



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΤΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επίδραση της ποσότητας τροφής και του συνωστισμού των προνυμφών στα βιολογικά χαρακτηριστικά ανήλικων και ενήλικων του *Aedes albopictus*

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ

ΠΙΑΧΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΕΜ:1642

ΒΟΛΟΣ 2019

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Όνομα Επώνυμο  
Βαθμίδα

Όνομα Επώνυμο  
Βαθμίδα

Όνομα Επώνυμο  
Βαθμίδα

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ν. Θ. Παπαδόπουλο για την υποστήριξη και καθοδήγηση του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας αλλά και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον διδάκτορα κ. Χαράλαμπο Ιωάννου, μέλος του εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας καθώς και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Γεώργιο Μαστρονικολό για τις πολύτιμες συμβουλές τους και τη βοήθειά τους στη επίλυση των διάφορων προβλημάτων καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος αλλά και της συγγραφής της παρούσας εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την υποστήριξη τους σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το *Aedes albopictus*, κοινά Ασιατικό κουνούπι τίγρης, αποτελεί ένα από τα πιο χωροκατακτητικά είδη κουνουπιών στον κόσμο ενώ συνιστά απειλή για την δημόσια υγεία στις χώρες της Ευρώπης, αφού αποτελεί φορέα σοβαρών ασθενειών όπως Δάγκειος πυρετός και ο ιός του Δυτικού Νείλου. Επιπλέον, το *Ae. albopictus* είναι σε θέση να αξιοποιεί μια σειρά εφήμερων και σχετικά μικρών ενδιαιτημάτων για την αναπαραγωγή του. Αυτό σημαίνει ότι οι προνύμφες του κάθε φορά έρχονται αντιμέτωπες με ποικίλες συνθήκες συνωστισμού και επάρκειας τροφής γεγονός που μπορεί να επηρεάσει την επιβίωση, το ρυθμό ανάπτυξης αλλά και το μέγεθός τους.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η επίδραση της τροφής αλλά και του συνωστισμού στην ανάπτυξη των κουνουπιών σε ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτισμού στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε πως η διαθέσιμη τροφή επιδρά στην επιβίωση και ανάπτυξη των προνυμφών αλλά και στο μέγεθος των ενήλικων κουνουπιών ενώ προκειμένου να μελετηθεί και η επίδραση του συνωστισμού χρησιμοποιήθηκαν ομάδες προνυμφών διαφορετικών πυκνοτήτων.

Η πυκνότητα των προνυμφών και όχι η ποσότητα της τροφής αποτέλεσε βασικό παράγοντα στην επιβίωση των προνυμφών, με τα υψηλότερα ποσοστά επιβίωσης να εντοπίζονται στις χαμηλότερες πυκνότητες. Επιπλέον, η αύξηση της πυκνότητας αλλά και της διαθέσιμης τροφής οδήγησε σε μείωση της διάρκειας ανάπτυξης των προνυμφών. Τέλος, τόσο η τροφή όσο και συνωστισμός επηρέασαν το μέγεθος των τέλειων κουνουπιών αφού το μήκος των πτερύγων ήταν σημαντικά μικρότερο σε σχέση με εκείνων που προήρθαν από ομάδες επαρκούς τροφής και χαμηλότερων πυκνοτήτων.

## ABSTRACT

*Aedes albopictus*, commonly known as Asian tiger mosquito, is one of the most invasive species of mosquitoes in the world and poses a threat to public health in European countries, as it is vector of serious diseases such as Dengue Fever and West Nile virus. In addition, *Ae. albopictus* can utilize a number of ephemeral and relatively small habitats for its reproduction. This means that its larvae are faced with various conditions of overcrowding and nutrition adequacy each time, which can affect their survival, growth rate and size.

In this thesis, the effect of food and crowding on the development of mosquitoes under controlled temperature, humidity and lighting conditions at the Laboratory of Entomology and Agricultural Zoology of the School of Agricultural Sciences of the University of Thessaly was studied. Specifically, it was studied how the available food affects the survival and growth of larvae and the size of adult mosquitoes, while larval groups of different densities were used to study the effect of crowding.

The density of the larvae, but not the amount of food, was a key factor in the survival of the larvae, with the highest survival rates being found at the lower densities. In addition, an increase in the density and availability of food has led to a decrease in the time of larvae development. Finally, both food and crowding affected the size of perfect mosquitoes since the length of the wings was significantly shorter than those from adequate food groups and lower densities.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	1
1.1.	Γενικά.....	1
1.1.1.	Ταξινόμηση των κουνουπιών .....	1
1.1.2.	Μορφολογία και Βιολογία Κουνουπιών .....	2
1.1.2.1.	Στοματικά μόρια και Σιελογόνοι Αδένες .....	4
1.1.3.	Κύκλος Ζωής .....	5
1.1.3.1.	Γονοτροφικός κύκλος .....	5
1.1.3.2.	Ωοτοκία θηλυκών και βιολογία των αυγών των κουνουπιών .....	7
1.1.3.3.	Βιολογία των προνυμφών .....	7
1.1.3.4.	Ενδιαιτήματα των προνυμφών .....	8
1.1.3.5.	Βιολογία των νυμφών .....	8
1.1.3.6.	Βιολογία και συμπεριφορά των τέλειων κουνουπιών.....	9
1.1.3.7.	Μορφολογία, βιολογία και συμπεριφορά του <i>Aedes albopictus</i> .....	10
1.2.	Εξάπλωση του <i>Aedes (Stegomyia) albopictus</i> στην Ευρώπη και την Ελλάδα .....	13
1.2.1.	Παρουσία του <i>Aedes albopictus</i> στην Ευρώπη .....	13
1.2.2.	Παρουσία του <i>Aedes albopictus</i> στην Ελλάδα .....	15
1.3.	Επιδημιολογική σημασία των κουνουπιών .....	17
1.4.	Ασθένειες κουνουπιών.....	18
1.4.1.	Ελονοσία.....	19
1.4.2.	Δάγκειος Πυρετός.....	21
1.4.3.	Ιός Chikungunya .....	22
1.4.4.	Διροφιλαρίαση του Σκύλου (Dog Heartworm) .....	24
1.4.5.	Ιός Δυτικού Νείλου.....	24
1.5.	Μέθοδοι Δειγματοληψίας.....	26
1.5.1.	Παγίδα BG-Sentinel .....	26
1.5.2.	Παγίδες Ωοτοκίας (Lethal Ovitrap).....	27
1.6.	Ανταγωνισμός Μεταξύ των Ειδών Κουνουπιών .....	28
1.7.	Αντιμετώπιση των κουνουπιών .....	30
1.7.1.	Αντιμετώπιση των ανήλικων σταδίων .....	30
1.7.1.1.	Βιολογική αντιμετώπιση .....	30
1.7.1.2.	Φυσικός – περιβαλλοντικός έλεγχος .....	32
1.7.1.3.	Χημική αντιμετώπιση .....	33
1.7.2.	Αντιμετώπιση ενήλικων κουνουπιών.....	35
1.7.2.1.	Προσωπική προστασία.....	35

1.7.2.2.	Αερολύματα και νέφη .....	36
1.7.2.3.	Τεχνικές υπέρ-μικρου όγκου .....	37
1.7.2.4.	Εσωτερικοί ψεκασμοί.....	37
1.8.	Σκοπός Μελέτης .....	37
2.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	39
2.1.	Συνθήκες εργαστηρίου .....	39
2.2.	Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν και μέθοδος εκτροφής τους .....	39
2.3.	Επίδραση της πυκνότητας των προνυμφών και της επάρκειας τροφής στη βιολογία των ανηλίκων .....	41
2.4.	Επίδραση της πυκνότητας των προνυμφών και της επάρκειας τροφής στη βιολογία των ενηλίκων.....	42
2.5.	Στατιστική ανάλυση.....	43
2.6.	Αποτελέσματα .....	44
2.6.1.	Επίδραση της πυκνότητας των προνυμφών και της επάρκειας τροφής στη βιολογία των ανηλίκων .....	44
2.6.2.	Επίδραση της πυκνότητας των προνυμφών και της επάρκειας τροφής στη βιολογία των ενηλίκων.....	44
3.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	51
3.1.	Συζήτηση.....	51
	Βιβλιογραφία .....	54
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι. Πηγές εικόνων .....	59

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Εξωτερική μορφολογία των κουνουπιών (Service 2012).....	4
Εικόνα 2. Σχηματική αναπαράσταση της κεφαλής θηλυκού κουνουπιού (Service 2012) .....	5
Εικόνα 3. Σχηματική αναπαράσταση του γονοτροφικού κύκλου των κουνουπιών (Service 2012).....	6
Εικόνα 4. <i>Aedes albopictus</i> ( <a href="http://www.idph.state.il.us/envhealth/pcmosquitoes.htm">http://www.idph.state.il.us/envhealth/pcmosquitoes.htm</a> ).....	10
Εικόνα 5. Βιολογικός κύκλος του <i>Ae. albopictus</i> ( <a href="https://sea.biogents.com/life-cycle-aedes-mosquitoes/">https://sea.biogents.com/life-cycle-aedes-mosquitoes/</a> ) .....	12
Εικόνα 6. Διασπορά του <i>Ae. albopictus</i> στην Ευρώπη το 2019 ( <a href="https://ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-albopictus-current-known-distribution-january-2019">https://ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-albopictus-current-known-distribution-january-2019</a> ) .....	14
Εικόνα 7. Χάρτης Περιφερειών στις οποίες εντοπίστηκε το <i>Ae. albopictus</i> ( <a href="http://www.conops.gr/presence-aedes-albopictus/?lang=en#prettyPhoto">http://www.conops.gr/presence-aedes-albopictus/?lang=en#prettyPhoto</a> ) .....	16
Εικόνα 8. Διασπορά του <i>Ae. albopictus</i> στην Ελλάδα ( <a href="http://www.conops.gr/presence-aedes-albopictus/?lang=en#prettyPhoto">http://www.conops.gr/presence-aedes-albopictus/?lang=en#prettyPhoto</a> ) .....	17
Εικόνα 9. Περιοχές εξάπλωσης της ελονοσίας και εφαρμογή ελέγχου ( <a href="https://www.who.int">https://www.who.int</a> ) .....	19
Εικόνα 10. Περιοχές με πιθανότητα εμφάνισης δάγκειου πυρετού ( <a href="https://www.who.int">https://www.who.int</a> )	21
Εικόνα 11. Περιοχές Εμφάνισης του Ιού Chikungunya ( <a href="https://www.who.int">https://www.who.int</a> ) .....	23
Εικόνα 12. Κύκλος Μετάδοσης του Ιού Δυτικού Νείλου (Gouge et al., 2017) .....	25
Εικόνα 13. Παγίδα BG Sentinel ( <a href="https://www.bg-sentinel.com/">https://www.bg-sentinel.com/</a> ) .....	27
Εικόνα 14. Παγίδα Ωοτοκίας ( <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Ovitrap">https://en.wikipedia.org/wiki/Ovitrap</a> ).....	28
Εικόνα 15. Ξύλινοι κλωβοί με ενήλικα του <i>Ae. albopictus</i> .....	39
Εικόνα 16. Γλωσσοπίεστρα με αυγά του <i>Ae. albopictus</i> .....	40
Εικόνα 17. Έξοδος ενηλίκων από το στάδιο της νύμφης .....	42
Εικόνα 18. Ατομικά κλουβιά με ενήλικα άτομα.....	43



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Επιστημονική Κατάταξη Κουνουπιών .....	2
Πίνακας 2. Βιολογικά και Μορφολογικά Χαρακτηριστικά <i>Ae. albopictus</i> .....	13
Πίνακας 3. Ασθένειες που προκαλούνται από τα κουνούπια .....	18
Πίνακας 4. Χρονοδιάγραμμα παροχής της ποσότητας του 1mg τροφής/προνύμφη στο διάστημα των 6 ημερών στις διαφορετικές μεταχειρίσεις πυκνότητας των προνυμφών .....	41
Πίνακας 5. Χρονοδιάγραμμα παροχής της ποσότητας των 2mg τροφής/προνύμφη στο διάστημα των 6 ημερών στις διαφορετικές μεταχειρίσεις πυκνότητας των προνυμφών. ....	41
Πίνακας 6. Συνολικά ποσοστά επιβίωσης των προνυμφών του <i>Ae. albipictus</i> σε σχέση με την πυκνότητά τους και τη διαθεσιμότητα της τροφής κατά την ανάπτυξή τους στις τρεις επαναλήψεις. ....	45
Πίνακας 7. Μεταβλητές του μοντέλου του Cox για την επίδραση της πυκνότητας των προνυμφών και της διαθεσιμότητας στην τροφή στη διάρκεια ανάπτυξης των προνυμφών του <i>Ae. albopictus</i> . ....	45
Πίνακας 8. Διάρκεια ανάπτυξης προνυμφικού σταδίου του <i>Ae. albopictus</i> σε σχέση με την πυκνότητα των προνυμφών και τη διαθεσιμότητα της τροφής κατά την ανάπτυξή τους. ...	46
Πίνακας 9. Ποσοστά επιβίωσης των νυμφών του <i>Ae. albipictus</i> σε σχέση με την πυκνότητα ανάπτυξης και τη διαθεσιμότητα τροφής των προνυμφών από τις οποίες προήλθαν. ....	46
Πίνακας 10. Μεταβλητές του μοντέλου του Cox για την επίδραση της πυκνότητας ανάπτυξης των προνυμφών και του φύλου στη διάρκεια ζωής των ενηλίκων του <i>Ae. albopictus</i> . Τα θηλυκά αποτελούν το φύλο αναφοράς. ....	46
Πίνακας 11. Μέση διάρκεια ζωής αρσενικών και θηλυκών του <i>Ae. albopictus</i> σε σχέση με την πυκνότητα ανάπτυξης των προνυμφών .....	47
Πίνακας 12. Ανάλυση παραλλακτικότητας της επίδρασης της πυκνότητας ανάπτυξης των προνυμφών και της δόσης της τροφής τους στην επιφάνεια της δεξιάς πτέρυγας των αρσενικών του <i>Ae. albopictus</i> .....	49
Πίνακας 13. Μέση επιφάνεια δεξιάς πτέρυγας των αρσενικών του <i>Ae. albopictus</i> σε σχέση με την πυκνότητα ανάπτυξης των προνυμφών και τη δόση της τροφής τους.....	50
Πίνακας 14. Ανάλυση παραλλακτικότητας της επίδρασης της πυκνότητας ανάπτυξης των προνυμφών και της δόσης της τροφής τους στην επιφάνεια της δεξιάς πτέρυγας των θηλυκών του <i>Ae. albopictus</i> .....	50
Πίνακας 15. Μέση επιφάνεια δεξιάς πτέρυγας των θηλυκών του <i>Ae. albopictus</i> σε σχέση με την πυκνότητα ανάπτυξης των προνυμφών και τη δόση της τροφής τους.....	50

# 1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1. Γενικά

### 1.1.1. Ταξινόμηση των κουνουπιών

Τα κουνούπια είναι έντομα της οικογένειας Culicidae, της τάξης των Δίπτερων (Diptera) και της Υποτάξης των Νηματόκερων. Έχουν εξαπλωθεί σε όλα τα μέρη της γης και η μεγαλύτερη ποικιλία ειδών καταγράφηκε σε περιοχές με τροπικό και εύκρατο κλίμα. Δεν υπάρχει καμία περιοχή του κόσμου στην οποία να μην έχει καταγραφεί η παρουσία κουνουπιών, συμπεριλαμβανομένης και της Αρκτικής όπου αναπτύσσονται κάποια είδη σε πολύ μεγάλους αριθμούς συγκεκριμένη εποχή του χρόνου. Επιπλέον, κουνούπια βρέθηκαν σε υψόμετρο 4300m καθώς και κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας σε βάθος 1160m στο οροπέδιο του Κασμίρ και σε μεταλλεία χρυσού στη Δυτική Ινδία, αντίστοιχα. Η Ανταρκτική είναι η μόνη περιοχή της γης που δεν έχουν βρεθεί, ακόμα, κουνούπια λόγω της κάλυψης της ηπείρου με πάγους (Σαμανίδου – Βογιατζόγλου, 2011). Υπάρχουν πάνω από 3500 διαφορετικά είδη κουνουπιών σε όλο τον κόσμο. Κάθε ένα από τα είδη έχει ένα λατινικό επιστημονικό όνομα, όπως το *Culex tarsalis*. Το *Culex* αναφέρεται στο "γένος", μιας ομάδας στενά σχετιζόμενων κουνουπιών και το *tarsalis* στο "είδος" που αντιπροσωπεύει μία ομάδα ατόμων που έχουν παρόμοια δομή και φυσιολογία και είναι ικανά να διασταυρωθούν. Αυτά τα ονόματα χρησιμοποιούνται με περιγραφικό τρόπο, έτσι ώστε το όνομα να λέει κάτι για το συγκεκριμένο κουνούπι.

Μέχρι πριν κάποια χρόνια τα κουνούπια ταξινομούνταν σε 3 υποοικογένειες με 38 γένη: την Anophelinae με 3 γένη, την Culicinae με 34 γένη και την Toxorhynchitinae με ένα γένος, Toxorhynchites, το οποίο εμφανίζεται κυρίως στους τροπικούς. Πρόκειται για πολύ μεγάλα κουνούπια με καμπυλωτή προβοσκίδα, προσαρμοσμένη για να τρέφονται με νέκταρ και όχι το αίμα ενώ χρησιμοποιούνται ως παράγοντες ελέγχου κουνουπιών σε ορισμένες χώρες του Κόλπου, όπως το Κουβέιτ, το Ομάν, το Κατάρ και η Σαουδική Αραβία. Πρόσφατες μελέτες, όμως, απέδειξαν ότι η οικογένεια Toxorhynchitinae αποτελεί ομάδα της Culicinae και όχι ξεχωριστή υποοικογένεια. (Σαμανίδου – Βογιατζόγλου, 2011).

Οι πληθυσμοί της υποοικογένειας Anophelinae ονομάζονται «ανωφελή» και κάποια μέλη της δύνανται να μολυνθούν από ορισμένα είδη των πλασμών της ελονοσίας, μεταδίδοντας τη νόσο στον άνθρωπο. Αντίθετα, τα κουνούπια της υποοικογένειας Culicinae δεν μολύνονται από τα πλασμώδια της ελονοσίας. Τα κουνούπια αυτή της υποοικογένειας καλούνται «κοινά» (Σαμανίδου – Βογιατζόγλου, 2011).

Η υποοικογένεια Culicinae αποτελεί την πιο πολυπληθή υποοικογένεια αφού αριθμεί περί τα 3.000 είδη, ανάμεσα στα οποία είναι τα *Aedes*, *Culex*, *Culiseta*, *Mansonia*, *Coquillettidia*, *Haemagogus*, *Sabethes*, *Psorophora*. Στον Πίνακα 1 δίνεται αναλυτικά η επιστημονική κατάταξη των κουνουπιών.

Πίνακας 1. Επιστημονική Κατάταξη Κουνουπιών

Επιστημονική Κατάταξη	
Βασίλειο	Animalia
Φύλο	Arthropoda
Υπερκλάση	Hexapoda (= Tracheata)
Κλάση	Insecta
Τάξη	Diptera
Υποτάξη	Nematocera
Οικογένεια	Culicidae
Υποοικογένεια	Anophelinae, Culicinae, Toxorhynchitinae
Γένος	<i>Aedes</i> , <i>Eretmapodites</i> , <i>Orthopodomyia</i> , <i>Culex</i> , <i>Trichoprosopon</i> , <i>Uranotaenia</i> , <i>Maorigoeldia</i> κτλ
Είδος	<i>Ae. albopictus</i> , <i>E.dracaenae</i> , <i>O.nkolbissonensis</i> , <i>C.amazonensis</i> , <i>T.obscurum</i> , <i>U.pygmaea</i> , <i>M.argyropus</i> κτλ

### 1.1.2. Μορφολογία και Βιολογία Κουνουπιών

Τα κουνούπια διαθέτουν μόνο ένα ζευγάρι λειτουργικών πτερύγων, το εμπρόσθιο. Τα οπίσθια φτερά έχουν εξελικτικά μετατραπεί σε αλτήρες. Τα κουνούπια διακρίνονται από άλλα δίπτερα παρόμοιου σχήματος και μεγέθους από: (1) την κατοχή ενός ευδιάκριτου προεκτεινόμενου προς τα εμπρός προβοσκιδίου, (2) την ύπαρξη πολυάριθμων συμπιεσμένων φολίδων στον θώρακα, τα πόδια, την κοιλιά και τα νεύρα των πτερυγίων και (3) ένα περιθώριο από φολίδες κατά μήκος του οπίσθιου περιθωρίου των πτερυγίων. Τα κουνούπια είναι λεπτά και σχετικά μικρά έντομα, με μήκος περίπου 3-6 mm. Ορισμένα είδη, ωστόσο, μπορούν να είναι τόσο μικρά έως 2 mm, ενώ άλλα μπορεί να έχουν μήκος έως και 19 mm. Το σώμα είναι διακριτά χωρισμένο σε κεφαλή, θώρακα και κοιλιά (Service, 2012).

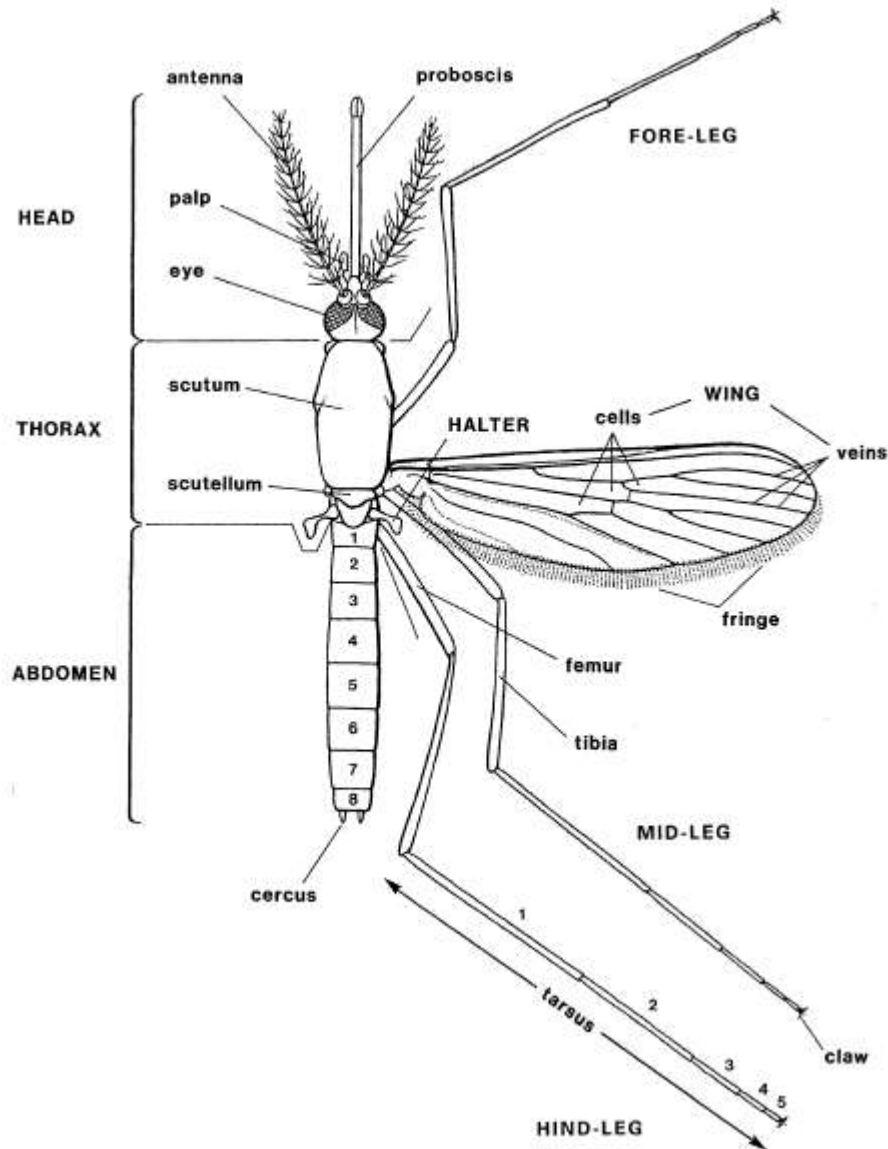
Το κεφάλι έχει ένα εμφανές ζευγάρι σύνθετων οφθαλμών σε σχήμα νεφρού. Μεταξύ των οφθαλμών φύεται ένα ζεύγος νηματωδών και τμηματικών κεραίων. Στις θηλυκά κουνούπια, οι κεραίες έχουν σπείρες μικρών τριχών, αλλά στα αρσενικά, με λίγες εξαιρέσεις που αφορούν γένη χωρίς επιδημιολογική σημασία, οι κεραίες έχουν πολλές μακριές τρίχες, προσδίδοντάς τους μια φτερωτή ή φουσκωτή εμφάνιση. Επομένως, είναι σχετικά εύκολο να προσδιοριστεί το φύλο τους από την εξέταση των κεραίων τους: τα άτομα με φτερωτές κεραίες είναι αρσενικά, ενώ εκείνα που έχουν μόνο μικρά και μάλλον δυσδιάκριτα τριχίδια στις κεραίες είναι θηλυκά. Ακριβώς κάτω από τις κεραίες υπάρχει ένα ζευγάρι γλωσσιδίων που μπορεί να είναι κοντά ή μακριά, διεσταλμένα ή με μυτερές άκρες, ανάλογα με το φύλο των ενηλίκων και την υποοικογένεια (Anophelines/Culicines). Ανάμεσα στα γλωσσίδια υπάρχει μια ενιαία μακριά προβοσκίδα, που στα κουνούπια εκτείνεται χαρακτηριστικά προς τα εμπρός (Service, 2012).

