηση ($\chi^2=0,291$; d.f.=1; $P=0,590$) (Πίνακας 2.18 και 2.19, Διάγραμμα 2.9).

Πίνακας 2.18. Επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Aedes albopictus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

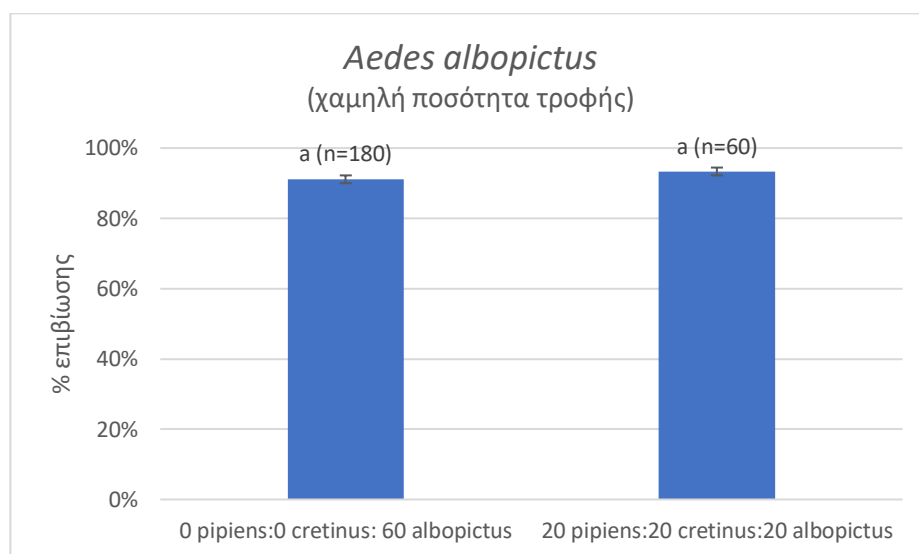
		Επιβίωση <i>Aedes albopictus</i>		
		Ζωντανές	Νεκρές	
Ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής	Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 60 <i>Ae. albopictus</i>)	164	16	180
		91,1%	8,9%	100%
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	56	4	60
		93,3%	6,7%	100%
Σύνολα		220	20	240
		91,7%	8,3%	100%

Πίνακας 2.19. Αποτελέσματα Chi-square Tests για την επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση του *Aedes albopictus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	0,291 ^a	1	0,590		
Continuity Correction^b	0,073	1	0,787		
Likelihood Ratio	0,304	1	0,581		
Fisher's Exact Test				0,789	0,408
Linear-by-Linear Association	0,290	1	0,590		
N of Valid Cases	240				

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5,00.

b. Computed only for a 2x2 table



Διάγραμμα 2.9. Ποσοστό επιβίωσης μέχρι την ενηλικίωση του είδους *Aedes albopictus*, όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα (91,1%) ή μαζί με τα είδη *Ae. cretinus* και *Culex pipiens* (σε αναλογία 1:1:1) (93,3%) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής (0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Pearson chi-square test ($\chi^2=0,291$; d.f.=1; $P=0,590$)].

2.4.2. ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΤΕΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ

Πραγματοποιήθηκε μη παραμετρικός έλεγχος δύο ανεξάρτητων δειγμάτων (Mann-Whitney U test) για να διερευνηθεί εάν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των παραγόντων «ποσότητα τροφής» και «ανταγωνισμός» ως προς τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδο τέλειου κουνουπιού) των ειδών κουνουπιών *Culex pipiens*, *Aedes cretinus* και *Aedes albopictus*.

Το τεστ Mann-Whitney εφαρμόζεται για δύο ανεξάρτητα δείγματα, όταν οι πληθυσμοί που ελέγχονται δεν κατανέμονται κανονικά και εξετάζει διαφορές ως προς την κατάταξη-κατανομή των δύο δειγμάτων (ομάδων). Γενικά, ελέγχει αν τα δύο υπό εξέταση δείγματα είναι ομογενή ή αν κάποιο διαφέρει από το άλλο. Προκειμένου να είναι αυτό εφικτό, οι τιμές των δύο δειγμάτων συνενώνονται σε ένα ενιαίο δείγμα κι έπειτα, ταξινομούνται σε αύξουσα σειρά. Κάθε τιμή του ενιαίου δείγματος λαμβάνει μία αρίθμηση (rank) σύμφωνα με τη θέση που κατέχει. Έτσι, ο έλεγχος Mann-Whitney U ελέγχει εάν η κατάταξη των τιμών του ενός δείγματος διαφέρει στατιστικά σημαντικά από την κατάταξη των τιμών του άλλου δείγματος ως προς μία μεταβλητή (Παπαϊωάννου και συν., 2016). Η μηδενική υπόθεση που ελέγχεται από το συγκεκριμένο τεστ είναι ότι οι δύο ανεξάρτητες ομάδες (δείγματα) προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό ή έχουν την ίδια κατανομή.

Τα αποτελέσματα του ελέγχου Mann-Whitney U για τις επιδράσεις των παραγόντων «ανταγωνισμός» και «ποσότητα τροφής» στην εξαρτημένη μεταβλητή διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδο τέλειου) για τα είδη κουνουπιών *Culex pipiens*, *Aedes cretinus* και *Aedes albopictus* εμφανίζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 2.20. Όπως φαίνεται και στον πίνακα, η διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων επηρεάστηκε σημαντικά τόσο από την ποσότητα τροφής, όσο και από τον ανταγωνισμό για τα είδη *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus*, ενώ για το είδος *Cx. pipiens* μόνο η ποσότητα της τροφής επηρέασε σημαντικά τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων.

Από τον Πίνακα 2.20 γίνεται αντιληπτό ότι η χρονική διάρκεια μέχρι την έξοδο των τέλειων κουνουπιών διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο ποσοτήτων χορηγούμενης τροφής (υψηλή και χαμηλή) σε συνθήκες μεμονωμένης ανάπτυξης των προνυμφών και για τα τρία είδη κουνουπιών (*Cx. pipiens*, *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus*). Ο χρόνος που χρειάστηκε ως την ενηλικίωση αυξήθηκε σημαντικά στην περίπτωση που το κάθε είδος αναπτύχθηκε μόνο του με περιορισμένη διαθεσιμότητα τροφής, σε σχέση με τη χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής. Συγκεκριμένα, η χορήγηση χαμηλής ποσότητας τροφής αύξησε τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων κατά 3,68, 0,78 και 0,46 ημέρες για τα *Cx. pipiens*, *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus*, αντίστοιχα.

Πίνακας 2.20. Αποτελέσματα της ελέγχου Mann-Whitney U για τις επιδράσεις των παραγόντων ανταγωνισμού και ποσότητα τροφής στην εξαρτημένη μεταβλητή: διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) των ειδών κουνουπιών *Culex pipiens*, *Aedes cretinus* και *Aedes albopictus*.

Παράγοντες ¹		Τιμές P για διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων (προνύμφη 1 ^{ης} ηλικίας έως έξοδο τέλειου) ²					
		<i>Cx. pipiens</i>		<i>Ae. cretinus</i>		<i>Ae. albopictus</i>	
Ποσότητα τροφής		< 0,0001		< 0,0001		0,036	
		Υψηλή: 13,03±0,26	Χαμηλή: 16,70±0,37	Υψηλή: 12,68±0,12	Χαμηλή: 13,46±0,13	Υψηλή: 11,14±0,10	Χαμηλή: 11,60±0,14
Ανταγωνισμός	Χαμηλή ποσότητα τροφής	0,767		< 0,0001		< 0,0001	
				Ένα είδος: 13,46±0,13	Τρία είδη: 15,40±0,42	Ένα είδος: 11,60±0,14	Τρία είδη: 13,32±0,22
	Υψηλή ποσότητα τροφής	0,112		< 0,0001		< 0,0001	
				Ένα είδος: 12,68±0,12	Τρία είδη: 13,88±0,24	Ένα είδος: 11,14±0,10	Τρία είδη: 13,42±0,22

¹Ο παράγοντας τροφή αναφέρεται στην παρουσία χαμηλής ή υψηλής ποσότητας τροφής και ο παράγοντας ανταγωνισμός στην παρουσία ενός ή τριών ειδών κουνουπιών σε χαμηλή και υψηλή ποσότητα τροφής.

²Οι σημαντικές επιδράσεις ($P < 0,05$) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$, σημειώνονται με έντονη γραφή, ενώ δίνεται και η μέση διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων σε ημέρες ($\pm T.S.M$) για τις συγκεκριμένες επιδράσεις.

Ο ανταγωνισμός σε συνθήκες χαμηλής και υψηλής ποσότητας τροφής άσκησε σημαντική επίδραση στη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων των ειδών *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus*, ενώ δεν επηρέασε τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Cx. pipiens*. Η συνύπαρξη των προνυμφών των τριών ειδών κουνουπιών, ανεξαρτήτου της ποσότητας τροφής, είχε ως αποτέλεσμα την αυξημένη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων για τα δύο είδη του γένους *Aedes*, σε σύγκριση με τη μεμονωμένη ανάπτυξη του κάθε είδους. Ειδικότερα, η συνύπαρξη των τριών ειδών αύξησε τον χρόνο που χρειάσθηκε το *Ae. cretinus* έως την ενηλικίωση κατά 1,94 και 1,2 ημέρες, σε συνθήκες χαμηλής και υψηλής ποσότητας τροφής, αντίστοιχα. Ενώ, για το *Ae. albopictus* ο αντίστοιχος χρόνος αυξήθηκε κατά 1,72 και 2,28 ημέρες.

Συνολικά, η μέση διάρκεια ως την ενηλικίωση των τριών ειδών κουνουπιών κυμάνθηκε μεταξύ 11,14 και 16,81 ημέρες. Η μικρότερη περίοδος ανάπτυξης

σημειώθηκε για το είδος *Ae. albopictus*, του οποίου οι προνύμφες αναπτύχθηκαν μεμονωμένα με χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής, ενώ η μεγαλύτερη διάρκεια αφορούσε το είδος *Cx. pipiens*, του οποίου οι προνύμφες αναπτύχθηκαν μαζί με τα άλλα δύο είδη σε χαμηλή ποσότητα τροφής. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μειωμένη ποσότητα τροφής παρέτεινε τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του *Cx. pipiens* κατά μέσο όρο 3,68 ημέρες, ενώ για τα άλλα δύο είδη η αντίστοιχη διάρκεια ήταν μικρότερη της μίας ημέρας.

Σε συνθήκες διαειδικού ανταγωνισμού (τρία είδη) και χορήγησης χαμηλής ποσότητας τροφής, η μεγαλύτερη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων καταγράφηκε για το είδος *Cx. pipiens* και η μικρότερη για το *Ae. albopictus*. Ενώ, σε συνθήκες διαειδικού ανταγωνισμού (τρία είδη) και χορήγησης υψηλής ποσότητας τροφής, η μεγαλύτερη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων σημειώθηκε για το είδος *Ae. cretinus* και η μικρότερη για το *Ae. albopictus*.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα του ελέγχου Mann-Whitney U για κάθε είδος κουνουπιού ξεχωριστά. Παρατίθενται οι πίνακες Ranks και Test Statistics, όπου φαίνονται τα αποτελέσματα του ελέγχου, καθώς και τα διαγράμματα της διάρκειας ανάπτυξης των ατελών σταδίων κάθε είδους κουνουπιού ως προς τον παράγοντα που εξετάζεται κάθε φορά. Στους πίνακες Ranks φαίνεται ο αριθμός των ατόμων σε κάθε ομάδα (N), η μέση θέση (Mean Rank) και το άθροισμα των θέσεων της κάθε ομάδας (Sum of Ranks). Στους πίνακες Test Statistics δίνονται οι έλεγχοι Mann-Whitney U και Wilcoxon W και οι τιμές Z και P [asymptotic significance (2-tailed)] (Αποστολάκης και Σταμούλη, 2007). Με βάση την τιμή P που προκύπτει από τα αποτελέσματα του ελέγχου είτε αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, σύμφωνα με την οποία δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο δειγμάτων (όταν $P > 0,05$ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$) είτε απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση με τη διαφορά μεταξύ των δύο δειγμάτων να είναι στατιστικά σημαντική (όταν $P < 0,05$ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$).

2.4.2.1. ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΤΕΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Culex pipiens*

Ι) ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΤΕΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΗΣ»

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ελέγχου Mann-Whitney U (Πίνακας 2.21), η διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Culex pipiens* εξαρτάται στατιστικά σημαντικά από τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ ($Z = -7,386$; $P < 0,0001$). Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 2.10, ο χρόνος έως την έξοδο των τέλει κουνουπιών *Cx. pipiens*, όταν οι προνύμφες

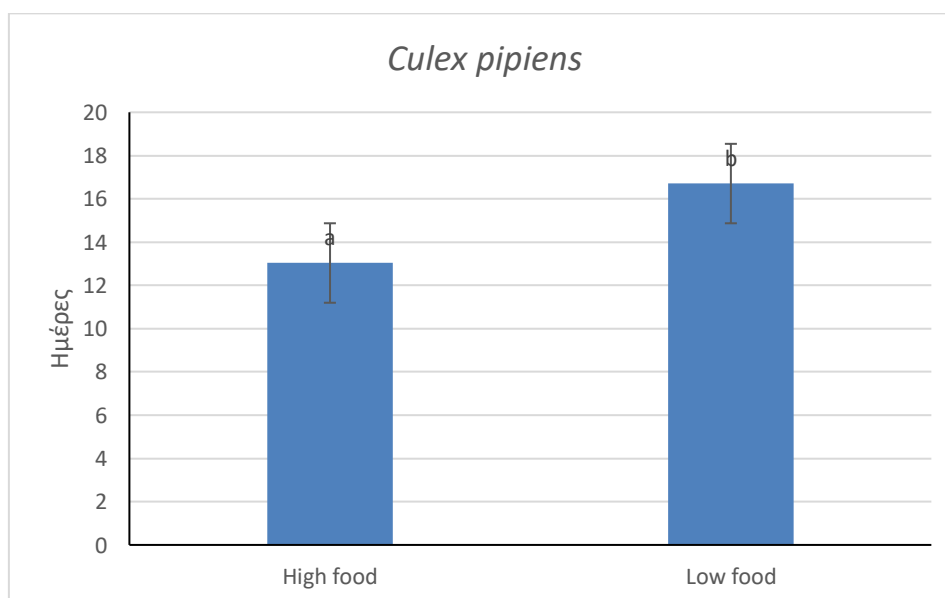
αναπτύσσονται μεμονωμένα, είναι κατά μέσο όρο 13,03 και 16,71 ημέρες σε συνθήκες υψηλής και χαμηλής ποσότητας τροφής, αντίστοιχα.

Πίνακας 2.21. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Culex pipiens* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

Ranks				
Ποσότητα τροφής		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Διάρκεια ανάπτυξης ατελών	Υψηλή	152	112,53	17105,00
σταδίων <i>Cx. pipiens</i> (προνύμφη	Χαμηλή	143	185,70	26555,00
1 ^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου)	Σύνολο	295		

Test Statistics ^a	
	Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Cx. pipiens</i>
Mann-Whitney U	5477,000
Wilcoxon W	17105,000
Z	-7,386
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.10. Μέση διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Culex pipiens* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε ημέρες ($\pm$ T.S.M.), όταν οι προνύμφες αναπτύσσονται μεμονωμένα με πυκνότητα 60 ατόμων, σε συνθήκες υψηλής (high food-13,03 $\pm$ 0,26) ή χαμηλής (low food-16,71 $\pm$ 0,37) ποσότητας τροφής (0,6 ή 0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -7,386$; $P < 0,0001$)].

II) ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΤΕΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ» ΓΙΑ ΔΥΟ ΕΠΙΠΕΔΑ ΧΟΡΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Υψηλή ποσότητα τροφής

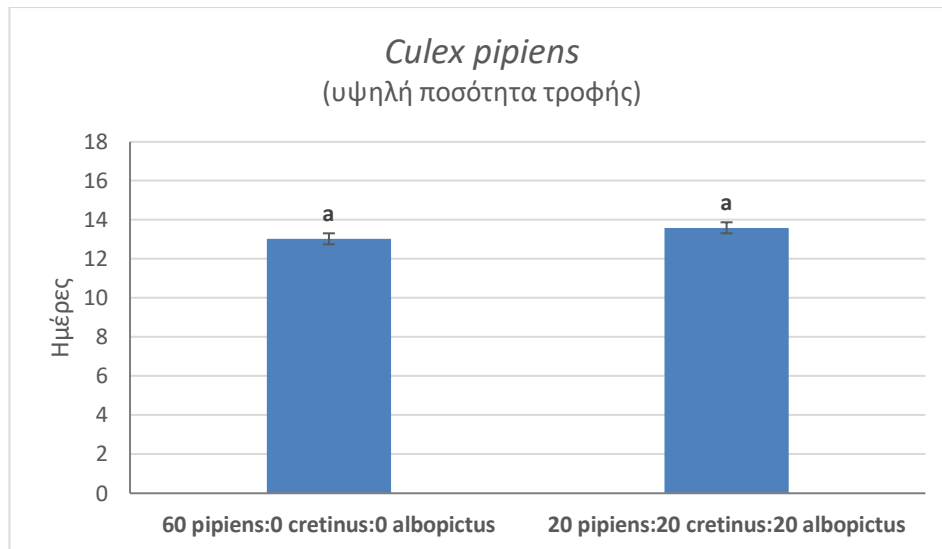
Από τα αποτελέσματα του ελέγχου (Πίνακας 2.22, Διάγραμμα 2.11) δεν προκύπτει σημαντική διαφορά στη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του *Cx. pipiens*, όταν οι προνύμφες αναπτύσσονταν μεμονωμένα ή και συνυπήρχαν με εκείνες των ειδών *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus*, μετά τη χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ ($Z = -1,589$; $P=0,112$).

Πίνακας 2.22. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Culex pipiens* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

Ranks			
Ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	152	100,95	15345,00
Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Cx. pipiens</i> (προνύμφη 1 ^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου)	57	115,79	6600,00
Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)			
Σύνολο	209		

Test Statistics ^a	
	Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Cx. pipiens</i>
Mann-Whitney U	3717,000
Wilcoxon W	15345,000
Z	-1,589
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,112

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.11. Μέση διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Culex pipiens* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε ημέρες ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται ή μεμονωμένα ($13,03 \pm 0,26$) ή μαζί με τα είδη *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) ($13,60 \pm 0,32$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -1,589$; $P = 0,112$)].

Χαμηλή ποσότητα τροφής

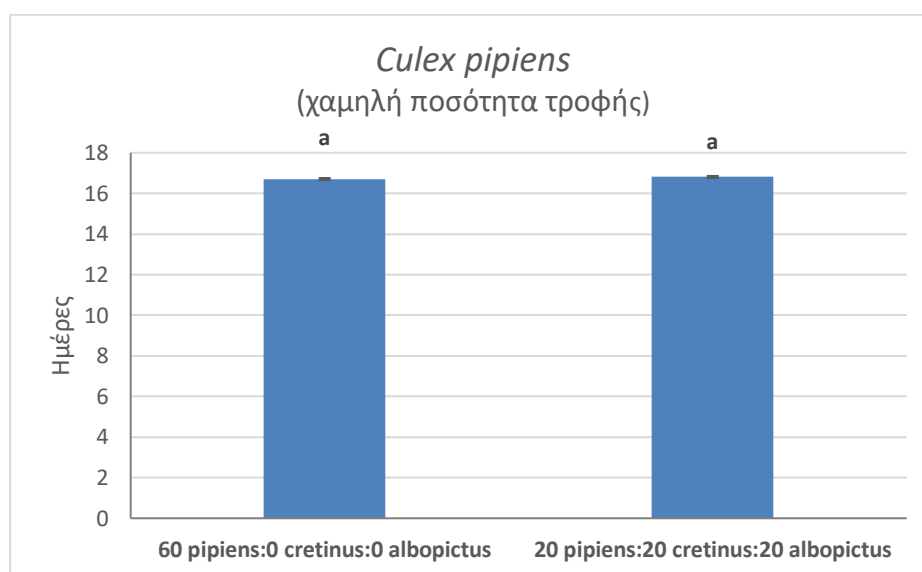
Από τον Πίνακα 2.23 και το Διάγραμμα 2.12 προκύπτει ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του *Cx. pipiens* ανάμεσα σε συνθήκες μεμονωμένης ανάπτυξης (ένα είδος) των προνυμφών και διαειδικού ανταγωνισμού (τρία είδη), μετά τη χορήγηση χαμηλής ποσότητας τροφής σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ ($Z = -0,297$; $P = 0,767$).

Πίνακας 2.23. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Culex pipiens* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

Ranks			
Ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Ένα είδος (60 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	52	99,98	5199,00
Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	143	97,28	13911,00
Σύνολο	195		

Test Statistics ^a	
	Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Cx. pipiens</i>
Mann-Whitney U	3615,000
Wilcoxon W	13911,000
Z	-0,297
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,767

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.12. Μέση διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Culex pipiens* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε ημέρες ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται ή μεμονωμένα ($16,71 \pm 0,37$) ή μαζί με τα είδη *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) ($16,80 \pm 0,46$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής (0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -0,297$; $P = 0,767$)].

2.4.2.2. ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΤΕΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Aedes cretinus*

Ι) ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΤΕΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΗΣ»

Τα αποτελέσματα του ελέγχου (Πίνακας 2.24) έδειξαν ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της υψηλής και χαμηλής ποσότητας τροφής ως προς τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Ae. cretinus* σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ ($Z = -4,350$; $P < 0,0001$). Συγκεκριμένα, ο χρόνος που απαιτήθηκε από την προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως την έξοδο του τέλειου κουνουπιού ήταν κατά μέσο όρο 12,68 ημέρες σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής, ενώ

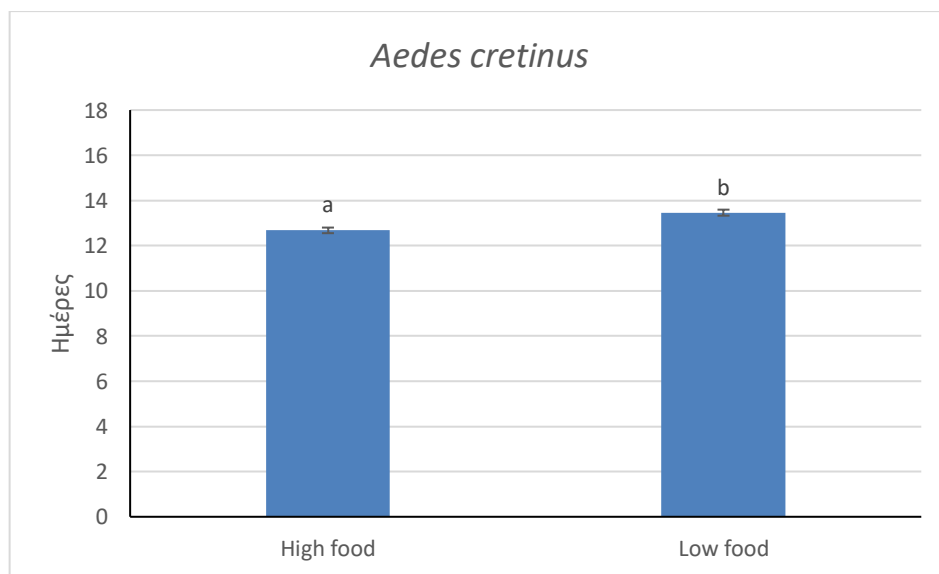
αυξήθηκε στις 13,46 ημέρες κατά μέσο όρο σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής (Διάγραμμα 2.13).

Πίνακας 2.24. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Aedes cretinus* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

Ranks				
Ποσότητα τροφής		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Ae. cretinus</i> (προνύμφη 1 ^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου)	Υψηλή	151	118,71	17925,00
	Χαμηλή	122	159,64	19476,00
	Σύνολο	273		

Test Statistics ^a	
	Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Ae. cretinus</i>
Mann-Whitney U	6449,000
Wilcoxon W	17925,000
Z	-4,350
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.13. Μέση διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Aedes cretinus* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε ημέρες ($\pm$ T.S.M.), όταν οι προνύμφες αναπτύσσονται μεμονωμένα με πυκνότητα 60 ατόμων, σε συνθήκες υψηλής (high food-12,68 $\pm$ 0,12) ή χαμηλής (low food-13,46 $\pm$ 0,13) ποσότητας τροφής (0,6 ή 0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -4,350$; $P < 0,0001$)].

II) ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΤΕΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ» ΓΙΑ ΔΥΟ ΕΠΙΠΕΔΑ ΧΟΡΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Υψηλή ποσότητα τροφής

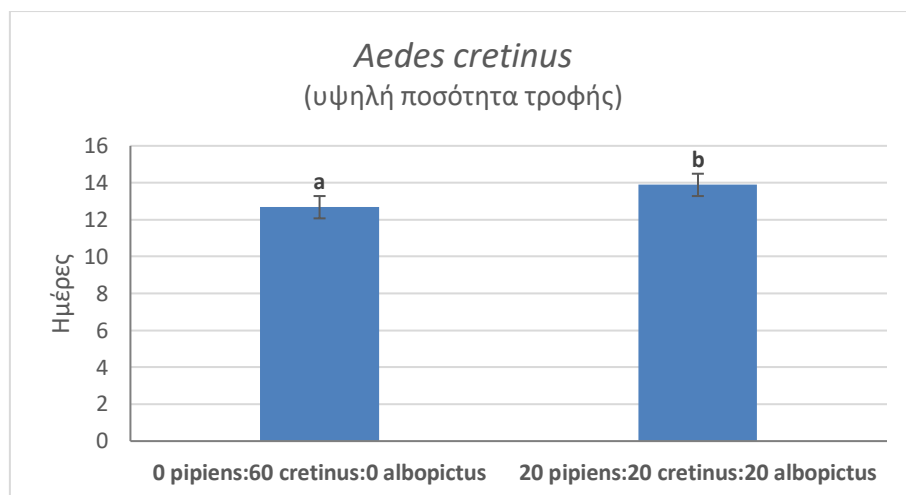
Ο έλεγχος Mann-Whitney U (Πίνακας 2.25) έδειξε ότι ο ανταγωνισμός επηρεάζει σημαντικά τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του *Ae. cretinus*, όταν στις προνύμφες αυτού του είδους χορηγείται υψηλή ποσότητα τροφής σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ ($Z=-4,527$; $P<0,0001$). Όταν οι προνύμφες του *Ae. cretinus* αναπτύσσονταν μεμονωμένα χρειάσθηκαν κατά μέσο όρο 12,68 ημέρες μέχρι την έξοδο των τέλειων κουνουπιών, ενώ όταν προνύμφες συνυπήρχαν με αυτές των ειδών *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus* χρειάσθηκαν 13,88 ημέρες κατά μέσο όρο (Διάγραμμα 2.14).

Πίνακας 2.25. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Aedes cretinus* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

Ranks			
Ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 60 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	151	91,24	13777,50
Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Ae. cretinus</i> (προνύμφη 1 ^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου)	52	133,24	6928,50
Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	203		
Σύνολο			

Test Statistics ^a	
	Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Ae. cretinus</i>
Mann-Whitney U	2301,500
Wilcoxon W	13777,500
Z	-4,527
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.14. Μέση διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Aedes cretinus* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε ημέρες ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($12,68 \pm 0,12$) ή μαζί με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) ($13,60 \pm 0,24$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -4,527$; $P < 0,0001$)].

Χαμηλή ποσότητα τροφής

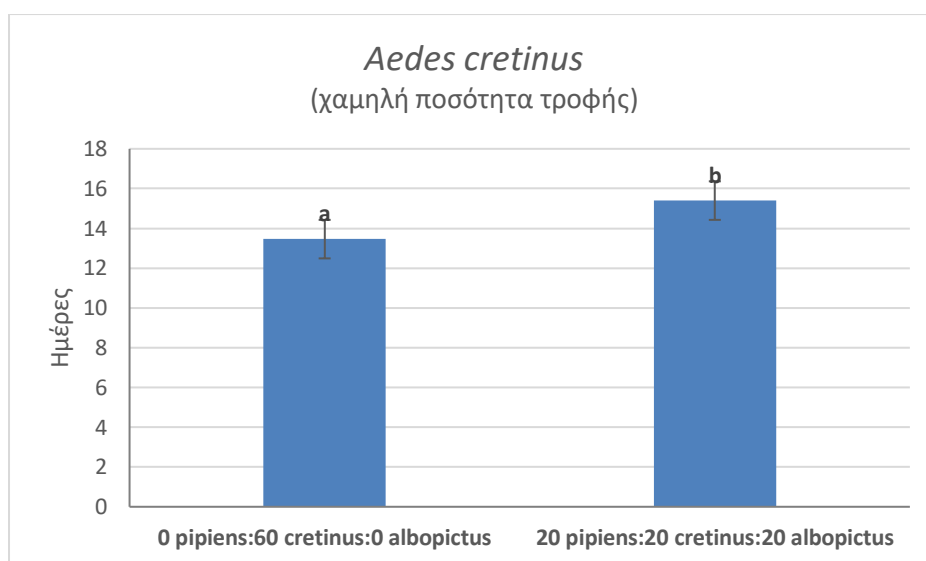
Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, ο ανταγωνισμός επηρεάζει σημαντικά τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του *Ae. cretinus* σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$, όταν οι προνύμφες του αναπτύσσονται σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής ($Z = -4,276$; $P < 0,0001$) (Πίνακας 2.26). Συγκεκριμένα, ο χρόνος έως την έξοδο των τέλειων κουνουπιών *Ae. cretinus* με χορήγηση χαμηλής ποσότητας τροφής ήταν κατά μέσο όρο 13,46 και 15,40 σε συνθήκες μεμονωμένης ανάπτυξης (ένα είδος) και διαειδικού ανταγωνισμού (τρία είδη), αντίστοιχα (Διάγραμμα 2.15).

Πίνακας 2.26. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Aedes cretinus* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

Ranks			
Ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 60 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	58	114,28	6628,50
Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Ae. cretinus</i> (προνύμφη 1 ^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου)			
Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	122	79,19	9661,50
Σύνολο	180		

Test Statistics ^a	
	Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Ae. cretinus</i>
Mann-Whitney U	2158,500
Wilcoxon W	9661,500
Z	-4,276
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.15. Μέση διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Aedes cretinus* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε ημέρες ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($13,46 \pm 0,13$) ή μαζί με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) ($15,40 \pm 0,42$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής (0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -4,276$; $P < 0,0001$)].