Ο θώρακας είναι καλυμμένος, ραχιαία και πλευρικά, με φολίδες που μπορεί να είναι θαμπές ή γυαλιστερές, άσπρες, καφέ, μαύρες ή γενικά σχεδόν οποιουδήποτε χρώματος. Είναι η διάταξη αυτή των ασπρόμαυρων ή

χρωματισμένων φολίδων στην ραχιαία επιφάνεια του θώρακα που δίνει πολλά είδη, και ειδικά στα κουνούπια του γένους *Aedes*, τα διακριτά τους σχέδια. Τα πτερύγια είναι μακρά και σχετικά στενά και ο αριθμός και η διάταξη των νευρών των πτερυγίων είναι η ίδια για όλα τα είδη κουνουπιών. Τα νεύρα καλύπτονται με φολίδες, οι οποίες είναι συνήθως καφέ, μαύρες, άσπρες ή κιτρινωπές. Το σχήμα των φολίδων και το σχήμα που σχηματίζουν διαφέρει σημαντικά μεταξύ των γενών και των ειδών των κουνουπιών. Οι φολίδες δημιουργούν επίσης ένα συσσωμάτωμα κατά μήκος του οπίσθιου περιγράμματος των πτερυγίων. Οι πτέρυγες των κουνουπιών που βρίσκονται σε θέση ανάπαυσης τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο πάνω από την κοιλιά. Τα πόδια είναι μακρά και λεπτά και καλύπτονται επίσης με φολίδες καφέ, μαύρες ή λευκές και η διάταξή τους είναι τέτοια ώστε να δημιουργούνται δακτύλιοι, ενώ ο ταρσός τελειώνει συνήθως σε ένα ζευγάρι οδοντωτών ή απλών νυχιών (Service, 2012).

Η κοιλιά αποτελείται από 10 τμήματα, αλλά μόνο τα πρώτα επτά ή οκτώ είναι ορατά. Στα κουνούπια της υποοικογένειας *Culicinae* η κοιλιά καλύπτεται κατά βάση με καφέ, μαύρες ή υπόλευκες φολίδες ενώ τα *Anophelinae* χαρακτηρίζονται από την απουσία φολίδων. Το τελευταίο κοιλιακό τμήμα ενός θηλυκού κουνουπιού τερματίζεται σε ένα ζευγάρι εξαρτημάτων που συνήθως έχουν αισθητική λειτουργία, ενώ στο αρσενικό υπάρχει ένα ζευγάρι προεξέχοντα σφιγκτήρων που περιλαμβάνουν μέρος των αρσενικών εξωτερικών γεννητικών οργάνων. Σε κουνούπια που δεν έχουν τραφεί, η κοιλιακή χώρα είναι λεπτή, αλλά αφού τα θηλυκά τσιμπήσουν έναν κατάλληλο ξενιστή και τραφούν με το αίμα του, η κοιλιά διογκώνεται σε μεγάλο βαθμό και μοιάζει με ένα οβάλ κόκκινο μπαλόνι. Όταν η κοιλιά είναι γεμάτη από ανεπτυγμένα αυγά, εμφανίζεται επίσης διασταλμένη, αλλά είναι υπόλευκη και όχι κόκκινη (Service, 2012).

Όλα τα παραπάνω αναπαρίστανται στην Εικόνα 1, όπου φαίνεται εμφανώς η εξωτερική μορφολογία των κουνουπιών. Εύκολα μπορεί κάποιος να διακρίνει τα 3 βασικά μέρη του κουνουπιού, δηλαδή το κεφάλι, το θώρακα και την κοιλιά.

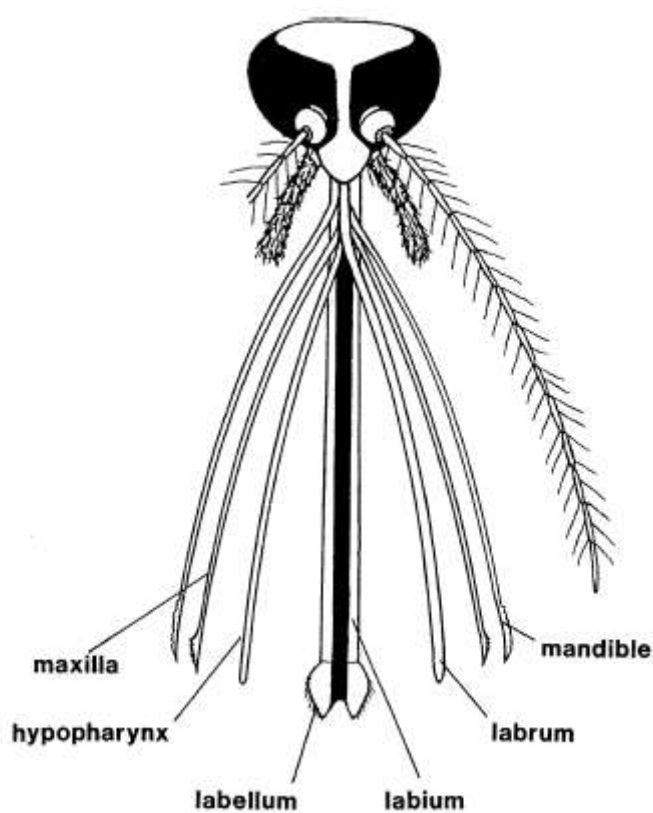


Εικόνα 1. Εξωτερική μορφολογία των κουνουπιών (Service 2012)

### 1.1.2.1. Στοματικά μέρη και Σιελογόνοι Αδένες

Τα στοματικά μέρη των κουνουπιών είναι νύσσοντος-μυζητικού τύπου και έχουν τη μορφή επιμήκους προβοσκίδας, που προεκτείνεται εμφανώς προς τα εμπρός και στα δύο φύλα παρόλο που τα αρσενικά κουνούπια δεν τσιμπούν. Το μεγαλύτερο εξάρτημα των στοματικών μερών είναι το μακρύ και ελαστικό σωληνοειδές κάτω χείλος που καταλήγει σε ένα ζεύγος μικρών κυματιστών σχηματισμών που ονομάζονται γλωσσίδια. Σε διατομή, το χείλος φαίνεται σχεδόν να περικυκλώνει όλα τα άλλα εξαρτήματα των στοματικών μερών, λειτουργώντας ως προστατευτικό περίβλημα. Τα εξαρτήματα διατηρούνται κοντά μεταξύ τους κατά τη διάρκεια της ζωής τους και διαχωρίζονται μόνο μερικώς κατά τη διάρκεια της διατροφής με αίμα. Η βασικότερη δομή, το άνω χείλος, είναι λεπτή, μυτερή και αυλακωτή. Ανάμεσα στο άνω χείλος (labrum) και το κάτω χείλος (labium) υπάρχουν βελονοειδείς δομές, οι οποίες συνιστούν ένα χαμηλότερο ζεύγος οδοντωτών κάτω

γνάθων, ένα ζεύγος άνω γνάθων - συνήθως δεν διαθέτουν δόντια- και ένα μεμονωμένο μη οδοντωτό, κοίλο σιλήτο, τον υποφάρυγγα (Εικόνα 2). Όταν ένα θηλυκό κουνούπι τσιμπήσει τον ξενιστή, τα γλωσσίδα στην άκρη του σαρκώδους κάτω χείλους ακουμπούν στο δέρμα, και το κάτω χείλος που δεν μπορεί να τρυπήσει το δέρμα κυρτώνεται προς τα πίσω. Αυτό επιτρέπει στο ζεύγος των άνω και κάτω γνάθων, στο άνω χείλος και στον υποφάρυγγα να τρυπήσουν το δέρμα του ξενιστή. Το σάλιο, που παράγεται από ένα ζεύγος τρίλοβων σιελογόνων αδένων, τοποθετημένων στο πρόσθιο μέρος του θώρακα, εκκρίνεται στον υποφάρυγγα. Το σάλιο αυτό περιέχει αντιαιμοστατικά ένζυμα που εμποδίζουν το αίμα να πήξει και διευκολύνουν την πρόσληψη αίματος ενώ είναι υπεύθυνα για τους ερεθισμούς του δέρματος μετά τη νύξη. Επίσης, περιέχει αναισθητικές ουσίες που βοηθούν στη μείωση του πόνου που προκαλείται κατά το τσίμπημα, ώστε να μειώνονται οι αμυντικές αντιδράσεις του ξενιστή (Service, 2012).



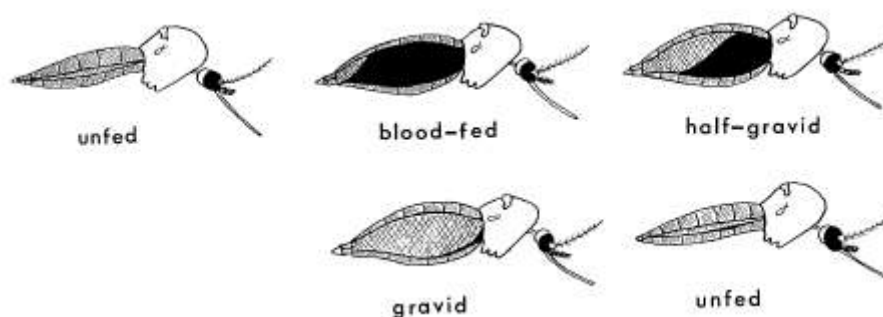
Εικόνα 2. Σχηματική αναπαράσταση της κεφαλής θηλυκού κουνουπιού (Service 2012)

### 1.1.3. Κύκλος Ζωής

#### 1.1.3.1. Γονοτροφικός κύκλος

Το σπέρμα ενός αρσενικού μπαίνει στη σπερμοθήκη ενός θηλυκού και συνήθως επαρκεί για να γονιμοποιήσει όλα τα αυγά. Επομένως, απαιτείται μόνο μια σύζευξη και μεταφορά σπέρματος ανά θηλυκό. Με λίγες εξαιρέσεις, ένα θηλυκό κουνούπι πρέπει να τσιμπήσει έναν ξενιστή και να προσλάβει αίμα για να

αποκτήσει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των αυγών. Αυτή είναι η συνήθης διαδικασία και αναφέρεται ως μη αυτογενής ανάπτυξη. Μερικά είδη, ωστόσο, μπορούν να αναπτύξουν την πρώτη συστοιχία αυγών χωρίς γεύμα αίματος και πιο σπάνια και τις επόμενες. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται αυτογενής ανάπτυξη. Η ταχύτητα πέψης του αίματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Στα περισσότερα τροπικά είδη χρειάζονται μόνο 2-3 ημέρες, αλλά σε ψυχρότερες, εύκρατες περιοχές η πέψη του αίματος μπορεί να διαρκέσει 7-14 ημέρες. Μετά την κατανάλωση αίματος, η κοιλιακή χώρα του κουνουπιού είναι διασταλμένη και παίρνει ένα φωτεινό, κόκκινο χρώμα, αλλά σε μερικές ώρες μετατρέπεται σε πιο σκούρο κόκκινο. Καθώς το αίμα υποβάλλεται σε πέψη και τα λευκά αυγά στις ωοθήκες μεγαλώνουν, η κοιλιακή χώρα γίνεται υπόλευκη στο πίσω μέρος και σκούρα κόκκινη μπροστά. Αυτή η κατάσταση αντιπροσωπεύει ένα μεσαίο σημείο στην πέψη του αίματος και στην ανάπτυξη των ωοθηκών, και το κουνούπι αναφέρεται ως ημι-έγκυος. Τελικά όλο το αίμα χωνεύεται και η κοιλιά γίνεται διασταλμένη και υπόλευκη λόγω του σχηματισμού πλήρως αναπτυγμένων αυγών. Το θηλυκό καλείται πλέον έγκυος και ψάχνει για κατάλληλα ενδιαιτήματα προνυμφών για να εναποθέσει τα αυγά. Τα στάδια της μη αυτογενούς ανάπτυξη περιγράφονται στην Εικόνα 3, όπου με σκούρο χρώμα απεικονίζεται το αίμα που έχει καταναλωθεί (Service, 2012).



**Εικόνα 3.** Σχηματική αναπαράσταση του γονοτροφικού κύκλου των κουνουπιών (Service 2012)

Μετά την ωοτοκία το θηλυκό κουνούπι λαμβάνει νέα ποσότητα αίματος και μετά από 2-3 ημέρες (στις τροπικές περιοχές) ωριμάζει ένα νέο συσσωμάτωμα αυγών. Αυτή η διαδικασία τροφοδότησης με αίμα και ωρίμανσης αυγών, ακολουθούμενη από ωοτοκία, επαναλαμβάνεται πολλές φορές καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής των θηλυκών και αναφέρεται ως γονοτροφικός κύκλος. Τα αρσενικά κουνούπια δεν μπορούν να τσιμπήσουν, αλλά τρέφονται με το νέκταρ των λουλουδιών και άλλων φυσικών σακχαρικών εκκρίσεων. Τα αρσενικά συνεπώς δεν μπορούν να μεταδώσουν οποιεσδήποτε ασθένειες. Ωστόσο, η σίτιση με σάκχαρα δεν περιορίζεται μόνο στα αρσενικά. Τα θηλυκά θα πρέπει επίσης να τρέφονται με σακχαρώδη συστατικά για να αποκτήσουν την απαραίτητη ενέργεια για την πτήση και τη διασπορά, αλλά μόνο σε λίγα είδη, κυρίως στα αυτογενή, είναι αυτός ο τύπος τροφής επαρκής για την ανάπτυξη αυγών.

### 1.1.3.2. Ωοτοκία θηλυκών και βιολογία των αυγών των κουνουπιών

Ανάλογα με το είδος, τα θηλυκά κουνούπια ωοτοκούν περίπου 30-300 αυγά σε μια προσπάθεια ωοτοκίας. Τα αυγά είναι καφέ ή μαύρα και μήκους 1 mm ή λιγότερο. Σε πολλά κουνούπια της υποοικογένειας Culicinae τα αυγά είναι επιμήκη ή περίπου ωοειδή σε σχήμα. Στα κουνούπια της υποοικογένειας Anophelinae, τα αυγά συνήθως έχουν σχήμα «σκάφους». Πολλά κουνούπια, όπως τα είδη των *Anopheles* και *Culex*, εναποθέτουν τα αυγά τους απευθείας στην επιφάνεια του νερού. Τα αυγά αυτών των κουνουπιών δεν μπορούν να επιβιώσουν χωρίς νερό και κατά συνέπεια θα πεθάνουν εάν αφυδατωθούν. Στα τροπικά κλίματα, τα αυγά εκκολάπτονται μέσα σε 2-3 ημέρες, αλλά σε ψυχρότερες εύκρατες περιοχές δεν μπορούν να εκκολαφθούν παρά μόνο μετά την πάροδο 7-14 ημερών, ή και περισσότερο. Άλλα κουνούπια, όπως αυτά που ανήκουν στα γένη *Aedes*, *Psorophora* και *Haemagogus*, δεν εναποθέτουν αυγά στην επιφάνεια του νερού. Αντ' αυτού, τα εναποθέτουν ακριβώς πάνω από τη γραμμή νερού σε υγρά υποστρώματα, όπως λάσπη και σάπια φύλλα, ή στα εσωτερικά τοιχώματα οπών δέντρων και δοχείων νερού. Τα αυγά αυτών των γενών μπορούν να αντέξουν την απουσία νερού, ειδικά εκείνα των *Aedes* και *Psorophora*, τα οποία μπορούν να παραμείνουν ξηρά για μήνες ή και χρόνια, αλλά εξακολουθούν να παραμένουν βιώσιμα και να εκκολάπτονται όταν εμποτιστούν με νερό. Επειδή τα αυγά τοποθετούνται πάνω από τη γραμμή του νερού των ενδιαιτημάτων μπορεί να χρειαστούν πολλές εβδομάδες ή μήνες πριν κατακλυστούν με νερό και να μπορέσουν εντέλει να εκκολαφθούν. Ωστόσο, ακόμη και όταν το ενδιαίτημα γεμίσει με νερό, η εκκόλαψη μπορεί να παραταθεί για μεγάλες χρονικές περιόδους επειδή τα αυγά εκκολάπτονται σε δόσεις (Service, 2012).

### 1.1.3.3. Βιολογία των προνυμφών

Οι προνύμφες των κουνουπιών διακρίνονται από τα περισσότερα υδρόβια έντομα καθώς δεν διαθέτουν πόδια και έχουν βολβώδη θώρακα που είναι μεγαλύτερος σε σχέση με το κεφάλι και την κοιλιά μαζί. Υπάρχουν τέσσερις προνυμφικές ηλικίες. Όλες οι προνύμφες κουνουπιών απαιτούν νερό για ανάπτυξη – δεν υπάρχουν προνύμφες κουνουπιών που να μπορούν να αντέξουν την απουσία νερού. Οι προνύμφες έχουν μια καλά αναπτυγμένη κεφαλή που φέρει ένα ζεύγος κεραιών και ένα ζευγάρι σύνθετων οφθαλμών. Φέρουν, επίσης, τριχίδια στο στόμα που χρησιμεύουν για να σαρώνουν το νερό και να λαμβάνουν τα σωματίδια τροφής που υπάρχουν σ' αυτό. Ο θώρακας είναι στρογγυλός και έχει διακλαδισμένες ή μη τρίχες, οι οποίες είναι συνήθως μακρές και εμφανείς. Η κοιλιά έχει ορατά τα εννέα από τα δέκα τμήματα, τα περισσότερα από τα οποία έχουν διακλαδισμένες ή μη τρίχες. Το τελευταίο τμήμα, το οποίο διαφέρει σε σχήμα από τα προηγούμενα οκτώ τμήματα, έχει δύο ζευγάρια μακριών τριχών και μια μεγαλύτερη ομάδα που θυμίζει ανεμιστήρα. Αυτό το τελευταίο τμήμα καταλήγει σε δύο ζεύγη διαφανών πρωκτικών θηλών σε σχήμα «λουκάνικου», οι οποίες, παρόλο που συχνά αποκαλούνται βράγχια, δεν σχετίζονται την αναπνοή. Οι προνύμφες των κουνουπιών πρέπει να έρχονται στην επιφάνεια του νερού για να αναπνεύσουν. Ο



ατμοσφαιρικός αέρας εισάγεται μέσα από ένα ζευγάρι σπειρών τοποθετημένων ακτινικά στο ένατο κοιλιακό τμήμα. Στις υποοικογένειες Τοχορhynchitinae και Culicinae αυτές οι σπείρες βρίσκονται στο τέλος ενός ενιαίου σκούρου χρώματος και σκληρού σωλήνα που ονομάζεται σιφώνιο. Οι προνύμφες των κουνουπιών τρέφονται με ζύμες, βακτήρια, πρωτόζωα και πολλούς άλλους μικροοργανισμούς, καθώς και με φυτικά και ζωικά υλικά σε αποσύνθεση που βρίσκονται στο νερό. Μερικές, όπως αυτές των ειδών Anopheles, δραστηριοποιούνται κυρίως στην επιφάνεια του νερού, ενώ άλλες περιηγούνται σε μεγαλύτερα βάθη των ενδιαιτημάτων τους. Η διάρκεια ανάπτυξης των προνυμφών, δηλαδή ο χρόνος από την εκκόλαψή τους έως την νύμφωση, μπορεί να είναι σύντομη έως 5-7 ημέρες σε τροπικές περιοχές, αλλά πολλά είδη απαιτούν περίπου 7-14 ημέρες. Σε εύκρατες περιοχές, η προνυμφική ανάπτυξη μπορεί να διαρκέσει αρκετές εβδομάδες ή μήνες, ενώ πολλά είδη διαχειμάζουν ως προνύμφες (Service, 2012).

#### **1.1.3.4. Ενδιαιτήματα των προνυμφών**

Τα ενδιαιτήματα των προνυμφών των κουνουπιών ποικίλλουν από μεγάλες και συνήθως μόνιμες συγκεντρώσεις νερού, όπως βάλτους γλυκού νερού, έλη, ορυζώνες μέχρι μικρότερες συγκεντρώσεις προσωρινών υδάτων, όπως πισίνες, λακκούβες, τάφρους, αποχετεύσεις και δεξαμενές. Μια μεγάλη ποικιλία από «φυσικά ενδιαιτήματα» παρέχει επίσης χώρους αναπαραγωγής, όπως τρύπες δέντρων ή μπαμπού ή φλοιούς καρύδας γεμάτα με νερό, βράχια και κελύφη σαλιγκαριών. Οι προνύμφες εμφανίζονται επίσης σε φρεάτια και «τεχνητά ενδιαιτήματα», όπως πήλινα αγγεία, δοχεία αποθήκευσης νερού, κονσέρβες και ελαστικά αυτοκινήτων. Ορισμένα είδη προτιμούν ενδιαιτήματα με σκιά, ενώ άλλα ηλιόλουστα. Το είδος και η καθαρότητα του νερού του ενδιαιτήματος που προτιμά κάθε είδος ποικίλει από καθαρά μέχρι μολυσμένα και από αλμυρά ή υφάλμυρα. Επιπλέον, ορισμένα είδη είναι λιγότερο απαιτητικά και μπορούν να ανεχθούν ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών τύπων αναπαραγωγής. Σχεδόν κάθε συγκέντρωση μόνιμου ή προσωρινού νερού μπορεί να αποτελεί ενδιαίτημα προνυμφών, αλλά απουσιάζουν τόσο από μεγάλες εκτάσεις αδιάλειπτου ύδατος όπως οι λίμνες - ειδικά αν έχουν μεγάλο αριθμό ψαριών και άλλων θηρευτών – όσο και από μεγάλα ποτάμια και γρήγορα ρέοντα νερά (Service, 2012).

#### **1.1.3.5. Βιολογία των νυμφών**

Όλες οι νύμφες των κουνουπιών είναι υδρόβιες και το σχήμα τους μοιάζει με κόμμα. Η κεφαλή και ο θώρακας συνδυάζονται για να σχηματίσουν τον κεφαλοθώρακα, ο οποίος έχει ραχιαία αναπνευστικές διόδους. Η κοιλιακή χώρα αποτελείται από 10 τμήματα, από τα οποία μόνο τα 8 είναι ορατά. Κάθε τμήμα έχει πολυάριθμες κοντές τρίχες και το τελευταίο τμήμα καταλήγει σε ένα ζευγάρι ωοειδών και πεπλατυσμένων δομών που ονομάζονται πετάλια. Μέσα από τη δομή αυτή διακρίνονται ορισμένες από τις βασικότερες δομές του κουνουπιού, όπως ένα

ζευγάρι μαύρα σύνθετα μάτια, τα διπλωμένα φτερά, τα πόδια και η προβοσκίδα. Οι νύμφες δεν τρέφονται, αλλά ξοδεύουν τον περισσότερο χρόνο τους στην επιφάνεια του νερού, ενώ τυχόν διατάραξή τους, οδηγεί σε ταχεία βύθησή τους. Οι νύμφες των ειδών *Mansonia* και *Coquillettidia* διαφέρουν ως προς το ότι έχουν σχετικά μεγάλες αναπνευστικές σάλπιγγες, οι οποίες τροποποιούνται ώστε να επιτρέπουν τη διάτρηση της υδρόβιας βλάστησης και τη λήψη του οξυγόνου με παρόμοιο τρόπο με τις προνύμφες. Κατά συνέπεια, οι νύμφες τους παραμένουν βυθισμένες και σπάνια έρχονται στην επιφάνεια του νερού. Στις τροπικές περιοχές, τα κουνούπια παραμένουν σε αυτό το στάδιο μόνο 2-3 ημέρες, αλλά σε ψυχρότερες εύκρατες περιοχές η ανάπτυξη των νυμφών μπορεί να διαρκέσει 9-12 ημέρες ή και περισσότερο. Στο τέλος της περιόδου αυτής, το δερμάτιο στην ραχιαία επιφάνεια του κεφαλοθώρακα διαρρηγνύεται και το ενήλικο πλέον κουνούπι απελευθερώνεται (Service, 2012).

#### **1.1.3.6. Βιολογία και συμπεριφορά των τέλειων κουνουπιών**

Όπως αναφέρθηκε ήδη, τα θηλυκά των περισσότερων ειδών κουνουπιών είναι αιμοομυζητικά και απαιτούν την κατανάλωση αίματος για την ανάπτυξη των αυγών και αυτό λαμβάνεται είτε πριν είτε πιο συχνά μετά το ζευγάρωμα. Πολλά είδη τσιμπούν τους ανθρώπους για να αποκτήσουν το αναγκαίο αίμα αν και τα περισσότερα ήδη προτιμούν άλλους ξενιστές. Τα είδη που τρέφονται συνήθως σε ανθρώπους καλούνται ανθρωποφαγικά στις διατροφικές τους συνήθειες, ενώ εκείνα που τρέφονται κυρίως με άλλα ζώα καλούνται ζωοφαγικά ή ορνιθοφαγικά, όταν καταναλώνουν αίμα πτηνών. Τα θηλυκά προσελκύονται από τους ξενιστές με διάφορα ερεθίσματα όπως η αναπνοή ή ο ιδρώτας τους. Η όραση παίζει συνήθως έναν δευτερεύοντα ρόλο στον προσανατολισμό του εντόμου. Ορισμένα είδη τρέφονται περισσότερο ή λιγότερο οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας ή της νύχτας ενώ άλλα είναι κυρίως πρωινά ή νυχτερινά στις διατροφικές τους συνήθειες. Μερικά είδη κουνουπιών εισέρχονται συχνά σε σπίτια για να τραφούν και καλούνται ενδοφαγικά, ενώ εκείνα που τσιμπούν τους οικοδεσπότες τους έξω από τα σπίτια ονομάζονται εξωφαγικά. Αφού τσιμπήσουν τους ανθρώπους ή άλλους ξενιστές, τα κουνούπια αναζητούν θέσεις ανάπαυσης στις οποίες θα παραμείνουν κατά την πέψη του αίματος. Κάποια είδη ξεκουράζονται μέσα στα σπίτια κατά τη διάρκεια της πέψης και την ωρίμανση των ωοθηκών και ορισμένα εξωτερικά οπότε διακρίνονται σε ενδοφιλικά και εξωφιλικά. Τα θηλυκά του *Aedes aegypti* (φορέας κίτρινου πυρετού), για παράδειγμα, είναι συνήθως ανθρωποφάγα, εξωφαγικά και εξωφιλικά ενώ τα ενήλικα της *Anopheles gambiae* (φορέας αφρικανικής ελονοσίας) είναι κυρίως ανθρωποφάγα, ενδοφαγικά και ενδοφιλικά. Λίγα κουνούπια, ωστόσο, είναι εξ' ολοκλήρου ανθρωποφαγικά ή ζωοφαγικά, ενδοφαγικά ή εξωφαγικά, ενδοφιλικά ή εξωφιλικά. Αντ' αυτού, τα περισσότεροι δείχνουν διάφορους βαθμούς αυτών των συμπεριφορών ενώ πολλά είδη είναι λιγότερο προσαρμοσμένα στη διατροφική τους συμπεριφορά. Η συμπεριφορά τσιμπήματος των θηλυκών κουνουπιών μπορεί να είναι πολύ σημαντική στην επιδημιολογία της μετάδοσης της

νόσου. Κατά τη διάρκεια των ζεστών και ξηρών εποχών ένας σημαντικός αριθμός ανθρώπων μπορεί να κοιμηθεί έξω και ως εκ τούτου να είναι πιο ευάλωτοι στα τσιμπήματα των εξωφαγικών κουνουπιών. Ορισμένα κουνούπια τσιμπούν κυρίως μέσα σε δάση ή σε δασικές εκτάσεις, οπότε οι άνθρωποι υφίστανται τα τσιμπήματα μόνο όταν επισκέπτονται τα μέρη αυτά. Σαφώς η συμπεριφορά τόσο των ανθρώπων όσο και των κουνουπιών μπορεί να είναι σημαντική στη μετάδοση των ασθενειών (Service, 2012).

Η συμπεριφορά ηρεμίας των ενήλικων κουνουπιών μπορεί να είναι σημαντική για τον προγραμματισμό των μέτρων ελέγχου. Σε αρκετές εκστρατείες ελέγχου της ελονοσίας, οι εσωτερικές επιφάνειες των σπιτιών, όπως οι τοίχοι και οι οροφές, ψεκάζονται με εντομοκτόνα για να σκοτώσουν τα ενήλικα κουνούπια που στηρίζονται πάνω τους. Αυτή η προσέγγιση είναι αποτελεσματική μόνο στον έλεγχο της ελονοσίας εφόσον οι φορείς της ασθένειας είναι ενδοφιλικοί. Τα περισσότερα κουνούπια διασκορπίζονται πιθανότατα μόνο μερικές εκατοντάδες μέτρα από τα σημεία εμφάνισής τους και σε προγράμματα ελέγχου και επιδημιολογικές μελέτες είναι συνήθως ασφαλές να πούμε ότι τα κουνούπια δεν θα πετάξουν περισσότερο από 2 χλμ. Υπάρχουν, ωστόσο, καταγραφές κουνουπιών που βρίσκονται μέχρι και 100 χιλιόμετρα από τους τόπους αναπαραγωγής τους, αλλά - η διασπορά υποβοηθείται συνήθως από ρεύματα αέρα. Τα κουνούπια μπορούν να μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις στα αεροπλάνα και μερικές φορές αυτό προκαλεί ξεσπάσματα ασθενειών, όπως η «ελονοσία του αεροδρομίου». Στις τροπικές χώρες, τα ενήλικα θηλυκά κουνούπια ζουν κατά μέσο όρο 1-2 εβδομάδες, ενώ στις εύκρατες χώρες η μακροζωία των ενήλικων είναι πιθανό να είναι 3-4 εβδομάδες. Τα ενήλικα αρσενικά συνήθως έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής από τα θηλυκά (Service, 2012).

#### **1.1.3.7. Μορφολογία, βιολογία και συμπεριφορά του *Aedes albopictus***

Το *Aedes albopictus* (Εικόνα 4) έλαβε το κοινό όνομα (Κουνούπι – Τίγρης) λόγω των διακριτών μοτίβων λευκών και μαύρων λωρίδων (Hawley, 1988).



**Εικόνα 4.** *Aedes albopictus* (<http://www.idph.state.il.us/envhealth/pcmosquitoes.htm>)

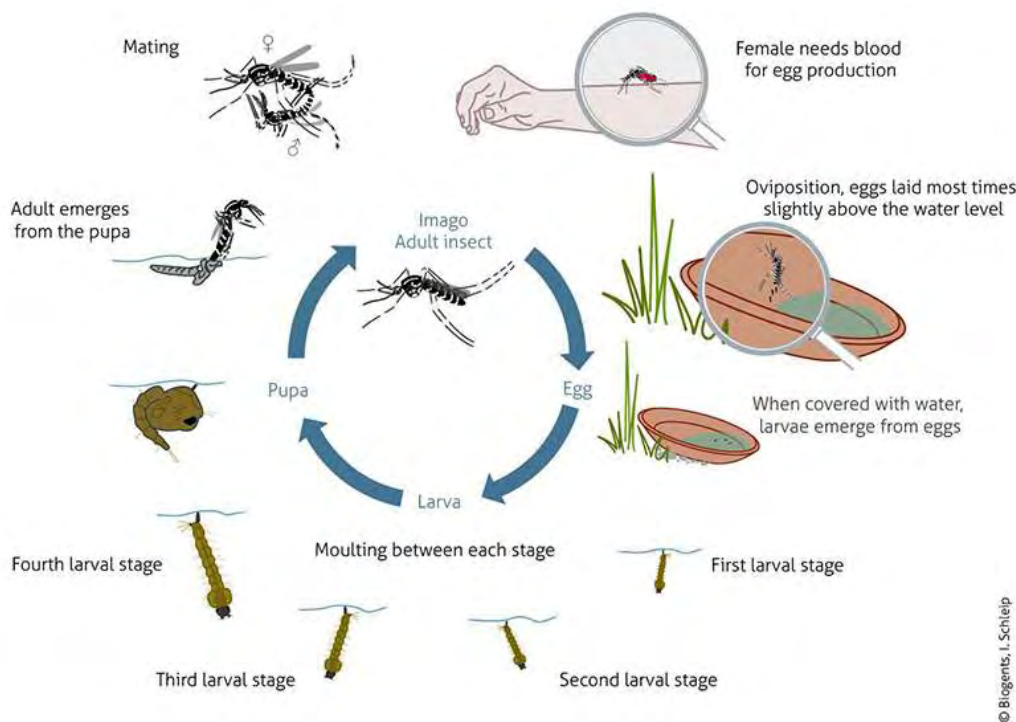
Εκτός από αυτό, είναι μορφολογικά παρόμοιο με τα περισσότερα κουνούπια της οικογένειας Culicidae. Τα αρσενικά είναι ελαφρώς μικρότερα από τα θηλυκά στο

είδος, αλλά είναι παρόμοια μορφολογικά. Διαφορές εντοπίζονται στις κεραίες, οι οποίες φέρουν πυκνά τριχίδια στα αρσενικά και στις άνω γνάθους που είναι μακρύτερες σε αρσενικά από την προβοσκίδα τους. Στα θηλυκά, τα γλωσσίδια είναι πολύ μικρότερα από την προβοσκίδα, πράγμα που είναι ζωτικής σημασίας για τη λήψη γευμάτων αίματος. Το *Ae. albopictus* διαθέτει μαύρη προβοσκίδα, μάτια και κάτω χείλος στο εμπρόσθιο άκρο του εντόμου, ενώ στη ραχιαία πλευρά του θώρακα σχηματίζεται με λευκές φολίδες, μια λευκή γραμμή που είναι χαρακτηριστική του είδους ενώ η περιοχή του θώρακα κάτω από τα στίγματα φέρει λευκές φολίδες. Τέλος, τα περισσότερα πόδια έχουν λευκό με μαύρο χρώμα αλλά μερικά μπορεί να είναι μόνο μαύρα (Estrada-Franco et al., 1995).

Τα αυγά του *Ae. albopictus* έχουν ατρακτοειδές σχήμα καθώς είναι πιο λεπτό στα άκρα και πιο διογκωμένα στο κέντρο. Κάθε αυγό διαθέτει μεγάλα, ομαλά και στρογγυλεμένα φυμάτια (tubercles), με μικρά κυτταρικά πεδία διασκορπισμένα γύρω από το υπόλοιπο ωάριο. Τα αυγά τελικά εκκολάπτονται σε προνύμφες. Καθώς θα πρέπει να τρέφονται, είναι εξοπλισμένες με στοματικά μόρια. Έχουν επίσης μακρά, προεξέχοντα σιφώνια αναπνοής που χρησιμεύουν για την πρόσληψη οξυγόνου. Οι προνύμφες είναι πιο ανοιχτές σε χρώμα σε σχέση με τα περισσότερα άλλα είδη κουνουπιών. Είναι παρόμοιες με του *Ae. aegypti*, το οποίο είναι συγγενές είδος. Υπάρχουν μερικές μικρές διαφορές που βοηθούν στη διάκριση των δύο ειδών, και εντοπίζονται στο μεσοθωράκιο και το μεταθωράκιο. Οι νύμφες επίσης υδρόβιες, δίνουν την εντύπωση σκοτεινού σφαιριδίου που κολυμπάει στο νερό (Estrada-Franco et al., 1995).

Τα αυγά του *Ae. albopictus* τοποθετούνται κατά μήκος των τεχνητών ή ανθρωπογενών δεξαμενών και εκκολάπτονται όταν τα επίπεδα νερού ανεβαίνουν πάνω από την θέση του αυγού, βυθίζοντας το. Τα αυγά εκκολάπτονται σε νερό με χαμηλή διαύγεια και pH που κυμαίνεται από 5,2 έως 7,6 (βέλτιστο εύρος από 6,8 έως 7,6). Η ιδανική δεξαμενή νερού έχει υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικό άζωτο για την τροφοδοσία. Το μέγεθος και η διάρκεια ανάπτυξης της προνύμφης επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η διάθεση τροφής, ο συνωστισμός και το φύλο. Η εξέλιξη των προνυμφών περιλαμβάνει τέσσερις ηλικίες και μπορεί να διαρκεί από τέσσερις έως σαράντα δύο ημέρες όταν η προνύμφη στερείται επαρκούς τροφής (Estrada-Franco et al., 1995).

Οι προνύμφες θα εξελιχθούν στη συνέχεια σε νύμφες, ένα στάδιο που υπό ιδανικές συνθήκες θα διαρκέσει δύο ημέρες. Η διάρκεια αυτή μπορεί να διαφέρει για τα αρσενικά και τα θηλυκά, όμως. Ο μέσος όρος ωρών για τα αρσενικά είναι από 32 έως 36, ενώ για τα θηλυκά είναι μεταξύ 49 και 52. Μετά τη πάροδο του απαιτούμενου διαστήματος, θα αναδυθούν τα ενήλικα έντομα, τα οποία σύντομα θα ξεκινήσουν τη διαδικασία της σύζευξης (Εικόνα 5). Τα ενήλικα έχουν φτάσει σε σεξουαλική ωριμότητα μόλις εξαχθούν του νυμφικού περιβλήματος ενώ αρχίζουν να τρέφονται με αίμα και να συζευγνύονται μέσα σε δύο ή τρεις μέρες από την εμφάνισή τους (Estrada-Franco et al., 1995).



**Εικόνα 5.** Βιολογικός κύκλος του *Ae. albopictus* (<https://sea.biogents.com/life-cycle-aedes-mosquitoes/>)

Τα θηλυκά μπορούν να συζευχθούν έως τέσσερις φορές κατά τη διάρκεια της ζωής τους, ανάλογα με τη διάρκειά της. Τα αρσενικά συνήθως έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής, αλλά έχουν λιγότερους περιορισμούς στο ζευγάρωμα. Μπορούν δηλαδή να συζευχθούν πολλές φορές. Τα αρσενικά σχηματίζουν σμήνη, σε μικρή απόσταση από το έδαφος, προκειμένου να προσελκύσουν τα θηλυκά. Τα αρσενικά εκκρίνουν διεγερτικά που παρέχουν επιπλέον ερέθισμα για την ανάπτυξη των ωοθηκών (το γεύμα αίματος αποτελεί το άλλο). Η σύζευξη θα πραγματοποιηθεί κατά την πτήση και διαρκεί από 5 έως 15 δευτερόλεπτα (Estrada-Franco et al., 1995).

Μόλις τα θηλυκά αναδυθούν από τις νύμφες, λαμβάνουν ένα γεύμα αίματος μέσα στις πρώτες δύο με τρεις ημέρες, που είναι ζωτικής σημασίας για την ωρίμανση των αυγών. Δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη εποχή σύζευξης για το *Ae. albopictus*, αλλά το είδος είναι πιθανό να συζευχθεί κατά τη διάρκεια της εποχής των βροχών που ποικίλλει γεωγραφικά. Αυτό εξασφαλίζει ταχύτερο χρόνο ανάπτυξης των αυγών, τα οποία ξεκινούν την εκκόλαψη μόλις βυθιστούν σε μια στάσιμη δεξαμενή νερού. Τα θηλυκά μπορεί να ωοτοκούν από 45 έως 200 αυγά κατά τη διάρκεια της ζωής του (Estrada-Franco et al., 1995).

Σχεδόν όλες οι μελέτες σχετικά με τη διάρκεια ζωής του *Ae. albopictus* έχουν επικεντρωθεί στα θηλυκά. Φαίνεται ότι οι περιβαλλοντικοί παράγοντες έχουν μεγάλη επίδραση στο πόσο χρόνο μπορεί να ζήσει ένα άτομο. Σε ένα εύκρατο κλίμα με σχετικά υψηλή υγρασία, η μέση διάρκεια ζωής ήταν μεταξύ 30 και 40 ημερών. Στο εργαστήριο, διάφορα πειράματα με διαφορετικά είδη τροφής και σε διαφορετικές ποσότητες θα μπορούσαν να επιτρέψουν στα θηλυκά να ζήσουν έως

117 ημέρες. Αυτό βέβαια επιτελεί μια ακραία κατάσταση η οποία δεν απαντάται στο φυσικό περιβάλλον. Στον Πίνακα 2 φαίνονται συγκεντρωτικά τα βασικά χαρακτηριστικά του *Ae. albopictus*.

**Πίνακας 2.** Βιολογικά και Μορφολογικά Χαρακτηριστικά *Ae. albopictus*

<b>AEDES ALBOPICTUS</b>	
<b>Εύρος Μήκους</b>	2-10mm
<b>Μέσο Μήκος</b>	4mm
<b>Μέσο Άνοιγμα Φτερών</b>	2,7mm
<b>Διάρκεια Αναπαραγωγής</b>	4 ημέρες
<b>Περίοδος Αναπαραγωγής</b>	Η διάρκεια της εποχής των βροχών, η οποία ποικίλλει γεωγραφικά
<b>Εύρος Αυγών</b>	45 έως 200
<b>Μέσος χρόνος για την ανεξαρτησία</b>	8 ημέρες
<b>Μέση ηλικία σεξουαλικής ωριμότητας (θηλυκό)</b>	8 ημέρες
<b>Μέση ηλικία σεξουαλικής ωριμότητας (αρσενικό)</b>	7 ημέρες
<b>Διάρκεια ζωής (αιχμαλωσία)</b>	117 ημέρες
<b>Διάρκεια ζωής (στη φύση)</b>	30-40 ημέρες

Τα αρσενικά του είδους τρέφονται με νέκταρ και χυμούς φρούτων πλούσιους σε σάκχαρα. Τα θηλυκά τρέφονται επίσης με αυτούς τους χυμούς, αλλά χρειάζονται ένα γεύμα αίματος για την ανάπτυξη των αυγών. Το ασιατικό κουνουπίτι γιγής θεωρείται επιτυχημένο είδος επειδή μπορεί να αξιοποιεί πλήθος διαφορετικών ξενιστών. Μερικά από τα πιο συνηθισμένα είδη ξενιστών που τρέφονται είναι κατοικίδια σκυλιά, ελάφια, κουνέλια και άνθρωποι ενώ μπορούν να τραφούν με σκίουρους, βοοειδή, ρακούν, χελώνες, αρουραίους και γάτες. Αυτή η μεταβλητότητα του ξενιστή επιτρέπει σε αυτό το είδος να ευδοκιμεί σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλόντων (Estrada-Franco et al., 1995).

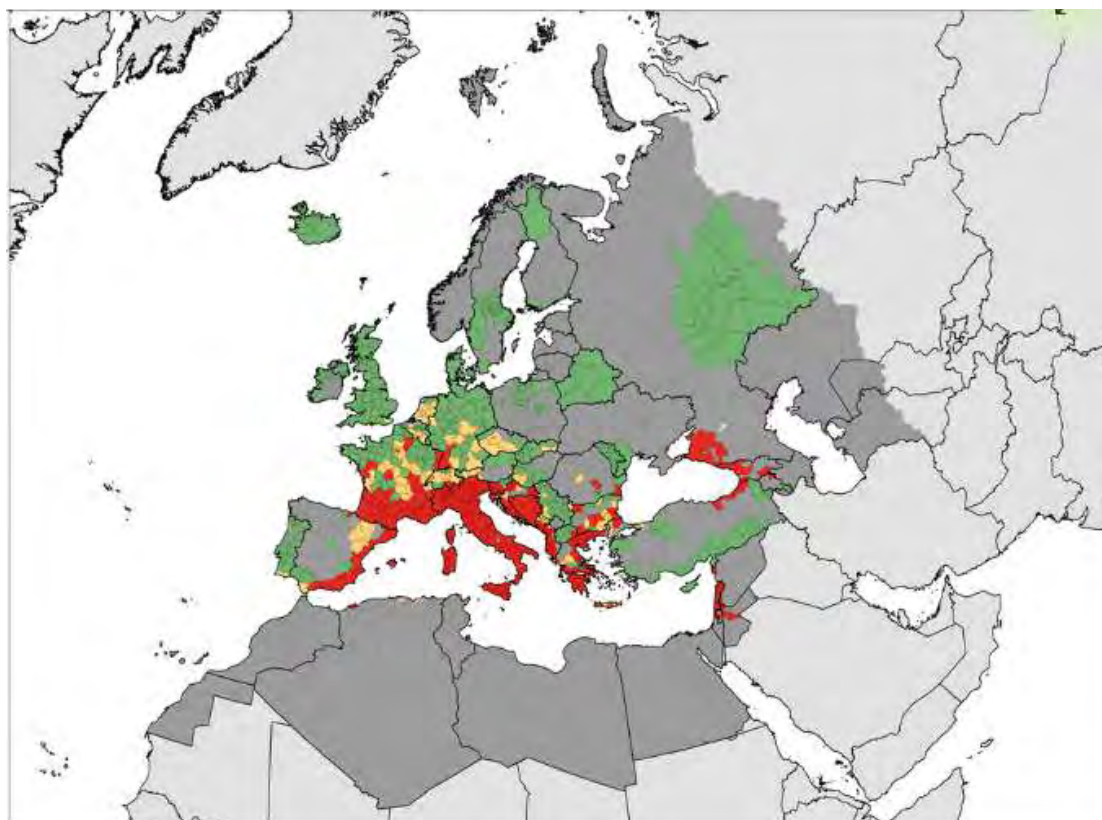
Η αναζήτηση ξενιστή περιλαμβάνει δύο φάσεις. Αρχικά, το θηλυκό επιδεικνύει μια μη ειδική συμπεριφορά αναζήτησης μέχρι την αντίληψη των κατάλληλων ερεθισμάτων του ξενιστή. Ακολουθεί η στοχευμένη προσέγγιση προς την πηγή των ερεθισμάτων που οδηγεί στο εντοπισμό του ξενιστή και την επακόλουθη λήψη του γεύματος αίματος

## **1.2. Εξάπλωση του *Aedes (Stegomyia) albopictus* στην Ευρώπη και την Ελλάδα**

### **1.2.1. Παρουσία του *Aedes albopictus* στην Ευρώπη**

Από όλα τα εισβάλλοντα είδη κουνουπιών στην Ευρώπη, το ασιατικό κουνουπίτι γιγής, *Ae. (Stegomyia) albopictus*, αποτελεί την πιο σοβαρή απειλή για τη δημόσια υγεία. Κατατάσσεται ως ένα από τα 100 κορυφαία εισβάλλοντα είδη της Ειδικής Λίστα Εισβαλόντων Ειδών (Invasive Species Specialist Group) και θεωρείται το πλέον χωροκατακτητικό είδος κουνουπιδιού στον κόσμο. Προέρχεται από τη Νοτιοανατολική Ασία, αλλά εξαπλώθηκε τα τελευταία 30-40 χρόνια στη Βόρεια,

Κεντρική και Νότια Αμερική, σε περιοχές της Αφρικής, στη βόρεια Αυστραλία και σε αρκετές χώρες της Ευρώπης (Paury et al., 2009). Αρχικά εμφανίστηκε στην Αλβανία το 1979 και την Ιταλία το 1990 ενώ έχει αναφερθεί σε 20 ευρωπαϊκές χώρες, όπως, το Βέλγιο, η Κροατία, η Γαλλία, η Ελλάδα, η Μάλτα, οι Κάτω Χώρες, ο Άγιος Μαρίνος, η Σερβία, η Σλοβενία, η Ισπανία, η Ελβετία (Petric 2009), καθώς και η Βουλγαρία, όπου αναφέρθηκε πρόσφατα και την Τουρκία ( Medlock et al., 2012). Είναι πιθανόν στις Κάτω Χώρες οι πληθυσμοί του να εισήχθησαν από τη Κίνα μέσω των τυχερών μπαμπού (Scholte et al., 2007), ενώ αυτά που εισήχθησαν από τη νότια Φλόριντα μέσω του εμπορίου ελαστικών (Scholte et al., 2010). Το είδος είναι πλέον ευρέως εγκατεστημένο και προκαλεί μεγάλη ενόχληση, ιδιαίτερα στην Ιταλία, τη Γαλλία και την Ισπανία. Η Ιταλία αποτελεί την πιο προσβεβλημένη χώρα στην Ευρώπη καθώς το είδος έχει εγκατασταθεί σε πολλές περιοχές της χώρας με υψόμετρο 600 μέτρων (Valerio et al., 2009). Στη Γαλλία, το είδος εντοπίστηκε για πρώτη φορά το 1999 και από το 2004 εξαπλώνεται ενώ εκτιμάται ότι η μολυσμένη περιοχή αυξήθηκε από 1000 km<sup>2</sup> το 2008 σε περισσότερα από 4000 km<sup>2</sup> το 2010. Παρόλο που οι εγκατεστημένοι πληθυσμοί στη Γαλλία βρίσκονται επί του παρόντος μόνο στις ακτές της ανατολικής Μεσογείου, πρόσφατα εντοπίστηκε και σε άλλες περιοχές της χώρας. Στην Εικόνα 6 απεικονίζονται οι χώρες της Ευρώπης στις οποίες εντοπίζεται το *Ae. albopictus* ενώ με κόκκινο χρώμα σημειώνονται εκείνες στις οποίες το κουνούπι έχει πλέον εγκατασταθεί.