2.4.2.3. ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΤΕΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Aedes albopictus*

Ι) ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΤΕΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΗΣ»

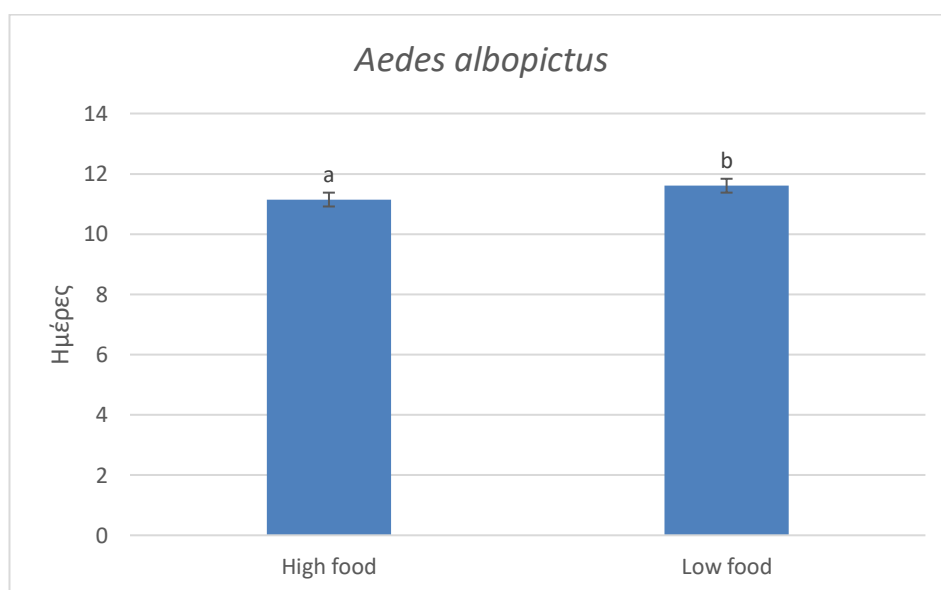
Τα αποτελέσματα του ελέγχου Mann-Whitney U (Πίνακας 2.27) απέδειξαν ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της χορηγούμενης ποσότητας τροφής και της διάρκειας ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Ae. albopictus* σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ ($Z = -2,102$; $P = 0,036$). Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 2.16, η μέση διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων ήταν 11,14 και 11,60 ημέρες σε συνθήκες υψηλής και χαμηλής ποσότητας τροφής, αντίστοιχα.

Πίνακας 2.27. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Aedes albopictus* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

Ranks				
Ποσότητα τροφής		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Ae. albopictus</i> (προνύμφη 1 ^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου)	Υψηλή	160	151,88	24301,50
	Χαμηλή	164	172,86	28348,50
	Σύνολο	324		

Test Statistics ^a	
	Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Ae. albopictus</i>
Mann-Whitney U	11421,500
Wilcoxon W	24301,500
Z	-2,102
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,036

a. Grouping Variable: ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.16. Μέση διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Aedes albopictus* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε ημέρες ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες αναπτύσσονται μεμονωμένα με πυκνότητα 60 ατόμων, σε συνθήκες υψηλής (high food-11,14 $\pm$ 0,10) ή χαμηλής (low food-11,60 $\pm$ 0,14) ποσότητας τροφής (0,6 ή 0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -2,102$; $P = 0,036$)].

II) ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΤΕΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ» ΓΙΑ ΔΥΟ ΕΠΙΠΕΔΑ ΧΟΡΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Υψηλή ποσότητα τροφής

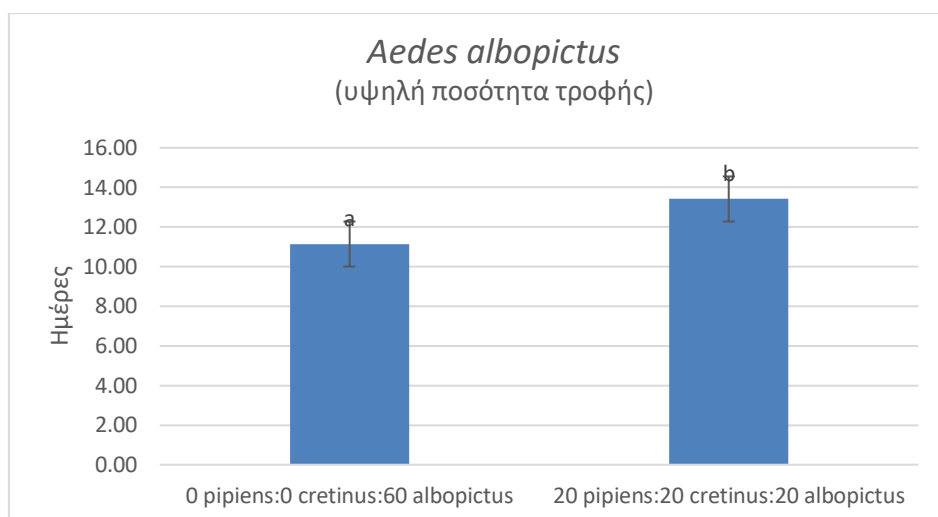
Από τον Πίνακα 2.28 προκύπτει ότι υπάρχει σημαντική διαφορά στη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του *Ae. albopictus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής για επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha=0,05$ ($Z= -8,798$; $P<0,0001$). Ο χρόνος που χρειάστηκε από την προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως την έξοδο του τέλειου ήταν 11,14 και 13,42 ημέρες κατά μέσο όρο, όταν οι προνύμφες του *Ae. albopictus* αναπτύσσονταν μεμονωμένα ή μαζί με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. cretinus*, αντίστοιχα με χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής (Διάγραμμα 2.17).

Πίνακας 2.28. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Aedes albopictus* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

Ranks				
Ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Ae. albopictus</i> (προνύμφη 1 ^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου)	Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 60 <i>Ae. albopictus</i>)	160	86,78	13884,00
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	55	169,75	9336,00
	Σύνολο	215		

Test Statistics ^a	
	Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Ae. albopictus</i>
Mann-Whitney U	1004,000
Wilcoxon W	13884,000
Z	-8,798
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.17. Μέση διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Aedes albopictus* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε ημέρες ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα (11,14 $\pm$ 0,10) ή μαζί με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. cretinus* (σε αναλογία 1:1:1) (13,42 $\pm$ 0,22) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -8,798$; $P < 0,0001$)].

Χαμηλή ποσότητα τροφής

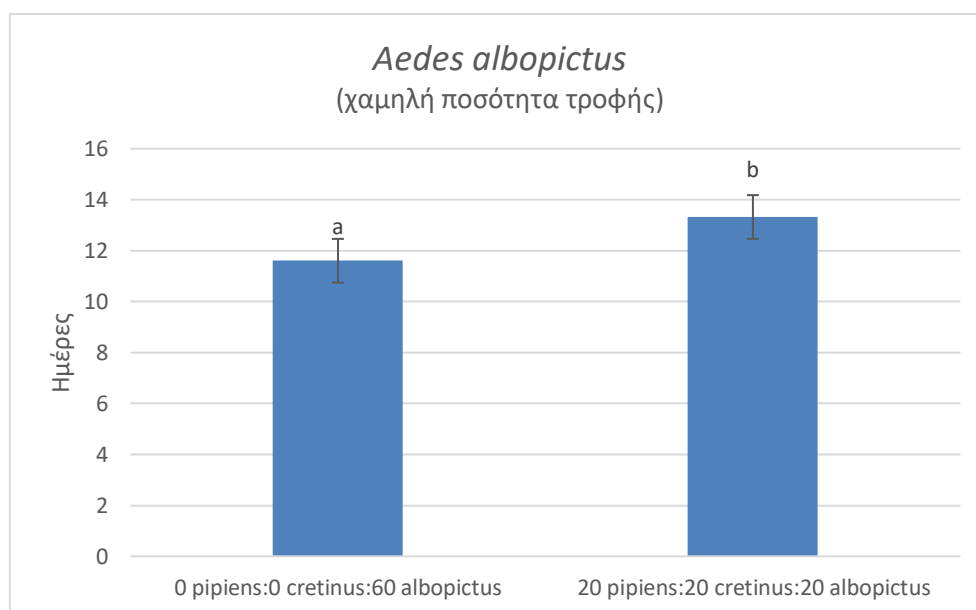
Ο στατιστικός έλεγχος έδειξε ότι υπάρχει σημαντική διαφορά στη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του *Ae. albopictus* ως προς τον ανταγωνισμό για επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha = 0,05$, όταν στις προνύμφες του είδους χορηγείται χαμηλή ποσότητα τροφής ($Z = -6,537$; $P < 0,0001$) (Πίνακας 2.29). Από το Διάγραμμα 2.18 φαίνεται ότι η μέση διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του *Ae. albopictus* είναι 11,60 και 13,32 ημέρες, όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ή μαζί με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. cretinus*, αντίστοιχα, σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

Πίνακας 2.29. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για τη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Aedes albopictus* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

Ranks				
Ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Ae. albopictus</i> (προνύμφη 1 ^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου)	Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 60 <i>Ae. albopictus</i>)	56	157,55	8823,00
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	164	94,43	15487,00
	Σύνολο	220		

Test Statistics ^a	
	Διάρκεια ανάπτυξης ατελών σταδίων <i>Ae. albopictus</i>
Mann-Whitney U	1957,000
Wilcoxon W	15487,000
Z	-6,537
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.18. Μέση διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του είδους *Aedes albopictus* (προνύμφη 1^{ης} ηλικίας έως έξοδος τέλειου) σε ημέρες ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($11,60 \pm 0,14$) ή μαζί με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. cretinus* (σε αναλογία 1:1:1) ($13,32 \pm 0,22$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής (0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -6,537$; $P < 0,0001$)].

2.4.3. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΘΗΛΥΚΩΝ

Εφαρμόστηκε μη παραμετρικός έλεγχος δύο ανεξάρτητων δειγμάτων (Mann-Whitney U test) για να διερευνηθεί εάν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των παραγόντων «ποσότητα τροφής» και «ανταγωνισμός» ως προς το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών των ειδών κουνουπιών *Cx. pipiens*, *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus*. Τα αποτελέσματα του ελέγχου εμφανίζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 2.30.

Πίνακας 2.30. Αποτελέσματα του ελέγχου Mann-Whitney U για τις επιδράσεις των παραγόντων ανταγωνισμού και ποσότητα τροφής στην εξαρτημένη μεταβλητή: μήκος πτέρυγας θηλυκών των ειδών κουνουπιών *Culex pipiens*, *Aedes cretinus* και *Aedes albopictus*.

Παράγοντες ¹		Τιμές <i>P</i> για μήκος πτέρυγας θηλυκών ²					
		<i>Cx. pipiens</i>		<i>Ae. cretinus</i>		<i>Ae. albopictus</i>	
Ποσότητα τροφής		< 0,0001		< 0,0001		< 0,0001	
		Υψηλή: 3,65±0,01	Χαμηλή: 3,36±0,02	Υψηλή: 3,3±0,01	Χαμηλή: 3,09±0,01	Υψηλή: 2,83±0,01	Χαμηλή: 2,65±0,02
Ανταγωνισμός	Χαμηλή ποσότητα τροφής	0,344		< 0,0001		0,401	
				Ένα είδος: 3,09±0,01	Τρία είδη: 2,64±0,02		
	Υψηλή ποσότητα τροφής	0,006		< 0,0001		0,020	
				Ένα είδος: 3,65±0,01	Τρία είδη: 3,57±0,03	Ένα είδος: 3,30±0,01	Τρία είδη: 13,88±0,24
						Ένα είδος: 2,83±0,01	Τρία είδη: 2,77±0,02

¹Ο παράγοντας τροφή αναφέρεται στην παρουσία χαμηλής ή υψηλής ποσότητας τροφής και ο παράγοντας ανταγωνισμός στην παρουσία ενός ή τριών ειδών κουνουπιών σε χαμηλή και υψηλή ποσότητα τροφής.

²Οι σημαντικές επιδράσεις ($P < 0,05$) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$, σημειώνονται με έντονη γραφή, ενώ δίνεται και το μέσο μήκος της πτέρυγας των θηλυκών σε mm ($\pm T.S.M$) για τις συγκεκριμένες επιδράσεις.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.30, το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών ατόμων διέφερε σημαντικά σε συνθήκες υψηλής διαθεσιμότητας τροφής και για τα τρία είδη κουνουπιών, μεταξύ της μεμονωμένης ανάπτυξης (ένα είδος) και της συνύπαρξης (τρία είδη), αλλά και μεταξύ των δύο χορηγούμενων ποσοτήτων τροφής (χαμηλή και υψηλή), όταν κάθε είδος αναπτυσσόταν μόνο του. Το μέσο μήκος της πτέρυγας των θηλυκών ήταν σημαντικά αυξημένο κατά τη χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής σε σχέση με εκείνο που καταγράφηκε σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής και για τα τρία είδη κουνουπιών, όταν αναπτύχθηκαν μόνα τους. Ειδικότερα, το μέσο μήκος της πτέρυγας των θηλυκών αυξήθηκε με τη χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής, όταν κάθε είδος αναπτύσσονταν μόνο του, κατά 0,29, 0,2 και 0,18 mm για τα *Cx. pipiens*, *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus*, αντίστοιχα.

Κατά τη χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής, το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών και των τριών ειδών μειώθηκε σημαντικά, όταν οι προνύμφες τους συνυπήρχαν, σε σύγκριση με τη μεμονωμένη ανάπτυξη αυτών. Συγκεκριμένα, η συνύπαρξη των τριών ειδών με υψηλή διαθεσιμότητα τροφής, μείωσε το μέσο μήκος της πτέρυγας των θηλυκών κατά 0,08 mm για το *Cx. pipiens*, 0,54 mm για το *Ae. cretinus* και 0,06 mm για το *Ae. albopictus*.

Ωστόσο, σε περιορισμένη διαθεσιμότητα τροφής, ο ανταγωνισμός επηρέασε σημαντικά το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών μόνο του είδους *Ae. cretinus*, το οποίο μειώθηκε κατά 0,45 mm σε συνθήκες συνύπαρξης με τα άλλα δύο είδη.

Το μέσο μήκος της πτέρυγας των θηλυκών των τριών ειδών κυμάνθηκε μεταξύ 2,64 και 3,65 mm, με το μικρότερο μήκος να σημειώνεται για το είδος *Ae. cretinus* σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής και συνύπαρξης με τα άλλα δύο είδη και το μεγαλύτερο μήκος να καταγράφεται για το είδος *Cx. pipiens* σε συνθήκες μεμονωμένης ανάπτυξης και υψηλής ποσότητας τροφής. Γενικότερα, το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών του *Cx. pipiens* ήταν μεγαλύτερο από αυτό των άλλων δύο ειδών ανεξάρτητα από την ποσότητα τροφής και τη συνύπαρξη με τα άλλα είδη.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα του ελέγχου Mann-Whitney U για κάθε είδος κουνουπιού ξεχωριστά. Παρατίθενται οι πίνακες Ranks και Test Statistics, όπου φαίνονται τα αποτελέσματα του ελέγχου, καθώς και τα διαγράμματα του μήκους της πτέρυγας των θηλυκών κάθε είδους κουνουπιού ως προς τον παράγοντα που εξετάζεται κάθε φορά. Με βάση την τιμή P που προκύπτει από τα αποτελέσματα του ελέγχου είτε αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, σύμφωνα με την οποία δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο δειγμάτων (όταν $P > 0,05$ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$) είτε απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση, με τη διαφορά μεταξύ των δύο δειγμάτων να είναι στατιστικά σημαντική (όταν $P < 0,05$ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$).

2.4.3.1. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΘΗΛΥΚΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Culex pipiens*

I) ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΘΗΛΥΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΗΣ»

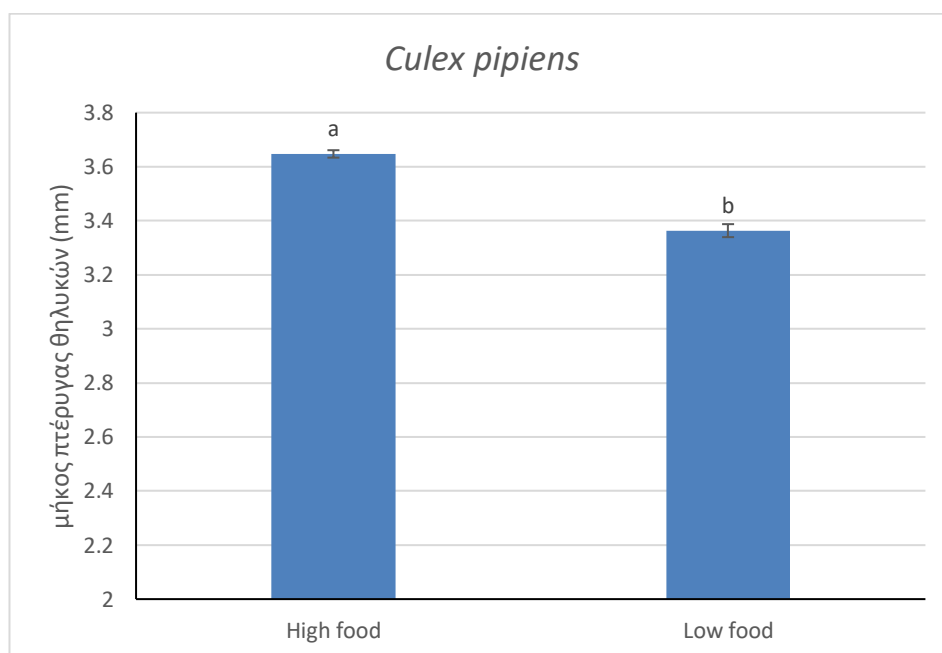
Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.31, υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στο μήκος της πτέρυγας των θηλυκών κουνουπιών *Cx. pipiens* μεταξύ υψηλής και χαμηλής ποσότητας τροφής ($Z = -8,017$; $P < 0,0001$). Σε συνθήκες υψηλής διαθεσιμότητας τροφής, το μέσο μήκος ανήλθε στα 3,65 mm, ενώ όταν χορηγήθηκε χαμηλή ποσότητα τροφής το μέσο μήκος μειώθηκε στα 3,36 mm (Διάγραμμα 2.19).

Πίνακας 2.31. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των θηλυκών κουνουπιών του είδους *Culex pipiens* σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

Ranks				
Ποσότητα τροφής		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Cx. pipiens</i>	Υψηλή	69	89,31	6162,50
	Χαμηλή	60	37,04	2222,50
	Σύνολο	129		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Cx. pipiens</i>
Mann-Whitney U	392,500
Wilcoxon W	2222,500
Z	-8,017
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.19. Μέσο μήκος πτέρυγας των θηλυκών του είδους *Culex pipiens* σε mm ($\pm$ T.S.M.), όταν οι προνύμφες αναπτύσσονται μεμονωμένα με πυκνότητα 60 ατόμων, σε συνθήκες υψηλής (high food-3,65 $\pm$ 0,01) ή χαμηλής (low food-3,36 $\pm$ 0,02) ποσότητας τροφής (0,6 ή 0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -8,017$; $P < 0,0001$)].

II) ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΘΗΛΥΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ»
ΓΙΑ ΔΥΟ ΕΠΙΠΕΔΑ ΧΟΡΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Υψηλή ποσότητα τροφής

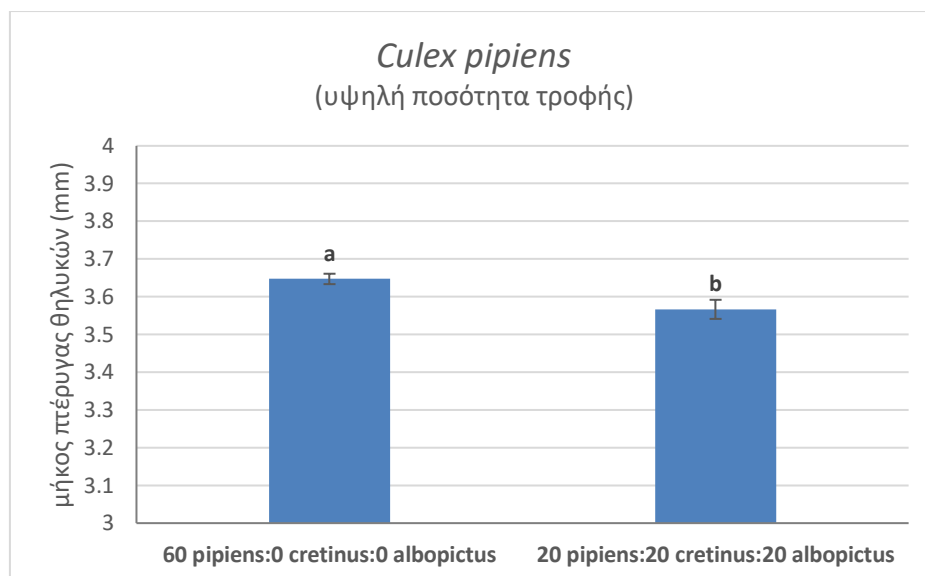
Τα αποτελέσματα του ελέγχου έδειξαν ότι υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ μεμονωμένης ανάπτυξης (ένα είδος) και διαειδικού ανταγωνισμού (τρία είδη) για το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών ατόμων του είδους *Cx. pipiens* ($Z = -2,769$; $P = 0,006$). Στο Διάγραμμα 2.20 φαίνεται ότι το μέσο μήκος της πτέρυγας των θηλυκών του είδους *Cx. pipiens* σε συνθήκες μεμονωμένης ανάπτυξης και συνύπαρξης με τα άλλα δύο είδη, σε υψηλή ποσότητα τροφής ήταν κατά μέσο όρο 3,65 και 3,57, αντίστοιχα.

Πίνακας 2.32. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των θηλυκών κουνουπιών του είδους *Culex pipiens* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

Ranks				
Ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής	N	Mean Rank	Sum of Ranks	
Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Cx. pipiens</i>	Ένα είδος (60 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	69	51,43	3548,50
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	24	34,27	822,50
	Σύνολο	93		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας θηλυκών
Mann-Whitney U	522,500
Wilcoxon W	822,500
Z	-2,769
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,006

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.20. Μέσο μήκος πτέρυγας των θηλυκών του είδους *Culex pipiens* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($3,65 \pm 0,01$) ή μαζί με τα είδη *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) ($3,57 \pm 0,03$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -2,769$; $P = 0,006$)].

Χαμηλή ποσότητα τροφής

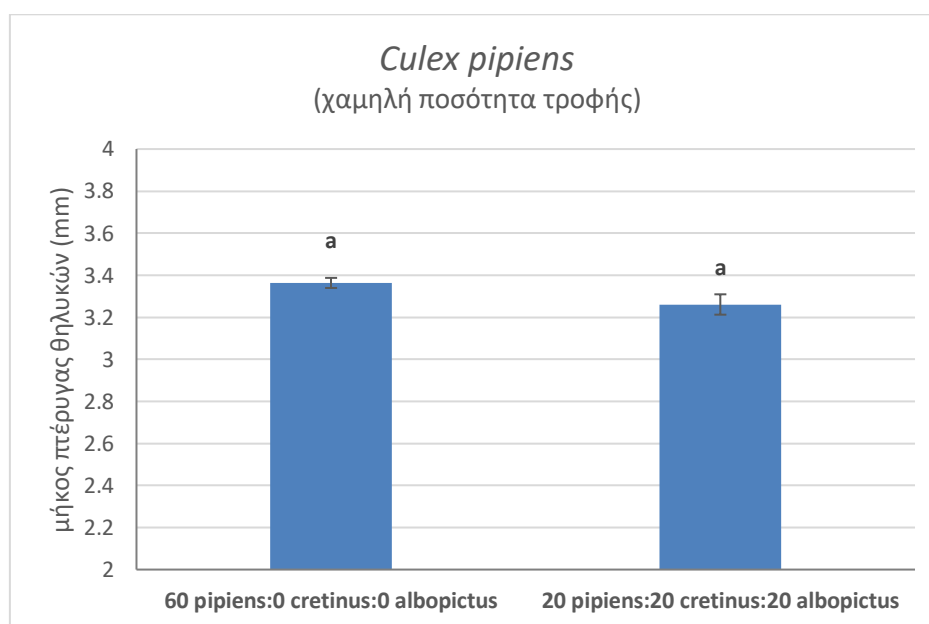
Σε αντίθεση με την προηγούμενη περίπτωση, δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά για το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών *Cx. pipiens*, όταν οι προνύμφες του αναπτύσσονταν μεμονωμένα ή μαζί με τα είδη *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* με χαμηλή ποσότητας τροφής για επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ ($Z = -0,946$; $P = 0,344$) (Πίνακας 2.33). Συγκεκριμένα, το μέσο μήκος της πτέρυγας των θηλυκών του *Cx. pipiens* ήταν 3,36 mm σε συνθήκες μεμονωμένης ανάπτυξης και 3,26 σε συνθήκες ανταγωνισμού (Διάγραμμα 2.21).

Πίνακας 2.33. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των θηλυκών κουνουπιών του είδους *Culex pipiens* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

Ranks				
Ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής	N	Mean Rank	Sum of Ranks	
Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Cx. pipiens</i>	Ένα είδος (60 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	60	41,90	2514,00
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	20	36,30	726,00
	Σύνολο	80		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Cx. pipiens</i>
Mann-Whitney U	516,000
Wilcoxon W	726,000
Z	-0,946
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,344

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.21. Μέσο μήκος πτέρυγας των θηλυκών του είδους *Culex pipiens* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($3,36 \pm 0,02$) ή μαζί με τα είδη *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) ($3,26 \pm 0,05$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής (0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -0,946$; $P = 0,344$)].

2.4.3.2. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΘΗΛΥΚΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Aedes cretinus*

Ι) ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΘΗΛΥΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΗΣ»

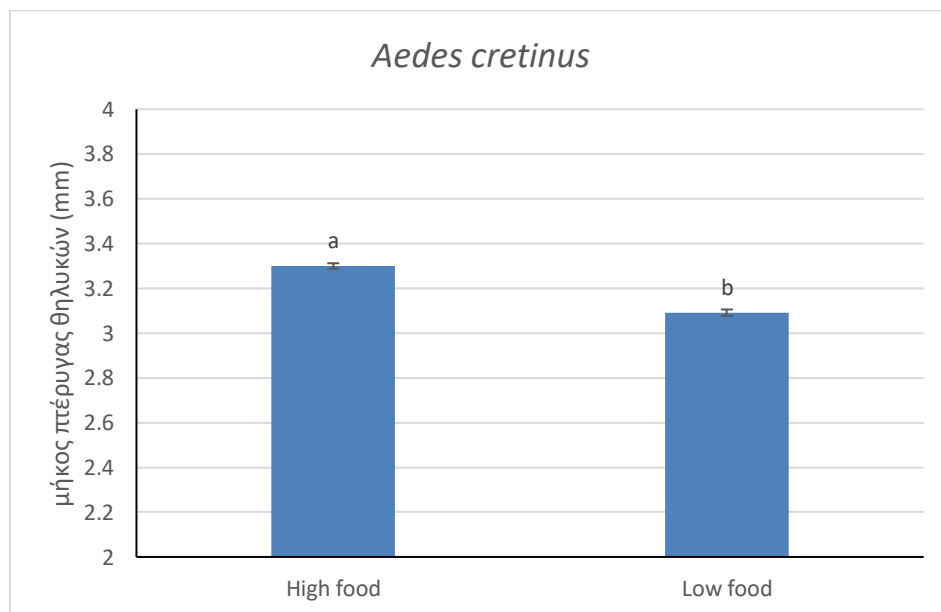
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου, η ποσότητα της χορηγούμενης ποσότητας τροφής επηρέασε το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών του είδους *Ae. cretinus* ($Z = -8,210$; $P < 0,0001$) (Πίνακας 2.34). Το μέσο μήκος της πτέρυγας των θηλυκών ανήλθε στα 3,3 mm σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής και στα 3,09 mm σε χαμηλή ποσότητα τροφής (Διάγραμμα 2.22).

Πίνακας 2.34. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των θηλυκών κουνουπιών του είδους *Aedes cretinus* σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

Ranks		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Ae. cretinus</i>	Υψηλή	82	96,09	7879,00
	Χαμηλή	61	39,62	2417,00
	Σύνολο	143		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Ae. cretinus</i>
Mann-Whitney U	526,000
Wilcoxon W	2417,000
Z	-8,210
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.22. Μέσο μήκος πτέρυγας των θηλυκών του είδους *Aedes cretinus* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες αναπτύσσονται μεμονωμένα με πυκνότητα 60 ατόμων, σε συνθήκες υψηλής (high food-3,3 $\pm$ 0,01) ή χαμηλής (low food-3,09 $\pm$ 0,01) ποσότητας τροφής (0,6 ή 0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -8,210$; $P < 0,0001$)].

II) ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΘΗΛΥΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ» ΓΙΑ ΔΥΟ ΕΠΙΠΕΔΑ ΧΟΡΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Υψηλή ποσότητα τροφής

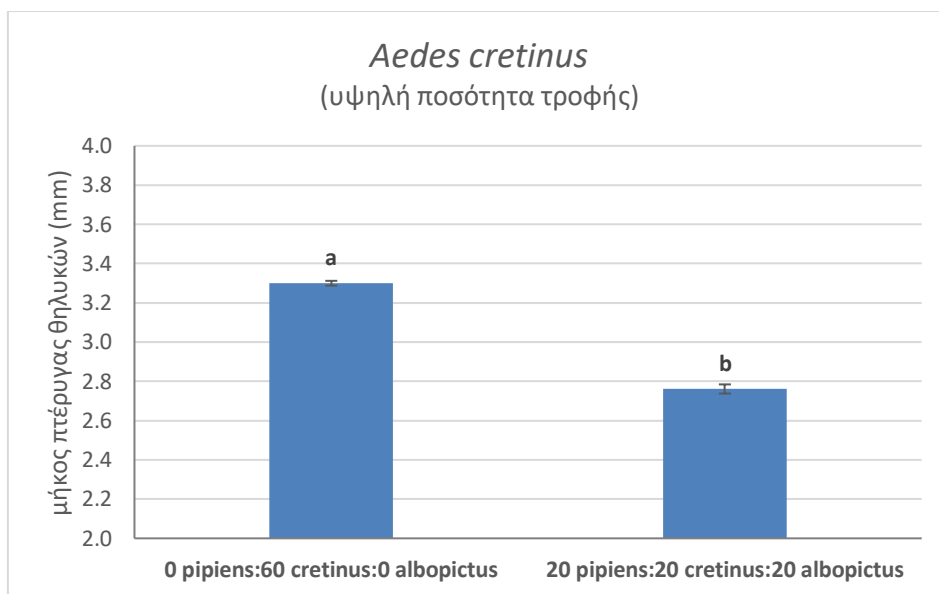
Ο ανταγωνισμός επηρέασε σημαντικά το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών *Ae. cretinus* σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής για επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ ($Z = -8,755$; $P < 0,0001$) (Πίνακας 2.35). Συγκεκριμένα, το μέσο μήκος έφθασε τα 3,30 mm, όταν οι προνύμφες του *Ae. cretinus* αναπτύχθηκαν μεμονωμένα, ενώ μειώθηκε στα 2,76 mm σε συνθήκες ανταγωνισμού (Διάγραμμα 2.23).

Πίνακας 2.35. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των θηλυκών κουνουπιών του είδους *Aedes cretinus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

Ranks				
Ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής	N	Mean Rank	Sum of Ranks	
Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Ae. cretinus</i>	Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 60 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	82	77,50	6355,00
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	36	18,50	666,00
	Σύνολο	118		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Ae. cretinus</i>
Mann-Whitney U	0,000
Wilcoxon W	666,000
Z	-8,755
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.23. Μέσο μήκος πτέρυγας των θηλυκών του είδους *Aedes cretinus* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($3,30 \pm 0,01$) ή μαζί με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) ($2,76 \pm 0,02$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -8,755$; $P < 0,0001$)].