**Εικόνα 6.** Διασπορά του *Ae. albopictus* στην Ευρώπη το 2019  
(<https://ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-albopictus-current-known-distribution-january-2019>)

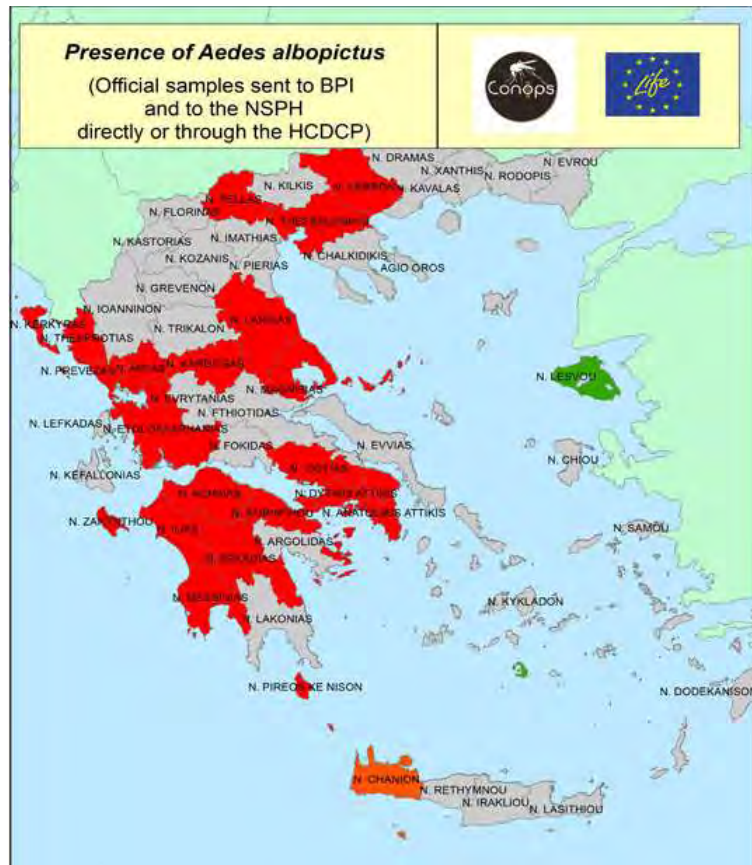
Το *Ae. albopictus* διαδόθηκε σε παγκόσμια κλίμακα στο στάδιο του αυγού μέσω του εμπορίου των ελαστικών και της εισαγωγής μπαμπού. Αυτό έγινε διότι τα αυγά είναι σε θέση να αντέξουν παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας. Επιπλέον, «μολυσμένα» εμπορευματοκιβώτια και τα φυτά εξάγονται σε νέες γεωγραφικές περιοχές με αποτέλεσμα νέοι πληθυσμοί να εγκαθίστανται σε νέες τοποθεσίες, με την προϋπόθεση ότι οι τοπικές κλιματολογικές συνθήκες είναι κατάλληλες. Αυτές οι μέθοδοι διασποράς είναι εξαιρετικά αποτελεσματικές για τη μετακίνηση αυτού του είδους σε ολόκληρες ηπείρους και αναμφίβολα θα συνεχίσουν να είναι πρωταρχικής σημασίας για την συνεχώς αυξανόμενη διασπορά του *Ae. albopictus* (Benedict et al., 2007). Βασικό ρόλο στην επιτυχία της εγκατάστασης του *Ae. albopictus* σε νέες γεωγραφικές περιοχές παίζει η ικανότητα του να προσαρμόζεται σε διαφορετικά κλίματα μέσω της παραγωγής αυγών ανθεκτικών στο ψύχος (Medlock et al., 2012). Τέλος η προτίμησή του για ενδολιγνύματα τύπου μικρών δεξαμενών (π.χ. ελαστικά και αγγεία) σε οικιακές εγκαταστάσεις έχει οδηγήσει σε αυξημένη δυνατότητα επαφής με τον άνθρωπο.

### **1.2.2. Παρουσία του *Aedes albopictus* στην Ελλάδα**

Η πρώτη καταγραφή του *Ae. albopictus* στην Ελλάδα έγινε στην Κέρκυρα και τη Θεσπρωτία από τη Σαμανίδου-Βογιατζόγλου (Samanidou-Voyadjoglou et al., 2005) μεταξύ 2003-2004. Από τότε το ασιατικό κουνούπι τίγρης έχει βρεθεί και σε άλλα μέρη της χώρας, όπως η Κεντρική Μακεδονία, η Πελοπόννησος και η Αττική (Giatropoulos et al., 2012a, Giatropoulos et al., 2012b).

Σύμφωνα με στοιχεία του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου (ΜΦΙ), της Εθνικής Σχολής Δημόσιας Υγείας (ΕΣΔΥ) και του Ελληνικού Κέντρου Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων (ΚΕΕΛΠΝΟ) καταρτίστηκαν χάρτες οι οποίοι δείχνουν την παρουσία του κουνουπιού σε επίπεδο Περιφέρειας. Συγκεκριμένα, οι Περιφερειακές Μονάδες της Εικόνας 7 με έγχρωμο κόκκινο είναι εκείνες στις οποίες έχει καταγραφεί επίσημα το *Ae. albopictus*. Αυτό σημαίνει ότι ένας από τους προαναφερόμενους τρεις δημόσιους φορείς έχει λάβει δείγματα από αυτές τις περιοχές και έχει επιβεβαιώσει την παρουσία του συγκεκριμένου είδους κουνουπιών. Οι Περιφερειακές Μονάδες οι οποίες ερευνήθηκαν με παγίδες ωτοκίας αλλά δεν επιβεβαιώθηκε η εμφάνιση του κουνουπιού, παρουσιάζονται με πράσινο χρώμα (Εικόνα 8). Οι Περιφερειακές Μονάδες για τις οποίες δεν καταγράφονται δείγματα και επομένως δεν υπάρχουν επίσημα δεδομένα παρουσιάζονται με γκρι χρώμα.





**Εικόνα 7.** Χάρτης Περιφερειών στις οποίες εντοπίστηκε το *Ae. albopictus*  
 (<http://www.conops.gr/presence-aedes-albopictus/?lang=en#prettyPhoto>)



Εικόνα 8. Διασπορά του *Ae. albopictus* στην Ελλάδα (<http://www.conops.gr/presence-aedes-albopictus/?lang=en#prettyPhoto>)

### 1.3. Επιδημιολογική σημασία των κουνουπιών

Αν και σε πολλές εύκρατες χώρες τα κουνούπια μπορεί να έχουν μικρή ή καθόλου σημασία ως φορείς ασθενειών, μπορούν εντούτοις να προκαλέσουν σημαντική ενόχληση εξαιτίας των τσιμπημάτων τους. Ο μεγαλύτερος αριθμός κουνουπιών βρίσκεται στις βόρειες περιοχές των εύκρατων περιοχών, ειδικά κοντά ή στον Αρκτικό Κύκλο, όπου ο αριθμός των νυγμάτων μπορεί να είναι τόσο μεγάλος σε ορισμένες χρονικές περιόδους του έτους, ώστε να καθίσταται αδύνατη σχεδόν οποιαδήποτε υπαίθρια δραστηριότητα. Τα θηλυκά κουνούπια αντιμετωπίζουν κάποια δυσκολία στο να τσιμπήσουν μέσω ρούχων, όπως κάλτσες, πουκάμισα, μπλούζες, παντελόνια και μάλλινα ρούχα (Service, 2012). Τα κουνούπια είναι σημαντικά ως φορείς της ελονοσίας, διάφορων μορφών φιλαρίασης και πολυάριθμων αρμοπιών, οι πιο γνωστοί από τους οποίους είναι ο δάγκειος πυρετός, ο κίτρινος πυρετός και ο ιός του Δυτικού Νείλου (Service, 2012).

Όταν τα *Ae. albopictus* και *Ae. aegypti*, εγκαταστάθηκαν στην Ευρώπη προκάλεσαν ανησυχίες καθώς συνδέονται με τη μετάδοση παθογόνων αρμοπιών (arboviral pathogens), γεγονός που μπορεί να ενισχυθεί εξαιτίας της ικανότητας των ιών να μολύνουν νέα είδη κουνουπιών (Almeida et al., 2007). Είναι φορέας του ιού Chikungunya και του ιού του δάγκειου πυρετού, προκαλώντας επιδημίες στο νησί La Reunion το 1977-1978 (Coulanges et al., 1979). Είναι, επίσης, γνωστός φορέας της

Διροφιλαρίωση (νηματώδες σκώληκες *Dirofilaria immitis* και *Dirofilaria repens*), ένα παράσιτο που μεταδίδεται κυρίως μεταξύ σκύλων και κουνουπιών, αλλά μπορεί επίσης να επηρεάσει τον άνθρωπο. Άλλοι ιοί σημαντικοί για την ανθρώπινη υγεία περιλαμβάνουν τον ιό της ανατολικής εγκεφαλίτιδας των ιπποειδών (EEEV), τον ιό La Crosse (LACV), τον ιός του Δυτικού Νείλου (WNV) και τον ιό της ιαπωνικής εγκεφαλίτιδας (JEV).

Όλα τα είδη του γένους *Aedes* που εισέρχονται στην Ευρώπη είναι ικανοί φορείς για έναν αριθμό αρμφοϊών. Μελέτες απομόνωσης του πεδίου και πειραματικής μόλυνσης δεν δείχνουν ότι όλα τα είδη των κουνουπιών θα μπορούσαν να μεταδώσουν ιούς, αλλά τον κίνδυνο που πιθανόν προκαλείται από την παρουσία τέτοιων ειδών κουνουπιών στην Ευρώπη (Braks et.al 2011). Για τον λόγο αυτό, το VBORNET (European Network for Arthropod Vector Surveillance for Human Public Health) δημοσιεύει, κάθε τρεις μήνες χάρτες που ενημερώνουν για το πώς κατανέμονται τα κουνούπια στην Ευρώπη. Για ορισμένα είδη, η παρουσία τους σε συνδυασμό με την εισαγωγή αρμφοϊών που σχετίζονται με το ταξίδι και τις ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες οδήγησε σε μετάδοση εξωτικών ιών στην Ευρώπη. Ο κίνδυνος αυτός θα μεγαλώσει μόνο όταν οι μετακινήσεις γίνουν πιο συχνές και μεγαλώσει το γεωγραφικό εύρος των κουνουπιών-διαβιβαστών (Medlock et al., 2012).

Ακόμη όμως και στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει μετάδοση της νόσου, το *Ae. albopictus* προκαλεί σοβαρό πρόβλημα, ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές, όπου ο έλεγχος μπορεί να καταστεί δαπανηρός για τις τοπικές κοινότητες εξαιτίας των πολυάριθμων χώρων αναπαραγωγής (Scholte et al., 2007). Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ανθεκτικότητα του είδους στα εντομοκτόνα (π.χ. πυρεθροειδή), που θα μπορούσε να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στην προσπάθεια ελέγχου των πληθυσμών. Επομένως, η ικανότητα του *Ae. albopictus* να προσαρμοστεί σε νέα περιβάλλοντα, η προβλεπόμενη εξάπλωση και εγκατάστασή του στην Ευρώπη και η επιβεβαιωμένη εμπλοκή του σε κύκλους μετάδοσης παθογόνων καθιστούν την παρακολούθηση και τον έλεγχο αυτού του είδους εξαιρετικά σημαντική (Medlock et al., 2012).

#### 1.4. Ασθένειες κουνουπιών

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται ασθένειες που μεταδίδονται με τα τσιμπήματα των κουνουπιών ενώ στη συνέχεια αναλύονται οι σπουδαιότερες εξ' αυτών.

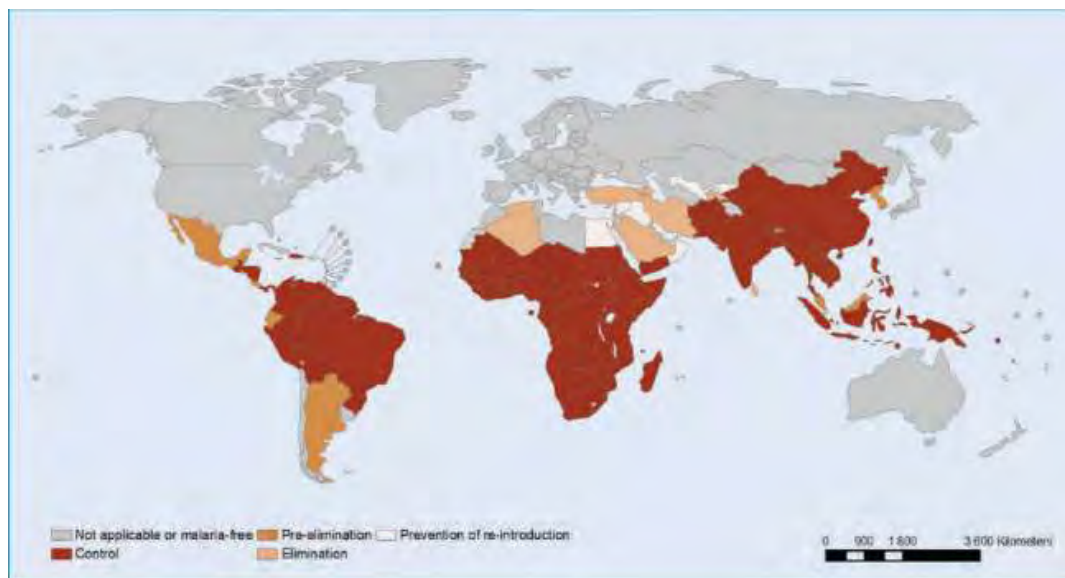
**Πίνακας 3.** Ασθένειες που προκαλούνται από τα κουνούπια

Φορέας	Ασθένειες
<i>Ae. aegypti</i>	Δάγκειος πυρετός, Κίτρινος πυρετός, Chikungunya, Ιός Zika
<i>Ae. albopictus</i>	Chikungunya, Δάγκειος πυρετός, Ιός Δυτικού Νείλου

<i>Culex quinquefasciatus</i>	Λυμφατική φιλαρίαση, Ιός εγκεφαλίτιδας St. Louis, Ιός Δυτικού Νείλου
<b>Ανορρheles (περισσότερα από 60 γνωστά είδη μπορούν να μεταδώσουν ασθένειες)</b>	Ελονοσία, Λυμφατική φιλαρίαση
<i>Culex tarsalis</i>	Ιός εγκεφαλίτιδας St. Louis, Ιός της δυτικής εγκεφαλίτιδας των ιπποειδών, Ιός Δυτικού Νείλου
<i>Haemagogus</i>	Κίτρινος πυρετός

### 1.4.1.Ελονοσία

Η ελονοσία είναι μια αρχαία ασθένεια. Κατά πάσα πιθανότητα, προέρχεται από την Αφρική και έχει περιγραφεί από τους Κινέζους ήδη από το 2700 π.Χ. και τους Σουμέριους από το 1700 π.Χ. Το παράσιτο της ελονοσίας (πλασμώδιο) μεταδίδεται από τα θηλυκά κουνούπια του γένους *Anopheles*. Ο όρος "ελονοσία" αποδίδεται στον Horace Walpole και προέρχεται από την ιταλική «mal-aria» ή «κακή ατμόσφαιρα» επειδή υπήρχε η εικασία ότι μεταδίδονταν με τον άνεμο από βάλτους και ποτάμια. Οι επιστήμονες διεξήγαγαν έντονη έρευνα σχετικά με την ασθένεια κατά τη δεκαετία του 1880 και στις αρχές του 1900. Περίπου το 40% του παγκόσμιου πληθυσμού θεωρείται ευάλωτο στην ελονοσία, κυρίως στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές του κόσμου (Εικόνα 9) (<https://www.mosquito.org/page/diseases>).



**Εικόνα 9.** Περιοχές εξάπλωσης της ελονοσίας και εφαρμογή ελέγχου (<https://www.who.int>)

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ελονοσία μεταδίδεται μέσω των νυγμάτων των θηλυκών κουνουπιών του γένους *Anopheles*. Υπάρχουν περισσότερα από 400 διαφορετικά είδη κουνουπιών του γένους *Anopheles* και περίπου τα 30 από αυτά αποτελούν φορείς της ελονοσίας μείζονος σημασίας. Η ένταση της μετάδοσης εξαρτάται από παράγοντες που σχετίζονται με το παράσιτο, τον φορέα, τον ανθρώπινο ξενιστή και το περιβάλλον (W.H.O). Επιπλέον, πέντε είδη παρασίτων προκαλούν ελονοσία στους ανθρώπους με το *Plasmodium falciparum* και το

*Plasmodium vivax* είναι τα πιο κοινά. Το *P. falciparum* είναι το πιο επικίνδυνο, με τις μεγαλύτερες επιπλοκές και θνησιμότητα. Αυτή η θανατηφόρα μορφή ελονοσίας αποτελεί το μεγαλύτερο πρόβλημα δημόσιας υγείας στις χώρες της υποσαχάριας Αφρικής (W.H.O., 2014). Η μετάδοση είναι πιο έντονη σε μέρη όπου η διάρκεια ζωής των κουνουπιών είναι μεγαλύτερη (έτσι ώστε το παράσιτο να έχει χρόνο να ολοκληρώσει τον κύκλο του μέσα στο κουνούπι) και όπου προτιμά ως ξενιστές ανθρώπους παρά άλλα ζώα (W.H.O., 2014). Η ελονοσία είναι μια οξεία εμπύρετη ασθένεια. Σε ένα άτομο με εξασθενημένο ανοσοποιητικό σύστημα, τα συμπτώματα εμφανίζονται συνήθως 10-15 ημέρες μετά το μολυσματικό νύγμα. Τα πρώτα συμπτώματα - πυρετός, κεφαλαλγία και ρίγη - μπορεί να είναι ήπια και δύσκολα να αναγνωριστούν ως ελονοσία. Αν δεν αντιμετωπιστεί εντός 24 ωρών, η ελονοσία του *P. falciparum* μπορεί να προχωρήσει σε σοβαρή ασθένεια, η οποία συχνά οδηγεί σε θάνατο. Τα παιδιά με σοβαρή ελονοσία εμφανίζουν συχνά ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα συμπτώματα: σοβαρή αναιμία, αναπνευστική δυσχέρεια σε σχέση με τη μεταβολική οξέωση ή εγκεφαλική ελονοσία. Στους ενήλικες, η ανεπάρκεια πολλαπλών οργάνων είναι επίσης συχνή. Στις ενδημικές περιοχές ελονοσίας, οι άνθρωποι μπορεί να αναπτύξουν μερική ανοσία, επιτρέποντας την εμφάνιση ασυμπτωματικών λοιμώξεων (<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria>).

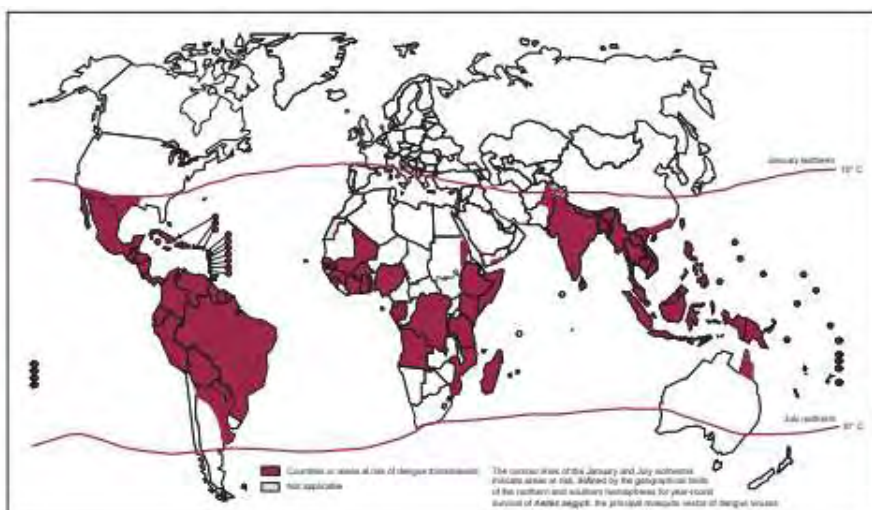
Η μετάδοση εξαρτάται επίσης από τις κλιματικές συνθήκες που μπορεί να επηρεάσουν τον αριθμό και την επιβίωση των κουνουπιών, όπως οι βροχοπτώσεις, η θερμοκρασία και η υγρασία. Σε πολλά μέρη, η μετάδοση είναι εποχιακή και κορυφώνεται κατά τη διάρκεια και μετά την περίοδο των βροχών. Οι επιδημίες ελονοσίας μπορεί να εμφανιστούν όταν το κλίμα και άλλες συνθήκες ευνοούν ξαφνικά τη μετάδοση σε περιοχές όπου οι άνθρωποι έχουν ελάχιστη ή καμία ανοσία στην ελονοσία. Μπορούν επίσης να εμφανιστούν όταν άτομα με χαμηλή ανοσία μετακινούνται σε περιοχές με έντονη μετάδοση της ασθένειας (W.H.O.). Η ανθρώπινη ανοσία είναι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας, ιδιαίτερα στους ενήλικες σε περιοχές με μέτριες ή έντονες συνθήκες μετάδοσης. Η μερική ανοσία αναπτύσσεται με την πάροδο των χρόνων έκθεσης και, παρόλο που ποτέ δεν παρέχει πλήρη προστασία, μειώνει τον κίνδυνο ότι η μόλυνση από ελονοσία να προκαλέσει σοβαρά συμπτώματα. Για το λόγο αυτό, οι περισσότεροι θάνατοι από την ελονοσία στην Αφρική εμφανίζονται σε μικρά παιδιά, ενώ σε περιοχές με λιγότερη μετάδοση και χαμηλή ανοσία, όλες οι ηλικιακές ομάδες διατρέχουν κίνδυνο (W.H.O.).