Χαμηλή ποσότητα τροφής

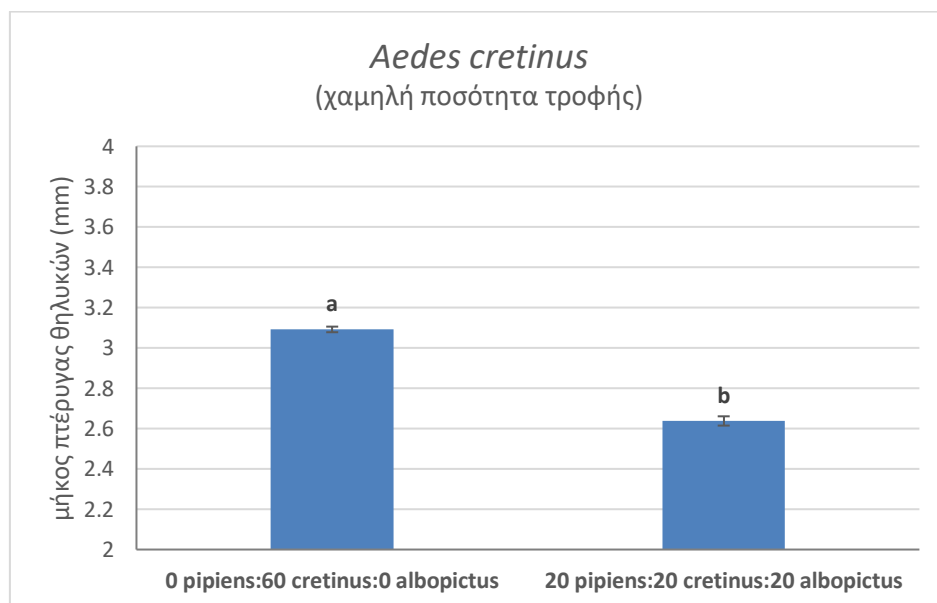
Ομοίως, ο ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής επηρέασε σημαντικά το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών *Ae. cretinus* ($Z = -8,356$; $P < 0,0001$) (Πίνακας 2.36). Όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύχθηκαν μεμονωμένα με χαμηλή ποσότητα τροφής, το μέσο μήκος της πτέρυγας των θηλυκών ανήλθε στα 3,09 mm, ενώ το αντίστοιχο μήκος μειώθηκε στα 2,64 mm, όταν οι προνύμφες του είδους συνυπήρχαν μαζί με αυτές των *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus* (Διάγραμμα 2.24).

Πίνακας 2.36. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των θηλυκών κουνουπιών του είδους *Aedes cretinus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

Ranks				
Ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής	N	Mean Rank	Sum of Ranks	
Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Ae. cretinus</i>	Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 60 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	61	67,98	4146,50
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	37	19,04	704,50
	Σύνολο	98		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Ae. cretinus</i>
Mann-Whitney U	1,500
Wilcoxon W	704,500
Z	-8,356
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: Ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.24. Μέσο μήκος πτέρυγας των θηλυκών του είδους *Aedes cretinus* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($3,09 \pm 0,01$) ή μαζί με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) ($2,64 \pm 0,02$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής (0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -8,356$; $P < 0,0001$)].

2.4.3.3. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΘΗΛΥΚΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Aedes albopictus*

Ι) ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΘΗΛΥΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΗΣ»

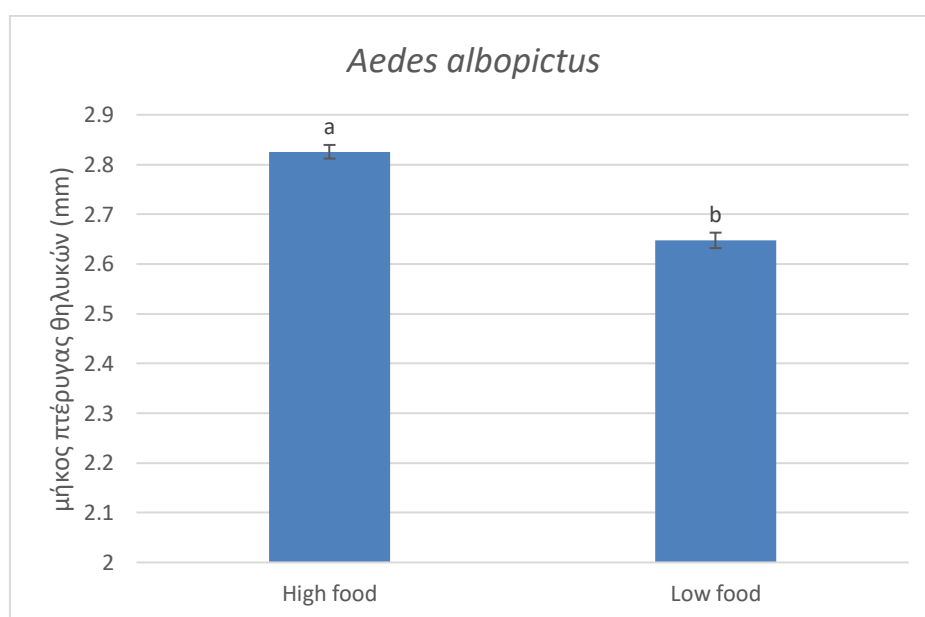
Σύμφωνα με τον Πίνακα 2.37, το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών του είδους *Ae. albopictus* επηρεάστηκε από την ποσότητα της χορηγούμενης τροφής ($Z = -7,072$; $P < 0,0001$). Με χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής το μέσο μήκος της πτέρυγας των θηλυκών ήταν 2,38 mm, ενώ σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής, το μήκος μειώθηκε στα 2,65 mm (Διάγραμμα 2.25).

Πίνακας 2.37. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των θηλυκών κουνουπιών του είδους *Aedes albopictus* σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

Ranks				
Ποσότητα τροφής		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Μήκος πτέρυγας θηλυκών Ae. <i>albopictus</i>	Υψηλή	78	89,43	6975,50
	Χαμηλή	59	41,99	2477,50
	Σύνολο	137		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας θηλυκών Ae. <i>albopictus</i>
Mann-Whitney U	707,500
Wilcoxon W	2477,500
Z	-7,072
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.25. Μέσο μήκος πτέρυγας των θηλυκών του είδους *Aedes albopictus* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες αναπτύσσονται μεμονωμένα με πυκνότητα 60 ατόμων, σε συνθήκες υψηλής (high food-2,83 $\pm$ 0,01) ή χαμηλής (low food-2,65 $\pm$ 0,02) ποσότητας τροφής (0,6 ή 0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -7,072$; $P < 0,0001$)].

II) ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΘΗΛΥΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ»
ΓΙΑ ΔΥΟ ΕΠΙΠΕΔΑ ΧΟΡΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Υψηλή ποσότητα τροφής

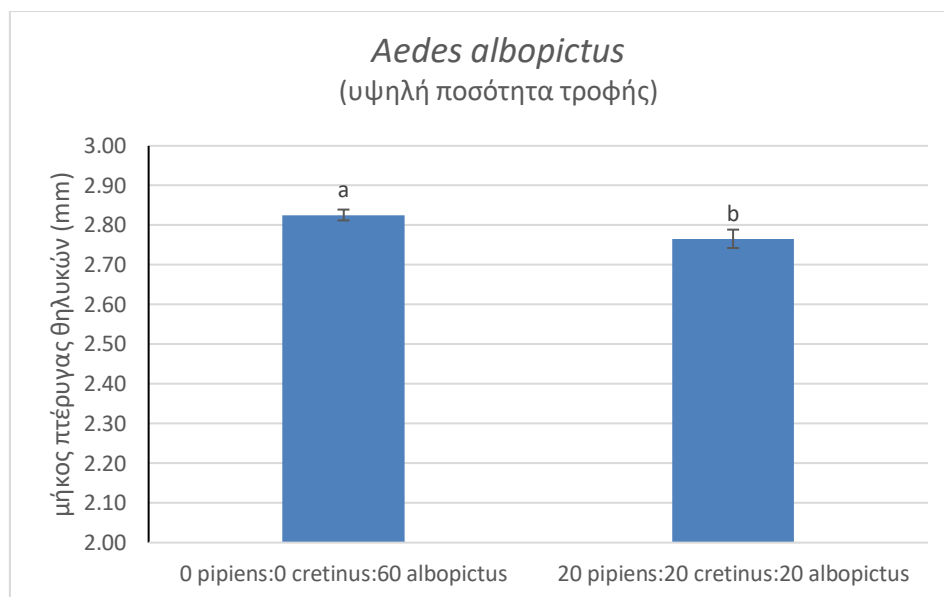
Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ μεμονωμένης ανάπτυξης και ανταγωνισμού για το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών κουνουπιών του είδους *Ae. albopictus* σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha=0,05$ ($Z= -2,303$; $P=0,021$) (Πίνακας 2.38). Σε συνθήκες μεμονωμένης ανάπτυξης των προνυμφών με υψηλή ποσότητα τροφής, το μήκος της πτέρυγας των θηλυκών ήταν κατά μέσο όρο 2,83 mm, ενώ σε συνθήκες συνύπαρξης με τα είδη *Ae. cretinus* και *Cx. pipiens*, το μέσο μήκος της πτέρυγας ήταν 2,76 mm (Διάγραμμα 2.26).

Πίνακας 2.38. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των θηλυκών κουνουπιών του είδους *Aedes albopictus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

Ranks				
Ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής	N	Mean Rank	Sum of Ranks	
Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Ae. albopictus</i>	Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 60 <i>Ae. albopictus</i>)	78	59,85	4668,50
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	32	44,89	1436,50
	Σύνολο	110		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Ae. albopictus</i>
Mann-Whitney U	908,500
Wilcoxon W	1436,500
Z	-2,303
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,021

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.26. Μέσο μήκος πτέρυγας των θηλυκών του είδους *Aedes albopictus* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($2,83 \pm 0,01$) ή μαζί με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. cretinus* (σε αναλογία 1:1:1) ($2,76 \pm 0,02$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -2,303$; $P = 0.021$)].

Χαμηλή ποσότητα τροφής

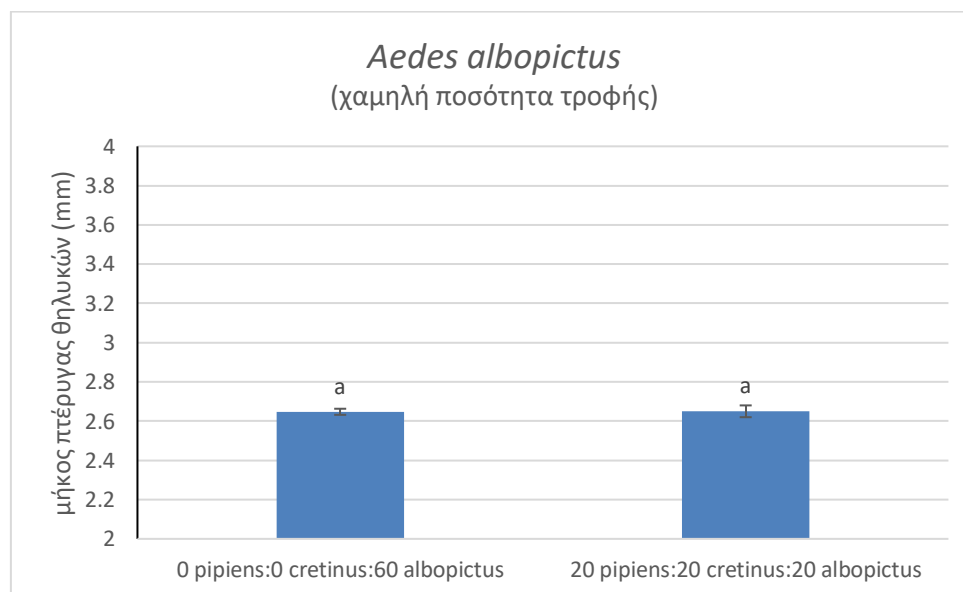
Σύμφωνα με τον Πίνακα 2.39 και το Διάγραμμα 2.27, δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τον διαειδικό ανταγωνισμό (τρία είδη) και τη μεμονωμένη ανάπτυξη (ένα είδος) σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής ($Z = -0.840$; $P = 0.401$).

Πίνακας 2.39. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των θηλυκών κουνουπιών του είδους *Aedes albopictus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

Ranks			
Ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 60 <i>Ae. albopictus</i>)	59	41,57	2452,50
Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Ae. albopictus</i> Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	26	46,25	1202,50
Σύνολο	85		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας θηλυκών <i>Ae. albopictus</i>
Mann-Whitney U	682,500
Wilcoxon W	2452,500
Z	-0,840
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,401

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.27. Μέσο μήκος πτέρυγας των θηλυκών του είδους *Aedes albopictus* σε mm ($\pm$ Τ.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($2,65 \pm 0,02$) ή μαζί με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. cretinus* (σε αναλογία 1:1:1) ($2,65 \pm 0,03$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής (0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -0,840$; $P = 0,401$)].

2.4.4. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ

Διεξήχθη μη παραμετρικός έλεγχος δύο ανεξάρτητων δειγμάτων (Mann-Whitney U test) για να διερευνηθεί εάν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των παραγόντων «ποσότητα τροφής» και «ανταγωνισμός» ως προς το μήκος της πτέρυγας των αρσενικών των ειδών κουνουπιών *Culex pipiens*, *Aedes cretinus* και *Ae. albopictus*.

Τα αποτελέσματα του ελέγχου Mann-Whitney U για τις επιδράσεις των παραγόντων «ανταγωνισμός» και «ποσότητα τροφής» στην εξαρτημένη μεταβλητή μήκος πτέρυγας αρσενικών για τα είδη κουνουπιών *Cx. pipiens*, *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* εμφανίζονται στον Πίνακα 2.40.

Πίνακας 2.40. Αποτελέσματα του ελέγχου Mann-Whitney U για τις επιδράσεις των παραγόντων ανταγωνισμού και ποσότητα τροφής στην εξαρτημένη μεταβλητή: μήκος πτέρυγας αρσενικών των ειδών κουνουπιών *Culex pipiens*, *Aedes cretinus* και *Aedes albopictus*.

Παράγοντες ¹		Τιμές P για μήκος πτέρυγας αρσενικών ²					
		<i>Cx. pipiens</i>		<i>Ae. cretinus</i>		<i>Ae. albopictus</i>	
Ποσότητα τροφής		< 0,0001		< 0,0001		< 0,0001	
		Υψηλή: 3,00±0,01	Χαμηλή: 2,84±0,01	Υψηλή: 2,51±0,01	Χαμηλή: 2,47±0,01	Υψηλή: 2,26±0,01	Χαμηλή: 2,17±0,01
Ανταγωνισμός	Χαμηλή ποσότητα τροφής	< 0,0001		< 0,0001		0,603	
		Ένα είδος: 2,84±0,01	Τρία είδη: 2,7±0,02	Ένα είδος: 2,47±0,01	Τρία είδη: 2,23±0,02		
	Υψηλή ποσότητα τροφής	< 0,0001		< 0,0001		0,004	
		Ένα είδος: 3±0,01	Τρία είδη: 2,85±0,02	Ένα είδος: 2,51±0,01	Τρία είδη: 2,31±0,03	Ένα είδος: 2,26±0,01	Τρία είδη: 2,33±0,02

¹Ο παράγοντας τροφή αναφέρεται στην παρουσία χαμηλής ή υψηλής ποσότητας τροφής και ο παράγοντας ανταγωνισμός στην παρουσία ενός ή τριών ειδών κουνουπιών σε χαμηλή και υψηλή ποσότητα τροφής.

²Οι σημαντικές επιδράσεις ($P < 0,05$) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$, σημειώνονται με έντονη γραφή, ενώ δίνεται και το μέσο μήκος της πτέρυγας των θηλυκών σε mm ($\pm T.S.M$) για τις συγκεκριμένες επιδράσεις.

Ο στατιστικός έλεγχος (Πίνακας 2.40) έδειξε ότι το μήκος της πτέρυγας των αρσενικών διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο ποσοτήτων χορηγούμενης τροφής, αλλά και μεταξύ μεμονωμένης ανάπτυξης και συνύπαρξης για τις δύο ποσότητες τροφής (υψηλή και χαμηλή) και για τα τρία είδη κουνουπιών. Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση του *Ae. albopictus* σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής και διαειδικού ανταγωνισμού με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. cretinus*. Όπως και στην περίπτωση των θηλυκών κουνουπιών, το μέσο μήκος της πτέρυγας των αρσενικών ήταν σημαντικά αυξημένο κατά τη χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής, συγκριτικά με τη μειωμένη ποσότητα τροφής. Συγκεκριμένα, η αύξηση της τροφής αύξησε το μέσο μήκος της πτέρυγας των αρσενικών κατά 0,16 mm για το *Cx. pipiens*, 0,04 mm για το *Ae. cretinus* και 0,09 mm για το *Ae. albopictus*. Σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής, η συνύπαρξη των προνυμφών με τα άλλα δύο είδη είχε ως αποτέλεσμα την καταγραφή μικρότερου μήκους πτέρυγας για τα αρσενικά του *Cx.*

pipiens κατά 0,16 mm και του *Ae. cretinus* κατά 0,14 mm, συγκριτικά με τη μεμονωμένη ανάπτυξη αυτών, ενώ δεν επηρεάστηκε το μήκος της πτέρυγας των αρσενικών του *Ae. albopictus*. Επιπλέον, κατά τη χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής, καταγράφηκε μείωση του μήκους της πτέρυγας των αρσενικών του *Cx. pipiens* κατά 0,15 mm και του *Ae. cretinus* κατά 0,2 mm, με αντίστοιχη αύξηση του *Ae. albopictus* κατά 0,07 mm, όταν τα τρία είδη συνυπήρχαν, σε σύγκριση με το μήκος της πτέρυγας που καταγράφηκε όταν κάθε είδος αναπτυσσόταν μεμονωμένα.

Το μέσο μήκος της πτέρυγας των αρσενικών των τριών ειδών κουνουπιών κυμάνθηκε μεταξύ 2,17 και 3 mm. Το μικρότερο μήκος σημειώθηκε για το είδος *Ae. albopictus* όταν οι προνύμφες του αναπτύχθηκαν μόνες τους με χαμηλή ποσότητα τροφής και το μεγαλύτερο μήκος καταγράφηκε για το είδος *Cx. pipiens* σε συνθήκες μεμονωμένης ανάπτυξης και υψηλής ποσότητας τροφής. Ομοίως, όπως συνέβη και με τις πτέρυγες των θηλυκών, το μήκος της πτέρυγας των αρσενικών του *Cx. pipiens* ήταν μεγαλύτερο από αυτό των άλλων δύο ειδών για κάθε συνθήκη ανάπτυξης. Όπως ήταν αναμενόμενο (Virginio *et al.*, 2015), το μήκος των πτερύγων των αρσενικών ατόμων ήταν μικρότερο από αυτό των θηλυκών, σε κάθε συνθήκη ανάπτυξης των προνυμφών και για τα τρία είδη κουνουπιών.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα του ελέγχου Mann-Whitney U για κάθε είδος κουνουπιού ξεχωριστά. Παρατίθενται οι πίνακες Ranks και Test Statistics, όπου φαίνονται τα αποτελέσματα του ελέγχου, καθώς και τα διαγράμματα του μήκους της πτέρυγας των αρσενικών κάθε είδους κουνουπιού ως προς τον παράγοντα που εξετάζεται κάθε φορά. Με βάση την τιμή P που προκύπτει από τα αποτελέσματα του ελέγχου είτε αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, σύμφωνα με την οποία δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο δειγμάτων (όταν $P > 0,05$ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$) είτε απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση με τη διαφορά μεταξύ των δύο δειγμάτων να είναι στατιστικά σημαντική (όταν $P < 0,05$ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$).

2.4.3.1. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Culex pipiens*

Ι) ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΗΣ»

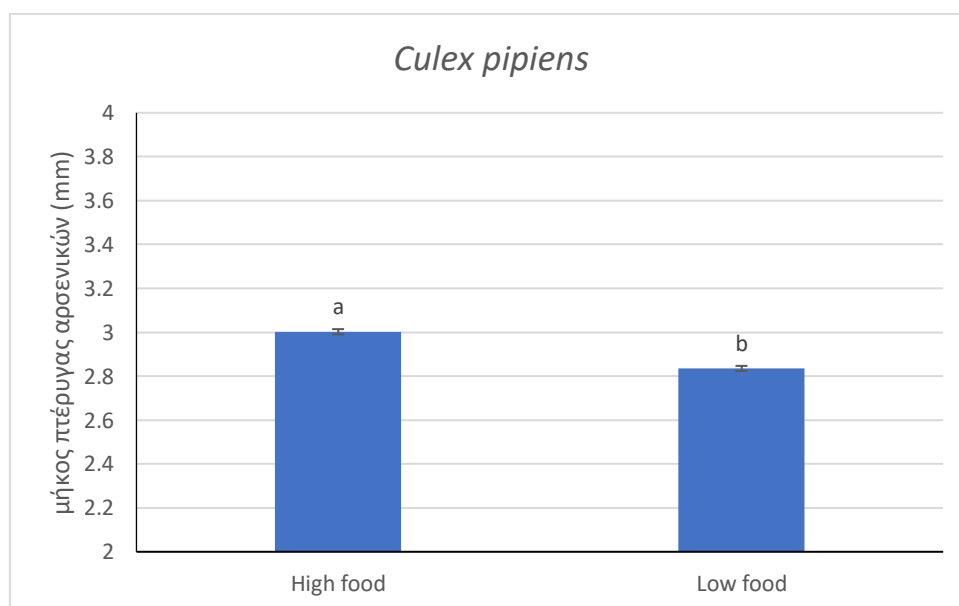
Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.41, υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ υψηλής και χαμηλής ποσότητας τροφής στο μήκος της πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Cx. pipiens* ($Z = -8,169$; $P < 0,0001$). Το μέσο μήκος της πτέρυγας των αρσενικών του συγκεκριμένου είδους ήταν κατά μέσο όρο 3,00 και 2,84 mm, όταν στις προνύμφες χορηγήθηκε υψηλή και χαμηλή ποσότητα τροφής, αντίστοιχα (Διάγραμμα 2.28).

Πίνακας 2.41. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των αρσενικών κουνουπιών του είδους *Culex pipiens* σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

Ranks				
Ποσότητα τροφής		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Cx. pipiens</i>	Υψηλή	82	109,79	9002,50
	Χαμηλή	79	51,12	4038,50
	Σύνολο	161		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Cx. pipiens</i>
Mann-Whitney U	878,500
Wilcoxon W	4038,500
Z	-8,169
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.28. Μέσο μήκος πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Culex pipiens* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες αναπτύσσονται μεμονωμένα με πυκνότητα 60 ατόμων, σε συνθήκες υψηλής (high food-3,00 $\pm$ 0,01) ή χαμηλής (low food-2,84 $\pm$ 0,01) ποσότητας τροφής (0,6 ή 0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά (P<0,05) [Statistics: Mann-Whitney U (Z= -8,169; P<0,0001)].

II) ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ»
ΓΙΑ ΔΥΟ ΕΠΙΠΕΔΑ ΧΟΡΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Υψηλή ποσότητα τροφής

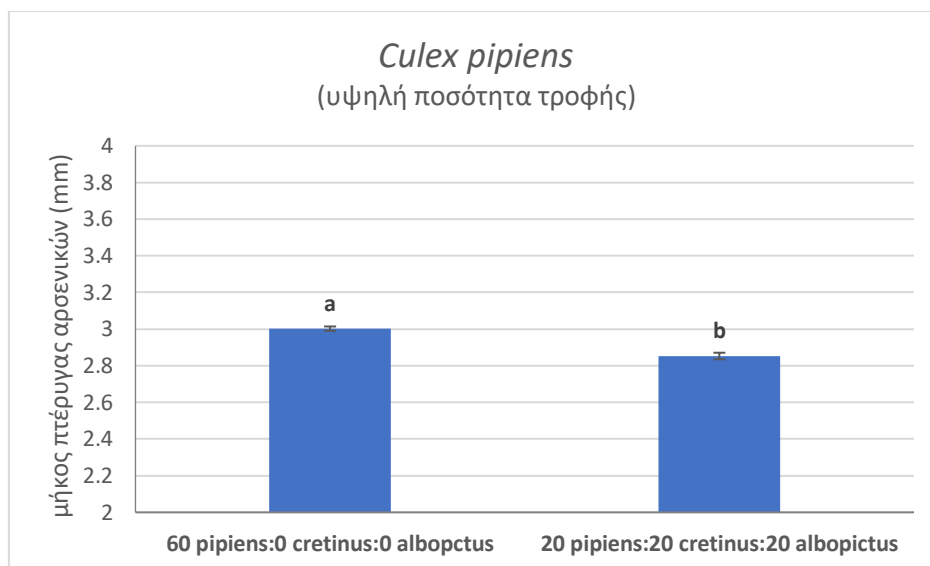
Όσον αφορά τα αποτελέσματα της σύγκρισης του μήκους της πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Cx. pipiens*, των οποίων οι προνύμφες αναπτύχθηκαν μεμονωμένα ή μαζί με τα είδη *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus*, σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής, μέσω της δοκιμασίας Mann-Whitney U test, έδειξαν πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($Z = -5,853$; $P < 0,0001$) (Πίνακας 2.42). Το μέσο μήκος της πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Cx. pipiens* ανήλθε στα 3,00 mm σε συνθήκες μεμονωμένης ανάπτυξης και στα 2,85 mm σε συνθήκες διαειδικού ανταγωνισμού με τα άλλα δύο είδη κουνουπιών (Διάγραμμα 2.29).

Πίνακας 2.42. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των αρσενικών κουνουπιών του είδους *Culex pipiens* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

Ranks			
Ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Ένα είδος (60 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	82	68,45	5613,00
Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Cx. pipiens</i> Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	32	29,44	942,00
Σύνολο	114		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Cx. pipiens</i>
Mann-Whitney U	414,000
Wilcoxon W	942,000
Z	-5,853
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.29. Μέσο μήκος πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Culex pipiens* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($3,00 \pm 0,01$) ή μαζί με τα είδη *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) ($2,85 \pm 0,02$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -5,853$; $P < 0,0001$)].

Χαμηλή ποσότητα τροφής

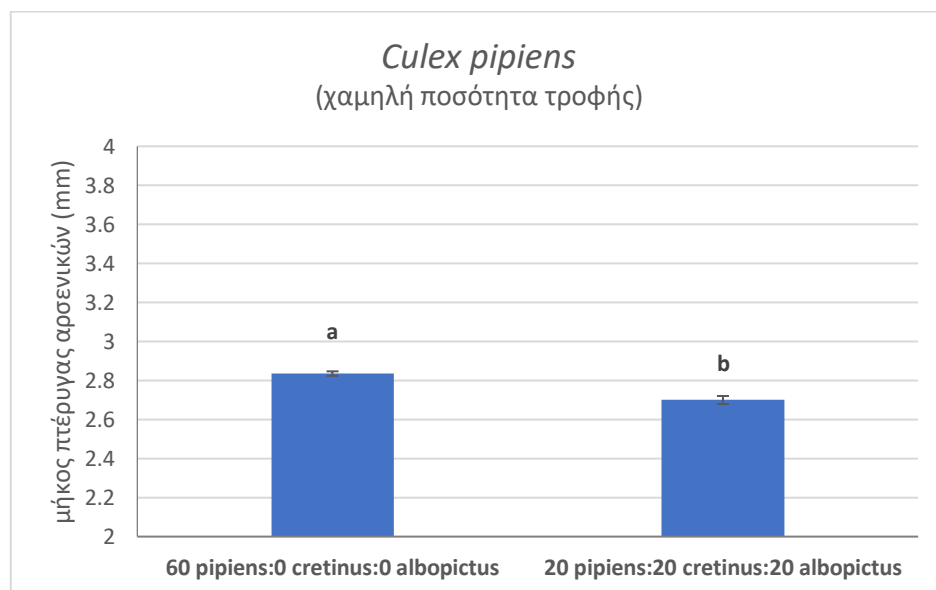
Τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου έδειξαν πως υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στο μήκος της πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Cx. pipiens* μεταξύ μεμονωμένης ανάπτυξης και συνύπαρξης των προνυμφών με τα είδη *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* με χαμηλή ποσότητα τροφής ($Z = -5,092$; $P < 0,0001$) (Πίνακας 2.43). Σύμφωνα με το Διάγραμμα 2.30, το μήκος της πτέρυγας των αρσενικών του *Cx. pipiens* ήταν κατά μέσο όρο 2,84 mm και 2,70 mm σε συνθήκες μεμονωμένης ανάπτυξης και ανταγωνισμού, αντίστοιχα.

Πίνακας 2.43. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των αρσενικών κουνουπιών του είδους *Culex pipiens* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

Ranks				
Ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Cx. pipiens</i>	Ένα είδος (60 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	79	65,59	5181,50
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	32	32,33	1034,50
	Σύνολο	111		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Cx. pipiens</i>
Mann-Whitney U	506,500
Wilcoxon W	1034,500
Z	-5,092
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.30. Μέσο μήκος πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Culex pipiens* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($2,84 \pm 0,01$) ή μαζί με τα είδη *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) ($2,70 \pm 0,02$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -5,092$; $P < 0,0001$)].

2.4.3.2. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Aedes cretinus*

Ι) ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΗΣ»

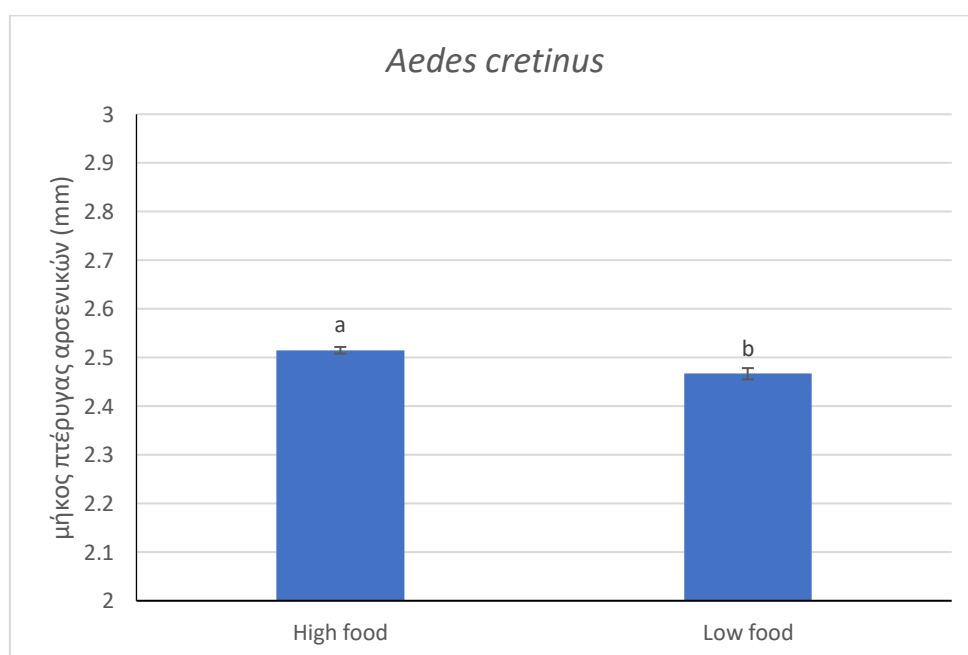
Στη σύγκριση του μήκους της πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Ae. cretinus* με βάση την ποσότητα της χορηγούμενης ποσότητας τροφής, μέσω της δοκιμασίας Mann-Whitney U test, αποδείχτηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($Z = -3,579$; $P < 0,0001$) (Πίνακας 2.44). Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 2.31, το μέσο μήκος της πτέρυγας των αρσενικών του είδους ανήλθε στα 2,52 mm και 2,47 mm, σε συνθήκες υψηλής και χαμηλής ποσότητας τροφής, αντίστοιχα.