Η ελονοσία εξαλείφθηκε σε μεγάλο βαθμό σε εύκρατες περιοχές κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα με την εμφάνιση DDT και άλλων οργανοχλωριομένων και οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων. Ένα υψηλό βιοτικό επίπεδο, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης κλιματιστικών και σιτών, μαζί με παρεμβάσεις δημόσιας υγείας έχουν αποσιωπήσει σε μεγάλο βαθμό τη μετάδοση της ελονοσίας σε τροπικές περιοχές (AMCA). Τα αντιελονοσιακά φάρμακα είναι διαθέσιμα εδώ και περισσότερα από 50 χρόνια και πρόσφατα επιστήμονες στη Βρετανία και στις Ηνωμένες Πολιτείες αποκωδικοποίησαν το γονιδίωμα παρασίτου της ελονοσίας, ένα

βήμα που μπορεί να βοηθήσει στην τόνωση της εκστρατείας κατά της νόσου (AMCA).

### 1.4.2. Δάγκειος Πυρετός

Ο δάγκειος πυρετός είναι μια σοβαρή μολυσματική ασθένεια της Αμερικής, της Ασίας και της Αφρικής (Gouge et al., 2017). Αν και έχει χαμηλή θνησιμότητα, ο δάγκειος πυρετός έχει πολύ δυσάρεστα συμπτώματα και έχει γίνει πιο σοβαρός, τόσο στη συχνότητα όσο και στη θνησιμότητα, τα τελευταία χρόνια (AMCA). Ο ιός του δάγκειου πυρετού είναι ενδημικός σε περισσότερες από 100 χώρες, συμπεριλαμβανομένων πολλών δημοφιλών τουριστικών προορισμών στο Μεξικό, το Πουέρτο Ρίκο, τη Λατινική Αμερική, τη Νοτιοανατολική Ασία, την Αφρική και τα νησιά του Ειρηνικού, ενώ εμφανίζεται, επίσης, στις νότιες πολιτείες του Κόλπου των Ηνωμένων Πολιτειών (Τέξας, Λουιζιάνα, Μισισσιπή, Αλαμπάμα και Φλόριντα) (Gouge et al., 2017) (Εικόνα 11).



Εικόνα 10. Περιοχές με πιθανότητα εμφάνισης δάγκειου πυρετού (<https://www.who.int>)

Φορείς του ιού είναι τα κουνούπια του είδους *Ae. aegypti* και *Ae. albopictus*. Ο ιός μεταδίδεται στον άνθρωπο μέσω των δαγκωμάτων των μολυσμένων θηλυκών κουνουπιών (AMCA). Η περίοδος επώασης διαρκεί για 4-10 ημέρες, ενώ ένα μολυσμένο κουνούπι μπορεί να μεταδίδει τον ιό για το υπόλοιπο της ζωής του. Αυτά τα κουνούπια προτιμούν να τοποθετούν τα αυγά τους σε δοχεία κοντά σε ανθρώπινες κατοικίες και δεν ελέγχονται αποτελεσματικά με τις συνήθεις τεχνικές ψεκασμού. Η ευρεία διάδοση του δάγκειου πυρετού έχει συνδεθεί με τη διασπορά και την προσαρμογή των κουνουπιών αυτών (AMCA). Περισσότερο από το ένα τρίτο του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί σε περιοχές με τον ιό και τον φορέα του και ο δάγκειος πυρετός είναι η βασική αιτία θανάτου στους τροπικούς και τους υποτροπικούς, καθώς εκτιμάται ότι 400 εκατομμύρια άνθρωποι μολύνονται ετησίως. Η ασθένεια μπορεί να μεταδοθεί με μεταμοσχεύσεις οργάνων και μεταγγίσεις αίματος από μολυσμένους δότες και από τη μολυσμένη έγκυο μητέρα στο έμβρυό της (Gouge et al., 2017).

Οι μολυσμένοι άνθρωποι είναι οι κύριοι φορείς και πολλαπλασιαστές του ιού, που χρησιμεύουν ως πηγή του ιού για τα μη μολυσμένα κουνούπια. Ασθενείς που έχουν ήδη μολυνθεί μπορούν να μεταδώσουν τη μόλυνση, μόλις εμφανιστούν τα πρώτα συμπτώματα, συνήθως μετά από 4-5 ημέρες με μέγιστο τις 12. Έχει διαπιστωθεί ότι ακόμη και σε ασυμπτωματικές λοιμώξεις, δημιουργούνται αρκετά υψηλά επίπεδα ιικών σωματιδίων στο αίμα τροφοδοτώντας τα κουνούπια με ιούς, διατηρώντας έτσι τα υψηλά επίπεδα της μετάδοσης της ασθένειας. Τα συμπτώματα του δάγκειου πυρετού περιλαμβάνουν υψηλό πυρετό, εξανθήματα, σοβαρή κεφαλαλγία, σοβαρούς μυϊκούς πόνους και πόνους τις αρθρώσεις, ήπια αιμορραγία από το δέρμα, τη μύτη και τα ούλα και εμετό. Οι περισσότεροι άνθρωποι ανακάμπτουν από τις μολύνσεις μέσα σε λίγες εβδομάδες. Ο δάγκειος πυρετός που οφείλεται σε μόλυνση από έναν από τους ορότυπους δεν δημιουργεί ανοσία στους άλλους και οι συνεχιζόμενες λοιμώξεις θέτουν τους ανθρώπους σε μεγαλύτερο βαθμό κινδύνου για τις πολύ πιο σοβαρές μορφές της ασθένειας, γνωστές ως ο αιμορραγικός δάγκειος πυρετός του και το σύνδρομο σοκ του δάγκειου πυρετού. Και οι δυο αυτές μορφές της νόσου μπορεί να είναι θανατηφόρες, κυρίως για τα παιδιά και τους ηλικιωμένους καθώς βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο (Gouge et al., 2017).

Δεν υπάρχουν αποτελεσματικά αντιϊκά φάρμακα για τη θεραπεία της λοίμωξης από το δάγκειο πυρετό. Σε σοβαρές περιπτώσεις, είναι σημαντικό να διατηρηθούν τα σωματικά υγρά του ασθενούς σε υψηλό επίπεδο. Επιπλέον, δεν υπάρχει διαθέσιμο εμπορικό προληπτικό εμβόλιο για το δάγκειο πυρετό ακόμα, αν και αρκετά υποψήφια εμβόλια είναι σήμερα σε φάση δοκιμών (W.H.O., 2014).

### **1.4.3.Ιός Chikungunya**

Ο ιός Chikungunya έχει αναφερθεί χώρες της Αφρικής, της Ασίας, της Ευρώπης, της Ινδίας και τα νησιά του Ειρηνικού Ωκεανού. Τις τελευταίες δεκαετίες, υπήρξαν κρούσματα της νόσου σε χώρες που ποτέ δεν είχαν καταγραφεί περιπτώσεις, όπως το 2005-2006, όπου ένα ξέσπασμα στο νησί της Ρεουνιόν επηρέασε περίπου το ένα τρίτο του πληθυσμού. Το ξέσπασμα εξαπλώθηκε σε πολλές χώρες της περιφέρειας της Νοτιοανατολικής Ασίας, συμπεριλαμβανομένης της Ινδίας. Το 2007, η ασθένεια μεταδόθηκε για πρώτη φορά στην Ευρώπη σε τοπικό ξέσπασμα στη βορειοανατολική Ιταλία. Επιπλέον, το Δεκέμβριο του 2013, καταγράφηκαν οι πρώτες περιπτώσεις εμφάνισης του ιού Chikungunya στο νησί του Αγίου Μαρτίνου (Εικόνα 12) (W.H.O., 2014).



**Εικόνα 11.** Περιοχές Εμφάνισης του Ιού Chikungunya (<https://www.who.int>)

Στην Ασία και την περιοχή του Ινδικού Ωκεανού, οι κύριοι φορείς του ιού Chikungunya είναι τα είδη *Ae. albopictus* και *Ae. aegypti*, ενώ στην Αφρική, ένα ευρύτερο φάσμα ειδών του γένους *Aedes* μεταδίδει τον ιό καθώς και το *Culex annulirostris*, το *Mansonia uniformis* και άλλα είδη του γένους *Anopheles* (W.H.O., 2014).

Τα συμπτώματα του Chikungunya είναι πυρετός και σοβαρός πόνος στις αρθρώσεις που μπορεί να διαρκέσει για εβδομάδες. Άλλα συμπτώματα περιλαμβάνουν μυϊκό πόνο, πονοκέφαλο, ναυτία, κόπωση και εξανθήματα. Οι περισσότεροι ασθενείς αναρρώνουν πλήρως, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις ο πόνος μπορεί να παραμείνει για μερικούς μήνες ή και χρόνια. Περιστασιακά περιστατικά οφθαλμικών, νευρολογικών και καρδιακών επιπλοκών έχουν αναφερθεί, καθώς και γαστρεντερικές ενοχλήσεις (W.H.O., 2014). Οι σοβαρές επιπλοκές δεν είναι συνηθισμένες αλλά, σε ηλικιωμένους, η ασθένεια μπορεί να οδηγήσει σε θάνατο. Συχνά τα συμπτώματα είναι ήπια και η λοίμωξη μπορεί να μη αναγνωριστεί ή να διαγνωστεί εσφαλμένα σε περιοχές όπου εμφανίζεται δάγκειος πυρετός. Εκδηλώνεται συνήθως ως οξεία ασθένεια με πυρετό, δερματικό εξάνθημα και μη ανεκτούς για πόνους στις αρθρώσεις που μπορεί να διαρκέσουν μήνες. Ο ιός Chikungunya μοιράζεται τους ίδιους φορείς, τα συμπτώματα και τη γεωγραφική κατανομή όπως και ο δάγκειος πυρετός, εκτός από την παρουσία πόνων στις αρθρώσεις (W.H.O., 2014).

Δεν υπάρχει ειδική θεραπεία για τον ιό Chikungunya. Η συμπτωματική ή υποστηρικτική θεραπεία περιλαμβάνει την ανάπαυση και τη χρήση ακεταμινοφαίνης ή παρακεταμόλης για την ανακούφιση του πυρετού και ενός μη στεροειδούς αντιφλεγμονώδους παράγοντα για την ανακούφιση του πόνου των αρθρώσεων. Κατά τη διάρκεια του 2016, οι ερευνητές ανέπτυξαν το πρώτο εμβόλιο κατά του ιού Chikungunya που μπορεί να εγκριθεί για μελλοντική χρήση (W.H.O., 2014).



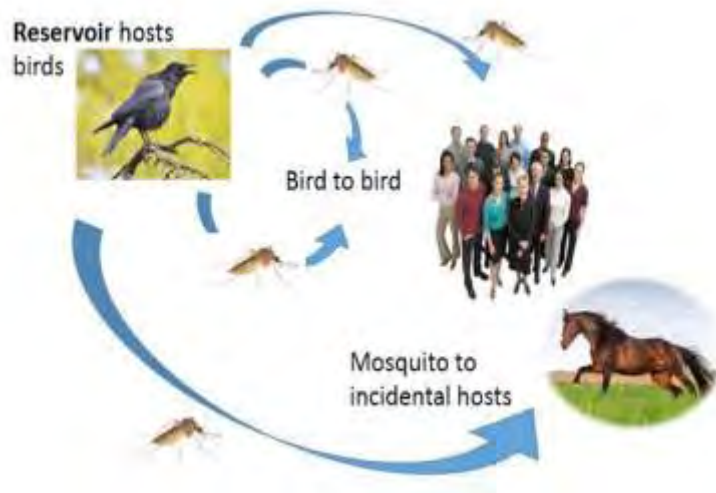
#### 1.4.4. Διροφιλαρίαση του Σκύλου (Dog Heartworm)

Ο νηματώδης σκώληκας *Dirofilaria immitis* μπορεί να προκαλέσει διροφιλαριάσεις, μια απειλητική ασθένεια για τους σκύλους, τις γάτες και άλλα θηλαστικά. Τα σκυλιά και μερικές φορές άλλα ζώα όπως οι γάτες, οι αλεπούδες και τα ρακούν μολύνονται με τον σκώληκα μετά από νύγμα κουνουπιού φέρει τις προνύμφες του (AMCA).

Τα νεαρά σκουλήκια (που ονομάζονται μικροφιλάρια) κυκλοφορούν μέσω του αίματος στο σκύλο. Αυτά τα σκουλήκια πρέπει να μολύνουν ένα κουνούπι για να ολοκληρώσουν τον κύκλο ζωής τους. Τα κουνούπια μολύνονται όταν καταναλώνουν αίμα από το μολυσμένο σκυλί. Μόλις εισέλθουν στο κουνούπι, οι μικροφιλάρια αφήνουν το έντερο του κουνουπιού και ζουν πλέον στο σώμα του εντόμου, όπου αναπτύσσονται για 2-3 εβδομάδες, σε προνύμφες 3<sup>ης</sup> ηλικίας. Οι προνύμφες του νηματώδη μεταφέρονται στα στοματικά μόρια του κουνουπιού και μέσω της προβοσκίδας διαπερνούν το δέρμα του ξενιστή με το τσίμπημα. Τα σκουλήκια εισέρχονται στο δέρμα και η ανάπτυξή τους στην καρδιά και την πνευμονική αρτηρία του ξενιστή απαιτεί αρκετούς μήνες (3-4). Εάν τα σκουλήκια μολύνουν έναν ακατάλληλο ξενιστή, όπως ο άνθρωπος, τότε συνήθως πεθαίνουν (AMCA). Η ασθένεια σε σκύλους και γάτες δεν μπορεί να εξαλειφθεί αλλά μπορεί να ελεγχθεί ή να προληφθεί με χάπια και/ή ενέσεις. Φυσικά, οι αποτελεσματικές πρακτικές ελέγχου των κουνουπιών μειώνουν την απειλή της μετάδοσης. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του εξήντα, η ασθένεια περιοριζόταν στις νότιες και ανατολικές παράκτιες περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών. Τώρα, ωστόσο, έχουν αναφερθεί περιπτώσεις σε όλες τις πολιτείες και σε αρκετές επαρχίες του Καναδά.

#### 1.4.5. Ιός Δυτικού Νείλου

Ο ιός του Δυτικού Νείλου (West Nile Virus) εισήχθητε, από την περιοχή προέλευσής του, το 1937 στην Αφρική (Ουγκάντα), στην Ευρώπη, τη Μέση Ανατολή, τη δυτική και κεντρική Ασία και τα σχετικά νησιά. Πρόκειται για ένα RNA ιό που ανήκει στο γένος *Flavivirus* (<https://www.cdc.gov/yellowfever/transmission/index.html>). Ορολογικά, πρόκειται για αντιγονικό σύμπλεγμα του ιού της ιαπωνικής εγκεφαλίτιδας παρόμοιο με τους ιούς της εγκεφαλίτιδας του St. Louis, και του ιού της εγκεφαλίτιδας του Murray Valley. Ο ιός του Δυτικού Νείλου μεταδίδεται από τα είδη *Culex tarsalis* και *Culex quinquefasciatus*. Τα κουνούπια μολύνονται όταν καταναλώνουν αίμα από μολυσμένα πτηνά και μπορεί να μεταδώσει τον ιό σε άλλα πουλιά κατά τη διάρκεια του γεύματος αίματος ενώ ο ιός μπορεί να εγχυθεί στον άνθρωπο και σε άλλα ζώα, όπου μπορεί να προκαλέσει ασθένεια (Gouge et al., 2017) (Εικόνα 13).



**Εικόνα 12.** Κύκλος Μετάδοσης του Ιού Δυτικού Νείλου (Gouge et al., 2017)

Ο ιός μπορεί να επηρεάσει ανθρώπους όλων των ηλικιών, με 20-30% αυτών να εμφανίζουν πυρετό και τα υπόλοιπα να παρουσιάζουν ήπια ή και καθόλου συμπτώματα. Η περίοδος επώασης, δηλαδή ο χρόνος από το μολυσμένο νύγμα κουνουπιού έως την εμφάνιση της ασθένειας, είναι από 3 έως 14 ημέρες εάν τα συμπτώματα αναπτυχθούν πλήρως. Ο ιός μπορεί επίσης να μεταδοθεί μέσω επαφής με σωματικά υγρά άλλα και από μολυσμένα ζώα. Οι ανθρώπινες λοιμώξεις έχουν επίσης εμφανιστεί με τη μεταμόσχευση οργάνων, τις μεταγγίσεις αίματος και το μητρικό γάλα, ενώ υπάρχουν λίγες αναφορές σχετικά με τη μετάδοση στο έμβρυο από τη μητέρα. Μέχρι σήμερα, δεν έχει αναφερθεί μετάδοση από άνθρωπο σε άνθρωπο μέσω φυσιολογικής επαφής (Gouge et al., 2017).

Τα συμπτώματα του ιού του Δυτικού Νείλου περιλαμβάνουν πυρετό, πονοκέφαλο, σωματικούς πόνους, πρησμένους λεμφαδένες, κόπωση και εξάνθημα στον κορμό του σώματος. Περίπου ένας στους 150 ανθρώπους που έχουν μολυνθεί από τον ιό του Δυτικού Νείλου θα αναπτύξουν σοβαρή εγκεφαλίτιδα (φλεγμονή του εγκεφάλου), ή μηνιγγίτιδα (φλεγμονή της επένδυσης του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού). Σε αντίθεση με το σύμπτωμα του πυρετού, ο οποίος αναπτύσσεται με την ίδια πιθανότητα σε άτομα οποιασδήποτε ηλικίας, η έντονη νευροεπιθετική μορφή τείνει να εμφανίζεται περισσότερο σε άτομα άνω των 50 ετών. Τα συμπτώματα της εγκεφαλίτιδας ή μηνιγγίτιδας περιλαμβάνουν υψηλό πυρετό, δυσκαμψία του αυχένα, αποπροσανατολισμός, μυϊκή αδυναμία, παράλυση, πονοκέφαλο, τρέμουλο, σπασμούς και κώμα που μπορεί να οδηγήσουν σε θάνατο (Gouge et al., 2017).

Ενώ δεν υπάρχει εμβολιασμός κατά του ιού του Δυτικού Νείλου για τους ανθρώπους, υπάρχουν ορισμένοι εμβολιασμοί για χρήση σε ιπποειδή. Μερικοί προστατεύουν ειδικά έναντι του ιού του Δυτικού Νείλου, ενώ μερικοί προστατεύουν από ένα σύνολο παθογόνων των ιπποειδών. Γενικά, οι κτηνίατροι συστήνουν τα άλογα να λαμβάνουν εμβολιασμούς κατά του ιού του Δυτικού Νείλου καθώς ο ιός προκαλεί θνησιμότητα στο ένα τρίτο των μολυσμένων αλόγων (Gouge et al., 2017).

## 1.5. Μέθοδοι Δειγματοληψίας

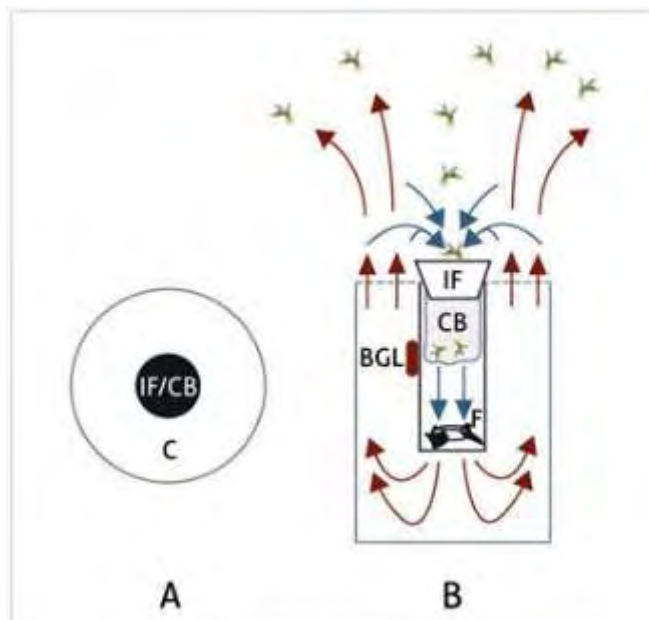
Η επιλογή της εστίας αναπαραγωγής που επιλέγεται από ένα συγκεκριμένο είδος κουνουπιού καθορίζεται από μια σειρά βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων όπως η ποιότητα του νερού, η ένταση του φωτός και η διαθεσιμότητα τροφής. Η μελέτη των παραπάνω παραγόντων οδήγησε στην δημιουργία τεχνητών παγίδων, οι οποίες αποτελούν χρήσιμο εργαλείο σε προγράμματα δειγματοληψίας συγκεκριμένων ειδών κουνουπιών καθώς και σε προγράμματα παρακολούθησης των πληθυσμών τους. Παρακάτω γίνεται αναφορά στις παγίδες BG-Sentinel και στις παγίδες ωθεσίας.

### 1.5.1. Παγίδα BG-Sentinel

Η παγίδα BG-Sentinel είναι αποτέλεσμα πολυετούς ακαδημαϊκής έρευνας της External Site Biogents ([www.bg-sentinel.com](http://www.bg-sentinel.com)) και είναι πλέον μια παγίδα που χρησιμοποιείται από επαγγελματίες παγκοσμίως για την παρακολούθηση των ενηλίκων του *Ae. albopictus*. Η παγίδα BG-Sentinel μιμείται τα ρεύματα μεταφοράς που δημιουργούνται από ανθρώπινο σώμα, χρησιμοποιεί ελκυστικά οπτικά ερεθίσματα, απελευθερώνει τεχνητές οσμές δέρματος μέσω μιας μεγάλης επιφάνειας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς CO<sub>2</sub> για να συλλάβει ειδικά επιλεγμένα είδη κουνουπιών ενώ αποτελεί μια εξαιρετική γενική παγίδα κουνουπιών όταν χρησιμοποιείται με CO<sub>2</sub>.

Όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το BG-Lure, ένα διανεμητή που απελευθερώνει έναν συνδυασμό μη τοξικών ουσιών που βρίσκονται επίσης στο ανθρώπινο δέρμα, όπως η αμμωνία, το γαλακτικό οξύ και το καπροϊκό οξύ, η BG-Sentinel είναι ιδιαίτερα ελκυστική για *Ae. albopictus*, καθώς επίσης και άλλα επιλεγμένα είδη (*Ae. aegypti*). Με την προσθήκη διοξειδίου του άνθρακα, η BG-Sentinel είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο επιτήρησης για τα κουνούπια. (Maciel-de-Freitas et al., 2006).