Πίνακας 2.44. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των αρσενικών κουνουπιών του είδους *Aedes cretinus* σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

Ranks				
Ποσότητα τροφής		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Ae. cretinus</i>	Υψηλή	67	72,69	4870,00
	Χαμηλή	60	54,30	3258,00
	Σύνολο	127		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Ae. cretinus</i>
Mann-Whitney U	1428,000
Wilcoxon W	3258,000
Z	-3,579
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.31. Μέσο μήκος πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Aedes cretinus* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες αναπτύσσονται μεμονωμένα με πυκνότητα 60 ατόμων, σε συνθήκες υψηλής (high food-2,52 $\pm$ 0,01) ή χαμηλής (low food-2,47 $\pm$ 0,01) ποσότητας τροφής (0,6 ή 0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -3,579$; $P < 0,0001$)].

II) ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ»
ΓΙΑ ΔΥΟ ΕΠΙΠΕΔΑ ΧΟΡΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Υψηλή ποσότητα τροφής

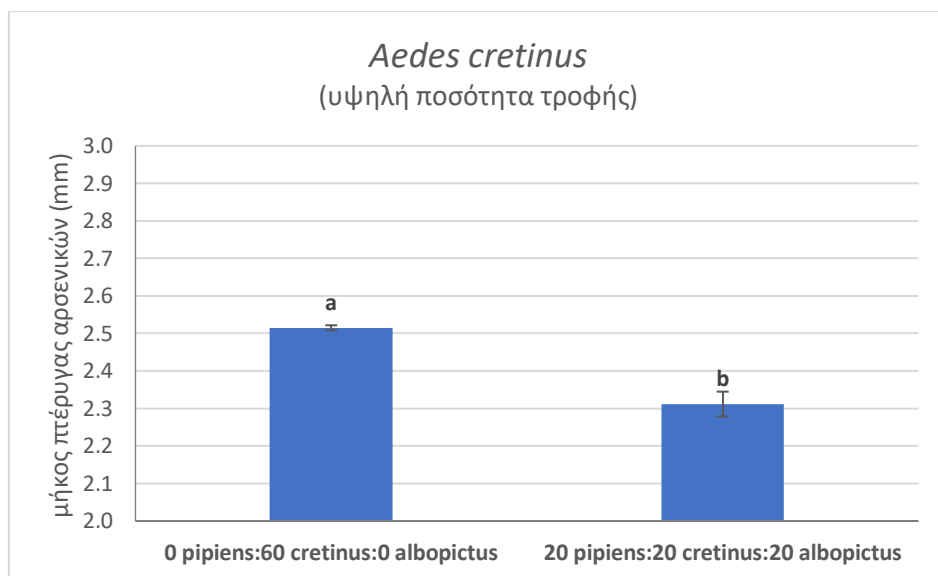
Ο στατιστικός έλεγχος έδειξε ότι ο ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής επιδρά σημαντικά στο μήκος της πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Ae. cretinus* ($Z = -5,452$; $P < 0,0001$) (Πίνακας 2.45). Το μέσο μήκος της πτέρυγας των αρσενικών αυτού του είδους ανήλθε στα 2,51 mm, όταν οι προνύμφες αναπτύχθηκαν μεμονωμένα με υψηλή ποσότητα τροφής, ενώ μειώθηκε στα 2,31 mm όταν οι προνύμφες αναπτύχθηκαν παρουσία των ειδών *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus* με υψηλή ποσότητα τροφής (Διάγραμμα 2.32).

Πίνακας 2.45. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των αρσενικών κουνουπιών του είδους *Aedes cretinus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

Ranks				
Ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Ae. cretinus</i>	Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 60 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	67	49,05	3286,50
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	17	16,68	283,50
	Σύνολο	84		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Ae. cretinus</i>
Mann-Whitney U	130,500
Wilcoxon W	283,500
Z	-5,452
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.32. Μέσο μήκος πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Aedes cretinus* σε mm ($\pm$ T.S.M.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($2,51 \pm 0,01$) ή μαζί με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) ($2,31 \pm 0,03$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -5,452$; $P < 0,0001$)].

Χαμηλή ποσότητα τροφής

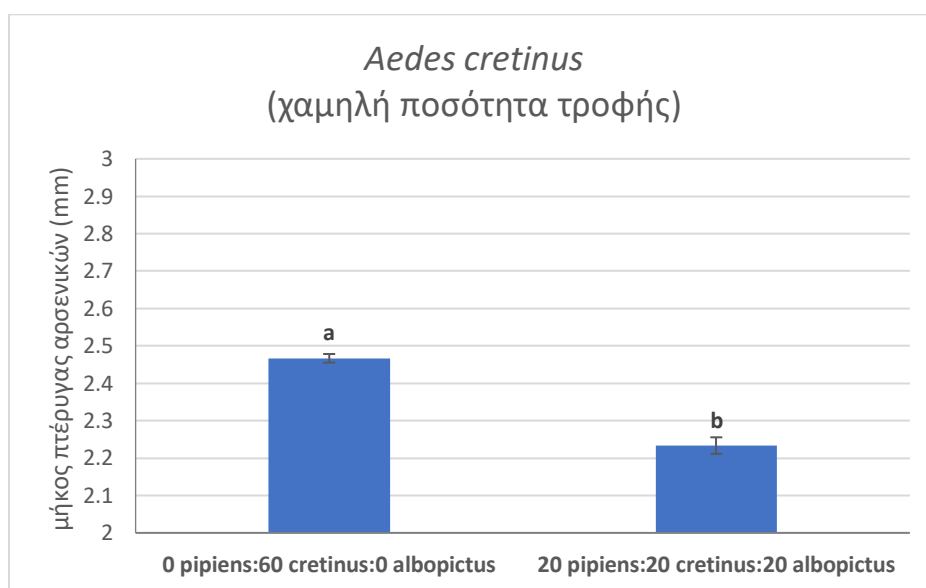
Ομοίως και σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής, ο ανταγωνισμός επιδρά σημαντικά στο μήκος της πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Ae. cretinus* ($Z = -6.602$; $P < 0.0001$) (Πίνακας 2.46). Συγκεκριμένα, το μήκος της πτέρυγας των αρσενικών του *Ae. cretinus* έφθασε τα 2,47 mm κατά μέσο όρο σε συνθήκες μεμονωμένης ανάπτυξης των προνυμφών (ένα είδος), ενώ μειώθηκε στα 2,23 mm κατά μέσο σε συνθήκες διαειδικού ανταγωνισμού των προνυμφών (τρία είδη) (Διάγραμμα 2.33).

Πίνακας 2.46. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των αρσενικών κουνουπιών του είδους *Aedes cretinus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

Ranks			
Ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 60 <i>Ae. cretinus</i> : 0 <i>Ae. albopictus</i>)	60	50,33	3019,50
Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Ae. cretinus</i> Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	21	14,36	301,50
Σύνολο	81		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Ae. cretinus</i>
Mann-Whitney U	70,500
Wilcoxon W	301,500
Z	-6,602
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.33. Μέσο μήκος πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Aedes cretinus* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($2,47 \pm 0,01$) ή μαζί με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus* (σε αναλογία 1:1:1) ($2,23 \pm 0,02$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -6,602$; $P < 0,0001$)].

2.4.3.3. ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Aedes albopictus*

Ι) ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΗΣ»

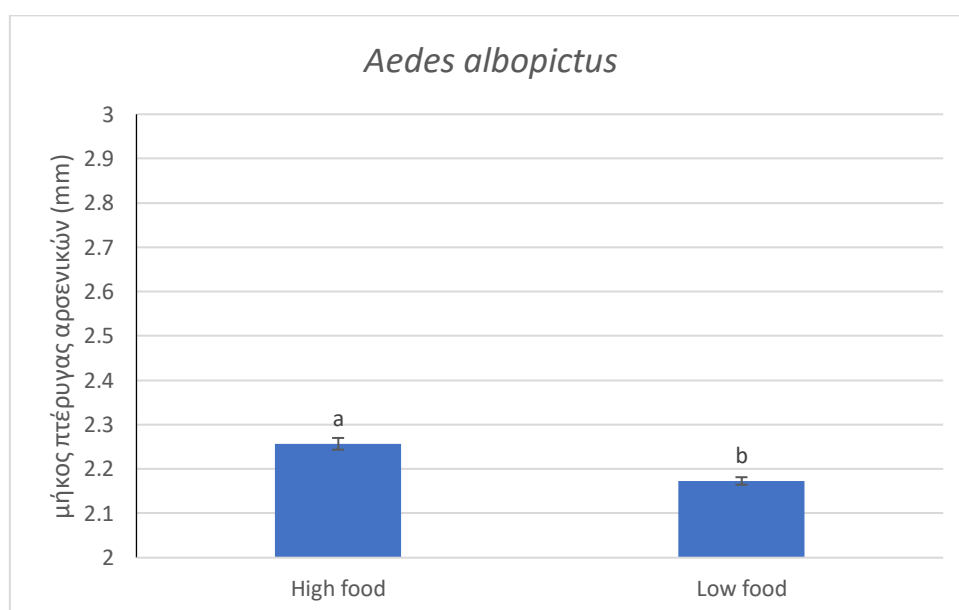
Στη σύγκριση του μήκους της πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Ae. albopictus* με βάση την ποσότητα της χορηγούμενης ποσότητας τροφής, μέσω της δοκιμασίας Mann-Whitney U test, αποδείχτηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($Z = -5,425$; $P < 0,0001$) (Πίνακας 2.47). Σύμφωνα με το Διάγραμμα 2.34, το μέσο μήκος της πτέρυγας των αρσενικών αυτού του είδους έφθασε τα 2,26 mm και 2,17 mm με χορήγηση υψηλής και χαμηλής ποσότητας τροφής, αντίστοιχα.

Πίνακας 2.47. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των αρσενικών κουνουπιών του είδους *Aedes albopictus* σε σχέση με τη χορηγούμενη ποσότητα τροφής.

Ranks				
Ποσότητα τροφής		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Ae. albopictus</i>	Υψηλή	81	116,20	9412,00
	Χαμηλή	104	74,93	7793,00
	Σύνολο	185		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Ae. albopictus</i>
Mann-Whitney U	2333,000
Wilcoxon W	7793,000
Z	-5,425
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.34. Μέσο μήκος πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Aedes albopictus* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες αναπτύσσονται μεμονωμένα με πυκνότητα 60 ατόμων, σε συνθήκες υψηλής (high food-2,26 $\pm$ 0,01) ή χαμηλής (low food-2,17 $\pm$ 0,01) ποσότητας τροφής (0,6 ή 0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P < 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -5,425$; $P < 0,0001$)].

II) ΜΗΚΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΡΣΕΝΙΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ»
ΓΙΑ ΔΥΟ ΕΠΙΠΕΔΑ ΧΟΡΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΤΡΟΦΗΣ

Υψηλή ποσότητα τροφής

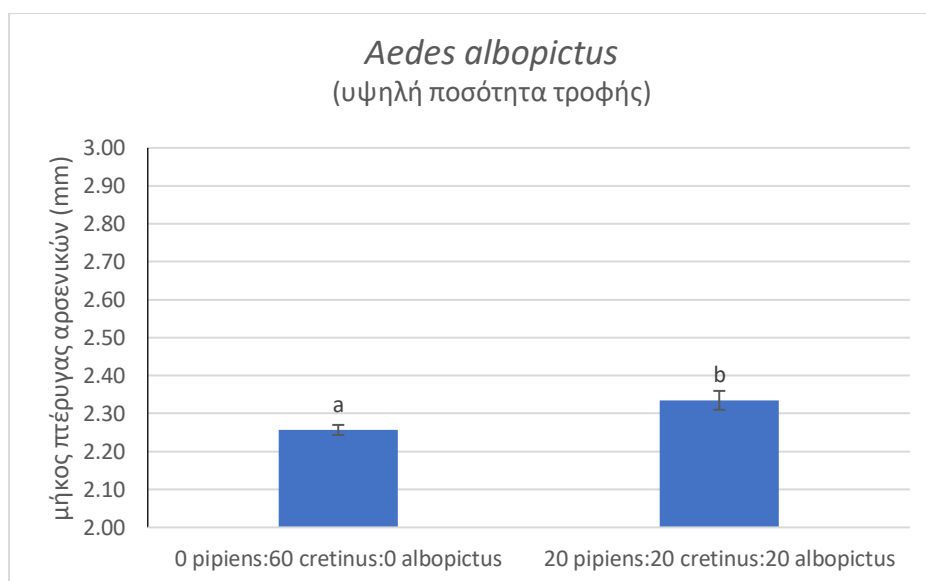
Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου στον Πίνακα 2.48, υπήρξε σημαντική διαφορά στο μήκος της πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Ae. albopictus*, μεταξύ μεμονωμένης ανάπτυξης και συνύπαρξης των προνυμφών του με τα δύο άλλα είδη κουνουπιών, σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής ($Z = -2,912$; $P = 0,004$). Μάλιστα, το μέσο μήκος των πτερύγων των αρσενικών του συγκεκριμένου είδους ήταν 2,26 mm, όταν οι προνύμφες του αναπτύχθηκαν μεμονωμένα, ενώ αυξήθηκε στα 2,33 mm, όταν οι προνύμφες τους συνυπήρχαν με αυτές των ειδών *Cx. pipiens* και *Ae. cretinus* (Διάγραμμα 2.35).

Πίνακας 2.48. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των αρσενικών κουνουπιών του είδους *Aedes albopictus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής.

Ranks			
Ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 60 <i>Ae. albopictus</i>)	81	48,06	3893,00
Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Ae. albopictus</i> Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	23	68,13	1567,00
Σύνολο	104		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Ae. albopictus</i>
Mann-Whitney U	572,000
Wilcoxon W	3893,000
Z	-2,912
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,004

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε υψηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.35. Μέσο μήκος πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Aedes albopictus* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($2,26\pm0,01$) ή μαζί με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. cretinus* (σε αναλογία 1:1:1) ($2,33\pm0,02$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες υψηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P\geq0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -2,912$; $P=0,004$)].

Χαμηλή ποσότητα τροφής

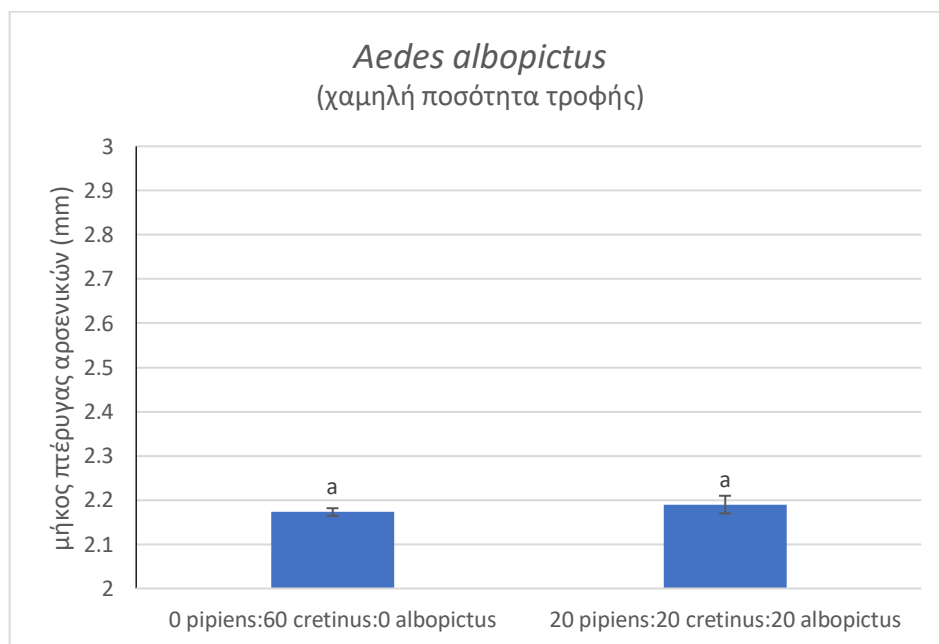
Η σύγκριση του μήκους της πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Ae. albopictus* σε συνθήκες μεμονωμένης ανάπτυξης των προνυμφών και συνύπαρξης με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. cretinus* με χορήγηση χαμηλής ποσότητας τροφής, μέσω του ελέγχου Mann-Whitney U έδειξε ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ($Z = -0,520$; $P=0,603$) (Πίνακας 2.49). Το μέσο μήκος της πτέρυγας των αρσενικών ανήλθε στα 2,17 mm και 2,19 mm, όταν οι προνύμφες αναπτύχθηκαν μεμονωμένα και παρουσία των άλλων δύο ειδών κουνουπιών, αντίστοιχα (Διάγραμμα 2.36).

Πίνακας 2.49. Αποτελέσματα του Mann-Whitney U test (Πίνακες Ranks και Test Statistics) για το μήκος πτέρυγας των αρσενικών κουνουπιών του είδους *Aedes albopictus* σε σχέση με τον ανταγωνισμό σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής.

Ranks				
Ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Ae. albopictus</i>	Ένα είδος (0 <i>Cx. pipiens</i> : 0 <i>Ae. cretinus</i> : 60 <i>Ae. albopictus</i>)	104	66,14	6879,00
	Τρία είδη (20 <i>Cx. pipiens</i> : 20 <i>Ae. cretinus</i> : 20 <i>Ae. albopictus</i>)	29	70,07	2032,00
	Σύνολο	133		

Test Statistics ^a	
	Μήκος πτέρυγας αρσενικών <i>Ae. albopictus</i>
Mann-Whitney U	1419,000
Wilcoxon W	6879,000
Z	-0,520
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,603

a. Grouping Variable: ανταγωνισμός σε χαμηλή ποσότητα τροφής



Διάγραμμα 2.36. Μέσο μήκος πτέρυγας των αρσενικών του είδους *Aedes albopictus* σε mm ($\pm$ T.Σ.Μ.), όταν οι προνύμφες του είδους αναπτύσσονται μεμονωμένα ($2,17 \pm 0,01$) ή μαζί με τα είδη *Cx. pipiens* και *Ae. cretinus* (σε αναλογία 1:1:1) ($2,19 \pm 0,02$) σε πυκνότητα 60 ατόμων συνολικά και στις δύο περιπτώσεις και σε συνθήκες χαμηλής ποσότητας τροφής (0,6 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα, αντίστοιχα). Στήλες που φέρουν ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά ($P \geq 0,05$) [Statistics: Mann-Whitney U ($Z = -0,520$; $P = 0,603$)].

2.5.ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μελετήθηκαν εργαστηριακά οι ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των προνυμφών των ειδών κουνουπιών *Culex pipiens*, *Aedes cretinus* και *Aedes albopictus*, ξεχωριστά για δύο επίπεδα χορηγούμενης τροφής (χαμηλή και υψηλή), με σταθερή πυκνότητα ατόμων, στους 25 °C.

Ο ανταγωνισμός επηρέασε σημαντικά την επιβίωση των ατελών σταδίων των *Cx. pipiens* και *Ae. cretinus* (Πίνακας 2.1). Συγκεκριμένα, το μέσο ποσοστό των ατόμων που έφθασαν ως την ενηλικίωση αυξήθηκε για τα δύο είδη, σε συνθήκες υψηλής διαθεσιμότητας τροφής για το *Cx. pipiens* και χαμηλής ποσότητας τροφής για το *Ae. cretinus*, σε σύγκριση με το ποσοστό που καταγράφηκε στη μεμονωμένη

ανάπτυξη κάθε είδους. Ο χρόνος που καταγράφηκε μέχρι την έξοδο των ακμαίων παρατάθηκε σημαντικά για τα δύο είδη του γένους *Aedes*, όταν οι προνύμφες των τριών ειδών συνυπήρχαν και στις δύο ποσότητες χορηγούμενης τροφής (Πίνακας 2.20). Η συνύπαρξη με χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής είχε ως αποτέλεσμα να προκύψουν θηλυκά κουνούπια με σημαντικά μικρότερο μήκος πτέρυγας και για τα τρία είδη (Πίνακας 2.30). Η ανάπτυξη των προνυμφών του *Ae. cretinus* με τα άλλα δύο είδη οδήγησε σε θηλυκά και αρσενικά κουνούπια με σημαντικά μικρότερο μήκος πτέρυγας, συγκριτικά με τη μεμονωμένη ανάπτυξη του είδους και στα δύο επίπεδα τροφής (Πίνακες 2.30 και 2.40). Παράλληλα, τα τέλεια αρσενικά και θηλυκά άτομα του *Cx. pipiens* είχαν μικρότερο μήκος πτερύγων, όταν οι προνύμφες τους αναπτύχθηκαν μαζί με τα άλλα είδη σε επάρκεια τροφής, ενώ σε συνθήκες περιορισμένης τροφής μόνο για τα αρσενικά καταγράφηκε μειωμένο μήκος, σε σχέση με τη μεμονωμένη ανάπτυξη του είδους. Αντίθετα, ο ανταγωνισμός σε υψηλή διαθεσιμότητα τροφής συντέλεσε στην εμφάνιση αρσενικών του *Ae. albopictus* με μεγαλύτερο μήκος πτερύγων από αυτό που είχαν τα αρσενικά, όταν οι προνύμφες του αναπτύχθηκαν μόνες τους, ενώ στις ίδιες συνθήκες τα θηλυκά άτομα αυτού του είδους είχαν μικρότερο μήκος πτερύγων από τα θηλυκά που προέκυψαν από τη μεμονωμένη ανάπτυξη.

Σύμφωνα με τους Packer & Corbet (1989), το μήκος της πτέρυγας αποτελεί ένα χρήσιμο μέτρο που σχετίζεται με το μέγεθος των τέλειων ατόμων, καθώς μπορεί να μετρηθεί γρήγορα και με ακρίβεια. Όπως οι ίδιοι αναφέρουν, το μήκος της πτέρυγας των τέλειων κουνουπιών και των δύο φύλων σχετίζεται θετικά με το μέγεθος τους σώματός τους. Κατ' επέκταση, το μέγεθος του σώματος των θηλυκών σχετίζεται θετικά με την αναπαραγωγική ικανότητα (μέγεθος ωοθηκών) (Armbruster & Hutchinson, 2002; Blackmore & Lord, 2000), τη διάρκεια ζωής (Ameneshewa & Service, 1996; Renshaw *et al.*, 1994), την επιτυχημένη αναζήτηση ξενιστή (Renshaw *et al.*, 1994) και λήψη αίματος (Lyimo & Takken, 1993; Nasci, 1986) και την ικανότητα μετάδοσης ασθενειών (Ameneshewa & Service, 1996). Τα μεγαλύτερα σε μέγεθος θηλυκά κουνούπια εντοπίζουν ευκολότερα τους ξενιστές τους, γεννούν περισσότερα ωά κατά τη διάρκεια της ζωής τους και ζουν περισσότερο, σε σύγκριση με τα μικρότερα σε μέγεθος θηλυκά (Packer & Corbet, 1989). Όσον αφορά τα αρσενικά κουνούπια, το μέγεθός τους σχετίζεται θετικά κυρίως με την επιβίωση (Reisen *et al.*, 1984), την αναπαραγωγική ικανότητα (Hawley, 1985) και την παραγωγή σπέρματος (Xue *et al.*, 2010).

Προηγούμενες μελέτες που αφορούν τον ανταγωνισμό για πόρους μεταξύ του *Ae. albopictus* και άλλων ειδών κουνουπιών, υποδεικνύουν ότι το *Ae. albopictus* είναι, συνήθως, ανταγωνιστικά ανώτερο (Ho *et al.*, 1989; Livdahl & Willey, 1991; Barrera, 1996; Juliano, 1998; Daugherty *et al.*, 2000; Braks *et al.*, 2004). Οι Carrieri *et al.* (2003), οι οποίοι μελέτησαν εργαστηριακά τον ανταγωνισμό μεταξύ των ειδών *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus* σε πληθυσμούς από την Ιταλία, διαπίστωσαν ότι η επιβίωση του *Cx. pipiens* ήταν σχετικά χαμηλή σε χαμηλά επίπεδα τροφής,

συγκριτικά με την επιβίωση του *Ae. albopictus*. Στην περίπτωση μας, τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν για τα *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus* δεν μπορούν να οδηγήσουν σε κάποιο ασφαλές συμπέρασμα που να υποδηλώνει ότι ο ανταγωνισμός επηρέασε σε μεγαλύτερο βαθμό κάποιο από τα δύο είδη. Ιδιαίτερα στην περίπτωση που χορηγήθηκε υψηλή ποσότητα τροφής, η συνύπαρξη των τριών ειδών είχε ως αποτέλεσμα να προκύψουν αρσενικά και θηλυκά *Cx. pipiens* με μικρότερο μέγεθος, γεγονός το οποίο αντισταθμίζεται από το αυξημένο ποσοστό επιβίωσης του είδους ως την ενηλικίωση. Στις ίδιες συνθήκες, το *Ae. albopictus* χρειάστηκε περισσότερο χρόνο μέχρι την έξοδο των ακμαίων, με τα θηλυκά να έχουν μειωμένο μέγεθος, όμως δεν επηρεάστηκε η επιβίωση των ατελών σταδίων και τα αρσενικά ήταν μεγαλύτερα σε μέγεθος, συγκριτικά με τη μεμονωμένη ανάπτυξη. Αντίθετα, είναι σαφές ότι η συνύπαρξη των τριών ειδών με χαμηλή διαθεσιμότητα τροφής επηρέασε λιγότερο τα *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus*, καθώς από τις μεταβλητές που εξετάστηκαν, μόνο το μέγεθος των αρσενικών του *Cx. pipiens* και η διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του *Ae. albopictus* επηρεάστηκαν αρνητικά από την ταυτόχρονη ανάπτυξη των τριών ειδών, ενώ για τις υπόλοιπες παραμέτρους δεν καταγράφηκε σημαντική επίδραση, υπό αυτές τις συνθήκες. Επιπλέον, παρατηρούμε ότι και στις δύο ποσότητες χορηγούμενης τροφής, παρατάθηκε η διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων των δύο ειδών *Aedes*, ενώ δεν επηρεάστηκε του *Cx. pipiens*. Ωστόσο, ο χρόνος που χρειάστηκε το *Cx. pipiens* ως την έξοδο σε ελλιπή διαθεσιμότητα τροφής, ήταν γενικά μεγαλύτερος σε σχέση με τα άλλα δύο είδη, ενώ ο μικρότερος χρόνος καταγράφηκε για το *Ae. albopictus* και στα δύο επίπεδα τροφής. Όπως έχει αναφερθεί και στη μελέτη των Carrieri et al. (2013), το *Ae. albopictus* αναπτύσσεται ταχύτερα από το *Cx. pipiens*, γεγονός που οι ίδιοι αποδίδουν στη μεγαλύτερη ικανότητα μετατροπής της χορηγούμενης τροφής σε βιομάζα (σωματικό βάρος), σε σχέση με το *Cx. pipiens* και συνεπώς, στην αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση της διαθέσιμης τροφής.

Από την άλλη πλευρά, ο ανταγωνισμός επηρέασε τις περισσότερες από τις βιολογικές παραμέτρους που εξετάστηκαν για το *Ae. cretinus*. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η συνύπαρξη των τριών ειδών επηρέασε αρνητικά τη διάρκεια ανάπτυξης ως την ενηλικίωση και το μέγεθος των τέλειων αρσενικών και θηλυκών κουνουπιών του *Ae. cretinus* και στα δύο επίπεδα χορηγούμενης τροφής. Ο Γιατρόπουλος (2014) κατέγραψε περιορισμένους πληθυσμούς του *Ae. cretinus* στην Αττική, τη στιγμή που η παρουσία του *Ae. albopictus* ολοένα και αυξανόταν, ενώ εργαστηριακά βρέθηκαν τάσεις διαειδικού ανταγωνισμού μεταξύ των δύο ειδών που ευνόησαν το *Ae. albopictus* έναντι του *Ae. cretinus*. Ωστόσο, στην περίπτωση μας είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι, παρά την αυξημένη διάρκεια ανάπτυξης ως την ενηλικίωση και το μειωμένο μέγεθος των τέλειων κουνουπιών του *Ae. cretinus*, αυξήθηκε σημαντικά το ποσοστό επιβίωσης αυτού του είδους σε χαμηλή διαθεσιμότητα τροφής.

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης που αφορούν τα δύο είδη του γένους *Aedes* παρουσιάζουν αποκλίσεις και ταυτίσεις με αυτά των Giatropoulos *et al.* (2022), οι οποίοι διερεύνησαν εργαστηριακά τον ανταγωνισμό μεταξύ των δύο ειδών, σε 2 διαφορετικά επίπεδα συνωστισμού των προνυμφών (20 και 60 άτομα) και δύο διαφορετικές ποσότητες τροφής (0,1 και 0,3 mg τροφής/προνύμφη/ημέρα). Παρατήρησαν ότι σε συνθήκες συνύπαρξης των δύο ειδών με περιορισμένη ποσότητα τροφής, η διάρκεια προνυμφικής ανάπτυξης του *Ae. albopictus* μειώθηκε, ενώ του *Ae. cretinus* παρατάθηκε, σε αντίθεση με την τρέχουσα εργασία όπου η διάρκεια ανάπτυξης ως την ενηλικίωση αυξήθηκε και για τα δύο είδη *Aedes* και στα δύο επίπεδα τροφής. Επίσης, στη μελέτη των Giatropoulos *et al.* (2022), σε συνθήκες συνύπαρξης των δύο ειδών με περιορισμένη διαθεσιμότητα τροφής και μικρή πυκνότητα ατόμων, το μέγεθος των τέλειων του *Ae. albopictus* αυξήθηκε, ενώ του *Ae. cretinus* μειώθηκε, συγκριτικά με το μέγεθος που είχαν τα τέλεια κουνούπια όταν αναπτύσσονταν μεμονωμένα, γεγονός που πιθανόν οφείλεται στην ικανότητα του *Ae. albopictus* να εκμεταλλεύεται αποτελεσματικότερα τους διαθέσιμους πόρους, σε σχέση με το *Ae. cretinus*. Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη το μήκος της πτέρυγας, και κατ' επέκταση το μέγεθος, των θηλυκών του *Ae. albopictus* δεν επηρεάστηκε από τον ανταγωνισμό στη χαμηλή ποσότητα τροφής και μειώθηκε στην υψηλή ποσότητα τροφής, ενώ όπως και στην περίπτωση των Giatropoulos *et al.* (2022), το μέγεθος του *Ae. cretinus* μειώθηκε και στις δύο χορηγούμενες ποσότητες τροφής. Επιπλέον, το ποσοστό επιβίωσης των ατελών σταδίων παρέμεινε γενικά υψηλό και για τα δύο είδη κουνουπιών, ενώ δεν επηρεάστηκε από τον μεταξύ τους ανταγωνισμό, όπως συνέβη και στην εν λόγω εργασία κατά τη χορήγηση υψηλής ποσότητας τροφής, ενώ, όπως προαναφέρθηκε, σε περιορισμένη διαθεσιμότητα τροφής αυξήθηκε το ποσοστό επιβίωσης για το *Ae. cretinus* και δεν επηρεάστηκε για το *Ae. albopictus*. Παράλληλα, στην προαναφερθείσα μελέτη, το μέγεθος των θηλυκών *Ae. cretinus* ήταν μεγαλύτερο σε συνθήκες συνύπαρξης των δύο ειδών με υψηλή πυκνότητα προνυμφών, σε σύγκριση με τη μεμονωμένη ανάπτυξη του είδους. Αντιθέτως, στην παρούσα εργασία, το μέγεθος των θηλυκών του *Ae. cretinus* μειώθηκε σε συνθήκες συνύπαρξης των τριών ειδών.

Στην περίπτωση που καθένα από τα τρία είδη κουνουπιών αναπτύχθηκε μόνο του, η ποσότητα της διαθέσιμης τροφής είχε σημαντική επίδραση στις περισσότερες μεταβλητές που εξετάστηκαν. Η διάρκεια ανάπτυξης ως την ενηλικίωση και το μήκος της πτέρυγας των τέλειων κουνουπιών (αρσενικά και θηλυκά) διέφεραν σημαντικά μεταξύ των δύο ποσοτήτων χορηγούμενης τροφής και για τα τρία είδη κουνουπιών, όταν οι προνύμφες τους αναπτύσσονταν ξεχωριστά για το κάθε είδος (Πίνακες 2.20, 2.30 και 2.40). Η αύξηση της τροφής παρέτεινε σημαντικά τον χρόνο που χρειάστηκε μέχρι την έξοδο των ακμαίων των τριών ειδών, τα οποία είχαν σημαντικά μεγαλύτερο μέγεθος, όταν οι προνύμφες τους αναπτύχθηκαν μεμονωμένα, σε σχέση με την ελλιπή διαθεσιμότητα τροφής. Παρόλο που η υψηλή διαθεσιμότητα τροφής είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης έως

την ενηλικίωση μόνο για το *Ae. cretinus* (Πίνακας 2.1), φαίνεται ότι η περιορισμένη επάρκεια τροφής προωθεί τον ενδοειδικό ανταγωνισμό για τροφή και για τα τρία είδη κουνουπιών, καθώς επιδρά αρνητικά τόσο στη διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων, όσο και στο μέγεθος των ενηλίκων.

Τα αποτελέσματα αυτά που αφορούν τις ενδοειδικές μεταχειρίσεις των κουνουπιών έρχονται σε συμφωνία με τα ευρήματα της μελέτης των Giatropoulos *et al.* (2022), όπου η διάρκεια ανάπτυξης των προνυμφών των *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* ήταν βραδύτερη και το μέγεθος των τελείων θηλυκών ήταν σημαντικά μικρότερο και για τα δύο είδη, όταν οι προνύμφες τους αναπτύσσονταν μεμονωμένα για το κάθε είδος, σε περιορισμένη διαθεσιμότητα τροφής, υποδηλώνοντας ότι η ανεπάρκεια τροφής πιθανόν συμβάλλει στην ανάπτυξη ενδοειδικού ανταγωνισμού των προνυμφών για τροφή.

Το μήκος της πτέρυγας και των δύο φύλων, το οποίο σχετίζεται θετικά με το μέγεθος τους σώματος των τέλειων κουνουπιών (Packer & Corbet, 1989), ήταν σημαντικά μικρότερο στην περίπτωση που χορηγήθηκε χαμηλή ποσότητα τροφής στις προνύμφες και το εύρημα αυτό συμφωνεί με εκείνο των Macchioni *et al.* (2016), οι οποίοι μελέτησαν τον ενδοειδικό ανταγωνισμό των προνυμφών του *Ae. albopictus* στο εργαστήριο, χορηγώντας δύο ποσότητες τροφής (υψηλή και χαμηλή). Σε αντίθεση, όμως, με τα αποτελέσματα των συγκεκριμένων ερευνητών, όπου η περιορισμένη ποσότητα τροφής δεν επηρέασε τον χρόνο εμφάνισης των ενηλίκων, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με άλλες μελέτες (Hawley, 1988), ενώ οδήγησε σε υψηλή θνησιμότητα των ατελών σταδίων, σε αυτή τη μελέτη, παρατάθηκε σημαντικά ο χρόνος μέχρι την έξοδο των τέλειων κουνουπιών και η θνησιμότητα αυξήθηκε μόνο για το *Ae. cretinus*, χωρίς να επηρεαστούν τα *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus*.

Είναι προφανές ότι δεν μπορεί να γίνει πλήρης συσχέτιση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με τις ανωτέρω μελέτες, καθώς μελετάται ο ανταγωνισμός σε διάφορες πυκνότητες προνυμφών, ενώ στην εν λόγω εργασία η πυκνότητα παραμένει σταθερή. Σημαντική διαφορά έγκειται, επίσης, στην ποσότητα της χορηγούμενης τροφής, καθώς και στο γεγονός ότι στις διαειδικές μεταχειρίσεις εξετάζονται οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ δύο ειδών κουνουπιών, σε αντίθεση με την παρούσα εργασία που μελετώνται τρία είδη. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην εργασία αυτή τα δοχεία με το νερό που αναπτύσσονταν οι προνύμφες καθαρίζονταν δύο φορές την εβδομάδα, με αποτέλεσμα το νερό να παραμένει καθαρό, ενώ στις προαναφερθείσες μελέτες δεν αναφέρεται κάτι τέτοιο.

Πολλές έρευνες έχουν επικεντρωθεί στον ρόλο που παίζει η διαθεσιμότητα της τροφής και η πληθυσμιακή πυκνότητα των προνυμφών στο περιβάλλον ανάπτυξης των ατελών σταδίων των κουνουπιών, καθώς και οι δύο μεταβλητές αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για την ανάπτυξη των προνυμφών και τα χαρακτηριστικά των τέλειων κουνουπιών (Couret & Benedict, 2014; Huxley *et al.*, 2021). Όσον αφορά τη διαθεσιμότητα της τροφής, έχει αποδειχθεί ότι η μείωση της

χορηγούμενης ποσότητας τροφής στο προνυμφικό στάδιο παρατείνει τους χρόνους ανάπτυξης (Huxley *et al.*, 2021; Wada, 1965; Zeller & Koella, 2016; Steinwascher, 2018; Russell, 1986; Romeo *et al.*, 2018; Padmanabha *et al.*, 2011; Puggioli *et al.*, 2017; Couret *et al.*, 2014), μειώνει την επιβίωση των προνυμφών (Russell, 1986; Romeo *et al.*, 2018; Wada, 1965), καθυστερεί την πλήρη ανάπτυξη των κουνουπιών (Stearns & Koella, 1986) και οδηγεί σε μικρότερου μεγέθους ενήλικα κουνούπια (Padmanabha *et al.*, 2011; Romeo *et al.*, 2018; Steinwascher, 2018; Wada, 1965), με μειωμένη αναπαραγωγική ικανότητα (Stearns & Koella, 1986). Παράλληλα, διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι η ανεπαρκής σίτιση κατά το προνυμφικό στάδιο μπορεί να συσχετιστεί με μειωμένο μέγεθος πτερών, συντομότερη διάρκεια ζωής των ενηλίκων, μειωμένη απόδοση πτήσης και υψηλότερη ευαισθησία σε λοιμώξεις από αρμυοϊούς (Alto *et al.*, 2008; Braks *et al.*, 2004; Maciel-de-Freitas *et al.*, 2007; Nasci & Mitchell, 1994; Tun-Lin *et al.*, 2000).

2.6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο ανταγωνισμός μεταξύ των προνυμφών των ειδών *Cx. pipiens*, *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* ήταν γενικά ασθενής. Ειδικότερα, και στα δύο επίπεδα τροφής παρατηρήθηκε βραδύτερη ανάπτυξη των ατελών σταδίων και σχετικώς μικρότερο μέγεθος των τέλειων του *Ae. cretinus*, σε σχέση με τις μετρήσεις που καταγράφηκαν γι' αυτό το είδος όταν αναπτυσσόταν μεμονωμένα. Ωστόσο, σε συνθήκες περιορισμένης διαθεσιμότητας τροφής αυξήθηκε το ποσοστό επιβίωσης του *Ae. cretinus* μέχρι την ενηλικίωση. Παράλληλα, σε συνθήκες χαμηλής διαθεσιμότητας τροφής μειώθηκε το μέγεθος των αρσενικών του *Cx. pipiens* και παρατάθηκε η διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων του *Ae. albopictus*, χωρίς να επηρεαστούν οι υπόλοιπες παράμετροι. Σε συνθήκες υψηλής διαθεσιμότητας τροφής, παρατηρήθηκε αυξημένο ποσοστό επιβίωσης των ατελών σταδίων και μικρότερο μέγεθος των τέλειων του *Cx. pipiens*, ενώ για το *Ae. albopictus* καταγράφηκε βραδύτερη ανάπτυξη ως την ενηλικίωση, μειωμένο μέγεθος των θηλυκών και αυξημένο μέγεθος των αρσενικών τέλειων του είδους, σε σχέση με τις μετρήσεις που είχαν όταν αναπτύχθηκαν μεμονωμένα. Δεδομένου ότι κάτω από τις πειραματικές συνθήκες που επιλέχθηκαν στην παρούσα μελέτη, ο ανταγωνισμός και η τροφή δεν αποτέλεσαν περιοριστικό παράγοντα για την επιβίωση των ατελών σταδίων των τριών ειδών κουνουπιών που μελετώνται, θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι η συνύπαρξη αυτών των ειδών στη φύση είναι πιθανή, όταν οι περιοχές που δραστηριοποιούνται επικαλύπτονται και μοιράζονται τις ίδιες εστίες ανάπτυξης των υδρόβιων σταδίων.

Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι ο ενδοειδικός ανταγωνισμός για τροφή επηρέασε συνολικά σε μεγαλύτερο βαθμό τις μεταβλητές που ελέγχθηκαν, σε σύγκριση με τον διαειδικό ανταγωνισμό και για τα τρία είδη κουνουπιών. Ο Chesson (2000) αναφέρει ότι, όταν ο διαειδικός ανταγωνισμός έχει μικρότερο αντίκτυπο από τον

ενδοειδικό ανταγωνισμό για τους δύο ανταγωνιστές, τότε είναι πιθανή η σταθερή τοπική συνύπαρξη αυτών. Ειδικότερα, σε συνθήκες μεμονωμένης ανάπτυξης των ειδών, η χορήγηση χαμηλής ποσότητας τροφής είχε ως αποτέλεσμα βραδύτερη ανάπτυξη των ατελών σταδίων και μικρότερο μέγεθος τέλειων αρσενικών και θηλυκών κουνουπιών και των τριών ειδών. Παράλληλα, η ποσότητα της διαθέσιμης τροφής επηρέασε σημαντικά την επιβίωση μέχρι την ενηλικίωση για το *Ae. cretinus*, καθώς επιβίωσε μικρότερο ποσοστό ατόμων σε συνθήκες ελλιπής ποσότητας τροφής. Οι προνύμφες των κουνουπιών στη φύση, που αναπτύσσονται σε εστίες ανάπτυξης, υποβάλλονται σε μεγάλες περιόδους έλλειψης τροφής κι επομένως, η περιορισμένη διαθεσιμότητα τροφής θα μπορούσε να επηρεάσει σε σημαντικά την επιβίωση των φυσικών πληθυσμών του *Ae. cretinus*. Γενικότερα, όμως, η περιορισμένη διαθεσιμότητα τροφής πιθανόν αποτελεί παράγοντα εκδήλωσης ενδοειδικού ανταγωνισμού για τροφή μεταξύ των προνυμφών για καθένα από τα τρία είδη κουνουπιών.

Η κατανόηση των μηχανισμών που ελέγχουν τη δυναμική των πληθυσμών είναι απαραίτητη για την πρόβλεψη των οικολογικών, οικονομικών και υγειονομικών επιπτώσεων από τα ιθαγενή και χωροκατακτητικά είδη (Legros *et al.*, 2009; Levins, 1969). Ο ανταγωνισμός που βιώνουν οι προνύμφες των κουνουπιών αποτελεί έναν από αυτούς τους μηχανισμούς, καθώς συμβάλλει στη διαμόρφωση των μορφολογικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών των ενηλίκων κουνουπιών και κατ' επέκταση στη διάρκεια ζωής, το αναπαραγωγικό δυναμικό και την πληθυσμιακή αφθονία των ειδών, ενώ μπορεί να επηρεάσει και την ικανότητά τους στη μετάδοση ασθενειών, όπως αρμποϊών (Briegel, 1990; Briegel & Timmermann, 2001; Grimstad & Haramis, 1984; Grimstad & Walker, 1991; Paulson & Hawley, 1991; Sumanochitrapon *et al.*, 1998). Η ανάπτυξη των προνυμφών σε υψηλά επίπεδα ενδοειδικού ή διαειδικού ανταγωνισμού συντελεί στην εμφάνιση τέλειων κουνουπιών με χαμηλότερο ανοσοποιητικό, που είναι πιο επιρρεπή στη λήψη και μετάδοση μολυσματικών ασθενειών. Πρόσφατες μελέτες έχουν αξιολογήσει τον αντίκτυπο του ανταγωνισμού προνυμφών στην ικανότητα μετάδοσης ασθενειών, αποδεικνύοντας ότι τα ενήλικα κουνούπια που έχουν βιώσει έντονο ενδοειδικό (Grimstad & Walker, 1991) ή διαειδικό (Alto *et al.*, 2008; Bevins, 2007) ανταγωνισμό προνυμφών έχουν μειωμένη αμυντική ικανότητα έναντι της λήψης ιών που μεταδίδονται από διαβιβαστές (Sindbis - Muturi *et al.*, 2011, Dengue - Alto & Bettinardi, 2013). Οι προνύμφες που αναπτύσσονται σε περιβάλλον με ελλιπή διαθεσιμότητα τροφής επενδύουν τη διαθέσιμη ενέργεια στην επιβίωση και την ανάπτυξή τους, αντί στους αμυντικούς μηχανισμούς και την ανοσία (Moller-Jacobs *et al.*, 2014; Muturi *et al.*, 2011).

Στην περίπτωση μας, η μείωση του μεγέθους των θηλυκών του *Ae. cretinus* και στις δύο χορηγούμενες ποσότητες τροφής, καθώς και των θηλυκών των *Cx. pipiens* και *Ae. albopictus* σε συνθήκες υψηλής διαθεσιμότητας τροφής, μπορεί να επηρεάσει τη διάρκεια ζωής των ενηλίκων ατόμων και το αναπαραγωγικό δυναμικό

των ειδών με πιθανές αρνητικές συνέπειες στη δυναμική των πληθυσμών τους. Επίσης, η χρονική καθυστέρηση στην ανάπτυξη των ατελών σταδίων πιθανόν να συμβάλλει στη μικρότερη επιβίωση των ειδών σε φυσικά οικοσυστήματα, λόγω του μεγαλύτερου χρόνου έκθεσης των προνυμφών και νυμφών σε παράγοντες που επηρεάζουν την επιβίωσή τους, όπως η θήρευση, η εξάντληση του νερού από τις εστίες ανάπτυξης, η έκθεση σε εντομοκτόνα κ. ά., ενώ μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα και μικρότερο αριθμό γενεών ανά έτος (Γιατρόπουλος, 2014).

Συνολικά, λοιπόν, διαπιστώνουμε ότι είναι δυνατή η πιθανή συνύπαρξη των ειδών *Cx. pipiens*, *Ae. cretinus* και *Ae. albopictus* υπό αυτές τις συνθήκες, όμως είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι περιορισμοί που υπήρξαν σε αυτήν την εργασία κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Κύριος περιορισμός των πειραμάτων αυτής της εργασίας είναι ότι δεν μιμούνται τις φυσικές συνθήκες, καθώς χρησιμοποιήθηκαν εργαστηριακοί πληθυσμοί, στους οποίους χορηγήθηκε ιχθυοτροφή αντί για φυσικές πηγές τροφής, όπως φυτικά υπολείμματα (Walker *et al.*, 1997), ενώ απομακρύνονταν καθημερινά οι νεκρές νύμφες και προνύμφες που θεωρούνται βασικά θρεπτικά στοιχεία στις εστίες ανάπτυξης των κουνουπιών. Επισημαίνεται ότι τα αποτελέσματα της τρέχουσας εργασίας αντιπροσωπεύουν ένα μόνο θερμοκρασιακό εύρος, όμως η έκβαση του ανταγωνισμού μπορεί να μεταβληθεί σε διαφορετικές θερμοκρασιακές τιμές. Ο ρόλος της θερμοκρασίας στις ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ προνυμφών κουνουπιών έχει αναφερθεί σε πολλές μελέτες (Lounibos *et al.*, 2002; Teng & Apperson, 2000), όπως και στην περίπτωση των ειδών *Ae. albopictus* και *Cx. pipiens*, όπου στους 25 °C με περιορισμένη διαθεσιμότητα τροφής οι προνύμφες των δύο ειδών ανταγωνίζονται μεταξύ τους και επικρατούν αυτές του *Ae. albopictus*, ενώ στους 20 °C τα δύο είδη καταφέρνουν να συνυπάρχουν με εμφανώς χαμηλό ανταγωνισμό (Carrieri *et al.*, 2013). Εκτός από τη θερμοκρασία και την ποσότητα της διαθέσιμης τροφής (Kreß *et al.*, 2014; Teng & Apperson, 2000), κι άλλοι παράγοντες, όπως το είδος της τροφής, η χρονική διάρκεια που αυτή είναι διαθέσιμη και η αλληλεπίδραση με μικροοργανισμούς, θηρευτές και ανταγωνιστές από άλλες ομάδες εντόμων, που εμφανίζονται στα φυσικά ενδιαίτηματα των κουνουπιών, μπορούν να επηρεάσουν τη διατροφή των προνυμφών των τριών ειδών κι επομένως τις ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Γίνεται αντιληπτό ότι ο ανταγωνισμός των προνυμφών υπό φυσικές συνθήκες είναι ένα περίπλοκο γεγονός με ποικίλους παράγοντες να επηρεάζουν το αποτέλεσμα αυτής της αλληλεπίδρασης. Συνεπώς, μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να επικεντρωθούν στη διερεύνηση του ανταγωνισμού μεταξύ των τριών ειδών κουνουπιών σε πραγματικές συνθήκες στη φύση, όπου βιοτικοί και αβιοτικοί παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν τις αλληλεπιδράσεις των προνυμφών στα ενδιαίτηματα που αυτά τα είδη συναντώνται.

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικ. 1.1.: προσαρμογή εικόνας από το διαδίκτυο:

https://commons.wikimedia.org/wiki/WiM/File:Culex_mosquito_life_cycle_en.svg

Εικ. 1.2.: προσαρμογή από Favret & Sieracki (2016).

Εικ. 1.3.: προσαρμογή από Service (2012).

Εικ. 1.4.: από το διαδίκτυο: <https://sciencephotogallery.com/featured/mosquito-head-drt-ony-brainscience-photo-library.html> και <https://fineartamerica.com/featured/male-and-female-mosquito-heads-steve-gschmeissnerscience-photo-library.html>

Εικ. 1.5.: προσαρμογή εικόνας από: Baranitharan *et al.* (2018) και Gurera *et al.* (2018).

Εικ. 1.6.: προσαρμογή εικόνας από το διαδίκτυο:

<https://entsoc.org/search?s=anopheles%20culicines>

Εικ. 1.7.: από το διαδίκτυο:

https://entnemdept.ufl.edu/creatures/AQUATIC/aedes_japonicus.html

Εικ. 1.8.: προσαρμογή από Bousses *et al.* (2021).

Εικ. 1.9.: προσαρμογή από το διαδίκτυο: <https://www.biologydiscussion.com/invertebrate-zoology/mosquitoes/culex-external-features-and-life-history-mosquitoes/27588>

Εικ. 1.10.: προσαρμογή από Cranston *et al.* (1987).

Εικ. 1.11.: προσαρμογή εικόνας από Harbach *et al.* (2017).

Εικ. 1.12.: από: Marshall (1938).

Εικ. 1.13.: από το διαδίκτυο: <https://skeptics.stackexchange.com/questions/23072/do-mosquitoes-urinate-on-you-when-they-bite-you>

Εικ. 1.14.: από Ross (1947) και Harbach & Knight (1980).

Εικ. 1.15.: εικόνες από το διαδίκτυο:

https://entnemdept.ufl.edu/creatures/aquatic/culex_pipiens.html,

<https://bugguide.net/node/view/1248367> και

https://entnemdept.ufl.edu/creatures/aquatic/Anopheles_quadrimaculatus.htm

Εικ. 1.16.: προσαρμογή εικόνας από το διαδίκτυο:

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Culex_restuans_larva_diagram_en.svg#/media/File:Culex_restuans_larva_diagram_num.svg

Εικ. 1.17.: προσαρμογή από: Marshall (1938) και Snodgrass (1930).

Εικ. 1.18.: φωτογραφία Α. Μπάρα και εικόνες από το διαδίκτυο:

<https://www.makthes.gr/oi-oryzones-aitia-tis-sfodris-epelasis-ton-koynoyption-598001>, <https://www.alithia.gr/koinonia/vroma-dysodia-kai-koynoypia-stis-ekvoles-toy-partheni> και <https://www.jungle-formula.gr/%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B1-%CE%BA%CE%BF%CF%85%CE%BD%CE%BF%CF%8D%CF%80%CE%B9%CE%B1>

- Εικ. 1.19.:** εικόνες από το διαδίκτυο: <https://force.org.in/blue-india-program/water-body-revival/types-of-water-bodies/>, <https://www.psinthos.net/arthra.php?id=980> και [\(https://katanixi.gr/to-dimopsifisma-zelenski-kai-to-antidoro-vartholomaioy/](https://katanixi.gr/to-dimopsifisma-zelenski-kai-to-antidoro-vartholomaioy/)
- Εικ. 1.20.:** εικόνες από το διαδίκτυο: <https://www.morriscountynj.gov/Morris-County-News/Battle-Mosquitos-by-Emptying-Standing-Water-Near-Your-Home>, <https://iselida.gr/index.php/eidiseis/eidiseis-ellada/item/45835-rafina-ethelontes-stous-dromous-me-nero-gia-ta-adespota>, <https://www.konstaschristos.gr/h-lakouva-einai-pathogeneia-tou-sistimatos-dioikisis/>, <https://www.tudikhel.com/2019/07/28/25335>, <https://www.iapopsi.gr/apoblita-palia-elastika-oriktelaia-paratimena-sto-xalandri/>, https://www.tripadvisor.com.gr/LocationPhotoDirectLink-g3236244-d8810609-i465968171-Thalatta_Kalamitsi_Village_Camp-Kalamitsi_Halkidiki_Region_Central_Mace.html και <https://www.conops.gr/culiseta-allotheobaldia-longiareolata-macquart-1838/#prettyPhoto/2/>
- Εικ. 1.21.:** εικόνα από το διαδίκτυο: <https://bugguide.net/node/view/1488600>
- Εικ. 1.22.:** προσαρμογή εικόνας από το διαδίκτυο: https://www.google.com/search?client=firefox-b-e&sca_esv=580414175&q=pupa+anopheles+culex&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwifgpCCnbSCAxVYRPEDHZ6GC1gQ0pQJegQIDBAB&biw=1366&bih=643#imgrc=iXoSlx8jRrDDfM
- Εικ. 1.23.:** από το διαδίκτυο: <https://www.cdc.gov/mosquitoes/gallery/aedes/index.html>
- Εικ. 1.24.:** προσαρμογή από: Byas & Edel (2020).
- Εικ. 1.25.:** προσαρμογή από: Mehlhorn (2015).
- Εικ. 1.26.:** εικόνες από το διαδίκτυο: <https://www.cvmosquito.org/services/pages/mosquitofish-gambusia-affinis>) και <https://www.business.qld.gov.au/industries/farms-fishing-forestry/agriculture/biosecurity/animals/invasive/restricted/gambusia-mosquitofish>
- Εικ. 1.27.:** από WHO (1997).
- Εικ. 1.28.:** από: Williams & Pinto (2012).
- Εικ. 1.29.:** εικόνες από τον ιστότοπο: The Walter Reed Biosystematics Unit (WRBU), <http://www.wrbu.org/>
- Εικ. 1.30.:** εικόνα από το διαδίκτυο: https://entnemdept.ufl.edu/creatures/aquatic/culex_pipiens.html
- Εικ. 1.31.:** εικόνα από το διαδίκτυο: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Common_house_mosquito_%28257_00F%29_Σύνολο_preparation;_larva.jpg
- Εικ. 1.32.:** προσαρμογή εικόνας από το διαδίκτυο: https://entnemdept.ufl.edu/creatures/aquatic/culex_pipiens.html
- Εικ. 1.33.:** από Farajollahi *et al.* (2011).

- Εικ. 1.34.:** εικόνες από τον ιστότοπο: The Walter Reed Biosystematics Unit (WRBU), <http://www.wrbu.org/>
- Εικ. 1.35.:** από Suman *et al.* (2011).
- Εικ. 1.36.:** προσαρμογή από: Farajollahi & Price (2013).
- Εικ. 1.37.:** εικόνα από διαδίκτυο: <https://bugguide.net/node/view/1465211>
- Εικ. 1.38.:** από: Swan *et al.* (2022).
- Εικ. 1.39.:** από Martinou *et al.* 2021 και διαδίκτυο: https://bioinfo-web.mpl.ird.fr/identiciels/moskeytool_V2.2/html-f/taxa/Aedes_cretinus_F.html
- Εικ. 1.40.:** από ECDC 2022, Becker *et al.* 2010 και από το διαδίκτυο: https://bioinfo-web.mpl.ird.fr/identiciels/moskeytool_V2.4/html-e/descriptors/THORAX_Aedes_albopictus_or_Aedes_cretinus.html
- Εικ. 1.41.:** από: Κολιόπουλος (2011).
- Εικ. 1.42.:** από Α. Μπάρα.
- Εικ. 1.43:** από Κολιόπουλος (2011).
- Εικ. 1.44:** εικόνα από το διαδίκτυο: https://bioinfo-web.mpl.ird.fr/identiciels/culeurope/html/taxa/Ae_cretinus_L.html
- Εικ. 1.45:** εικόνα από το διαδίκτυο: https://bioinfo-web.mpl.ird.fr/identiciels/moskeytool_V2.2/html-f/taxa/Aedes_cretinus_F.html
- Εικ. 2.1 έως Εικ. 2.9:** από Α. Μπάρα.
- Εικ. 2.10:** από Mohammed & Chadee (2011).
- Εικ. 2.11:** από Α. Μπάρα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aardema, M.L., Olatunji, S.K., & Fonseca, D.M. (2022).** The Enigmatic *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) Species Complex: Phylogenetic Challenges and Opportunities From a Notoriously Tricky Mosquito Group. *Annals of the Entomological Society of America*.115(1): 95-104.
- Adhami, J., & Reiter, P. (1998).** Introduction and establishment of *Aedes* (Stegomyia) *albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae) in Albania. *J Am Mosq Control Assoc*.14: 340-3.
- Adler, P.B., HilleRisLambers, J., & Levine, J.M. (2007).** A niche for neutrality. *Ecol Lett*.10: 95-104.
- Aida, H.N., Dieng, H., Ahmad, A.H., Satho, T., Nurita, A.T., Che Salmah, M.R., Miake, F., & Norasmah, B. (2011).** The biology and demographic parameters of *Aedes albopictus* in northern peninsular Malaysia. *Asian Pac J Trop Biomed*. 1(6): 472–477.
- Alten, B., Bellini, R., Caglar, S.S., Simsek, F.M., & Kaynas, S. (2000).** Species composition and seasonal dynamics of mosquitoes in the Belek region of Turkey. *Journal of Vector Ecology* 25: 146-154.
- Alto, B.W. & Bettinardi, D. (2013).** Temperature and dengue virus infection in mosquitoes: independent effects on the immature and adult stages. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 88, 497-505.
- Alto, B.W., & Juliano, S.A. (2001a).** Temperature effect on the dynamics of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) populations in the laboratory. *J. Med. Entomol*. 38: 548-556.
- Alto, B.W., & Juliano, S.A. (2001b).** Precipitation and temperature effects on populations of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): implications for range expansion. *J. Med. Entomol*. 38: 646-656.
- Alto, B.W., & Lounibos, L.P. (2013).** Vector competence for arboviruses in relation to the larval environment of mosquitoes. In: Takken W, Koenraadt CJM, editors. Ecology of parasite-vector interactions. Wageningen: *Wageningen Academic Publishers*. p. 81-101.
- Alto, B.W., Lounibos, L.P., Higgs, S., & Juliano, S.A. (2005).** Larval competition differentially affects arbovirus infection in *Aedes* mosquitoes. *Ecology*.86(12): 3279-88.
- Alto, B.W., Lounibos, L.P., Mores, C.N., & Reiskind, M.H. (2008).** Larval competition alters susceptibility of adult *Aedes* mosquitoes to dengue infection. *Proc R Soc B*.275(1633): 463-71.
- Ameneshewa, B., & Service, M.W. (1996).** The relationship between female body size and survival rate of the malaria vector *Anopheles arabiensis* in Ethiopia. *Med Vet Entomol*, 10: pp. 170-172.
- Amer, A., & Mehlhorn H. (2006).** Larvicidal effects of various essential oils against *Aedes*, *Anopheles*, and *Culex* larvae (Diptera, Culicidae). *Parasitology Research*. 99: 466-472.
- Armbruster, P., & Hutchinson, R.A. (2002).** Pupal mass and wing length as indicators of fecundity in *Aedes albopictus* and *Aedes geniculatus* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol*. 39: pp. 699-704.
- Armbruster, P., Damsky Jr., W.E., Giordano, R., Birungi, J., Munstermann, L.E., & Conn, J.E. (2003).** Infection of New- and Old-World *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) by the

intracellular parasite *Wolbachia*: implications for host mitochondrial DNA evolution. *Journal of Medical Entomology* 40: 356-360.

Armistead, J.S., Arias, J.R., Nishimura, N., & Lounibos, L.P. (2008). Interspecific Larval Competition Between *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus* (Diptera: Culicidae) in Northern Virginia. *J Med Entomol.* 45(4): 629-637.

Astleithner, F., Hamedinger, A., Holman, N., & Rydin, Y. (2004). Institutions and Indicators—the discourse about indicators in the context of sustainability. *Journal of Housing and the Built Environment.* 19(1): 7-24.