Η παγίδα BG-Sentinel είναι ουσιαστικά ένα πτυσσόμενο δοχείο υφάσματος με λευκό καπάκι με οπές που καλύπτουν το άνοιγμά του. Η διάμετρος είναι 36cm και το ύψος 40cm. Στη μέση του καλύμματος, ο αέρας αναρροφάται μέσα στην παγίδα (καθοδικό ρεύμα) μέσω ενός μαύρου σωλήνα σύλληψης από έναν ηλεκτρικό ανεμιστήρα 12V DC, ρίχνοντας τα κουνούπια που την προσεγγίζουν σε μια σακούλα (μπλε βέλη). Ο αέρας στη συνέχεια εξέρχεται από την παγίδα μέσω της λευκής γάζας, δημιουργώντας ανοδικά ρεύματα (κόκκινα βέλη) (Εικόνα 15). Αυτά είναι παρόμοια με τα ρεύματα μεταφοράς που παράγονται από έναν ανθρώπινο ξενιστή, τόσο προς την κατεύθυνση και την γεωμετρική του δομή όσο και ως προς τη χημική σύνθεση, λόγω της προσθήκης του BG-Lure. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης πρόσθετων ελκυστικών ουσιών όπως αρωματικά, μικρά ζώα, φθαρμένα ρούχα, τρίχες ζώων, πηγές φωτός και θερμότητας κλπ. Αυτό καθιστά την παγίδα πολύ ευέλικτο εργαλείο τόσο την παρακολούθηση όσο και την έρευνα.



Εικόνα 13. Παγίδα BG Sentinel (<https://www.bg-sentinel.com/>)

### 1.5.2. Παγίδες Ωτοκίας (Lethal Ovitraps)

Οι παγίδες ωτοκίας είναι μικρές μεταλλικές, γυάλινες ή πλαστικές κατασκευές, συνήθως σκούρου (μαύρου) χρώματος, που περιέχουν νερό και ένα υπόστρωμα (ξύλο, χαρτί βλαστήσεως σπόρων, ύφασμα, γέλη (gel) φυτού) όπου τα θηλυκά κουνούπια ωτοκοούν τα αυγά τους (Εικόνα 16). Τα αυγά στη συνέχεια πέφτουν μέσα από το πλέγμα στο νερό, όπου οι προνύμφες εκκολάπτονται και αναπτύσσονται σε νύμφες. Όταν τα ενήλικα πλέον κουνούπια αναδύονται, παγιδεύονται κάτω από το πλέγμα και δεν μπορούν να ξεφύγουν από την παγίδα. Πρακτικά, μιμούνται την προτιμώμενη τοποθεσία αναπαραγωγής των κουνουπιών, συμπεριλαμβανομένων των *Ae. albopictus* και *Ae. aegypti* (CDC., 2017). Η παγίδα ωτοκίας περιγράφηκε για πρώτη φορά το 1966 και σχεδιάστηκε αρχικά για την παρακολούθηση πληθυσμών του γένους *Aedes*. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι, αν παρείχαν τεχνητές θέσεις αναπαραγωγής, θα μπορούσαν εύκολα να συλλέγουν και να μελετούν τα αυγά που βρέθηκαν στο δοχείο. Εξέλιξη της αρχικής παγίδες αποτελούν οι θανατηφόρες παγίδες ωτοκίας οι οποίες μπορούν να σκοτώνουν τις προνύμφες και/ή τα θηλυκά που εισέρχονται σε αυτές (Reiter et al., 1995).

Σε περιορισμένη βάση χρησιμοποιήθηκαν παγίδες ωτοκίας που ενσωματώνουν ένα εντομοκτόνο στο υπόστρωμα ωτοκίας (lethal ovitraps), παγίδες που επιτρέπουν την ωτοκία αλλά παρεμποδίζουν την εμφάνιση ενηλίκων (autocidal ovitraps) και παγίδες που παγιδεύουν το κουνούπι όταν προσγειώνεται (sticky ovitraps).

Οι παγίδες ωτοκίας έχουν αρκετά πλεονεκτήματα καθώς είναι φθηνές, κατασκευάζονται εύκολα και δεν είναι παρεμβατικές (CDC., 2017). Ένας μικρός αριθμός παγίδων είναι συνήθως αρκετός για να προσδιορίσει την παρουσία ή μη ενός είδους. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι λιγότερες από 100 παγίδες μπορούν

αξιόπιστα να εκτιμήσουν την αφθονία σε μια μεγάλη αστική γειτονιά (Mogi et al., 1990). Επομένως, όταν χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση, μπορούν να ανιχνεύσουν τους πληθυσμούς των κουνουπιών του γένους *Aedes*, λειτουργώντας έτσι ως ένα σήμα έγκαιρης προειδοποίησης για την πρόληψη των επιδημιών (Jakob et al., 1969). Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα αναπαραγωγής που συλλέγονται εβδομαδιαίως, εντοπίζονται τα κρίσιμα σημεία (hotspots) αναπαραγωγής κουνουπιών και περιοχές όπου υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης. Επιπλέον, η εκτεταμένη χρήση των παγίδων ωτοκίας σε μια κοινότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο πληθυσμού των *Aedes* και την αποτελεσματική μείωσή του. Μελέτες έχουν δείξει ότι η πληθυσμιακή πυκνότητα μπορεί να μειωθεί με επαρκώς μεγάλο αριθμό παγίδων. Επίσης, το προσδόκιμο ζωής των θηλυκών ατόμων μπορεί να μειωθεί, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα μετάδοσης ασθενειών. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει η εκτίμηση της ακριβής μείωσης των πληθυσμών θα πρέπει να γίνεται με προσοχή, καθώς οι παγίδες αυτές ανταγωνίζονται τα φυσικά ενδιαίτηματα. Έτσι, πιθανή καταπολέμηση των τελευταίων μπορεί να οδηγήσει στην εναπόθεση μεγαλύτερου αριθμού αυγών στις παγίδες, άρα και σε διαστρέβλωση του ελέγχου των πληθυσμών (Focks, 2003).



Εικόνα 14. Παγίδα Ωτοκίας (<https://en.wikipedia.org/wiki/Ovitrap>)

### 1.6. Ανταγωνισμός Μεταξύ των Ειδών Κουνουπιών

Με τον γενικό όρο ανταγωνισμό καλούμε την αλληλεπίδραση μεταξύ δύο οργανισμών που ανταγωνίζονται για τους ίδιους πόρους, ενώ αναφερόμενοι στον ανταγωνισμό μεταξύ των ειδών εννοούμε την αλληλεπίδραση μεταξύ δύο ή περισσότερων πληθυσμών (διαφορετικών ειδών) που συμβαίνει όταν τα άτομα ανταγωνίζονται για υπάρχοντες περιορισμένους πόρους ή για αναζήτηση νέων – κυρίως τροφή και χώρο. Τις πιο πολλές φορές είναι επιζήμιος για την επιβίωσή τους αλλά ταυτόχρονα αποτελεί και κινητήριο δύναμη της φυσικής επιλογής, καθώς

ωθεί τα είδη να εξελιχθούν ώστε να μειωθεί ο μεταξύ τους ανταγωνισμός (Καρανδεινός, 1986).

Μια γενική διάκριση που μπορεί να γίνει είναι σε ανταγωνισμό εκμετάλλευσης και ανταγωνισμό παρέμβασης. Ο πρώτος αναφέρεται στην εκμετάλλευση ενός περιορισμένου πόρου από ένα είδος με αποτέλεσμα να μην είναι πλέον διαθέσιμο σε κάποιο άλλο. Από την άλλη, ο ανταγωνισμός παρέμβασης, που είναι άμεσος, περιλαμβάνει αλληλεπιδράσεις τόσο συμπεριφοράς όσο και χημικές ανάμεσα στα ανταγωνιζόμενα άτομα και συμβαίνει πριν τη χρησιμοποίηση του πόρου (Καρανδεινός, 1986).

Η ανταγωνιστική μείωση των πληθυσμών των κουνουπιών επιτυγχάνεται με διάφορους μηχανισμούς. Αρχικά μέσω του αναπαραγωγικού ανταγωνισμού. Ο μηχανισμός αυτός αφορά στις ασύμμετρες παρεμβάσεις διασταύρωσης αρσενικών με θηλυκά συγγενικού είδους με στόχο τη δημιουργία μη-βιώσιμων απογόνων ή απογόνων με μικρότερη διάρκεια ζωής ενώ έχει προταθεί και ως τρόπος βιολογικής αντιμετώπισης των επιβλαβών εντόμων ή των φορέων ασθενειών. Παρόλα αυτά, δεν έχει αποδειχτεί η σπουδαιότητα του ως παράγοντας ανταγωνιστικής μείωσης καθώς δεν υπάρχει ικανός αριθμός μελετών που να οδηγούν σε ασφαλή συμπεράσματα.

Ένας άλλος μηχανισμός αφορά την παρεμπόδιση της εκκόλαψης των αυγών. Σύμφωνα με τους Edgerly et al (1993) οι προνύμφες του *Ae. albopictus* παρεμποδίζουν την εκκόλαψη των αυγών του *Ae. aegypti* και *Ae. triseriatus*. Αντικείμενο της μελέτης τους ήταν η ανασταλτική επίδραση των προνυμφών στην εκκολαπτικότητα των αυγών του ίδιου είδους καθώς και των συγγενικών ειδών στα πλαίσια της ανταγωνιστικής μείωσης. Καθώς τα αυγά των *Aedes* εμβαπτίζονται στο νερό, διάφοροι μικροοργανισμοί επικάθονται στην επιφάνειά τους και καθώς μειώνεται η περιεκτικότητα του οξυγόνου διεγείρεται η εκκόλαψή τους. Από τα πειράματά τους, το μικρότερο ποσοστό παρεμπόδισης παρατηρήθηκε στα αυγά του *Ae. albopictus* όταν εκτάθηκαν σε υψηλές συγκεντρώσεις προνυμφών. Σημαντικό πλεονέκτημα ανταγωνισμού του *Ae. albopictus* έναντι άλλων ειδών είναι η ικανότητα που έχουν οι προνύμφες του να παρεμποδίζουν την εκκόλαψη των αυγών του *Ae. aegypti* και *Ae. triseriatus* σε συνδυασμό με την τάση των αυγών του *Ae. albopictus* να εκκολάπτονται σε εστίες που είναι κατελιημμένες από προνύμφες άλλων ειδών κουνουπιών (Estrada-Franco and Craig, 1995). Ωστόσο, δεν υπάρχουν αποτελέσματα πειραμάτων υπαίθρου προκειμένου να αξιολογηθεί ως μηχανισμός μείωσης των πληθυσμών.

Ο παρεμβατικός ανταγωνισμός ή ανταγωνισμός εκμετάλλευσης λαμβάνει χώρα και μεταξύ των προνυμφών που μοιράζονται το ίδιο ενδιαίτημα. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση των ειδών *Ae. albopictus* και *Ae. aegypti* που αναπτύσσονται σε μικρές τεχνητές συγκεντρώσεις νερού. Η επιτυχημένη εισβολή του *Ae. aegypti* στην Ασία αποδόθηκε στην ανταγωνιστική του υπεροχή έναντι του ιθαγενούς *Ae. albopictus* (Moore and Fisher, 1969). Ωστόσο, η αντίστροφη ακριβώς διαδικασία έλαβε χώρα στις νοτιοανατολικές περιοχές των Η.Π.Α. (Hobbs et al., 1991). Γίνεται έτσι κατανοητό ότι το αποτέλεσμα της επικράτησης του ενός είδους

επί του άλλου μπορεί να παραλλάσει ως συνέπεια διαφόρων παραγόντων. Για παράδειγμα σε πειράματα ανταγωνισμού στο εργαστήριο παρουσία τεχνητής τροφής οι προνύμφες του *Ae. aegypti* επικράτησαν έναντι του *Ae. albopictus*, ωστόσο το αποτέλεσμα ήταν ακριβώς το αντίστροφο όταν χρησιμοποιήθηκαν ως τροφή φυσικά, φυτικά υπολείμματα (Barrera, 1996). Κατά αντίστοιχο τρόπο, οι προνύμφες του *Ae. albopictus* επικράτησαν του ανταγωνισμού έναντι εκείνων του *Culex ripiens* στους 25°C αλλά το αποτέλεσμα αντιστράφηκε στους 20°C (Carrieri et al., 2003).

## **1.7. Αντιμετώπιση των κουνουπιών**

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται οι βασικές αρχές ελέγχου των κουνουπιών. Τα μέτρα ελέγχου μπορούν να στοχεύουν είτε στα ανώριμα υδρόβια στάδια είτε στα ενήλικα ή και στα δύο στάδια ταυτόχρονα.

### **1.7.1. Αντιμετώπιση των ανήλικων σταδίων**

#### **1.7.1.1. Βιολογική αντιμετώπιση**

Αν και συχνά ονομάζεται «νατουραλιστικός» έλεγχος, δεν υπάρχει τίποτα που είναι φυσικό σχετικά με τον βιολογικό έλεγχο, αφού απαιτεί περιβαλλοντικούς χειρισμούς που σε κάθε περίπτωση δεν είναι φυσικοί. Αυτό συμβαίνει είτε γιατί ο αριθμός των αρπακτικών, των παρασίτων ή των παθογόνων σε ενδιαιτήματα πρέπει να αυξηθεί σημαντικά για να εφαρμοστεί αξιόλογος έλεγχος είτε γιατί πρέπει να εισαχθούν σε ενδιαιτήματα από τα οποία απουσίαζαν αρχικά (Service, 2012). Ο βιολογικός έλεγχος των κουνουπιών ήταν πολύ δημοφιλής στις αρχές του εικοστού αιώνα, αλλά με τη διαθεσιμότητα χημικών ουσιών όπως τα οργανοχλωριωμένα και τα οργανοφωσφορικά αντικαταστάθηκε με την χρήση εντομοκτόνων. Ωστόσο, λόγω της αντοχής στα εντομοκτόνα και της μεγαλύτερης επίγνωσης της περιβαλλοντικής μόλυνσης, ανανεώθηκε το ενδιαφέρον για τις βιολογικές μεθόδους αντιμετώπισης. Παρόλα αυτά είναι πιο δύσκολα εφαρμόσιμες από τα εντομοκτόνα. Επιπλέον, είναι σχεδόν αδύνατον να θηρεύονται αποκλειστικά σε προνύμφες και νύμφες κουνουπιών αφού «σκοτώνονται» και αβλαβή ή ευεργετικά έντομα. Τέλος, ο βιολογικός έλεγχος αποτελεί αργό τρόπο αντιμετώπισης των κουνουπιών αφού χρειάζονται μέρες, ή πιο συχνά εβδομάδες, πριν οι πληθυσμοί των κουνουπιών μειωθούν (Service, 2012).

Τα ψάρια που καταναλώνουν τις προνύμφες (Larvivorous fish) είναι ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος παράγοντας βιολογικού ελέγχου και το πιο συνηθισμένο είναι το είδος *Gambusia affinis*. Πρόκειται για ένα ψάρι του γλυκού νερού, προερχόμενο από τις νότιες ΗΠΑ και το βόρειο Μεξικό αλλά έχει εισαχθεί σε περισσότερες από 70 χώρες παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένων των νησιών του Ειρηνικού, της Ευρώπης, της Μέσης Ανατολής, της Ινδίας, της Νοτιοανατολικής Ασίας και της Αφρικής, στην προσπάθεια ελέγχου των προνυμφών των κουνουπιών. Είναι επιθετικά ψάρια που έχουν αφανίσει αυτόχθονα είδη και κατά συνέπεια

απαγορεύεται πλέον να εισάγονται σε νέες περιοχές. Ένα άλλο κοινά χρησιμοποιούμενο ψάρι είναι το *Poecilia reticulata*, το οποίο δεν είναι τόσο επιθετικό όσο το *G. affinis* αλλά είναι πιο ανεκτικό στα χαμηλά επίπεδα οργανικής ρύπανσης και πιο ανθεκτικό στη θερμότητα. Υπάρχουν πολλά άλλα ψάρια που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά των προνυμφών των κουνουπιών, όπως ο κυπρίνος (π.χ. *Cyprinus carpio*) σε κινέζικους ορυζώνες, ένα βρώσιμο γατόψαρο (*Clarias fuscus*) σε δεξαμενές αποθήκευσης νερού στη Μιανμάρ για τον έλεγχο των *Ae. aegypti* και *Oreochromis* στην Αφρική και το είδος *Aplocheilus* στην Ευρώπη και την Ασία (Service, 2012). Τα ψάρια-θηρευτές, όπως το είδος *Aphanius dispar* και το είδος *Fundulus*, εκτρέφονται σε αλατούχα νερά και κατά συνέπεια μπορούν να εισάγονται σε ενδιαιτήματα αλμυρού ύδατος. Τα ψάρια, ωστόσο, είναι ακατάλληλα για τον έλεγχο των κουνουπιών σε μικρά δοχεία νερού και σε λακκούβες που ξηραίνονται γρήγορα. Ωστόσο, ορισμένα ψάρια, όπως τα είδη *Nothobranchius* και *Cynolebias*, που είναι τα λεγόμενα «στιγμαία» ή «ετήσια» ψάρια, έχουν αυγά ανθεκτικά στην ξηρασία και είναι πιο κατάλληλα για εισαγωγή σε μικρούς προσωρινούς βιότοπους που επανειλημμένα στεγνώνουν. Αν και τα ψάρια έχουν μερικές φορές μειώσει σημαντικά τον αριθμό των προνυμφών σε ορισμένα ενδιαιτήματα, σπάνια αποδείχθηκαν αποτελεσματικά στη μείωση των πληθυσμών των κουνουπιών σε σχετικά μεγάλες εκτάσεις. Επίσης, δεν υπάρχουν πειστικές ενδείξεις ότι έχει μειωθεί σημαντικά η συχνότητα εμφάνισης ασθενειών που προκαλούνται από κουνούπια.

Υπάρχουν πολλά παθογόνα, όπως ιοί (π.χ. cytoplasmic polyhedrosis viruses), βακτήρια (π.χ. *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (= *B. thuringiensis* ορότυπος H-14) και *B. sphaericus*), πρωτόζωα (π.χ. *Bracheola algerae* και *Vavraia culicis*) και μύκητες (π.χ. είδη *Coelotomycetes*, *Lagenidium* και *Culicinomyces*) που προκαλούν θνησιμότητα στις προνύμφες των κουνουπιών. Υπάρχουν επίσης πολλά είδη παρασιτικών νηματωδών που σκοτώνουν προνύμφες κουνουπιών, το πιο γνωστό από τα οποία είναι το *Romanotermis culicivora*. Όλα αυτά τα παράσιτα και οι παθογόνοι οργανισμοί αν και είναι σχετικά αβλαβείς για τον άνθρωπο, γενικά θεωρούνται ιδιαίτερα επιτυχημένοι παράγοντες βιολογικού ελέγχου (Service, 2012).

Ο βακτηριακός παράγοντας *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (*Bti*) είναι αναμφισβήτητα το πιο χρήσιμο παθογόνο, καθώς μπορεί εύκολα να παραχθεί μαζικά, είναι τοξικολογικά ασφαλές για τον άνθρωπο και το περιβάλλον και είναι εξειδικευμένο ως προς τη θανάτωση των προνυμφών των κουνουπιών. Συνήθως εφαρμόζεται μετά από ανάμιξη με νερό και ψεκάζεται σε χώρους αναπαραγωγής, αλλά επειδή δεν υπάρχει πολλαπλασιασμός των βακτηρίων, πρέπει να επαναλαμβάνονται οι εφαρμογές. Εντούτοις, όταν τυποποιείται ως κόκκοι ή μπρικέτες βραδείας απελευθέρωσης, η εντομοκτόνος δράση επεκτείνεται πολλές μέρες, και μερικές φορές μέχρι ένα μήνα. Όταν ο *Bti* προσλαμβάνεται, η θνησιμότητα προκαλείται από μια ομάδα τεσσάρων τοξινών που δρουν ως δηλητήριο του πεπτικού σωλήνα (Service, 2012).



Ο *Bacillus sphaericus* μπορεί να παρασκευαστεί με παρόμοια τρόπο όπως ο *Bti*, αλλά διαφέρει στο ότι σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να ανακυκλώνεται σε ενδιστοιήματα. Το είδος αυτό είναι επίσης πιο αποτελεσματικό σε μολυσμένα ύδατα και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό έναντι των ειδών *Culex*. Εργαστηριακοί πληθυσμοί αλλά και αποικίες σε διάφορες περιοχές παρουσίασαν ανθεκτικότητα στα είδη των βακίλων, γεγονός που χρησιμεύει ως προειδοποίηση ότι τα κουνούπια μπορούν να γίνουν ανθεκτικά στους βακτηριακούς παράγοντες ελέγχου (Service, 2012).

#### 1.7.1.2. Φυσικός – περιβαλλοντικός έλεγχος

Συμπλήρωση/αποστράγγιση: Μερικές φορές αναφέρεται ως μηχανικός ή περιβαλλοντικός έλεγχος. Μια απλή μορφή συνιστά στην πλήρωση και κατά συνέπεια στην πλήρη εξάλειψη των τόπων αναπαραγωγής. Τα ενδιστοιήματα προνυμφών, που κυμαίνονται σε μέγεθος από τρύπες δέντρων γεμάτες με νερό μέχρι λίμνες και μικρά έλη, μπορούν να γεμίσουν με αδρανή υλικά όπως χώμα ή άμμο (Service, 2012). Η πλήρωση των τρυπών των δένδρων μπορεί να είναι δύσκολη, επειδή βρίσκονται ψηλά και είναι δύσκολο να εντοπιστούν, ή επειδή μπορεί να υπάρχουν πάρα πολλές για να είναι πρακτική αυτή η μέθοδος. Επίσης, ενδιστοιήματα όπως εγκαταλειμμένα κουτιά, μεταλλικά βαρέλια, δοχεία αποθήκευσης νερού και παλιά ελαστικά μπορούν να απομακρυνθούν. Η εισαγωγή μιας αξιόπιστης παροχής νερού με σωληνώσεις συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης των ανθρώπων από δοχεία αποθήκευσης νερού και έτσι να μειώσει την αναπαραγωγή των κουνουπιών όπως το *Ae. aegypti*. Εντούτοις, σε πολλές περιοχές συνεχίζουν να αποθηκεύουν νερό σε δοχεία ως ασφάλεια σε περίπτωση αναξιόπιστης παροχής νερού. Για παράδειγμα, στην Ινδία, οι δεξαμενές νερού είναι συνήθως τοποθετημένες στις στέγες και αποτελούν σημαντικούς χώρους αναπαραγωγής του φορέα της αστικής ελονοσίας (Service, 2012). Η στεγανοποίηση αυτών των δεξαμενών με ειδική μεμβράνη θα παρεμπόδιζε την αναπαραγωγή τους, αλλά αυτά τα καλύμματα συνήθως διαρρηγνύονται ή απομακρύνονται. Ορισμένα κουνούπια, όπως το *Culex quinquefasciatus*, αναπτύσσονται σε κατεστραμμένες δεξαμενές και κοιλώματα, αλλά αυτό εμποδίζεται αν επισκευαστούν έτσι ώστε τα θηλυκά που τοποθετούν τα αυγά να μην έχουν πρόσβαση. Οι τόποι αναπαραγωγής των προνυμφών, όπως λιμνούλες, κοιλώματα, γλυκά νερά ή αλμυρά νερά μπορούν να αποστραγγιστούν. Ένα πλεονέκτημα της πλήρωσης, αποστράγγισης ή απομάκρυνσης των ενδιστοιημάτων των προνυμφών είναι ότι μπορεί να οδηγήσει σε μόνιμο έλεγχο, αλλά αυτή η προσέγγιση δεν είναι πάντα εφικτή. Είναι αδύνατο, για παράδειγμα, να συμπληρωθούν όλες οι διάσπαρτες, μικρές και προσωρινές συλλογές νερού όπως οι πισίνες, οι τροχοί των οχημάτων και οι λακκούβες που συχνά εμφανίζονται κατά την περίοδο των βροχών. Μεγαλύτερα και πιο μόνιμα ενδιστοιήματα όπως οι βάλτοι μπορεί να αποδειχθούν πολύ δαπανηρά για να αποστραγγιστούν. Επιπλέον, οι ντόπιοι ενδέχεται να μην θέλουν να συμπληρωθούν ορισμένοι χώροι αναπαραγωγής, εάν το νερό είναι απαραίτητο για οικιακούς

σκοπούς ή για χώρους που χρησιμοποιούνται ως σημεία ποτίσματος των ζώων. Η σκοπιμότητα της εξάλειψης των τόπων αναπαραγωγής πρέπει να αξιολογείται χωριστά σε κάθε περιοχή.