Badieritakis, E., Papachristos, D., Latinopoulos, D., Stefopoulou, A., Kolimenakis, A., Bithas, K., Patsoula, E., Beleri, S., Maselou, D., Balatsos, G. et al. (2018). *Aedes albopictus* (Skuse, 1895) (Diptera: Culicidae) in Greece: 13 years of living with the Asian tiger mosquito. *Parasitol. Res.* 117, 1-8.

Bahnck, C.M., & Fonseca, D.M. (2006). Rapid assay to identify the two genetic forms of *Culex* (*Culex*) *pipiens* L. (Diptera: Culicidae) and hybrid populations. *Am J Trop Med Hyg.* 75(2): 251-5.

Baranitharan, M., Gokulakrishnan, J., & Sridhar, N. (2018). Introduction of Vector Mosquitoes. *Lambert Academic Publishing.* 148 pp.

Barr, A.R. (1957). The distribution of *Culex p. pipiens* and *Culex p. quinquefasciatus* in North America. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 6, 153–165.

Barrera, R. (1996). Competition and resistance to starvation in larvae of container-inhabiting mosquitoes. *Ecol Entomol.* 21: 117-127.

Beach, R. (1978). The required day number and timely induction of diapause in geographic strains of the mosquito *Aedes atropalpus*. *Journal of Insect Physiology.* 24: 448-455.

Becker, N. (1989). Life strategies of mosquitoes as an adaption to their habitats. *Bulletin of the Society for Vector Ecology.* 14: 6-25.

Becker, N., Petric, D., Boase, C., Lane, J., Zgomba, M., Dahl, C., & Kaiser, A. (2003a). Systematics. In: *Mosquitoes and Their Control*. Springer, Boston, MA.
https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5897-9_2

Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M., Dahl, C., & Kaiser, A. (2003b). *Mosquitoes and Their Control*. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York. 498 pp.

Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M., Dahl, C., & Kaiser, A. (2010). *Mosquitoes and Their Control*. 2nd edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 577 pp.

Belios, G.D. (1933). *L'histoire du paludisme en Grèce depuis l'antiquité jusqu'à la découverte de Laveran*. Jouve, Paris.

Bellini, R. (2001). Surveillance and prevention to stop the spread of *Aedes albopictus* in Europe. In *Proceedings of the 1st Balkan Conference "Malaria and Mosquito Control"* 5-7 April 2001 Lithotopos, Serres, Greece, pp. 104-106.

Benedict, M. & Robinson, A. (2003). The first releases of transgenic mosquitoes: an argument for the sterile insect technique. *Trends in Parasitology.* 19(8): 349-355.

- Benedict, M.Q., Levine, R.S., Hawley, W.A., & Lounibos, L.P. (2007).** Spread of the tiger: Global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 7: 76-85.
- Benelli, G., Jeffries, C.L., & Walker, T. (2016).** Biological Control of Mosquito Vectors: Past, Present, and Future. *Insects*. 7(4): 52.
- Benoit, J. B., Lopez-Martinez, G., Phillips, Z. P., Patrick, K. R., & Denlinger, D. L. (2010).** Heat Shock Proteins Contribute to Mosquito Dehydration Tolerance. *J. Insect Physiol.* 56 (2), 151-156. doi:10.1016/j.jinsphys.2009.09.012
- Bentley, M.D., & Day, J.F. (1989).** Chemical Ecology and Behavioral Aspects of Mosquito Oviposition. *Annual Review of Entomology*. 34(1): 401-421. DOI: 10.1146/annurev.en.34.010189.002153
- Bertness, M.D. (1984).** Habitat and community modification by an introduced herbivorous snail. *Ecology*. 65: 370-381.
- Bevins, S.N. (2007).** Invasive mosquitoes, larval competition, and indirect effects on the vector competence of native mosquito species (Diptera: Culicidae). *Biol Invasions*.10(7): 1109-17.
- Bhaumik, S. (2013).** Aggressive Asian tiger mosquito invades Europe. *Canadian Medical Association Journal*. V.185(10): 463-464.
- Bidlingmayer, W.L. (1964).** The effect of moonlight on the flight activity of mosquitoes. *Ecology*. 45: 87-94.
- Bidlingmayer, W.L. (1971).** Mosquito flight paths in relation to the environment. 1. Illumination levels, orientation, and resting areas. *Annals of the Entomological Society of America*. 64: 1121-1131.
- Bidlingmayer, W.L. (1975).** Mosquito flight paths in relation to the environment. Effect of vertical and horizontal visual barriers. *Annals of the Entomological Society of America*. 68: 51-57.
- Bidlingmayer, W.L. (1985).** The measurement of adult mosquito populations changes - some considerations. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 1: 328-347.
- Bidlingmayer, W.L., & Evans, D.G. (1987).** The distribution of female mosquitoes about a flight barrier. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 3: 369-377.
- Bidlingmayer, W.L., Franklin, B.P., Jennings, A.M., & Cody, E.F. (1974).** Mosquito flight paths in relation to the environment. Influence of blood meals, ovarian stage and parity. *Annals of the Entomological Society of America*. 67: 919-927.
- Birch, L.C. (1957).** The meanings of competition. *American Naturalist*, 91: 5-18.
- Birungi, J., & Munstermann, L.E. (2002).** Genetic structure of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) populations based on mitochondrial ND5 sequences: evidence for an independent invasion into Brazil and the United States. *Ann Entomol Soc Am*.95: 125-132.
- Black, W.C., Rai, K.S, Turco, B.J., & Arroyo, D.C. (1989).** Laboratory study of competition between United States strains of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol*.26: 260-271.

- Blackmore, M.S., & Lord, C.C. (2000).** The relationship between size and fecundity in *Aedes albopictus*. *J Vector Ecol.* 25: pp. 212-217.
- Blaustein, L., & Kotler, B.P. (1993).** Oviposition habitat selection by the mosquito *Culiseta longiareolata*: effects of conspecifics, food, and green toad tadpoles. *Ecol Entomol.* 18: 104-108.
- Blaustein, L., & Margalit, J. (1996).** Priority effects in temporary pools: nature and outcome of mosquito larva-toad interactions depend on order of entrance. *J Anim Ecol.* 65: 77-84.
- Bond, J.G., Marina CF., & Williams T. (2004).** The naturally derived insecticide spinosad is highly toxic to *Aedes* and *Anopheles* mosquito larvae. *Medical and Veterinary Entomology* 18: 50-56.
- Bousses, P., Dehecq, J.S., & Fontenille, D. (2021).** Les moustiques de l'île de La Réunion. *IRD Éditions*. 85-105. doi: 10.4000/books.irdeditions.42534
- Braks, M.A.H., Honório, N.A., Lounibos, L.P., Lourenço-de-Oliveira, R., & Juliano, S.A. (2004).** Interspecific competition between two invasive species of container mosquitoes, *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), in Brazil. *Ann Entomol Soc Am.* 97: 130-139.
- Braks, M.A.H., Honório, N.A., Lourenco-de-Oliveira, R., Juliano, S.A., & Lounibos, L.P. (2003).** Convergent habitat segregation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in southeastern Brazil and Florida, USA. *J. Med. Entomol.* 40: 785-794.
- Briegel, H. (1990).** Metabolic relationship between female body size, reserves, and fecundity of *Aedes aegypti*. *J. Insect Physiol.* 36, 165-172. doi:10.1016/0022-1910(90)90118-Y.
- Briegel, H., & Timermann, S.E. (2001).** *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): physiological aspects of development and reproduction. *J. Med. Entomol.* 38: 566-571.
- Broadie, K.S., & Bradshaw, W.E. (1991).** Mechanisms of interference competition in the western tree-hole mosquito, *Aedes sierrensis*. *Ecol Entomol.* 16: 145-154.
- Brown, A., & Ral, R. (1971).** Insecticide resistance in arthropods. *World Health Organization monograph series.* (38). 491 pp.
- Brown, W.L. & Wilson, E.O. (1956).** Character displacement. *Systematic Zoology*, 5: 49-64.
- Bruce-Chwatt, L.J., & Zulueta, J. (1980).** *The rise and fall of malaria*. Oxford University Press. NY. 240 pp.
- Brugman, V.A., Hernández-Triana, L.M., Medlock, J.M., Fooks, A.R., Carpenter, S., & Johnson, N. (2018).** The Role of *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) in Virus Transmission in Europe. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 15, 389.
- Brust, R.A., & Costello, R.A. (1969).** Mosquitoes of Manitoba. II. The effect of storage temperature and relative humidity on hatching eggs of *Aedes vexans* and *Aedes abserratus* (Diptera: Culicidae). *Canadian Entomologist* 101: 1285-1291.
- Burkett-Cadena, N. (2013).** *Mosquitoes of the Southeastern United States*. Tuscaloosa: The University of Alabama Press. 202 pp.
https://fmel.ifas.ufl.edu/media/fmelifasufledu/workshop/Mosquito_Morphology.pdf

- Byas, A.D., & Edel, G.D. (2020).** Comparative Pathology of West Nile Virus in Humans and Non-Human Animals. *Pathogens*. 9(1), 48. doi: <https://doi.org/10.3390/pathogens9010048>
- Caglar, S.S., Alten, B., Bellini, R., Simsek, F.M., & Kaynas, S. (2003).** Comparison of nocturnal activities of mosquitoes (Diptera: Culicidae) sampled by New Jersey light traps and CO2 traps in Belek, Turkey. *Journal of Vector Ecology*. 28(1): 1-11.
- Caminade, C., Medlock, J.M., Ducheyne, Els, Leach, S., Matthew, B., & Morse, A.P. (2012).** Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: recent trends and future scenarios. *Journal of the Royal Society Interface* 9: 270-2717.
- Cancrini, G., Pietrobelli M., Frangipane di Regalbono A.F., Tampieri M.P., & della Torre A. (1995).** Development of *Dirofilaria* and *Setaria* nematodes in *Aedes albopictus*. *Parassitologia* 37: 141-145.
- Cancrini, G., Raineri V., & Delia Torre A. (1992).** *Aedes albopictus* as a possible vector of canine and human dirofilariasis in Italy. *Parassitologia Roma* 34: 13.
- Cancrini, G., Romi R., Gabrielli S., Toma L., Di Paolo M., & Scaramozzino P. (2003).** First finding of *Dirofilaria repens* in a natural population of *Aedes albopictus*. *Medical and Veterinary Entomology* 17: 448-451.
- Caragata , E.P., Dutra, H.L.C., & Moreira, L.A. (2016).** Exploiting Intimate Relationships: Controlling Mosquito-Transmitted Disease with *Wolbachia*. *Trends in Parasitology*. 32(3): 207–218. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2015.10.011> PMID: 26776329
- Carpenter, S.J., & La Casse, W.J. (1974).** Mosquitoes of North America (North of Mexico). *University of California Press, Berkeley, California*. 284-285pp.
- Carrieri, M., Bacchi, M., Bellini, R., & Maini, S. (2003).** On the Competition Occurring Between *Aedes albopictus* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) in Italy. *Environmental Entomology*. 32 (6): 1313-1321.
- CDC. (1992).** Eastern equine encephalitis virus associated with *Aedes albopictus* - Florida, 1991. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 41: 115,121.
- CDC. (2020).** Integrated Mosquito Management. *Centers for Disease Control and Prevention*. <https://www.cdc.gov/mosquitoes/mosquito-control/professionals/integrated-mosquito-management.htm>
- CDC. (2022).** Mosquitoes with *Wolbachia* for reducing numbers of *Aedes aegypti* mosquitoes. *Centers for Disease Control and Prevention*. <https://www.cdc.gov/mosquitoes/mosquito-control/community/emerging-methods/wolbachia.html>
- Chase, J.M., & Leibold, M.A. (2003).** Ecological Niches: Linking Classical and Contemporary Approaches. *University of Chicago Press: Chicago, IL, USA*.
- Chellapah, W.T., & Chellapah Jr G.R. (1968).** Susceptibility of four common Singapore mosquitoes to *Dirofilaria immitis* Leidy. *Journal of Medical Entomology* 5: 358-361.
- Chesson, P. (1986).** Environmental variation and the coexistence of species. In *Community Ecol. Diamond, J., Case, T.J., Eds.: Harper and Row: New York, NY, USA*, pp. 240-256.

- Chesson, P. (2000).** Mechanisms of maintenance of species diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 31, 343-366.
- Chouin-Carneiro, T., Vega-Rua, A., Vazeille, M., Yebakima, A., Girod, R., Goindin, D., et al. (2016).** Differential susceptibilities of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* from the Americas to Zika virus. *PLoS Negl Trop Dis.* 10(3):e0004543.
- Chumsri, A., Jaroensutasinee, M., & Jaroensutasinee, K. (2020).** Spatial and temporal variations on the coexistence of *Aedes* and *Culex* larvae in Southern Thailand. *J. Anim. Behav. Biometeorol.*, 8(4): 250-256.
- Clarke, J.L. (1943).** Studies of the flight range of mosquitoes. *Journal of Economic Entomology.* 36: 121-122.
- Clements, A.N. (1999).** The biology of mosquitoes. Vol.2. *CABI Publishing. New York.* 740 pp.
- Clements, A.N. (2000).** The biology of mosquitoes. Vol.1. *Development, nutrition and reproduction.* CABI publishing, Wallingford. 131-168 pp.
- Colborn, J.M., Smith, K.A., Townsend, J., Damian, D., Nasci, R.S., & Mutebi, J.-P. (2013).** West Nile virus outbreak in Phoenix, Arizona-2010: entomological observations and epidemiological correlations. *J Am Mosq Control Assoc.* 29(2): 123-32.
- Collins, L., & Blackwell, A. (2000).** The biology of *Toxorhynchites* mosquitoes and their potential as biocontrol agents. *Biocontrol News and Information.* 21(4): 1015-116.
- Costanzo, K.S., Mormann, K., & Juliano, S.A. (2005).** Asymmetrical competition and patterns of abundance of *Aedes albopictus* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* 42(4): 559-570.
- Costanzo, K.S., Muturi, E.J., Lampman, R.L., & Alto, B.W. (2011).** The effects of resource type and ratio on competition with *Aedes albopictus* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol.* 48(1): 29-38.
- Couret, J., & Benedict, M.Q. (2014).** A meta-analysis of the factors influencing development rate variation in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *BMC Ecol.* 14: 3. doi: 10.1186/1472-6785-14-3
- Couret, J., Dotson, E., & Benedict, M.Q. (2014).** Temperature, larval diet, and density effects on development rate and survival of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *PLoS ONE.* 9: e87468. doi: 10.1371/journal.pone.0087468
- Craig, G.B. (1993).** The diaspora of the Asian Tiger Mosquito. In: *Knight BN*, editor. Biological Pollution: The Control and Impact of Invasive Exotic Species. Indianapolis, IN: *Indiana Academy of Sciences.* pp. 101-120.
- Cranston, P.S., Ramsdale, C.D., Snow, K.R., & White, G.B. (1987).** Adults, larvae and pupae of British mosquitoes (Culicidae). *Freshwater Biological Association.* 48. 152 pp.
- Craven, R.B., Eliason, D.A., Francy, D.B., Reiter, P., Campos, E.G., Jakob, W.L., Smith G.C., Bozzi, C.J., Moore, C.G., Maupin, G.O., & Monath, T.P. (1988).** Importation of *Aedes albopictus* and other exotic mosquito species into the United States in used tires from Asia. *Journal of the American Mosquito Control Association* 4: 138-142.

- Cremlyn, R. (1978).** Pesticides. Preparation and mode of action. *John Wiley and Sons, New York*. 240 pp.
- Cui, G., Zhong, S., Zheng, T., Li, Z., Zhang, X., Li, C., Hemming-Schroeder, E., Zhou, G., & Li, Y. (2021).** *Aedes albopictus* life table: environment, food, and age dependence survivorship and reproduction in a tropical area. *Parasites and Vectors* 14: 568.
- Cunze, S., Kochmann, J., Koch, L.K., & Klimpel, S. (2016).** *Aedes albopictus* and Its Environmental Limits in Europe. *Plos one*, 11, e0162116.
- Danis, K., Papa, A., Theocharopoulos, G., Dougas, G. Athanasiou, M., Detsis, M., Baka, A., Lytras, T., Mellou, K., Bonovas, S., & Panagiotopoulos, T. (2011).** Outbreak of West Nile Virus infection in Greece, 2010. *Emerging Infectious Diseases* 17(10): 1868-1872.
- Darsie Jr, R.F. (1999).** Description of the pupa of *Aedes cretinus* Edwards, a key to the pupae of the *albopictus* subgroup, subgenus *Stegomyia* Theobald, genus *Aedes* Meigen, and characters to separate the European *Stegomyia* species (Diptera: Culicidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 101: 614-618.
- Darsie Jr, R.F., & Samanidou-Voyadjoglou, A. (1997).** Keys for the identification of the mosquitoes of Greece. *Journal of the American Mosquito Control Association* 13: 247-254.
- Darsie Jr, R.F., & Ward, R.A. (1981).** Identification and geographical distribution of the mosquitoes of North America, North to Mexico. *American Mosquito Control Association. Fresno, CA*. 313 pp.
- Darsie Jr, R.F., & Ward, R.A. (2005).** Identification and Geographical Distribution of the Mosquitoes of North America, North of Mexico. *University Press of Florida, Gainesville, Florida*. 79-115pp.
- Darwin, C. (1859).** The origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. London: John Murray.
- Daugherty, M.P., Alto, B.W., & Juliano, S.A. (2000).** Invertebrate carcasses as a resource for competing *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* 37: 364-372.
- Davis, M.A., & Thompson, K. (2000).** Eight ways to be a colonizer, two ways to be an invader: a proposed nomenclature scheme for invasion ecology. *Bull. Ecol. Soc. Am.*, 81: 226-230.
- Debach, P. (1966).** The competitive displacement and coexistence principles. *Annual Review of Entomology*, 11: 183-212.
- Delatte, H., Desvars, A., Bouetard A., Bord, S., Gimonneau, G., Vourc'h, G., & Fontenille, D. (2010).** Blood-feeding behavior of *Aedes albopictus*, a vector of Chikungunya on La Re'union. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 10, No.3. 249-258.
- Diniz, D.F.A., de Albuquerque, C.M.R., Oliva, L.O., de Melo-Santos, M.A.V., & Ayres, C.F.J. (2017).** Diapause and Quiescence: Dormancy Mechanisms that Contribute to the Geographical Expansion of Mosquitoes and Their Evolutionary success. *Parasites Vectors* 10(1), 310. doi:10.1186/s13071-017-2235-0
- Dobrotworsky, N.V. (1966).** Mosquitoes of Tasmania and Bass Strait Islands. *Proc. Linn. Soc. N. S. W.* 91: 121-146.

- Dobrotworsky, N.V. (1967).** The problem of the *Culex pipiens* complex in the South Pacific (including Australia). *Bull. World Health Organ.* 37, 251-255.
- Dohm, D.J., Logan, T.M., Barth, J.F., & Turell, M.J. (1995).** Laboratory transmission of Sindbis virus by *Aedes albopictus*, *Ae. aegypti*, and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology* 32: 818-821.
- Dye, C. (1982).** Intraspecific competition amongst larval *Aedes aegypti*: food exploitation or chemical interference? *Ecol Entomol.* 7: 39-46.
- Dye, C. (1984).** Competition amongst larval *Aedes aegypti*: the role of interference. *Ecol Entomol.* 9: 355-357.
- ECDC. (2007).** Chikungunya in Italy. Mission report. *European Centre of Disease Prevention and Control.* 26 pp.
- ECDC. (2009).** Development of *Aedes albopictus* risk maps. Technical report. *European Centre for Disease Prevention and Control.* Stockholm, Sweden (cited Jun 19, 2009). <http://www.ecdc.europa.eu/en/publications/>
- ECDC. (2020).** *Culex pipiens* - Factsheet for experts. *European Center for Disease Prevention and Control.* <https://www.ecdc.europa.eu/en/infectious-disease-topics/related-public-health-topics/disease-vectors/facts/mosquito-factsheets/culex-pipiens>
- ECDC. (2022).** Reverse identification key for mosquito species. *European Center for Disease Prevention and Control.* <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/reverse-identification-key-mosquito-species>
- Edgerly, J.S., Willey, M.S., & Livdahl, T. (1993).** The community ecology of *Aedes* hatching: implications for a mosquito invasion. *Ecol. Entomol.* 18: 123-128.
- Edgerly, J.S., Willey, M.S., & Livdahl, T. (1999).** Intraguild predation among treehole mosquitoes *Aedes albopictus*, *Ae. aegypti*, and *Ae. triseriatus* (Diptera: Culicidae), in laboratory microcosms. *J. Med. Entomol.* 36: 394-399.
- Edman, J.D. (1979).** Host-Feeding Patterns of Florida Mosquitoes (Diptera: Culicidae) VI. *Culex (Melanoconion)*. *Journal of Medical Entomology.* 15: 521-525.
- Enserink, M. (2008).** A mosquito goes global. *Science.* Vol 320, Issue 5878: 864-866.
- Eritja, R., Palmer, J.R.B, Roiz, D., Sanpera-Calbet, I., & Bartumeus, F. (2017).** Direct evidence of adult *Aedes albopictus* dispersal by car. *Scientific Reports*, 7: 1-15.
- Eritja, R., Escosa, R., Lucientes, J., Marques, E., Molina, R., Roiz, D., & Ruiz, S. (2005).** Worldwide invasion of vector mosquitoes: present European distribution and challenges for Spain. *Biol. Invasions.* 7: 85-87.
- Estrada-Franco, J.G. & Craig, G.B. (1995).** Biology, disease relationships and control of Biology, *Aedes albopictus*. *Pan American health organization (World Health Organization) Technical Paper* 1995: 49.
- European-Commission. (2010).** Spinosad. Assessment report. Inclusion of spinosad in Annex I of Council Directive 98/8/EC. <http://esis.jrc.ec.europa.eu/index.php?PGM=bpd>
- Ewel, J.J., O'Dowd, D.J., Bergelson, J., Daehler, C.C., D'Antonio, C.M., Gomez, L.D., Gordon, D.R., Hobbs, R.J., Holt, A., Hopper, K.R., Hughes, C.E., LaHart, M., Leaky, R.R.B., Lee, W.G.,**

- Loope, L.L., Lorence, D.H., Louda, S.M., Lugo, A.E., McEvoy, P.B., Richardson, D.M., & Vitousek, P.M. (1999).** Deliberate introductions of species: research needs. *Bioscience*.49: 619-630.
- Facon, B., Genton, B.J., Shykoff, J., Jame, P., Estoup, A., & David, P. (2006).** A general eco-evolutionary framework for understanding bioinvasions. *Trends in Ecology and Evolution*. 21: 130-135.
- Faraji, A., Egizi, A., Fonseca, D.M., Unlu, I., Crepeau, T., Healy, S.P., et al. (2014).** Comparative host feeding patterns of the Asian tiger mosquito, *Aedes albopictus*, in urban and suburban Northeastern USA and implications for disease transmission. *PLoS Negl Trop Dis*.8: e3037.
- Farajollahi, A., & Price, D.C. (2013).** A Rapid Identification Guide for Larvae of the Most Common North American Container-Inhabiting *Aedes* Species of Medical Importance. *J. of the American Mosquito Control Association*, 29(3): 203-221.
- Farajollahi, A., Fonseca, D.M., Kramer, L.D., & Kilpatrick, A.M. (2011).** “Bird biting” mosquitoes and human disease: A review of the role of *Culex pipiens* complex mosquitoes in epidemiology. *Infection, Genetics and Evolution* 11: 1577-1585.
- Faull, K. J., Webb, C., & Williams, C. R. (2016).** Desiccation Survival Time for Eggs of a Widespread and Invasive Australian Mosquito Species, *Aedes* (Finlaya) *Notoscriptus* (Skuse). *J. Vector Ecol.* 41(1), 55–62. doi:10.1111/jvec.12194
- Favret, C., & Sieracki, J.M. (2016).** Machine vision automated species identification scaled towards production levels. *Systematic Entomology*. 41, 133-143. doi: 10.1111/syen.12146
- Fonseca, D. M., Keyghobadi, N., Malcolm, C. A., Mehmet, C., Schaffner, F., Mogi, M., Fleischer, R. C., Wilkerson, R. C. (2004).** Emerging vectors in the *Culex pipiens* complex. *Science (Wash. DC)* 303: 1535-1538.
- Fonseca, D.M., Smith, J.L., Wilkerson, R.C., & Fleischer, R.C., (2006).** Pathways of expansion and multiple introductions illustrated by large genetic differentiation among worldwide populations of the southern house mosquito. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 74, 284-289.
- Fontenille, D., & Rodhain, F. (1989).** Biology and distribution of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* in Madagascar. *J Am Mosq Control Assoc*.5: 219-225.
- Forattini, O.P. (1996).** *Culiciodologia medica. Vol. 1. Principios gerais morfologia glossario taxonomico*. Universidade de Sao Paulo-Edusp. Brasil. 548 pp.
- Fortuna, C., Remoli, M.E., Severini, F., Di Luca, M., Toma, L., Fois, F., et al. (2015).** Evaluation of vector competence for West Nile virus in Italian *Stegomyia albopicta* (= *Aedes albopictus*) mosquitoes. *Med Vet Entomol*.29(4): 430-3.
- Foster, W.A., & Walker, E.D. (2002).** Mosquitoes (Culicidae). Medical and veterinary entomology: *Elsevier Science*, 12, 203-262.
- Gao, J.Z., Zhen, Z.Y., Xue, J.M., Huang, P.Y., Zhao, J.P., Cao, N.H. (1984).** Studies on the longevity of adult *Aedes*(S.) *Albopictus* (SKUSE): The longevity of caged females under laboratory conditions. 27(2): 182-188.

- Garcia, J.J., Fukuda, T., & Becnel, J.J. (1994).** Seasonality, prevalence and pathogenicity of the gregarine *Ascogregarina taiwanensis* (Apicomplexa: Lecudinidae) in mosquitoes from Florida. *J Am Mosq Control Assoc.* 10: 413-418.
- Gatt, P., Deeming, J.C., Schaffner, F. (2009).** First records of *Aedes (Stegomyia) albopictus* in Malta. *Eur Mos Bull.* 27: 56-64.
- Gause, G. (1934).** The Struggle for Existence. Baltimore, MD: Williams and Wilkins.
- Giatropoulos, A., Emmanouel, N., Koliopoulos, G., & Michaelakis, A. (2012b).** A study on distribution and seasonal abundance of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) population in Athens, Greece. *J. Med. Entomol.* 49: 262-269. pmid:22493842
- Giatropoulos, A., Michaelakis, A., Koliopoulos, G., & Pontikakos, C.M. (2012a).** Records of *Aedes albopictus* and *Aedes cretinus* (Diptera: Culicidae) in Greece from 2009 to 2011. *Hell. Plant Prot. J.* 5: 49-56.
- Giatropoulos, A., Papachristos, D.P., Koliopoulos, G., Michaelakis, A., & Emmanouel, N. (2005).** Asymmetric Mating Interference between Two Related Mosquito Species: *Aedes (Stegomyia) albopictus* and *Aedes (Stegomyia) cretinus*. *PloS One* 10(5), e0127762.
- Giatropoulos, A., Papachristos, D.P., Michaelakis, A., Kapranas, A. & Emmanouel, N. (2022).** Laboratory study on larval competition between two related mosquito species: *Aedes (Stegomyia) albopictus* and *Aedes (Stegomyia) cretinus*. *Acta Tropica*, Volume 230, 106389.
- Gillies, M.T. (1980).** The role of carbon dioxide in host-finding by mosquitoes (Diptera: Culicidae): a review. *Bulletin of Entomological Research* 70: 525-532.
- Gillies, M.T., & Smith, A. (1960).** The effect of a residual house-spraying campaign in East Africa on species balance in the *Anopheles funestus* Group. The replacement of *A. funestus* Giles by *A. rivulorum* Leeson. *Bull Entomol Res.* 51: 243-252.
- Gilotra, S.K., Rozeboom, L.E., & Bhattacharya, N.C. (1967).** Observations on possible competitive displacement between populations of *Aedes aegypti* Linnaeus and *Aedes albopictus* Skuse in Calcutta. *WHO Bull.* 37: 437-446.
- Gjullin, C.M., & Stage, H.H. (1950).** Studies on *Aedes vexans* (Meig.) and *Aedes sticticus* (Meig.), flood water mosquitoes, in the Lower Columbia River Valley. *Annals of the Entomological Society of America.* 43: 262-275.
- Gjullin, C.M., Hegarty, C.P., & Bollen, W.B., (1941).** The necessity of a low oxygen concentration for the hatching of *Aedes* mosquito eggs. *J. Cell Comp. Physiol.* 17: 193-202.
- Gomes, B., Kioulos, E., Papa, A., Almeida, A., Vontas, J., & Pinto, J. (2013).** Distribution and hybridization of *Culex pipiens* forms in Greece during the West Nile virus outbreak of 2010. *Infection, Genetics and. Evolution.* 16: 218-225.
- Gomes, C., Gotlieb, S.L., Marques, C.C., de Paula, M.B., & Marques, G.R. (1995).** Duration of larval and pupal development stages of *Aedes albopictus* in natural and artificial containers. *Rev Saude Publica.* 29(1):15-9.
- Gomes, P., Sousa, A.C., Novo, T.M., Freitas, B.F., Alves, R., Corte-Real, R.A., Salgueiro, P., Donnell, J.M., Almeida, P.A., & Pinto, J. (2009).** Assymetric introgression between sympatric

molestus and *pipiens* forms of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) in the Comporta region, Portugal. *Evolutionary Biology* 9(262).

Gotelli, N.J. (2001). *A primer of ecology*. 3rd ed. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts. ISBN 0-87893-273-9.

Grant, P.R. (1972). Convergent and divergent character displacement. *Biological Journal of the Linnean Society*, 4: 39-68.

Grassi, B., Bignami, A. E., & Bastianelli, G. (1899). Ciclo evolutivo delle semilune nell' *Anopheles claviger* ed altri studi sulla malaria dall' ottobre 1898 all' maggio 1899. *Atti. Soc. Studi Malaria*, 1, 143–27.

Gratz, N.G. (2004). Critical review of the vector status of *Aedes albopictus*. *Medical and Veterinary Entomology* 18: 215-227.

Grimstad, P.R. & Haramis, L.D. (1984). *Aedes triseriatus* (Diptera: Culicidae) and LaCrosse virus. III. Enhanced oral transmission by nutrition-deprived mosquitoes. *J. Med. Entomol.* 21, 249-256.

Grimstad, P.R. & Walker, E.D. (1991). *Aedes triseriatus* (Diptera: Culicidae) and LaCrosse virus. IV. Nutritional deprivation of larvae affects the adult barriers to infection and transmission. *J. Med. Entomol.* 28, 378-386.

Grinnell, J. (1904). The origin and distribution of the chestnut-backed chickadee. *The Auk*, 21: 364-382.

Grinnell, J. (1928). The presence and absence of animals. *University of California Chronicle* 30: 429-450.

Grist, N.R. (1993). *Aedes albopictus*: the tyre-travelling tiger. *Journal of Infection* 27: 1-4.

Griswold, M.W., & Lounibos, L.P. (2005). Does differential predation permit invasive and native mosquito larvae to coexist in Florida? *Ecol Entomol.* 29: 122-127.

Griswold, M.W., & Lounibos, L.P. (2006). Predator identity and additive effects in a treehole community. *Ecology*. 87: 987-995.

Gubler, D.J. (1970a). Competitive displacement of *Aedes (Stegomyia) polynesiensis* Marks by *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse in laboratory populations. *J Med Entomol.* 7: 229-235.

Gubler, D.J. (1970b). Induced sterility in *Aedes (Stegomyia) polynesiensis* Marks by cross-insemination with *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse. *J Med Entomol.* 7: 65-70.

Günay, F., Picard, M., & Robert, V. (2017). An interactive identification key for mosquitoes of Euro-Mediterranean. *MosKeyTool*. Version 2.1. ed. Montpellier.

Gurera, D., Bhushan, B., & Kumar, N. (2018). Lessons from mosquitoes' painless piercing. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. Volume 84, Pages 178-187.

Gutsevich, A.V., Monchadskii, A.S., & Shtakel'berg, A.A. (1974). Fauna of the U.S.S.R. Diptera Vol. 3, No. 4, Mosquitoes, family Culicidae. [Translated from Russian original, 1971, by Israel Program for Scientific Translations]. *Keter Publishing House Jerusalem Ltd, Jerusalem, Israel*. 408 pp.

- Hanson, S.M., & Craig, G.B. (1994).** Cold acclimation, diapauses, and geographic origin affect cold hardiness in eggs of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* 31, 192-201.
- Harbach, R. E., Harrison, B. A., & Gad, A. M. (1984).** *Culex (Culex) molestus* Forskal (Diptera: Culicidae): neotype designation, description, variation, and taxonomic status. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 86: 521–542.
- Harbach, R.E. (2007, December 21).** The Culicidae (Diptera): a review of taxonomy, classification and phylogeny. *Linnaeus Tercentenary: Progress in Invertebrate Taxonomy. Zootaxa*, 1668, 1–766.
- Harbach, R.E. (2008a).** Mosquito Taxonomic Inventory. Anophelinae. <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/simpletaxonomy/term/6046>
- Harbach, R.E. (2008b).** Mosquito Taxonomic Inventory. Culicinae. <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/simpletaxonomy/term/6060>
- Harbach, R.E. (2012).** *Culex pipiens*: Species versus species complex-taxonomic history and perspective. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 28, 10–23.
- Harbach, R.E. (2024, March 5).** Mosquito Taxonomic Inventory. Valid species. <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/>
- Harbach, R.E., & Kitching, I.J. (1998).** *Phylogeny and classification of the Culicidae (Diptera)*. Systematic Entomology 23.
- Harbach, R.E., & Knight, K.L. (1980).** Taxonomists' glossary of mosquito anatomy. *Plexus Publishing, Inc., New Jersey*. 413 pp.
- Harbach, R.E., Dahl, C., White, G.B., (1985).** *Culex (Culex) pipiens* Linnaeus (Diptera: Culicidae): concepts, type designations, and description. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 87, 1–24.
- Harbach, R.E., Dallimore, T., Briscoe, A.G., Culverwell, C.L., Vaux, A.G.C., & Medlock, J.M. (2017).** *Aedes nigrinus* (Eckstein, 1918) (Diptera, Culicidae), a new country record for England, contrasted with *Aedes sticticus* (Meigen, 1838). *ZooKeys* 671: 119-130. <https://doi.org/10.3897/zookeys.671.12477>
- Hardin, G. (1960).** The competitive exclusion principle. *Science*, 131: 1292-98.
- Hardin, G. (1960).** The competitive exclusion principle. *Science*, 131, 1292-1297.
- Harper, J.P., & Paulson, S.L. (1994).** Reproductive isolation between Florida strains of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *J Am Mosq Control Assoc.* 10: 88-92.
- Hartman, K. (2011).** *Aedes albopictus*. *Animal Diversity Web*. Accessed October 26, 2023 at https://animaldiversity.org/accounts/Aedes_albopictus/
- Hawley, W.A. (1985).** Population dynamics of *Aedes sierrensis*. Ecology of Mosquitoes: Proceedings of a Workshop (ed. by L. P. Lounibos, J. R. Rey and J. H. Frank), pp. 167-184. *Florida Medical Entomology Laboratory*. Vero Beach, Florida.
- Hawley, W.A. (1988).** The biology of *Aedes albopictus*. *Journal of the American Mosquito Control Association* 4 (Suppl.1): 1-39.

- Hawley, W.A., Reiter, P., Copeland, R.S., Pumpuni, C.B., & Craig, G.B. (1987).** *Aedes albopictus* in North America: probable introduction in used tires from Northern Asia. *Science*.236: 1114-1116.
- Hendrichs, J., Franz, G., & Rendon, R. (2002).** Medfly area-wide sterile insect technique programmes for prevention, suppression, or eradication: the importance of mating behavior. *Florida Entomologist*. 85: 1-13.
- Hertlein, M.B., Mavrotas, C., Jodsseume, C., Lysandrou, M., Thompson, G.D., Jany, L.W., & Ritchie, S.A. (2010).** A review of spinosad as a natural product for larval mosquito control. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 26(1): 67-87.
- Hickman, C.P., Roberts, L.S., Keen, S.L., Eisenhour, D.J., Larson, A., & I'Anson, H. (2015).** *Ζωολογία, Ολοκληρωμένες Αρχές, Τόμος 1*. 16η Αμερικάνικη, 3η Ελληνική έκδοση. Utopia Publishing.
- Ho, B.C., Ewert, A., & Chew, L. (1989).** Interspecific competition among *Aedes aegypti*, *Ae. albopictus*, and *Ae. triseriatus* (Diptera: Culicidae): larval development in mixed cultures. *J Med Entomol*. 26: 615-623.
- Hobbs, J.H., Hughes, E.A., & Eichold, B.H. (1991).** Replacement of *Aedes aegypti* by *Aedes albopictus* in Mobile, Alabama. *J Am Mosq Control Assoc*. 7: 488-489.
- Holick, J., Kyle, A., Ferraro, W., Delaney, R.R., & Iwaseczko, M. (2002).** Discovery of *Aedes albopictus* infected with west nile virus in southeastern Pennsylvania. *Journal of the American Mosquito Control Association* 18: 131.
- Holt, R.D., & Lawton, J.H. (1994).** The ecological consequences of shared natural enemies. *Annu Rev Ecol Systematics*.25: 495-520.
- Hornby, J. A., Moore, D. E., & Miller, T. W. Jr. (1994).** *Aedes albopictus* distribution, abundance, and colonization in Lee County, Florida and its effect on *Aedes aegypti*. *J. Am. Mosq. Control Assoc*. 10: 397-402.
- Horsfall, W.R., Fowler, H.W., Moretti, L.G., & Larsen, J.R. (1973).** Bionomic and embryology of the island floodwater mosquito *Aedes vexans*. *University of Illinois Press.Urbana. U.S.A*. 221 pp.
- Huang, C.H. (1957).** Studies of virus factors as causes of inapparent infection in Japanese B encephalitis: virus strains, viraemia, stability to heat and infective dosage. *Acta Virologica* 1: 36-45.
- Huang, Y.M. (1972).** Contributions to the mosquito fauna of the Southeast Asia. XIV. The subgenus *Stegomyia* of *Aedes* in Southeast Asia. I - The Scutellaris group of species. *Contributions of the. American Entomological Institute*. 9: 1-109.
- Hubalek, Z. (2008).** Mosquito-borne viruses in Europe. *Parasitology Research* 103 (1 Supplement): 24-43.
- Hui, C., & Richardson, D.M. (2017).** Invasion Dynamics. *Oxford University Press*: Oxford, UK.
- Huxley, P.J., Murray, K.A., Pawar, S., Cator, L.J. (2021).** The effect of resource limitation on the temperature dependence of mosquito population fitness. *Proc R Soc B.*: 288: 20203217. doi: 10.1098/rspb.2020.3217

- Ibanez-Justicia, A. (2020).** Pathways for introduction and dispersal of invasive *Aedes* mosquito species in Europe: a review. *Journal of the European Mosquito Control Association*.38: 1-10.
- Isman, M.B. (2000).** Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*. 19: 603-608.
- Isman, M.B. (2006).** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*. 51: 45-66.
- Isman, M.B., & Machial C.M. (2006).** Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. In *Naturally occurring bioactive compounds*, M. Rai and C. M. Carpinella (ed.). Elsevier, Amsterdam, pp. 29-44.
- Iturbe-Ormaetxe, I., Walker, T., & O'Neill, S. (2011).** *Wolbachia* and the biological control of mosquito-borne disease. *European Molecular Biology Organization*. 12(6): 508-518.
- Jones, W.H.S. (1909).** *Malaria and Greek history*. Manchester University Press. *Journal of the American Mosquito Control Association* 4: 138-142.
- Juliano, S.A. (1998).** Species introduction and replacement among mosquitoes: interspecific resource competition or apparent competition? *Ecology*. 79: 255-268.
- Juliano, S.A. (2009).** Species interactions among larval mosquitoes: context dependence across habitat gradients. *Annu Rev Entomol*.54: 37-56.
- Juliano, S.A. (2010).** Coexistence, exclusion, or neutrality? A meta-analysis of competition between *Aedes albopictus* and resident mosquitoes. *Isr J Ecol Evol*. 56(3-4): 10.1560/IJEE.55.3-4.325.
- Juliano, S.A., & Lounibos, L.P. (2005).** Ecology og invasive mosquitoes: effects on resident species and on human health. *Eco. Lett.* 8: 558-574.
- Juliano, S.A., Lounibos, L.P., & O'Meara, G.F. (2004).** A field test for competitive effects of *Aedes albopictus* on *Aedes aegypti* in south Florida: differences between sites of coexistence and exclusion? *Oecologia*. 139: 583-593.
- Juliano, S.A., O'Meara, G.F., Morrill, J.R. & Cutwa, M.M. (2002).** Desiccation and thermal tolerance of eggs and coexistence of competing mosquitoes. *Oecologia*. 130: 458-469.
- Kamgang, B., Nchoutpouen, E., Simard, F., & Paupy, C. (2012).** Notes on the blood-feeding behavior of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Cameroon. *Parasites and Vectors* Vol.5, Issue 1, 57.
- Kettle, D.S. (1995).** *Medical and veterinary entomology*. 2nd ed.. CAB International. Cambridge, U.K. 725 pp.
- Kiarie-Makara, M.W., Ngumbi, P.M., & Lee, D.K. (2015).** Effects of temperature on the growth and development of *Culex pipiens* complex mosquitoes (Diptera: Culicidae). *IOSR Journal of Pharmacy and Biomedical Sciences* 10: 1-10.
- Kilpatrick, A.M., & Pape, W.J. (2013).** Predicting human West Nile virus infections with mosquito surveillance data. *Am J Epidemiol*.178(5): 829-35.

- Kioulos, I., Michaelakis, A., Samanidou-Voyadjoglou, A., & Koliopoulos, G. (2014).** Mosquito (Diptera: Culicidae) fauna in natural breeding sites of Attica basin, Greece. *Hellenic Plant Protection Journal*. 7: 31-34.
- Kioulos, I.P. (2013).** A recent record of *Ochlerotatus (Rusticoides) rusticus* (Rossi, 1790) (Diptera: Culicidae) in Greece. *Journal of the European Mosquito Control Association*. 31: 12-13.
- Knight, K.L. (1978).** Supplement to a catalog of the mosquitoes of the World (Diptera: Culicidae). *Thomas Say Foundation* 6, 1–107.
- Knio, K.M., Markarian, N., Kassis, A., & Nuwayri-Salti, N. (2005).** A two-year survey on mosquitoes of Lebanon. *Parasite Journal*, 12: 229-235.
- Knipling, E., Laven, H., Craig, J.G.B., Pal, R., Kitzmiller, J., Smith, C.N., & Brown, A. (1968).** Genetic control of insects of public health importance. *Bulletin of the World Health Organization*. 38: 421-438.
- Konishi, E. (1989).** *Culex tritaeniorhynchus* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) as natural vectors of *Dirofilaria immitis* (Spirurida: Filariidae) in Miki City, Japan. *Journal of Medical Entomology* 26: 294-300.
- Kraemer, M.U., Sinka, M.E., Duda, K.A., Mylne, A.Q., Shearer, F.M., Barker, C.M., et al. (2015).** The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *Elife*. 4: e08347.
- Kreß, A., Kuch, U., Oehlmann, J. & Müller, R. (2014).** Impact of temperature and nutrition on the toxicity of the insecticide λ -cyhalothrin in full-lifecycle tests with the target mosquito species *Aedes albopictus* and *Culex pipiens*. *Journal of Pest Science*, 87, 739–750.
- Kulasekera, V. L., Kramer, L., Nasci, R. S., Mostashari, F., Cherry, B., Trock, S. C., Glaser, C., & Miller, J. R. (2001).** West Nile virus infection in mosquitoes, birds, horses, and humans, Staten Island, New York, 2000. *Emerg. Inf. Dis.* 7: 722-725.
- Lane, J. (1982).** *Aedes (Stegomyia) cretinus* Edwards 1921 (Diptera: Culicidae). *Mosquito Systematics* 14(2): 81-85.
- Legros, M., Lloyd, A.L., Huang, Y. & Gould, F. (2009).** Density-dependent intraspecific competition in the larval stage of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): revisiting the current paradigm. *Journal of Medical Entomology*, 46(3), 409-419.
- Lehane, M.J. (1991).** Biology of blood-sucking insects. Harper Collins Academic. London, UK. 288 pp.
- Lehane, M.J. (2005).** *The Biology of Blood-Sucking Insects*. 2nd edition. Cambridge University Press.
- Leisnham, P.T., & Juliano, S.A. (2009).** Spatial and temporal patterns of coexistence between competing *Aedes* mosquitoes in urban Florida. *Oecologia*, 160(2): 343-352.
- Leisnham, P.T., LaDeau, S.L., Saunders, M.E.M., & Villena, O.C. (2021).** Condition-Specific Competitive Effects of the Invasive Mosquito *Aedes albopictus* on the Resident *Culex pipiens* among Different Urban Container Habitats May Explain Their Coexistence in the Field. *Insects*. 12, 993. <https://doi.org/10.3390/insects12110993>

- Levins, R. (1969).** Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 15, 237-240.
- Livdahl, T.P., & Willey, M.S. (1991).** Prospects for an invasion: competition between *Aedes albopictus* and native *Aedes triseriatus*. *Science*.253: 189-191.
- Loetti, V., Schweigmann, N.J., & Burroni, N.E. (2011).** Temperature effects on the immature development time of *Culex eduardoi* Casal & García (Diptera: Culicidae). *Neotropical Entomology* 40: 138-142.
- Lofgren, C.S., Dame, D.A., Breeland, S.G., Weidhaas, D.E., Jeffery, G., Kaiser, R., Ford, H.R., Boston, M.D., & Baldwin, K.F. (1974).** Release of chemosterilized males for the control on *Anopheles albimanus* in El Salvador. III Field methods and population control. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 23(2): 288-297.
- Lounibos, L.P. (2002).** Invasions by insect vectors of human disease. *Annual Review of Entomology* 47: 233-266.
- Lounibos, L.P. (2007).** Competitive displacement and reduction. *J Am Mosq Control Assoc.* 23 (2 Suppl): 276-282.
- Lounibos, L.P., & Frank, J.H. (1994).** Biological control of mosquitoes. Pest Management in the Subtropics. In: Rosen D, Bennett FD, Capinera JL, editors. Biological Control —A Florida Perspective. Andover, United Kingdom: *Intercept Press*. pp. 395-409.
- Lounibos, L.P., Escher, R.L., & Lourenco-De-Oliveira, R. (2003).** Asymmetric evolution of photoperiodic diapause in temperate and tropical invasive populations of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 96: 512-518.
- Lounibos, L.P., O'Meara, G.F., Escher, R.L., Nishimura, N., Cutwa, M., Nelson, T., Campos, R.E., & Juliano, S.A. (2001).** Testing predictions of displacement of native *Aedes* by the invasive Asian Tiger Mosquito *Aedes albopictus* in Florida, USA. *Biol Invasions*.3: 151-166.
- Lounibos, L.P., O'Meara, G.F., Nishimura, N., & Escher, R.L. (2003).** Interactions with native mosquito larvae regulate the production of *Aedes albopictus* from bromeliads in Florida. *Ecol Entomol*.28: 551-558.
- Lounibos, L.P., Suárez, S., Menéndez, Z., Nishimura, N., Escher, R.L., O'Connell, S.M., & Rey, J.R. (2002).** Does temperature affect the outcome of larval competition between *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*? *J Vector Ecol.* 27: 86-95.
- Lowrie, R.C. (1973).** Displacement of *Aedes (S.) polynesiensis* Marks by *A. (S.) albopictus* Skuse through competition in the larval stage under laboratory conditions. *J Med Entomol.* 10: 131-136.
- Lundström, J.O. (1999).** Mosquito-borne viruses in Western Europe: a review. *Journal of Vector Ecology* 24: 1-39.
- Lyimo, E.O., & Takken, W. (1993).** Effects of adult body size on fecundity and the pre-gravid rate of *Anopheles gambiae* females in Tanzania. *Med Vet Entomol*, 7: pp. 328-332.
- Lytra, I., Balatsos, G., Karras, V., Stefopoulou, A., Papachristos, D., & Michaelakis, A. (2018).** Finding *Aedes cretinus*: current state in Greece. *21st European Conference of the Society for Vector Ecology (SOVE), Palermo (Italy), 22nd –26th October 2018.*

- Macchioni, F., Chiavacci, D., Biasci, A. & Prati, M.C. (2016).** Intraspecific competition among larvae of *Aedes albopictus* in conditions of food abundance and shortage. *Journal of the European Mosquito Control Association*. 34: 14-16.
- Maciel-de-Freitas, R., Codeço, C.T., & Lourenço-De-Oliveira, R. (2007).** Body size-associated survival and dispersal rates of *Aedes aegypti* in Rio de Janeiro. *Med Vet Entomol*. 21: 284-292. doi: 10.1111/j.1365-2915.2007.00694.x
- Mack, R.N., Simberloff, D., Lonsdale, W.M., Evans, H., Clout, M., & Bazzaz, F.A. (2000).** Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecol Appl*. 10: 689-710.
- Magnarelli, L.A. (1979).** Diurnal Nectar-Feeding of *Aedes cantator* and *A. sollicitans* (Diptera: Culicidae). *Environmental Entomology* 8: 949–955.
- Mangiafico, J.A. (1971).** Chikungunya virus infection and transmission in five species of mosquito. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 20: 642-645.
- Manson, P. (1878).** On the development of *Filaria sanguinis hominis*, and on the mosquito considered as a nurse. *J. Linn. Soc. Zool. London*: 14, 304-11.
- Marchi, A., & Munstermann, L.E. (1987).** The mosquitoes of Sardinia: species records 35 years after the malaria eradication campaign. *Med Vet Entomol*. 1: 89–96.
- Marina, C.F., Bond, J.G., Casas, M., Munoz, J., Orozco, A., Valle, J., & Williams, T. (2011).** Spinosad as an effective larvicide for control of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti*, vectors of dengue in Southern Mexico. *Pest Management Science*. 67: 114-121.
- Marini, G., Guzzetta, G., Baldacchino, F., Arnoldi, D., Montarsi, F., Capelli, G., Rizzoli, A., Merler, S., & Rosa, R. (2017).** The effect of interspecific competition on the temporal dynamics of *Aedes albopictus* and *Culex pipiens*. *Parasites Vectors* 10, 102. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2041-8>
- Marshall, J. F. (1938).** "The British Mosquitoes." British Museum (Natural History), London.
- Martinou, A.F., Fawcett, J., Georgiou, M., Angelidou, I., Philippou, M., & Schaffner, F. (2021).** Occurrence of *Aedes cretinus* in Cyprus based on information collected by citizen scientists. *Journal of the European Mosquito Control Association*. 39(1): 31-38.
- Mattingly, P.F. (1953).** A change of name among the British mosquitoes. *Proc R Ent Soc London* 22: 106-108.
- Mattingly, P.F. (1965).** The systematics of the *Culex pipiens* complex. *Bull. World Health Organ*. 37, 257–261.
- Mattingly, P.F., Rozeboom, L.E., Knight, K.L., Laven, H., Drummond, F.H., Christophers, S.R. & Shute, P.G. (1951).** The *Culex pipiens* complex. *T. Royal Entomol. Soc. London* 102, 331–382.
- McGraw, E. A., & O'Neill, S. L. (2013).** Beyond insecticides: new thinking on an ancient problem. *Nature Reviews Microbiology*. 11(3). 181-193.
- McHugh, C. P. (1993).** Distributional records for *Aedes* mosquitoes from the U.S. Air Force oviptrapping program -1992. *J. Am. Mosq. Control Assoc*. 9: 352-355.

McIver, S.B. (1980). Sensory aspects of mate-finding behavior in male mosquitoes (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* 17, 54-57.

McMichael, A.J., & Bourn, M.J. (2000). Global changes, invasive species and human health. In: *Invasive species in a Changing World* (eds Mooney, H.A., & Hobbs, R.J.). Island Press, Washington, DC, USA, pp. 191-210.

Medlock, J.M, Hansford, K.M., Schaffner, F., Versteirt, V., Hendrickx, G., Zeller, H., & Van Bortel, W. (2012). A Review of the Invasive Mosquitoes in Europe: Ecology, Public Health Risks, and Control Options. *Vector-borne and Zoonotic Diseases*. Volume 12, Number 6. 435-447.

Mehlhorn, H. (2015). *Wuchereria bancrofti*. In: Mehlhorn, H. (eds) *Encyclopedia of Parasitology*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-27769-6_3433-2

Mekuria, Y., & Hyatt, M. G. (1995). *Aedes albopictus* in South Carolina. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 11: 468-470.

Mihou, A.P., & Michaelakis, A. (2010). Oviposition aggregation pheromone for *Culex* mosquitoes: bioactivity and synthetic approaches. *Hellenic Plant Protection Journal*. Vol.2. Benaki Phytopathological Institute: 33-56.

Missiroli, A. (1939). Varieties of *Anopheles maculipennis* and the malaria problem in Italy. *Proc VII Internatl Congress Entomol; Berlin*. pp. 1619-1640.

Mitchell, C.J. (1991). Vector competence of North and South American strains of *Aedes albopictus* for certain arboviruses - a review. *Journal of the American Mosquito Control Association* 7: 446-451.

Mitchell, C.J. (1995). Geographical spread of *Aedes albopictus* and potential for involvement in arbovirus cycles in the Mediterranean basin. *Journal of Vector Ecology* 20: 44-58.

Mitchell, C.J., McLean, R.G., Nasci, R.S., Crans, W.J., Smith, G.C., & Caccamise, D.F. (1993). Susceptibility parameters of *Aedes albopictus* to per oral infection with Eastern Equine Encephalitis Virus. *Journal of Medical Entomology* 30: 233-235.

Mitchell, C.J., Niebylski, M.L., Smith, G.C., Karabatsos, N., Martin, D., Mutebi, J.-P., Craig Jr, G.B., & Mahler, M.J. (1992). Isolation of eastern equine encephalitis virus from *Aedes albopictus* in Florida. *Science* 257: 526-527.

Mohammed, A., & Chadee, D.D. (2011). Effects of different temperature regimens on the development of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) mosquitoes. *Acta Tropica*. 119(1): 38-43.

Mohrig, W. (1969). Die Culiciden Deutschlands. *Parasitol. Schriftenreihe*. 18: 260.

Mokany, A., & Shine, R. (2003a). Competition between tadpoles and mosquito larvae. *Oecologia*. 135: 615-620.

Mokany, A., & Shine, R. (2003b). Biological warfare in the garden pond: tadpoles suppress the growth of mosquito larvae. *Ecol Entomol*. 28: 102-108.

Moller-Jacobs, L.L., Murdock, C.C. & Thomas, M.B. (2014). Capacity of mosquitoes to transmit malaria depends on larval environment. *Parasites Vectors*, 7, p. 593.

- Monath, T.P. (2001).** Yellow fever. In *The encyclopedia of arthropod-transmitted infections*, M. W. Service [ed.]. CABI Publishing, Eastbourne, UK, pp. 571-577.
- Monath, T.P., Warren, K.S., & Mahmoud, A.A.F. (1990).** Yellow fever. In *Tropical and geographical medicine*. McGraw Hill Inc., New York, USA, pp. 661-674.
- Montell, C., & Zwiebel, L.J. (2016).** Mosquito sensory systems. *Advances in Insect Physiology*. Vol. 51. Chapter 10. 294-318.
- Moore, C.G. (1999).** *Aedes albopictus* in the United States: current status and prospects for further spread. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 15: 221-227.
- Moore, C.G., & Fisher, B.R. (1969).** Competition in mosquitoes. Density and species ratio effects on growth, mortality, fecundity, and production of growth retardant. *Ann Entomol Soc Am.* 62: 1325-1331.
- Murrell, E.G., & Juliano, S.A. (2008).** Detritus type alters the outcome of interspecific competition between *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* 45, 375-383.
- Muturi, E.J., Kim, C., Alto, B.W., Berenbaum, M.R. & Schuler, M.A. (2011).** Larval environmental stress alters *Aedes aegypti* competence for Sindbis virus. *Trop. Med. Int. Health*, 16, pp. 955-964.
- Napp, S., Petric, D., & Busquets, N. (2018).** West Nile virus and other mosquito-borne viruses present in Eastern Europe. *Pathogens and Global Health*, 112:5. 233-248.
- Nasci, R.S. (1986).** The size of emerging and host-seeking *Aedes aegypti* and the relation of size to blood-feeding success in the field. *J Am Mosq Control Assoc*, 2: pp. 61-62.
- Nasci, R.S., Hare, S.G., & Willis, F.S. (1989).** Interspecific mating between Louisiana strains of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* in the laboratory. *J Am Mosq Control Assoc.* 5: 416-421.
- Nasci, R.S., & Mitchell, C.J. (1994).** Larval diet, adult size, and susceptibility of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) to infection with Ross River virus. *J Med Entomol.* 31: 123-126.
- Niebylski, M.L., & Craig Jr., G.B. (1994).** Dispersal and Survival of *Aedes albopictus* at a scrap tire yard in Missouri. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 10(3):339-343.
- Nielsen, L.T. (1957).** Notes on the flight ranges of Rocky Mountain mosquitoes of the genus *Aedes*. *Proceedings of the Utah Academy of Sciences, Arts, and Letters*. 34: 27-29.
- O'Donnell, D.L., & Armbruster, P. (2007).** Comparison of foraging behavior of *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus* (Diptera: Culicidae) *J. Med. Entomol.* 44: 984-989.
- O'Meara, G.F., Evans, L.F., Gettman, A.D., & Cuda, J.P. (1995a).** Spread of *Aedes albopictus* and decline of *Ae. aegypti* (Diptera: Culicidae) in Florida. *J Med Entomol.* 32: 554-562.
- O'Meara, G.F., Evans, L.F., Gettman, A.D., & Patteson, A.W. (1995b).** Exotic tank bromeliads harboring immature *Aedes albopictus* and *Aedes bahamensis* (Diptera: Culicidae) in Florida. *J. Vector Ecol.* 20: 216-224.
- O'Brochta, D.A. (2003).** Transgenic mosquitoes: the state of the art. In: *Ecological Aspects for Application of Genetically Modified Mosquitoes* (eds Takken, W. & Scott, T.W.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 15-24.

- Odum, E.P. (1971).** *Fundamental of ecology* (3rd ed.). W.B. Saunders Comp. Philadelphia.
- Packer, M.J., & Corbet, P.S. (1989).** Size variation and reproductive success of female *Aedes punctor* (Diptera: Culicidae). *Ecological Entomology*, 14(3): 297-309.
- Padmanabha, H., Bolker, B., Lord, C.C., Rubio, C., & Lounibos, L.P. (2011).** Food availability alters the effects of larval temperature on *Aedes aegypti* growth. *J Med Ent.* 48: 974–984. doi: 10.1603/me11020
- Pampiglione, S., & Rivasi F. (2001).** Dirofilariasis. In *The encyclopedia of arthropod-transmitted infections*, M. W. Service (ed.). CABI Publishing, Eastbourne, UK, pp. 143-150.
- Pantazis, G. (1935).** La faune des Culicides de Grece. *Acta Instituti et Musei Zoologici Universitatis Atheniensis*. 1: 1-27.
- Parker, K.R., & Mant M.J. (1979).** Effects of tsetse (*Glossina morsitans morsitans* Westw.) (Diptera: Glossinidae) salivary gland homogenate on coagulation and fibrinolysis. *Thrombosis and haemostasis*. 42: 743-751.
- Parola, P., de Lamballerie, X., Jourdan, J., Rovey, C., Vaillant, V., Minodier, P., Brouqui, P., Flahault, A., Raoult, D., & Charrel, R.N. (2006).** Novel Chikungunya Virus variant in travelers returning from Indian Ocean Islands. *Emerging Infectious Diseases* 12: 1493-1499.
- Patsoula, E., Samanidou-Voyadjoglou, A., Spanakos, G., Kremastinou, J., Nasioulas, G., & Vakalis, N.C. (2006).** Molecular and morphological characterization of *Aedes albopictus* in Northwestern Greece and differentiation from *Aedes cretinus* and *Aedes aegypti*. *Journal of Medical Entomology* 43: 40-54.
- Paulson, S.L. & Hawley, W.A. (1991).** Effect of body size on the vector competence of field and laboratory populations of *Aedes triseriatus* for La Crosse virus. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 7, 170-175.
- Paupy, C., Delatte, H., Bagny, L., Corbel, V., & Fontenille, D. (2009).** *Aedes albopictus*, an arbovirus vector: From the darkness to the light. *Microbes and Infection*. Volume 11. Issues 14-15. 1177-1185.
- Petersen, J.J. (1980).** Mass production of the mosquito parasite *Romanomermis culicivorax*: effect of density. *J Nematol.* 12: 45–48.
- Petrić, D., Zgomba, M., & Srdić, Ž. (1986).** Physiological condition and mosquito mortality of *Culex pipiens* Complex (Dip. Culicidae) during hibernating time. Proc 3rd. *European Congr Ent Amsterdam*. 188–189 pp.
- Petrić, D. (1985).** Physiology of hibernating *Culex pipiens* Complex (Diptera, Culicidae) females. *Master Thesis (In Serbian)*. University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad. 82 pp.
- Petric, D. (2009).** Monitoring of invasive vector mosquitoes and vectorborne diseases (in Serbian). *Report to Administration for Environmental Protection*, Novi Sad City: 1-9.
- Petric, D., Pajovic, I., Ignjatovic Cupina, A., & Zgomba, M. (2001).** *Aedes albopictus* (Skuse, 1984), a new mosquito species (Diptera: Culicidae) in the entomofauna of Yugoslavia. *Symposia of Serbian Entomologist's 2001*. Entomological Society of Serbia, Goc Abstack Volume: pp 29 (in Serbian).

Peyton, E.L., Campbell, S.R., Candeletti, T.M., Romanowski, M., & Crans, W.J. (1999). *Aedes (Finlaya) japonicus japonicus* (Theobald), a new introduction into the United States. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 15: 238-241.