**Περιβαλλοντική διαχείριση:** Εάν δεν είναι εφικτό να εξαλειφθούν οι τόποι αναπαραγωγής των κουνουπιών, μπορεί να είναι δυνατή η μεταβολή τους ώστε να καταστούν ακατάλληλοι ως ενδιαίτηματα προνυμφών (Service, 2012). Για παράδειγμα, κάποια κουνούπια αναπαράγονται σε μεμονωμένες πισίνες και μικρές ελώδεις περιοχές που σχηματίζονται στις άκρες των τάφρων και των ρευμάτων που έχουν περιελίξεις. Η αναδιάρθρωση αυτών των υδατορευμάτων για την αύξηση της ροής του νερού και την αποφυγή της δημιουργίας στατικών περιοχών νερού μπορεί να μειώσει σημαντικά την αναπαραγωγή κουνουπιών. Άλλες περιβαλλοντικές τροποποιήσεις περιλαμβάνουν την απομάκρυνση της προεξέχουσας βλάστησης για τη μείωση της αναπαραγωγής κουνουπιών που προτιμούν σκιώδη μέρη. Αντιστρόφως, η προσθήκη βλάστησης κατά μήκος των δεξαμενών και των ρευμάτων μπορεί να εξαλείψει τα είδη που προτιμούν τον ήλιο. Η απομάκρυνση της ριζωμένης ή πλωτής βλάστησης θα αποτρέψει την αναπαραγωγή ειδών *Mansonia*, επειδή απαιτούν φυτά για να καλύψουν τις ανάγκες τους σε οξυγόνο. Αντί να αποστραγγίζονται οι ελώδεις περιοχές, μπορούν να αναδιαμορφωθούν ώστε να σχηματίσουν περιοχές με σχετικά βαθύ μόνιμο νερό και καλά καθορισμένες κάθετες όχθες. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται κατακράτηση. Αυτό αλλάζει τελείως το ενδιαίτημα, καθιστώντας το ακατάλληλο για πολλά κουνούπια, ειδικά για τα είδη *Aedes* και *Psorophora*, τα οποία ωτοκοούν τα αυγά τους σε υγρές λασπώδεις άκρες των λάκκων που είναι διάσπαρτοι σε εκτεταμένες ελώδεις περιοχές. Τόσο οι μικρές όσο και οι μεγάλες, γλυκές και αλμυρές υδάτινες επιφάνειες μπορούν να μετατραπούν σε τρεχούμενα νερά. Μερικές φορές τέτοια τρεχούμενα νερά είναι εφοδιασμένα με ψάρια και πτηνά που συμβάλλουν στη μείωση της αναπαραγωγής. Ωστόσο, υπάρχει ο κίνδυνος κάθε φορά που ένα ενδιαίτημα προνυμφών αλλάζει οι νέες συνθήκες που δημιουργούνται ενδέχεται να υποστηρίξουν την αναπαραγωγή άλλων ειδών κουνουπιών που προηγουμένως μπορεί και να απουσίαζαν.

### 1.7.1.3. Χημική αντιμετώπιση

**Έλαια:** Ο ψεκασμός ελαίων με βάση το πετρέλαιο, όπως ντίζελ και κηροζίνη (παραφίνη), για τη θανάτωση προνυμφών έχει χρησιμοποιηθεί για πάνω από 100 χρόνια. Η προσθήκη απορρυπαντικών ουσιών ή φυτικών ελαίων σε ποσοστό 1-2,5%, όπως καστορέλαιο ή έλαιο καρύδας, αυξάνει την ισχύ εξάπλωσης των ελαίων, επιτρέποντας τη μείωση της δόσης εφαρμογής στα 18-50 λίτρα/εκτάριο. Παρόλο που τα έλαια αυτά εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται, κυρίως σε τροπικές χώρες, στον υπόλοιπο κόσμο χρησιμοποιούνται εμπορικά έλαια μεγάλης εξάπλωσης και πιο φιλικά προς το περιβάλλον. Η συνήθης δοσολογία είναι συνήθως 9-27 λίτρα/εκτάριο ή λιγότερο. Άλλα έλαια περιλαμβάνουν μονομοριακές μεμβράνες

αιθοξυλιωμένης ισοστεαρυλικής αλκοόλης που προέρχονται από φυτικά έλαια (εμπορικές ονομασίες είναι Agosurf, Agnique), οι οποίες παρεμποδίζουν τις ιδιότητες της διασύνδεσης αέρα-νερού και προκαλούν πνιγμό στις προνύμφες, νύμφες ακόμη και στο εξερχόμενα ενήλικα (Service, 2012). Τα έλαια πρέπει να ψεκάζονται σε περιοχές αναπαραγωγής περίπου κάθε 7-10 ημέρες στις περισσότερες τροπικές χώρες για να εξασφαλιστεί ότι οι προνύμφες που εκκολάπτονται από τα αυγά να θανατώνονται εγκαίρως. Εφαρμογές μειωμένης συχνότητας γίνονται σε ψυχρότερες, εύκρατες περιοχές, επειδή ο υδρόβιος κύκλος ζωής είναι πιο αργός.

Εντομοκτόνα: Με τη διαθεσιμότητα εντομοκτόνων όπως το DDT στα μέσα της δεκαετίας του 1940, τα έλαια αντικαταστάθηκαν σε μεγάλο βαθμό με ψεκάσμο των προνυμφών με τα σύγχρονα χημικά. Ωστόσο, λόγω της διατήρησής τους στο περιβάλλον και της συσσώρευσής τους στις τροφικές αλυσίδες, τα DDT και άλλα εντομοκτόνα δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται ως μέσα θανάτωσης προνυμφών. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται λιγότερα ανθεκτικά και βιοαποικοδομήσιμα εντομοκτόνα (Service, 2012).

Τα πυρεθροειδή, όπως η permethrin και η deltamethrin, μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης, αλλά επειδή τείνουν να σκοτώνουν μεγαλύτερο αριθμό άλλων υδρόβιων εντόμων, καρκινοειδών, ακόμη και ψαριών, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή και μόνο σε ειδικές περιστάσεις. Σε οργανικά μολυσμένα νερά, τα εντομοκτόνα είναι λιγότερο αποτελεσματικά και πρέπει να χρησιμοποιηθούν είτε σε μεγαλύτερη δοσολογία είτε οι πιο αποτελεσματικοί οργανοφωσφορικοί εστέρες όπως το fenthion ή το chlorpirifos. Το chlorpirifos είναι πιο τοξικό στις προνύμφες κουνουπιών από πολλά άλλα εντομοκτόνα, αλλά προκαλεί και υψηλότερη θνησιμότητα ψαριών και άλλων υδρόβιων οργανισμών, επομένως πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή. Όλα τα παραπάνω εντομοκτόνα πρέπει συνήθως να ψεκάζονται σε περιοχές αναπαραγωγής σε τροπικές περιοχές κάθε 10-14 ημέρες και συχνότερα σε ιδιαίτερα μολυσμένα νερά. Το temephos έχει πολύ χαμηλή τοξικότητα στα θηλαστικά και οι μπρικέτες, 1% κόκκοι άμμου ή μικροενκαψυλιωμένα σκευάσματα τα οποία απελευθερώνουν αργά το εντομοκτόνο κατά τη διάρκεια ημερών ή ακόμη και εβδομάδων μπορούν να τοποθετηθούν σε δοχεία που περιέχουν πόσιμο νερό για τον έλεγχο του *Ae. aegypti*. Ωστόσο, οι άνθρωποι μερικές φορές αρνούνται τη χρήση του σε γλάστρες, λόγω της δυσάρεστης οσμής ή επειδή θεωρούν οποιοδήποτε εντομοκτόνο στο πόσιμο νερό ως περιβαλλοντική μόλυνση. Επιπλέον, υπάρχουν ισχυρισμοί ότι μπορεί να είναι τοξικό και μεταλλαξιογόνο. Οι προνύμφες του γένους *Mansonia* μπορούν να σκοτωθούν με ψεκάσμο ζιζανιοκτόνων που καταστρέφουν την υδρόβια βλάστηση στην οποία βασίζονται για να αποκτήσουν το οξυγόνο τους. Συνήθως, εφαρμόζονται ως γαλακτώματα ή διαλύματα ελαίου, αλλά ο κόκκοι (0,25-0,6 mm), τα σφαιρίδια (0,6-2 mm) ή οι κάψουλες ζελατίνης, που συχνά περιέχουν πυρεθροειδή, είναι καλύτερα για την αντιμετώπιση της πυκνής υδρόβιας βλάστησης. Τα εντομοκτόνα που τυποποιούνται ως κόκκοι βραδείας αποδέσμευσης ή πελετ μπορούν να

διασκορπιστούν πάνω από ελώδεις περιοχές, όταν είναι σχετικά ξηροί, και όταν πλημμυρίσουν, οι προνύμφες που εκκολάπτονται αφού βγουν από την περίοδο ξηρασίας, όπως αυτά των ειδών *Aedes* και *Psorophora*, θανατώνονται καθώς τα κοκκία απελευθερώνουν τα τοξικά μέσα στο νερό. Η εφαρμογή τους γίνεται με σακίδια πλάτης από τους χειριστές ενώ σε μεγάλες ή απρόσιτες περιοχές μπορεί να απαιτούνται αεροψεκασμοί (Service, 2012).

Ρυθμιστές ανάπτυξης (IGRs): Πρόκειται ενώσεις, όπως το Methoprene και το Pyriprooxyfen, οι οποίες εμποδίζουν την προνυμφική ανάπτυξη των εντόμων ή ενώσεις, όπως το diflubenzuron, οι οποίες αναστέλλουν τον σχηματισμό χιτίνης στα ανώριμα στάδια. Όταν χρησιμοποιούνται ως μέσα θανάτωσης, αυτές οι χημικές ουσίες έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι φιλικές προς το περιβάλλον, καθώς στοχεύουν στη θανάτωση των κουνουπιών και έχουν εξαιρετικά χαμηλή τοξικότητα στους ανθρώπους. Το methoprene είναι το πιο συνηθισμένο IGR για τον έλεγχο των κουνουπιών και μπορεί να τυποποιηθεί ως υγρό, σε μορφή κόκκων ή μπρικέτες που μπορούν να παρέχουν αποτελεσματικό έλεγχο για περισσότερο από 100 ημέρες (Service, 2012). Ωστόσο, το κόστος τους είναι αρκετά υψηλό γεγονός που τα καθιστά απαγορευτικά σε φτωχές χώρες ενώ έχει καταγραφεί και κάποια ανθεκτικότητα των κουνουπιών σε αυτά

Ολοκληρωμένη διαχείριση: Συνδυάζει την εφαρμογή βιολογικών και χημικών μεθόδων αντιμετώπισης των κουνουπιών. Για παράδειγμα, η εισαγωγή γηγενών ψαριών σε χώρους αναπαραγωγής που ψεκάζονται μαζί με την ταυτόχρονη χρήση εντομοκτόνων που έχουν ελάχιστη επίδραση στα ψάρια. Ωστόσο, είναι προτιμότερο να θεωρείται ως ολοκληρωμένη διαχείριση κάθε προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη περισσότερες από μία μεθόδους, είτε αυτές απευθύνονται μόνο στις προνύμφες ή στα ενήλικα ή και στα δύο στάδια.

## **1.7.2. Αντιμετώπιση ενήλικων κουνουπιών**

### **1.7.2.1. Προσωπική προστασία**

Τα σπίτια, τα νοσοκομεία και άλλα κτίρια μπορούν να έχουν παράθυρα και πόρτες καλυμμένες με σήτες, κατασκευασμένες είτε από ισχυρό πλαστικό είτε από μη διαβρωτικό μέταλλο. Είναι σημαντικό να διατηρούνται σε καλή κατάσταση. Οι σήτες 6-8 οπών/cm, θα αποκλείσουν τα περισσότερα κουνούπια. Σήτες με πιο πυκνή πλέξη θα αποτρέψουν επίσης μικρότερες μύγες, ορισμένες από τις οποίες μπορεί να είναι φορείς, αλλά θα μειώσουν αισθητά τον αερισμό και το φως. Γενικά, το μέγεθος των οπών εξαρτάται από το πάχος του νήματος – συνήθως κυμαίνεται στα 1,2-1,5 mm. Κουνουπιέρες πρέπει να μπαίνουν κάτω από τα στρώματα ή τα κλινοσκεπάσματα ενώ οι σχισμένες κουνουπιέρες είναι άχρηστες εκτός εάν έχουν εμποτιστεί με εντομοκτόνα πυρεθροειδών όπως η Permethrin. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να τοποθετούνται πάνω από τα κρεβάτια πριν το ηλιοβασίλεμα. Το κύριο μειονέκτημα τους είναι ότι μπορούν να μειώσουν τον εξαερισμό. Τα μικρά σπρέι με

πυρέθριο ή Permethrin διαλυμένα σε κηροζίνη ή εναλλακτικά πιεστικά δοχεία αερολύματος που περιέχουν πυρεθροειδή χρησιμοποιούνται συνήθως για να ψεκάζονται υπνοδωμάτια νωρίς το βράδι. Πηνία κουνουπιών (κοινώς φιδάκια) εμποτισμένα με εντομοκτόνα πυρεθροειδών, κυρίως ταχείας δράσης όπως βιοαλεθρίνη, τα οποία αναφλέγονται για 6-10 ώρες για να παράγουν εντομοκτόνο καπνό, χρησιμοποιούνται συνήθως σε τροπικές χώρες. Μια πιο εξελιγμένη μέθοδος είναι η τοποθέτηση μικρών εμποτισμένων με εντομοκτόνο δισκίων (κοινώς ταμπλέτες κουνουπιών) σε ένα ηλεκτρικό μίνι-θερμαντήρα που λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα. Κατάλληλα εντομοαπωθητικά είναι τα DEET, Autan και Bayreperl. Τα τελευταία δύο βασίζονται σε πιπεριδίνες και είναι περίπου εξίσου αποτελεσματικά με το DEET, αλλά σε αντίθεση με το DEET δεν επιτίθενται στα πλαστικά. Υπό βέλτιστες συνθήκες, αυτά τα απωθητικά μπορούν να παρέχουν προστασία για 6-10 ώρες, αφού η διάρκεια εξαρτάται από την ποσότητα του δραστικού συστατικού. Το έλαιο Citronella και το έλαιο Eucalyptus citriodora μπορούν να προστατεύσουν απ τα κουνούπια, αλλά μόνο για περίπου μία ώρα. Ένα νέο βοτανικό απωθητικό γνωστό ως PMD (παρα-μενθάνιο 3,8-διόλη), που προέρχεται από το φυτό Eucalyptus citriodora, έχει αποδειχθεί τόσο καλό όσο το DEET. Τα εντομοαπωθητικά εφαρμόζονται στα χέρια, το λαιμό, το πρόσωπο, τους αστραγάλους και τα πόδια, ανεξάρτητα από το αν το άτομο φορά κάλτσες ή μακριά παντελόνια. Η εφίδρωση και η τρίψιμο συνήθως μειώνουν την περίοδο αποτελεσματικότητας των απωθητικών. Τα εμποτισμένα με απωθητικά ή εντομοκτόνα ρούχα (π.χ., περμεθρίνη ή αλλεθρίνη), όπως σακάκια και κουκούλες με μεγάλα μάτια παρέχουν μεγαλύτερη προστασία από τα απωθητικά που εφαρμόζονται στο δέρμα, ενώ αν τα ρούχα που έχουν υποβληθεί σε επεξεργασία φυλάσσονται σε πλαστικές σακούλες όταν δεν χρησιμοποιούνται, παραμένουν σε ισχύ για περισσότερους μήνες πριν χρειαστεί εκ νέου εμποτισμός με απωθητικό.

#### **1.7.2.2. Αερολύματα και νέφη**

Για την αντιμετώπιση των ενήλικων κουνουπιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν μηχανοκίνητοι ανεμιστήρες ομίχλης, θερμικοί θολωτοί μηχανισμοί ή μηχανές που παράγουν εντομοκτόνα αερολύματα (<50μm) ή νέφοι (51-100μm). Οι ομίχλες παράγονται όταν πολύ λεπτά σωματίδια αερολύματος (5-15m) είναι τόσο πολυάριθμα που μειώνουν σημαντικά την ορατότητα. Ενδοφιλικά είδη μπορούν επίσης να θανατωθούν από τα νέφη αυτά. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα εντομοκτόνα, όπως το μαλαθείο, το φενιτροθείο, το πιριμίνο-μεθύλιο και τα πυρεθροειδή. Αν και τέτοιες εφαρμογές μπορεί να έχουν θεαματικά αποτελέσματα, υπάρχει ελάχιστη υπολειμματική επίδραση και περιοχές που έχουν «καθαριστεί» από ενήλικα κουνούπια καταλαμβάνονται γρήγορα από κουνούπια που πετούν έξω από την περιοχή που έχει υποστεί εφαρμογή. Επομένως, απαιτούνται επανειλημμένες εφαρμογές για να διατηρηθεί ο έλεγχος. Οι εφαρμογές των αερολυμάτων και των νεφών πρέπει να γίνονται όταν ο καιρός είναι ήρεμος και συνήθως τα βράδια ή τα νωρίς το πρωί. Οι εφαρμογές με αεροσκάφη

σταθερής πτέρυγας παρέχουν συνήθως καλύτερη κάλυψη και αποτελεσματικότερο έλεγχο από τις επιτόπιες.

### **1.7.2.3. Τεχνικές υπέρ-μικρου όγκου**

Οι τεχνικές εξαιρετικά χαμηλού όγκου (ULV) εφαρμόζουν το ελάχιστο συμπυκνωμένο εντομοκτόνο, συχνά μόλις 225-500 ml/ εκτάριο, έναντι 5-25 λίτρων/εκτάριο με συμβατικό ψεκάσμο. Αυτό επιτρέπει στα οχήματα ή τα αεροσκάφη να ψεκάσουν πολύ μεγαλύτερες περιοχές με μια δεξαμενή εντομοκτόνου πριν την αναπλήρωση της. Τα εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται συνήθως περιλαμβάνουν το μαλαθείο, το πιριμίνιο-μεθύλιο και τα πυρεθροειδή. Με τις εναέριες εφαρμογές, το μέγεθος των σταγονιδίων του εντομοκτόνου είναι μεγαλύτερο (150-200m) από εκείνο που χρησιμοποιείται στις εφαρμογές εδάφους (50-100m), εξαιτίας της εξάτμισης, καθώς πέφτουν στο έδαφος. Γενικά το μέγεθος των σταγονιδίων που προσβάλλει τα κουνούπια πρέπει να είναι 15-25m. Εκτός από την ταχεία μείωση των κουνουπιών, ο ψεκάσμος ULV χρησιμοποιείται σε πιθανές ή πραγματικές καταστάσεις επιδημίας για την πρόληψη ή τον έλεγχο των ξεσπασμάτων μιας νόσου. Σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, ο αεροψεκάσμος παρέχει γρήγορο και αποτελεσματικό έλεγχο των φορέων ενώ έχει χρησιμοποιηθεί για να σταματήσει τη μετάδοση του αιμορραγικού δάγκειου πυρετού, της ιαπωνικής εγκεφαλίτιδας και άλλων ιών.

### **1.7.2.4. Εσωτερικοί ψεκάσμοι**

Ορισμένα κουνούπια, όπως φορείς ελονοσίας και το *Culex quinquefasciatus*, παραμένουν στα σπίτια πριν και/ή μετά από τη διατροφή του αίματος. Οι πληθυσμοί τους μπορούν να μειωθούν με εντομοκτόνο ψεκάσμο σπιτιών, αλλά αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιείται κυρίως στις λειτουργίες ελέγχου της ελονοσίας.

## **1.8. Σκοπός Μελέτης**

Το Ασιατικό κουνούπι τίγρης *Ae. albopictus*, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, είναι σε θέση να αξιοποιεί μια σειρά εφήμερων και σχετικά μικρών ενδαιτημάτων για την αναπαραγωγή του. Αυτό σημαίνει ότι οι προνύμφες του κάθε φορά έρχονται αντιμέτωπες με ποικίλες συνθήκες συνωστισμού και επάρκειας τροφής. Οι συνθήκες αυτές δύνανται να επηρεάζουν μια σειρά σημαντικών παραμέτρων που σχετίζονται με την επιβίωση, το ρυθμό ανάπτυξης και το μέγεθος των προνυμφών. Το γεγονός αυτό μπορεί να επηρεάσει σημαντικές παραμέτρους της αρμοστικότητας των ενηλίκων που προκύπτουν, όπως η επιβίωση και η αναπαραγωγή και να έχει σημαντικές συνέπειες στις επόμενες γενεές (Peters & Barbosa, 1977).

Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι οι προνύμφες του *Ae. albopictus* διαθέτουν μια εξαιρετική ικανότητα μετατροπής της τροφής σε βιομάζα (σωματικό βάρος), γεγονός που του προσδίδει σημαντικό πλεονέκτημά κατά τον ανταγωνισμό με άλλα είδη (Ho et al., 1989; Novak et al., 1993; Barrera, 1996; Carrieri et al., 2003; Armistead et al., 2008; Γιατρόπουλος, 2014). Παρόλο που στις μελέτες αυτές υπάρχουν κάποια στοιχεία αναφορικά και με τον ενδοειδικό ανταγωνισμό στο *Ae. albopictus*, αυτά είναι αποσπασματικά χωρίς να εστιάζουν ενδελεχώς στην ταυτόχρονη επίδραση το συνωστισμού και της ποσότητας της τροφής. Επιπλέον, απουσιάζουν εντελώς στοιχεία που να αναφέρονται στην αρμοστικότητα των ενηλίκων που προκύπτουν. Έτσι, σκοπός της παρούσας πτυχιακής διατριβής ήταν η συνδυασμένη μελέτη της επίδρασης του συνωστισμού και της διαθέσιμης τροφής στις βιολογικές παραμέτρους των ανήλικων και των ενηλίκων σταδίων του *Ae. albopictus*. Ειδικότερα, μελετήθηκε η επίδραση των συγκεκριμένων παραμέτρων στην επιβίωση και τη διάρκεια ανάπτυξης των προνυμφών καθώς επίσης και στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και τη μακροζωία των ενηλίκων.

## 2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1. Συνθήκες εργαστηρίου

Τα πειράματα της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκαν στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι εργαστηριακές συνθήκες, κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων ήταν, θερμοκρασία  $25 \pm 1$  °C, σχετική υγρασία  $60 \pm 10\%$  και φωτοπερίοδος 14Φ:10Σ, με έναρξη της φωτόφασης στις 00:00 και λήξη στις 14:00. Κατά την ώρα έναρξης και τη λήξης της φωτόφασης, η ένταση του φωτισμού μεταβάλλονταν προοδευτικά ώστε να προσομοιώνει την αυγή και το σούρουπο αντίστοιχα, συνθήκες σημαντικές για τη βιολογία των κουνουπιών όπως πχ η σύζευξη.

### 2.2. Έντομα που χρησιμοποιήθηκαν και μέθοδος εκτροφής τους

Για τη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν έντομα της F3 γενεάς εργαστηρίου του *Ae. albopictus*. Για την εγκατάσταση της αποικίας, χρησιμοποιήθηκαν περίπου 2000 αυγά που συλλέχθηκαν από 30 ωπαγίδες (ovitraps) που είχαν τοποθετηθεί κατά τη διάρκεια του Οκτώβριου του 2017 σε περιοχές του Βόλου και της Λάρισας προκειμένου να διαπιστωθεί η δραστηριότητα του είδους. Οι προνύμφες αναπτύχθηκαν σε κατάλληλη τροφή (αλεσμένη γατοτροφή, Friskies adult) και τα ενήλικα που προέκυψαν τοποθετήθηκαν σε ξύλινα κλωβιά (30 × 30 × 30 cm) με διάλυμα ζάχαρης 10% σε πυκνότητα περίπου 500 άτομα/κλωβί (Εικόνα 15). Τα ζαχαρούχα διαλύματα αντικαθίσταντο με νέα σε εβδομαδιαία βάση. Σε δειγματοληπτικό έλεγχο που πραγματοποιήθηκε σε 100 ενήλικα άτομα, προέκυψε ότι με βάση τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά πρόκειται πράγματι για το είδος *Ae. albopictus* και όχι για το συγγενές *Ae. cretinus*.