Pianca, E.R. (2006). *Εξελικτική Οικολογία*. Απόδοση στα Ελληνικά: Βαρδινογιάννη, Κ., Γκιώκας, Σ., Στάθη, Ι., & Σφενδουράκης, Σ. Συντονιστής: Μυλωνάς, Μ. Επιμέλεια κειμένου: Κουμπιάς, Ν. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης. ISBN 960-524-229-X.

Pinazo, M.J., Munoz J., Betica L., Maretic T., Zekan S., Avsic-Zupanc T., Sequeira E., Trilla A., & Gascon, J. (2008). Imported dengue hemorrhagic fever, Europe. *Emerging Infectious Diseases* 14: 1329-1330.

Provost, M.W. (1953). Motives behind mosquitoes flights. *Mosquito News.* 13: 106-109.

Puggioli, A., Carrieri, M., Dindo, M.L., Medici, A., Lees, R.S., Gilles, J.R.L., et al. (2017). Development of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) larvae under different laboratory conditions. *J Med Ent.* 54: 142–149. doi: 10.1093/jme/tjw127

Regnault-Roger, C. (1997). The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews* 2: 25-34.

Regnault-Roger, C., & Philogene, B.J.R. (2008). Past and current prospects for the use of botanicals and plant allelochemicals in integrated pest management. *Pharmaceutical Biology.* 46: 41-52.

Reisen, W.K., Milby, M.M., & Bock, M.E. (1984). The effects of immature stress on selected events in the life history of *Culex tarsalis*. *Mosquito News.* 44: 385-395.

Reiskind, M.H., & Lounibos, L.P. (2009). Effects of intraspecific larval competition on adult longevity in the mosquitoes *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Med Vet Entomol.* 23(1): 62-8.

Reiter, P. (1998). *Aedes albopictus* and the world trade in used tires, 1988-1995: The shape of things to come? *Journal of the American Mosquito Control Association* 14: 83-94.

Reiter, P., & Sprenger, D. (1987). The used tire trade: a mechanism for the worldwide dispersal of container breeding mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association* 3: 494-501.

Reitz, S.R., & Trumble, J.T. (2002). Competitive displacement among insects and arachnids. *Annu Rev Entomol.* 47: 435-465.

Renshaw, M., Service, M.W., & Birley, M.H. (1994). Size variation and reproductive success in the mosquito *Aedes cantans*. *Med Vet Entomol*, 8: pp. 179-186.

Rezza, G., Nicoletti, L., Angelini, R., Romi, R., Finarelli, A.C., Panning, M., Cordioli, P., Fortuna, C., Boros, S., Magurano, F., Silvi, G., Angelini, P., Dottori, M., Ciufolini, M.G., Majori, G.C., & Cassone, A. (2007). Infection with Chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region. *The Lancet* 370: 1840-1846.

Ribeiro, J.M.C. (1988). Can satyrs control pests and vectors? *J Med Entomol.* 25: 431-440.

Ribeiro, J.M.C., & Spielman, A. (1986). The satyr effect: a model predicting parapatry and species extinction. *Am Naturalist.* 128: 513-528.

- Romeo, A.V., Alem, I., De Majo, M.S., Byttebier, B., Solari, H.G., and Fischer, S. (2018).** Effects of scarcity and excess of larval food on life history traits of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J Vector Ecol.* 43: 117–124. doi: 10.1111/jvec.12291
- Romi, R. (2001).** *Aedes albopictus* in Italia: un problema sot-tovalutato. *Ann. Ist. Super. Sanita.* 37: 241-247.
- Rosen, L., Rozeboom, L.E., Reeves, W.C., Saugrain, J. & Gubler, D.J. (1976).** A field trial of competitive displacement of *Aedes polynesiensis* by *Aedes albopictus* on a Pacific atoll. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 25: 906-913.
- Ross, H.H. (1947).** "The Mosquitoes of Illinois (Diptera, Culicidae)." *Illinois Natural History Survey, Bulletin* Vol. 24(1). Urbana.
- Ross, R. (1897).** On some peculiar pigmented cells found in two mosquitoes fed on malaria blood. *British Medical Journal*, 2, 1786–8.
- Rozeboom, L.E. (1971).** Relative densities of freely breeding populations of *Aedes* (S) *polynesiensis* Marks and *Aedes* (S) *albopictus* Skuse: a large cage experiment. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 20: 356-362.
- Rozeboom, L.E., & Bridges, J.R. (1972).** Relative population densities of *Aedes albopictus* and *A. guamensis* on Guam. *WHO Bull.* 46: 477-483.
- Russell, R.C. (1986).** Larval Competition Between the introduced vector of dengue Fever in Australia, *Aedes aegypti* (L), and a Native Container-Breeding Mosquito, *Aedes notoscriptus* (Skuse)(Diptera, Culicidae). *Austral J Zool.* 34: 527–534.
- Sabatini, A., Raineri, V., Trovato, G., & Coluzzi, M. (1990).** *Aedes albopictus* in Italia e possibile diffusione della specie nell'area mediterranea. *Parassitologia* 32: 301-304.
- Sakai, A.K., Allendorf, F.W., Holt, J.S., Lodge, D.M., & Molofsky, J. (2001).** The population biology of invasive species. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 32, 305-332.
- Samanidou-Voyadjoglou, A. (1998).** *Aedes cretinus*: is it a threat to the Mediterranean countries? *European Mosquito Bulletin* 1: 8.
- Samanidou-Voyadjoglou, A., & Vakalis, N. (2006).** Malaria vectors in Greece. In *Abstract book of 15th European SOVE Meeting*: 47.
- Samanidou-Voyadjoglou, A., Patsoula, E., Spanakos, G., & Vakalis, N.C. (2005).** Confirmation of *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Greece. *European Mosquito Bulletin* 19: 10-12.
- Santos, R. & La, C. (2003).** Updating of the distribution of *Aedes albopictus* in Brazil (1997-2002). *Rev. Saude Publica Sao Paulo.* 37: 671-673.
- Sardelis, M. R., Turell, M. J., O'Guinn, M. C., Andre, R. G., & Roberts, D. R. (2002).** Vector competence of 3 North American strains of *Aedes albopictus* for West Nile Virus. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 18: 284-289.
- Schaffner, F., & Karch, S. (2000).** Premiere observation d' *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) en France métropolitaine. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris (Sciences de la vie/Life Sciences)* 323: 373-375.

- Schaffner, F., & Said, K. (1999).** *Aedes albopictus* discovered in France. *Journal of Vector Ecology* 30: 11.
- Schaffner, F., Bouletreau, B., Guillet, B., Guilloteau, J., & Karch, S. (2001).** *Aedes albopictus* established in metropolitan France. *European Mosquito Bulletin* 9: 1-3.
- Schmidt, C.A., Comeau, G., Monaghan, A.J., Williamson, D.J., & Ernst, K.C. (2018).** Effects of Desiccation Stress on Adult Female Longevity in *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* (Diptera: Culicidae): Results of a Systematic Review and Pooled Survival Analysis. *Parasites Vectors* 11(1), 267. doi:10.1186/s13071-018-2808-6
- Scholte, E.J., Knols, B.G.J., & Takken, W. (2006).** Infection of the malaria mosquito *Anopheles gambiae* with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* reduces blood feeding and fecundity. *Journal of Invertebrate Pathology* 91: 43-49.
- Service, M. (2004).** *Medical Entomology for Students*. 3rd ed. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Service, M. (2012).** *Medical Entomology for Students*. 5th ed. Cambridge University Press.
- Shannon, R.C. (1935).** Malaria studies in Greece. The reaction of Anopheline mosquitoes to certain microclimatic factors. *American Journal of Tropical Medicine*. 15: 67-81.
- Shroyer, D.A. (1986).** *Aedes albopictus* and arboviruses: a concise review of the literature. *Journal of the American Mosquito Control Association* 2: 424-428.
- Silva, A.F., Machado, L.C., Paula, M.B., Silva Pessoa Vieira, C.J., Morais Bronzoni R.V., Melo Santos, M.A., & Wallau, G.L. (2019).** Time and mode of Culicidae evolutionary history. *bioRxiv. Cold Spring Harbor Laboratory*. <https://doi.org/10.1101/871145>
- Simberloff, D., & Gibbons, L. (2004).** Now you see them, now you don't! - population crashes of established introduced species. *Biol. Invasions*. 6: 161-172.
- Simberloff, D., & Stiling, P. (1996).** Risks of species introduced for biological control. *Biol Conservation*. 78: 85-192.
- Smith, C.E.G. (1956).** The history of dengue in tropical Asia, and its probable relationship to the mosquito *Aedes aegypti*. *J Trop Med Hygiene*. 59: 3-11.
- Smith, G.C., & Francy, D.B. (1991).** Laboratory studies of a Brazilian strain of *Aedes albopictus* as a potential vector of Mayaro and Oropouche viruses. *Journal of the American Mosquito Control Association* 7: 89-93.
- Smith, J.B. (1906).** Explanation of terms used in entomology. *Press of the New Era Printing Company. Published by the Brooklyn Entomological Society*. <https://www.gutenberg.org/files/22748/22748-h/22748-h.htm>
- Smith, P.T., Reisen, W.K., & Cowles, D.A. (1995).** Interspecific competition between *Culex tarsalis* and *Culex quinquefasciatus*. *J Vect Ecol*. 20: 139-146.
- Snodgrass, R.E. (1930).** Insects, their ways and means of living. *New York Smithsonian Institution series*. doi: <https://doi.org/10.5962/bhl.title.62995>
- Spencer, M., Blaustein, L., & Cohen, J.E. (2002).** Oviposition habitat selection by mosquitoes (*Culiseta longiareolata*) and consequences for population size. *Ecology*. 83: 669-679.

- Spielman, A. (2001).** Structure and seasonality of nearctic *Culex pipiens* populations. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 951: 220-234.
- Spielman, A., & Feinsod, F.M. (1979).** Differential distribution of peridomestic *Aedes* mosquitoes on Grand Bahama Island. *Trans Royal Soc Trop Med Hygiene*.73: 381-384.
- Sprenger, D., & Wuithiranyagool, T. (1986).** The discovery and distribution of *Aedes albopictus* in Harris County, Texas. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 2: 217-219.
- Stearns, S.C., & Koella J.C. (1986).** The evolution of phenotypic plasticity in life-history traits: predictions of reaction norms for age and size at maturity. *Evolution* 40: 893-913.
- Steinwascher, K. (2018).** Competition among *Aedes aegypti* larvae. *PLoS ONE*. 13: e0202455. doi: 10.1371/journal.pone.0202455
- Suenaga, O. (1972).** Studies on the filarial prevalence among dogs and mosquito vectors in Nagasaki city, western Japan. 3. On the susceptibility of *Aedes albopictus* and *Culex pipiens molestus* to the larvae of *Dirofilaria immitis* in Nagasaki city. *Tropical Medicine* 14: 144-150.
- Sukumar, K., Perich M.J., & Boobar L.R. (1991).** Botanical derivatives in mosquito control: a review. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 7: 210-237.
- Suman, D.S., Shrivastava, A.R., Pant, S.C., & Parashar, B.D. (2011).** Differentiation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) with egg surface morphology and morphometrics using scanning electron microscopy. *Arthropod Structure & Development*. Volume 40, Issue 5: 479-483.
- Sumanochitrapon, W., Strickman, D., Sithiprasasna, R., Kittayapong, P. & Innis, B.L. (1998).** Effect of size and geographic origin of *Aedes aegypti* on oral infection with dengue-2 virus. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 58, 283-286.
- Sutcliffe, J.F. (1987).** Distance orientation of biting flies to their hosts. *Insect Science and its Applications*. 8: 611-616.
- Swan, T., Russell, T.L., Staunton, K.M., Field, M.A., Ritchie, S.A., & Burkot, T.R. (2022).** A literature review of dispersal pathways of *Aedes albopictus* across different spatial scales: implications for vector surveillance. *Parasites & Vectors*, 15: 303.
- Takken, W., & Boete, C. (2003).** An introduction to the ecological challenges concerning the use genetically-modified mosquitoes for disease control. In: *Ecological Aspects for Application of Genetically Modified Mosquitoes* (eds Takken, W. & Scott, T.W.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 9-14.
- Tandina, F., Doumbo, O., Yaro, A.S., Traore, S.F., Parola, P., & Robert, V. (2018).** Mosquitoes (Diptera: Culicidae) and mosquito-borne diseases in Mali, West Africa. *Parasites & Vectors*, 11(1). doi: 10.1186/s13071-018-3045-8
- Taniguchi, Y., & Nakano, S. (2000).** Condition-dependent competition: Implications for the distributions of stream fishes. *Ecology*, 81: 2027-2039.
- Taylor, F.F. (1993).** *To Hell with Paradise: A History of the Jamaican Tourist Industry*. University of Pittsburgh Press.

- Teng, H.J., & Apperson, C.S. (2000).** Development and survival of immature *Aedes albopictus* and *Aedes triseriatus* (Diptera: Culicidae) in the laboratory: effects of density, food, and competition on response to temperature. *J. Med. Entomol.* 37: 40-52.
- Thomas, D., Donnelly, C., Wood, R.J., & Alphey, L. (2000).** Insects population control using a dominant, repressible, lethal genetic system. *Science* 287: 2474-2476.
- Tilman, D. (1982).** Resource Competition and Community Structure. *Princeton University Press Princeton*: Princeton, NJ, USA.
- Trabousli, A.F., Taoubi K., El-Haj S., Bessiere J.M., & Rammal S. (2002).** Insecticidal properties of essential plant oils against the mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae). *Pest Manag. Sci.* 58: 491-195.
- Trapido, H., Aitken, T.H.G. (1953).** Study of a residual population of *Anopheles l. labranchiae* Falleroni in the Geremeas Valley, Sardinia. *Am J Trop Med Hygiene.* 2: 658-676.
- Tun-Lin, W., Burkot, T.R., & Kay, B.H. (2000).** Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. *Med Vet Entomol.* 14: 31-37.
- Turell, M. J., Dohm, D. J., Sardelis, M. R., O'Guinn, M. L., Andreadis, T. G., & Blow, J. A. (2005).** An update on the potential of North American mosquitoes (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile virus. *J. Med. Entomol.* 42: 57-62.
- Turell, M. J., O'Guinn, M.L.J., Dohm, D. J., & Jones, J. W. (2001).** Vector competence of North American mosquitoes (Diptera: Culicidae) for West Nile virus. *J. Med. Entomol.* 38: 130-134.
- Vakali, A., Beleri, S., Tegos, N., Fytrou, A., Mpimpa, A., Sargentanis, T.N., Pervanidou, D. & Patsoula, E. (2022).** Entomological Surveillance Activities in Regions in Greece: Data on Mosquito Species Abundance and West Nile Virus Detection in *Culex pipiens* Pools (2019-2020). *Trop Med Infect Dis.* 8(1):1. doi: 10.3390/tropicalmed8010001. PMID: 36668908; PMCID: PMC9865208.
- Van Emden, H.F. (2014).** Γεωργική Εντομολογία. (Γ.Ν. Εμμανουήλ, Επίμ.). Παρισιάνου.
- Van Den Huevel, M.J. (1963).** The effect of rearing temperature on wing length, thorax length, leg length and ovariole number of the adult mosquito, *Aedes aegypti* (L.). *Transactions of the Royal Entomological Society of London.* 115: 197-216.
- Vega-Rua, A., Zouache, K., Caro, V., Diancourt, L., Delaunay, P., Grandadam, M., et al. (2013).** High efficiency of temperate *Aedes albopictus* to transmit chikungunya and dengue viruses in the southeast of France. *PLoS One.* 8(3): e59716.
- Vega-Rúa, A., Zouache, K., Girod, R., Failloux, A.-B., Lourenço-de-Oliveira, R. (2014).** High level of vector competence of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* from ten American countries as a crucial factor in the spread of chikungunya virus. *J Virol.* 88(11): 6294-306.
- Vermeij, G.J. (1996).** An agenda of invasion biology. *Biological Conservation.* 78: 3-9.
- Vinogradova, E.B. (2000).** *Culex pipiens* Mosquitoes: Taxonomy, Distribution, Ecology, Physiology, Genetics, Applied importance and Control. *Pensoft Publishers, Sofia, Bulgaria.* 36-58 pp.

Virginio, F., Oliveira Vidal, P., & Suesdek, L. (2015). Wing sexual dimorphism of pathogen-vector culicids. *Parasites Vectors*.

Vreysen, M., Saleh, K., Abdulla, A., Zhu, Z., Juma, K., Dyck, V., Msangi, A., Mkonyi, P., & Feldmann, H. (2000). *Glossina austeri* (Diptera: Glossinidae) eradicated on the island of Unguja, Zanzibar, using the sterile insect technique. *Journal of Economic Entomology*. 93(1): 123-135.

Wada, Y. (1965). Effect of larval density on the development of *Aedes aegypti* (L.) and the size of adults. *Quaestiones entomologicae*. 1.

Walker, E. D., Kaufmann, M. G., Ayres, M. P., Riedel M. S. & Merritt, R. W. (1997). Effects of variation in quality of leaf detritus on growth of the eastern tree-hole mosquito, *Aedes triseriatus* (Diptera: Culicidae). *Canad. J. Zool.* 75: 706-718.

WHO. (1982). *Manual on environmental management for mosquito control with special emphasis on malaria vectors*. World Health Organization. Geneva. 66. 284 pp.

WHO. (1997). Vector Control - Methods for Use by Individuals and Communities. Chapter 1- Mosquitoes and other biting Diptera, Control measures, Prevention of breeding. 425 p.

WHO. (2007a). Report of the tenth Whopes working group meeting. Review of: Spinosad 0,5% gr & 12% sc, Lambda-cyhalothrin 10% cs, K-o tab 1-2-3, Interceptor. Control of neglected tropical diseases who pesticide evaluation scheme.

WHO. (2017b). *West Nile Virus - Fact sheet*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/west-nile-virus>

WHO. (2019). *Yellow Fever - Fact sheet*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/yellow-fever>

WHO. (2022). *Chikungunya - Fact sheet*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chikungunya>

WHO. (2023a). *Dengue and severe dengue - Fact sheet*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>

WHO. (2023b). *Malaria - Fact sheet*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria>

WHO. (n.d.). *Lymphatic filariasis (Elephantiasis)*. Overview, Symptoms, Treatment. World Health Organization. https://www.who.int/health-topics/lymphatic-filariasis#tab=tab_1

Wilke, A., Gomes, A., Natal, D., & Marrelli, M. (2009). Control of vector populations using genetically modified mosquitoes. *Revista de Saude Publica*. 43(5).

Wilkerson, R.C. Linton, Y.-M., & Strickman, D. (2020). *Mosquitoes of the World*. Johns Hopkins University Press: Baltimore, MD, USA.

Wilkes, T.J., Matola, Y.G., & Charlwood, J.D. (1996). *Anopheles rivulorum*, a vector of human malaria in Africa. *Med Vet Entomol*. 10: 108-110.

Williams, J., & Pinto, J. (2012). Training Manual on Malaria Entomology For Entomology and Vector Control Technicians (Basic Level). Integrated Vector Management of Malaria and Other Infectious Diseases Task Order 2 Contract GHA-1-02-04-00007-00.

- Williamson, M. (1996).** *Biological invasions*. Chapman and Hall. New York, USA, 244 pp.
- Wong, P.-S.J., Li, M.I., Chong, C.-S., Ng, L.-C., Tan, C.-H. (2013).** *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse): a potential vector of Zika virus in Singapore. *PLoS Negl Trop Dis*.7(8): e2348.
- Wood, D.M., Dang, P.T., & Ellis, R.A. (1979).** The Mosquitoes of Canada (Diptera: Culicidae) Part 6. The Insects and Arachnids of Canada. Research Branch. Canada Department of Agriculture Publication, Ottawa, Ontario. 274-276 pp.
- Xu, R. (1998).** Japanese Encephalitis in China. *Vector Ecology Newsletter* 29: 5-6.
- Xue, R.D., Barnard, D.R., & Ali, A. (2009).** Influence of Multiple Blood Meals on Gonotrophic Dissociation and Fecundity in *Aedes albopictus*. *J. of the American Mosquito Control Association*, 25(4): 504-507.
- Xue, R-D., Barnard, D.R., & Muller, G.C. (2010).** Effects of Body Size and Nutritional Regimen on Survival in Adult *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medicine Entomology*. 47: 778-782.
- Yee, D.A., Kesavaraju, B., & Juliano, S.A. (2004).** Interspecific differences in feeding behavior and survival under food-limited conditions for larval *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 97: 720-728.
- Yen, J.H., & Barr, A.R. (1971).** New hypothesis of the cause of cytoplasmic incompatibility in *Culex pipiens* L. *Nature*.232(5313): 657-658. doi:10.1038/232657a0
- Zeller, M., & Koella, J.C. (2016).** Effects of food variability on growth and reproduction of *Aedes aegypti*. *Ecol and Evol*. 6: 552–559.
- Zeller, H.G., & Schuffenecker, I. (2004).** West Nile virus: an overview of its spread in Europe and the Mediterranean Basin in contrast to its spread in the Americas. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*.23(3): 147-56.
- Zhao, T.Y., Lu, B.L. (1999).** The clads of *Culex pipiens* complex. *Acta Zootaxonomica Sinica* 24, 206–210.
- Ανδρεάδης, Σ., Δημότσιου, Ο., Χριστοπούλου, Χ., Σουλτάνη, Χ., & Σαββοπούλου-Σουλτάνη, Μ. (2007).** Καταγραφή ειδών κουνουπιών στο Νομό Χαλκιδικής. 12^ο Πανελλήνιο Εντομολογικό Συνέδριο. Λάρνακα, Κύπρος. 263-266 σελ.
- Αποστολάκης, Ι., & Σταμούλη, Μ-Α. (2007).** Ασκήσεις υπολογιστικής στατιστικής στην υγεία. Τεύχος Α. *Papazisis Pub*.
https://www.researchgate.net/publication/271807834_Askeseis_ypologistikes_statistikes_s_ten_ygeia_Teuchos_A
- Βογιατζόγλου-Σαμανίδου, Ά. (2011).** *Τα Κουνούπια της Ελλάδας. Μορφολογία, Βιολογία, Δημόσια υγεία, Κλείδες προσδιορισμού, Αντιμετώπιση*. Εκδόσεις Αγρότυπος Α.Ε.
- Γιατρόπουλος, Α.Κ. (2014).** Παρουσία του χωροκατακτητικού είδους κουνουπιού *Aedes albopictus* (Skuse 1895) στην Αττική: διασπορά, εποχιακή διακύμανση, αντιμετώπιση και ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις με το ιθαγενές είδος *Aedes cretinus* (Edwards 1921). (Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών), Αθήνα.

- Εγκύκλιος. (2024).** Προγράμματα ολοκληρωμένης διαχείρισης των κουνουπιών, σχέδιο δράσης, σχετική ενημέρωση και προφύλαξη του κοινού για το έτος 2024. (Δ1α/Γ.Π.οικ. 15226). Τμήμα Μεταδοτικών Νοσημάτων. Αθήνα. 35 σελ.
- Εμμανουήλ, Ν.Γ. (1999).** Δίπτερα υγειονομικής σημασίας. Αναγνώριση, βιολογία, οικονομική σημασία, αντιμετώπιση. Εκδόσεις Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα. 93 σελ.
- ΕΟΔΥ. (2019).** Κίτρινος Πυρετός - Οδηγίες για ταξιδιώτες. Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας. 6 pp.
- ΕΟΔΥ. (2020).** Μέτρα προστασίας από τα κουνούπια. Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας. Τμήμα Νοσημάτων που Μεταδίδονται με Διαβίβαστες. σελ. 24.
- ΕΟΔΥ. (2021)α.** Έκθεση εντομολογικής επιτήρησης, Ελλάδα, 2021. Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας.
- ΕΟΔΥ. (2021)β.** Ελονοσία- Γενικές Πληροφορίες. Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας. <https://eody.gov.gr/disease/elonosia/>
- ΕΟΔΥ. (2021)γ.** Νόσος Chikungunya -Γενικές Πληροφορίες. Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας. <https://eody.gov.gr/disease/nosos-chikungunya/>
- ΕΟΔΥ. (2023).** Ιός του Δυτικού Νείλου - Γενικές Πληροφορίες. Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας. <https://eody.gov.gr/disease/ios-toy-dytikoy-neiloy/>
- Ζιώγας, Β., & Μαρκόγλου, Α. (2007).** Γεωργική φαρμακολογία. Βιοχημεία, μηχανισμοί δράσης και χρήσεις των φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Ελληνική έκδ. Αθήνα. σελ. 836.
- Ιωαννίδης, Π.Δ. (2008).** Μελέτη του συμβιωτικού βακτηρίου *Wolbachia*: μια γονιδιωματική προσέγγιση. (Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων), Ιωάννινα.
- Καρανδεινός, Μ.Γ. (2007).** Ποσοτικές οικολογικές μέθοδοι. Από την θεωρία στην πράξη. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης. ISBN 978-690-524-236-7. Σελ. 658.
- ΚΕΕΛΠΝΟ. (2013).** Δάγκειος Πυρετός - Ενημέρωση Επαγγελματιών Υγείας. Κέντρο Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων.
- Κιούλος, Η., Κιούλος, Ν., Κολιόπουλος, Γ., & Σαμανίδου, Α. (2007).** Μελέτη της πανίδας των κουνουπιών (Diptera: Culicidae) σε φυσικές εστίες του λεκανοπεδίου της Αθήνας. 12^ο Πανελλήνιο Εντομολογικό Συνέδριο. Λάρνακα, Κύπρος: 257-258 σελ.
- Κιούλος, Η.Π. (2014).** Μελέτη της ανθεκτικότητας των κουνουπιών σε σκευάσματα που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμησή τους στην Ελλάδα. (Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών), Αθήνα.
- Κολιόπουλος, Γ., Λύτρα, Ι., Μιχαηλάκης, Α., Κιούλος, Η., Γιατρόπουλος, Α. & Εμμανουήλ, Ν. (2008).** Το "Ασιατικό Κουνούπι Τίγρης": Πρώτη εμφάνιση του *Aedes albopictus* στην Αθήνα. Γεωργία-Κτηνοτροφία. 9: 68-73.
- Κολιόπουλος, Γ.Θ. (2011).** Συμβολή στη μελέτη της παρουσίας, εξάπλωσης, βιολογίας και καταπολέμησης, του *Aedes cretinus* Edws. και άλλων ανθρωπόφιλων Culicidae, στο Νομό Αττικής. (Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών), Αθήνα.
- Λιβαδάς, Γ.Α. (1949).** Επί μιας μελέτης περί της εν Μακεδονία και Θράκη ελονοσίας εν σχέση προς το DDT. Ακαδημαϊκή Ιατρική, Ιανουάριος 1949. Τεύχος 1.

Λύτρα, Ι.Χ. (2015). Μελέτη επί της παρουσίας των *Culicidae* στην Ελλάδα, της μοριακής ταξινόμησης αυτών και της εποχικής διακύμανσης και του κρατούντος συστήματος αντιμετώπισής τους στους ορυζώνες. Αξιολόγηση βιοκτόνων κατά του *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). (Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών), Αθήνα.

Λύτρα, Ι.Χ., Εμμανουήλ, Ν.Γ., & Κολιόπουλος, Γ.Θ. (2011). Παρουσία ειδών κουνουπιών (Diptera: Culicidae) σε περιοχές της Ελλάδος. 14^ο Πανελλήνιο Εντομολογικό Συνέδριο, Ναύπλιο. Πρακτικά Συνεδρίου.

Λύτρα, Ι.Χ., & Εμμανουήλ, Ν.Γ. (2011). Παρουσία και πληθυσμιακή πυκνότητα κουνουπιών (Diptera: Culicidae) σε ορυζώνα του Νομού Αιτωλοακαρνανίας. 14^ο Πανελλήνιο Εντομολογικό Συνέδριο. Ναύπλιο: 272-273 σελ.

Μπελιός, Γ.Δ. (1957). Ανθελονοσιακός αγών 1956 και πρόγραμμα διά το 1957. Εισηγήσεις ενώπιον της Μεγάλης Γνωμοδοτικής Επιτροπής Προγράμματος (Υπουργική Απόφασις υπ' αρ. 13372/1956). Αρχεία Υγιεινής, Ιούλιος-Δεκέμβριος 1956. 19 σελ.

Μπέτζιος, Β. Χ. (1989). Αρθρόποδα υγειονομικής σημασίας. Μορφολογία, βιολογία, οικολογία, υγειονομική σημασία, καταπολέμηση.

Παπαϊωάννου, Α., Ζουρμπάνος, Ν., & Μίνος, Γ. (2016). Εφαρμογές της Στατιστικής στις Επιστήμες του Αθλητισμού και της Υγείας με τη χρήση του SPSS. Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Δίσιγμα.

Σαββοπούλου-Σουλτάνη, Μ., Ανδρεάδης, Σ., & Σουλτάνη-Ζουρουνίδη, Χ. (2011). Έντομα & Άλλα Αρθρόποδα Υγειονομικής Σημασίας. Βιολογία, Οικολογία, Αντιμετώπιση. Εκδόσεις Copy City ΕΠΕ.

Σαϊτάνης, Κ.Ι., & Καρανδεινός, Μ.Γ. (2010). Πληθυσμιακή οικολογία, Δυναμική πληθυσμών. Εκδόσεις Έμβρυο. ISBN 978-960-8002-26-5.

Σαμανίδου-Βογιατζόγλου, Α. (1997). Ελληνικά είδη κουνουπιών (Diptera: Culicidae) και γεωγραφική κατανομή των κυριότερων ειδών υγειονομικής σημασίας. Πρακτικά ΣΤ. Πανελληνίου Εντομολογικού Συνεδρίου. Εντομολογική Εταιρεία Ελλάδος, Χανιά, σελ. 581-589.

Σπανούδης, Χ.Γ. (2019). Study on the biology and chemical ecology of *Culex pipiens form 'molestus'* (Diptera: Culicidae). (Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης), Θεσσαλονίκη.

Στέφου, Β., Κιούλος, Η., & Αθανασίου, Χ. (2011). Προκαταρκτική μελέτη της πανίδας των κουνουπιών (Diptera: Culicidae) στο Δήμο Ιεράς Πόλεως Μεσολογγίου. 14^ο Πανελλήνιο Εντομολογικό Συνέδριο. Ναύπλιο: 289-290 σελ.

Τζανακάκης, Μ. Ε. (1995). Εντομολογία. 1^η εκδ. Εκδόσεις University Studio Press.

Τζανακάκης, Μ. Ε., & Κωβαίος, Δ. Σ. (2018). Εντομολογία. 2^η εκδ. Εκδόσεις University Studio Press.

Φλώρου, Γ. (2012). Έλεγχος ανεξαρτησίας χ^2 . Μεταπτυχιακό πρόγραμμα Λογιστική κι Ελεγκτική. <https://eclass.emt.ihu.gr/modules/document/file.php/MSC-LOG105/%CE%A7%CE%A1%CE%97%CE%A3%CE%97%20SPSS/2B.ecl%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%93%CE%A7%CE%9F%CE%A3%20%CE%A72.pdf>