Εικόνα 15. Ξύλινοι κλωβοί με ενήλικα του *Ae. albopictus*



Στα θηλυκά κουνούπια παρέχονταν γεύμα αίματος όποτε κρίνονταν απαραίτητο προκειμένου να ωοτοκήσουν. Η χορήγηση γινόταν από το βραχίονα του υπευθύνου των εκτροφών, Δρ. Χαράλαμπου Ιωάννου, με την είσοδο του χεριού και έχοντας τον καρπό καλυμμένο με γάντι εντός του κάθε κλουβιού για διάστημα 10-15 λεπτών έως ότου διατραφεί το 90% περίπου των θηλυκών που υπήρχαν. Ως υπόστρωμα ωοτοκίας χρησιμοποιούνταν μαύρα πλαστικά δοχεία που έφεραν ξύλινα γλωσσοπίεστρα των οποίων η επιφάνεια είχε διαμορφωθεί κατάλληλα προκειμένου να αποκτήσει αδρή υφή ώστε να διευκολύνεται η προσκόλληση των αυγών. Τα δοχεία γεμίζονταν περίπου μέχρι τη μέση με νερό και τα θηλυκά απέθεταν τα αυγά τους λίγο επάνω από την επιφάνειά του (Εικόνα 16).



**Εικόνα 16.** Γλωσσοπίεστρα με αυγά του *Ae. albopictus*

Μετά το πέρας της ωοτοκίας, τα γλωσσοπίεστρα απομακρύνονταν από τα δοχεία και αφήνονταν να στεγνώσουν για 24 ώρες στις συνθήκες που περιεγράφηκαν. Κατόπιν τοποθετούνταν σε σφραγιαζόμενα διαφανή πλαστικά σακουλάκια μέχρι την εκκόλαψη των προνυμφών. Για την εκκόλαψη των προνυμφών τα γλωσσοπίεστρα εμβαπτιζόνταν σε 1 λίτρο νερό που είχε επωαστεί σε αναερόβιες συνθήκες για 24 ώρες με 0.1 g γατοτροφής. Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα αφενός τη μείωση της περιεκτικότητας του νερού σε οξυγόνο και αφετέρου την ανάπτυξη μικροοργανισμών (βακτηρίων), συνθήκες του ευνοούν και ταυτόχρονα συγχρονίζουν την εκκόλαψη των προνυμφών. Εικοσιτέσσερις ώρες μετά την εκκόλαψη, 2500-3000 προνύμφες μεταφέρονταν σε λευκές, πλαστικές λεκάνες 38x60x15 cm με οκτώ λίτρα νερό και τροφή για την ολοκλήρωση της ανάπτυξής τους. Οι νύμφες που προκύπτανε συλλέγονταν με τη βοήθεια πλαστικών πιπετών τύπου Pasteur και μεταφέρονταν σε λευκές πλαστικές λεκάνες με 500 ml νερού εντός των ξύλινων κλουβιών εκτροφής προκειμένου να εξέλθουν τα ενήλικα. Σε κάθε κλουβί μεταφέρονταν 500 περίπου νύμφες, ενώ τα ενήλικα που προκύπταν

είχαν συνεχή πρόσβαση σε υδατικό διάλυμα ζάχαρης 10%. Πέντε με έξι ημέρες μετά την εμφάνιση των ενηλίκων, χρόνος επαρκής για τη σύζευξη των δύο φύλων, παρέχονταν στα θηλυκά το πρώτο γεύμα αίματος με τον τρόπο που περιεγράφηκε προηγουμένως.

### 2.3. Επίδραση της πυκνότητας των προνυμφών και της επάρκειας τροφής στη βιολογία των ανηλίκων

Για την πραγματοποίηση των πειραμάτων, ξύλινα γλωσσοπίεστρα με αυγά εμβαπτίστηκαν σε 1 λίτρο κατάλληλου νερού (βλέπε επάνω) με σκοπό την εκκόλαψη των προνυμφών. Δύο με τρεις ώρες μετά την εκκόλαψη, νεαρές προνύμφες 1<sup>ης</sup> ηλικίας μεταφέρθηκαν σε λευκά, κυλινδρικά, πλαστικά δοχεία διαμέτρου 17 cm και ύψους 6 cm που περιείχαν 1 λίτρο εμφιαλωμένου νερού. Σε ότι αφορά την πυκνότητά τους, αυτή περιελάμβανε τρεις μεταχειρίσεις, που συνίσταντο σε 100, 300 και 600 προνύμφες/δοχείο. Σε ότι αφορά την επάρκεια της τροφής επιλέχθηκαν δύο μεταχειρίσεις που περιλάμβαναν 1 και 2 mg τροφής/προνύμφη αντίστοιχα. Η επιλογή των συγκεκριμένων ποσοτήτων βασίστηκε στα αποτελέσματα των Carrieri et al., (2003) οι οποίοι διαπίστωσαν, χρησιμοποιώντας ακριβώς την ίδια τροφή, ότι στις δόσεις αυτές αρχίζει να λαμβάνει χώρα ο ενδοειδικός ανταγωνισμός στο *Ae. albopictus*. Επειδή οι διατροφικές ανάγκες των προνυμφών αυξάνονται με την ηλικία τους και προκειμένου να αποφευχθεί η επιβάρυνση του νερού με περίσσεια οργανικής ουσίας, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητη θνησιμότητα, η προσθήκη της τροφής δεν έγινε εφάπαξ αλλά τμηματικά σε διάστημα 6 ημερών βάση ενός χρονοδιαγράμματος όπως φαίνεται στους Πίνακες 4 & 5.

**Πίνακας 4.** Χρονοδιάγραμμα παροχής της ποσότητας του 1mg τροφής/προνύμφη στο διάστημα των 6 ημερών στις διαφορετικές μεταχειρίσεις πυκνότητας των προνυμφών

ΗΜΕΡΑ	Πυκνότητα προνυμφών		
	100	300	600
1	5%*100=5 mg	5%*300=15 mg	5%*600=30 mg
2	5%*100=5 mg	5%*300=15 mg	5%*600=30 mg
3	10%*100=10 mg	10%*300=30 mg	10%*600=60 mg
4	20%*100=20 mg	20%*300=60 mg	20%*600=120 mg
5	30%*100=30 mg	30%*300=90 mg	30%*600=180 mg
6	30%*100=30 mg	30%*300=90 mg	30%*600=180 mg

**Πίνακας 5.** Χρονοδιάγραμμα παροχής της ποσότητας των 2mg τροφής/προνύμφη στο διάστημα των 6 ημερών στις διαφορετικές μεταχειρίσεις πυκνότητας των προνυμφών.

ΗΜΕΡΑ	Για τις 100 προνύμφες	Για τις 300 προνύμφες	Για τις 600 προνύμφες
1	5%*200=10 mg	5%*600=30 mg	5%*1200=60 mg
2	5%*200=10 mg	5%*600=30 mg	5%*1200=60 mg
3	10%*200=20 mg	10%*600=60 mg	10%*1200=120 mg
4	20%*200=40 mg	20%*600=120 mg	20%*1200=240 mg

5	30%*200=60 mg	30%*600=120 mg	30%*1200=360 mg
6	30%*200=60 mg	30%*600=180 mg	30%*1200=360 mg

Η ποσοστιαία ημερήσια παροχή επί του συνόλου της παρεχόμενης τροφής προέκυψε ύστερα από προπειράματα που έδειξαν ότι με τον τρόπο αυτό αφενός οι προνύμφες έχουν συνεχώς επάρκεια τροφής και αφετέρου η ποιότητα του νερού από άποψη θολότητας παραμένει σταθερή. Για την κάθε πυκνότητα των προνυμφών και την ποσότητα της τροφής πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις (κυλινδρικά δοχεία με 1 λίτρο νερό) σε κάθε περίπτωση.

Με την έναρξη των πειραμάτων, τα κυλινδρικά δοχεία καλύπτονταν συνεχώς με αντίστοιχα πώματα που έφεραν 5 οπές διαμέτρου 3mm η κάθε μια. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλιζόνταν αφενός ο καλός αερισμός στο εσωτερικό των δοχείων και αφετέρου περιορίζονταν η εξάτμιση του νερού κατά τη διάρκεια των βιοδοκιμών. Με την ολοκλήρωση της παροχής της τροφής, τα δοχεία επιθεωρούνταν σε καθημερινή βάση για τη συλλογή των νυμφών. Οι νύμφες που συλλέγονταν τοποθετούνταν σε διάφανα πλαστικά δοχεία με πώμα που περιείχαν 200 ml νερό σε πυκνότητα έως και 15 νύμφες ανά δοχείο για την έξοδο των ενηλίκων (Εικόνα 17). Για κάθε μια από τις μεταχειρίσεις που περιεγράφηκαν προηγουμένως προσδιορίστηκαν α) τα ποσοστά επιβίωσης των προνυμφών, β) η διάρκεια ανάπτυξης του προνυμφικού σταδίου και γ) τα ποσοστά επιβίωσης των νυμφών.



**Εικόνα 17.** Έξοδος ενηλίκων από το στάδιο της νύμφης

#### **2.4. Επίδραση της πυκνότητας των προνυμφών και της επάρκειας τροφής στη βιολογία των ενηλίκων**

Με την εμφάνιση των ενηλίκων που προέρχονταν από την ανάπτυξη των προνυμφών στις διαφορετικές μεταχειρίσεις, ζεύγη αποτελούμενα από ένα αρσενικό και ένα θηλυκό μεταφέρονταν σε διαφανή πλαστικά κλουβιά με διάμετρο βάσης 9 cm και ύψος 12 cm έχοντας πρόσβαση σε υδατικό διάλυμα ζάχαρης 5% (Εικόνα 18).



**Εικόνα 18.** Ατομικά κλουβιά με ενήλικα άτομα

Καθημερινά καταγράφονταν η επιβίωση των ενηλίκων, ενώ το ζαχαρούχο διάλυμα ανανεώνονταν σε εβδομαδιαία βάση. Παράλληλα με την αλλαγή του ζαχαρούχου διαλύματος αντικαθίστανται και τα φιλτρίλια μέσω των οποίων τα ενήλικα είχαν πρόσβαση σε αυτό. Χρησιμοποιήθηκαν 40 ζεύγη ενηλίκων (επαναλήψεις) για κάθε μια από τις παραπάνω μεταχειρίσεις.

Παράλληλα με τα πειράματα της μακροζωία των ενηλίκων που προέκυψαν από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις ανάπτυξης των προνυμφών, προσδιορίστηκαν και τα σωματομετρικά τους χαρακτηριστικά. Ειδικότερα, αρσενικά και θηλυκά προερχόμενα από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις θανατώθηκαν κατά την ημέρα της εξόδου τους σε υδατικό διάλυμα 80% αιθανόλης. Στη συνέχεια με τη χρήση μιας λαβίδας και ενός νυστεριού αφαιρέθηκε η δεξιά πτέρυγα από το κάθε άτομο. Κατόπιν το κάθε δείγμα φωτογραφήθηκε με ψηφιακή κάμερα και η συνολική επιφάνεια της πτέρυγας εκτιμήθηκε με το πρόγραμμα Image J. Για την κάθε μεταχείριση και το κάθε φύλο πραγματοποιήθηκαν 27-30 επαναλήψεις.

## **2.5. Στατιστική ανάλυση**

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό SPSS 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Εφαρμόστηκε ανάλυση λογιστικής παλινδρόμησης (Binary logistic regression) για τον προσδιορισμό της επίδρασης της πυκνότητας των προνυμφών και της δόσης της τροφής στο ποσοστό επιβίωσης των προνυμφών και των νυμφών. Οι επιδράσεις των δύο αυτών παραγόντων τόσο στη διάρκεια ανάπτυξης των προνυμφών όσο και τη μακροζωία των ενηλίκων προσδιορίστηκαν με το μοντέλο ανάλογων κινδύνων του Cox (Cox proportional hazard model). Σε ότι αφορά τη μακροζωία των ενηλίκων, στις αναλύσεις συμπεριλήφθηκε επιπλέον και ο παράγοντας του φύλου. Για τις ανά δύο συγκρίσεις (pair-wise) μεταξύ των

διαφορετικών μεταχειρίσεων χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο log-rank (Mantel-Cox). Τέλος, η επίδραση της πυκνότητας των προνυμφών και της δόσης της τροφής στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά (επιφάνεια δεξιάς πτέρυγας) τόσο των αρσενικών όσο και των θηλυκών προσδιορίστηκε με ανάλυση παραλλακτικότητας δύο παραγόντων (two-way ANOVA). Οι αναλύσεις για το κάθε φύλο πραγματοποιήθηκαν ξεχωριστά καθώς είναι δεδομένο ότι τα αρσενικά υπολείπονται σε μέγεθος σε σχέση με τα θηλυκά. Πριν την ανάλυση, πραγματοποιήθηκε έλεγχος και διαπιστώθηκε ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή. Σε περίπτωση σημαντικής επίδρασης, η σύγκριση των μέσων όρων έγινε βάσει του Tukey's HSD κριτηρίου, σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0,05$ .

## 2.6. Αποτελέσματα

### 2.6.1. Επίδραση της πυκνότητας των προνυμφών και της επάρκειας τροφής στη βιολογία των ανηλίκων

Η λογιστική παλινδρόμηση έδειξε ότι η πυκνότητα των προνυμφών ( $\chi^2=189.898$ ,  $df=1$ ,  $P<0.0001$ ) όχι όμως και η δόση της τροφής ( $\chi^2=0.134$ ,  $df=1$ ,  $P=0.715$ ) αποτελούσε σημαντικό εκτιμητή της επιβίωσης των προνυμφών. Τα υψηλότερα ποσοστά επιβίωσης παρατηρήθηκαν στην πυκνότητα των 300 προνυμφών, ακολούθησε εκείνη των 100 ενώ η μικρότερη επιβίωση παρατηρήθηκε στην πυκνότητα των 600 (Πίνακας 6). Επιπλέον, η αύξηση της δόσης της τροφής αύξησε τα ποσοστά επιβίωσης των προνυμφών στις πυκνότητες 100 και 300 όχι όμως και στην πυκνότητα των 600 (Πίνακας 6).

Το μοντέλο Cox έδειξε ότι τόσο η πυκνότητα των προνυμφών ( $\chi^2=32.923$ ,  $df=1$ ,  $P<0.001$ ) όσο και η δόση της τροφής ( $\chi^2=90.550$ ,  $df=1$ ,  $P<0.001$ ) είχαν σημαντική επίδραση στη διάρκεια ανάπτυξης των προνυμφών, ενώ σημαντική ήταν επίσης και η αλληλεπίδρασή τους ( $\chi^2=15.335$ ,  $df=1$ ,  $P<0.001$ ) (Πίνακας 7). Γενικά, τόσο η αύξηση της πυκνότητας των προνυμφών όσο και της ποσότητας της διαθέσιμης τροφής μείωσε τη διάρκεια ανάπτυξής τους (Πίνακας 8).

Τέλος, η λογιστική παλινδρόμηση έδειξε ότι τόσο η πυκνότητα των προνυμφών ( $\chi^2=0.051$ ,  $df=1$ ,  $P=0.822$ ) όσο και η διαθεσιμότητα της τροφής ( $\chi^2=0.055$ ,  $df=1$ ,  $P=0.814$ ) δεν αποτελούσαν σημαντικό εκτιμητή της επιβίωσης των νυμφών η οποία κυμάνθηκε σε εξαιρετικά υψηλά επίπεδα (Πίνακας 9).

### 2.6.2. Επίδραση της πυκνότητας των προνυμφών και της επάρκειας τροφής στη βιολογία των ενηλίκων

Το μοντέλο Cox έδειξε ότι τόσο η πυκνότητα ανάπτυξης των προνυμφών ( $\chi^2=14.691$ ,  $df=1$ ,  $P<0.001$ ) όσο και το φύλο ( $\chi^2=234.895$ ,  $df=1$ ,  $P<0.001$ ) είχαν σημαντική επίδραση στη διάρκεια ζωής των ενηλίκων (Πίνακας 10). Αντιθέτως η δόση της τροφής των προνυμφών ( $\chi^2=3.567$ ,  $df=1$ ,  $P=0.059$ ) δεν επηρέασε τη μακροζωία των ενηλίκων. Για το λόγο αυτό, τα δεδομένα της μακροζωίας των αρσενικών και των θηλυκών στις δύο δόσεις της τροφής και στην ίδια πυκνότητα

προνυμφών συγχωνεύτηκαν και αναλύθηκαν συνολικά. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 11 και στο Διάγραμμα 1, η αύξηση της πυκνότητάς ανάπτυξης των προνυμφών μείωσε τη διάρκεια ζωής τόσο των αρσενικών όσο και των θηλυκών. Η μείωση αυτή μάλιστα ήταν σημαντική για τις πυκνότητες των προνυμφών 300 και 600 σε σχέση με εκείνη των 100 και για τα δύο φύλα. Επιπλέον διαπιστώνεται ότι διάρκεια ζωής των θηλυκών είναι μεγαλύτερη από εκείνη των αρσενικών. Αυτό ισχύει για όλες τις πυκνότητες ανάπτυξης των προνυμφών.

**Πίνακας 6.** Συνολικά ποσοστά επιβίωσης των προνυμφών του *Ae. albopictus* σε σχέση με την πυκνότητά τους και τη διαθεσιμότητα της τροφής κατά την ανάπτυξή τους στις τρεις επαναλήψεις.

Προνύμφες ανά 1 λίτρο νερού	Ποσοστό επιβίωσης (%)	
	Δόση τροφής	
	1 mg/προνύμφη	2 mg/προνύμφη
100	66.00	75.67
300	80.11	86.33
600	61.83	57.83

**Πίνακας 7.** Μεταβλητές του μοντέλου του Cox για την επίδραση της πυκνότητας των προνυμφών και της διαθεσιμότητας στην τροφή στη διάρκεια ανάπτυξης των προνυμφών του *Ae. albopictus*.

Πηγή παραλλακτικότητας	B	SE	Exp(B)	P
Πυκνότητα προνυμφών	0.002	0.000	1.002	<0.001
Δόση τροφής	0.772	0.081	2.163	<0.001
Πυκνότητα προνυμφών x Δόση τροφής	-0.001	0.000	0.999	<0.001

**Πίνακας 8.** Διάρκεια ανάπτυξης προνυμφικού σταδίου του *Ae. albopictus* σε σχέση με την πυκνότητα των προνυμφών και τη διαθεσιμότητα της τροφής κατά την ανάπτυξή τους.

Προνύμφες ανά 1 λίτρο νερού	Μέση διάρκεια (ημέρες ± SE)	
	Δόση τροφής	
	1 mg/προνύμφη	2 mg/προνύμφη
100	12.34 ± 0.30 α	9.535 ± 0.14 α
300	10.94 ± 0.21 β	8.459 ± 0.05 γ
600	10.00 ± 0.13 γ	8.579 ± 0.03 β

Μέσοι όροι στην ίδια στήλη που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο log-rank ( $P > 0.05$ )

**Πίνακας 9.** Ποσοστά επιβίωσης των νυμφών του *Ae. albipictus* σε σχέση με την πυκνότητα ανάπτυξης και τη διαθεσιμότητα τροφής των προνυμφών από τις οποίες προήλθαν.

Προνύμφες ανά 1 λίτρο νερού	Ποσοστό επιβίωσης (%)	
	Δόση τροφής	
	1 mg/προνύμφη	2 mg/προνύμφη
100	99.45	100.00
300	99.44	99.49
600	99.55	99.52

**Πίνακας 10.** Μεταβλητές του μοντέλου του Cox για την επίδραση της πυκνότητας ανάπτυξης των προνυμφών και του φύλου στη διάρκεια ζωής των ενηλίκων του *Ae. albopictus*. Τα θηλυκά αποτελούν το φύλο αναφοράς.

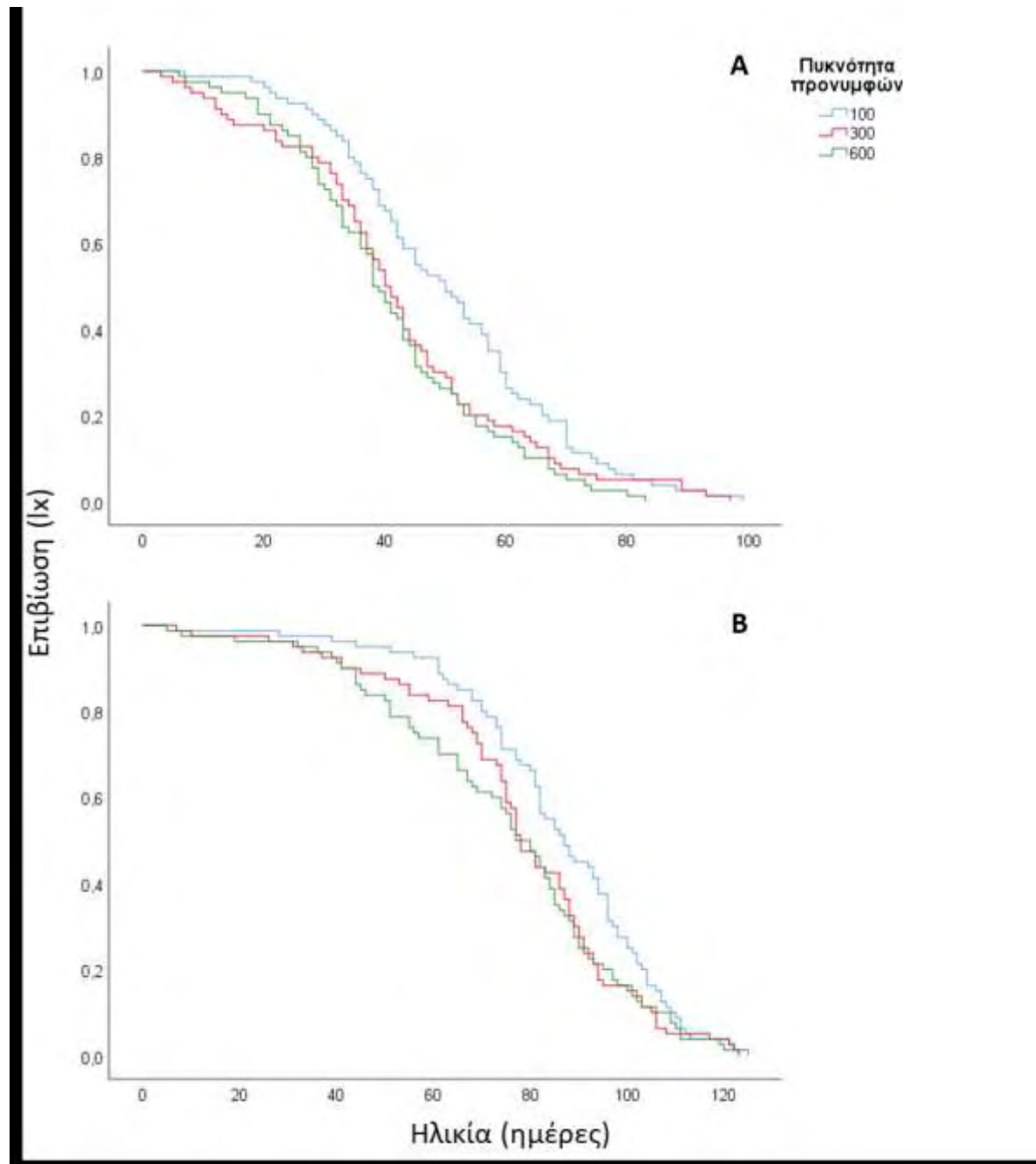
Πηγή παραλλακτικότητας	B	SE	Exp(B)	P
Πυκνότητα προνυμφών	0.001	0.000	1.001	<0.001
Φύλο	1.680	0.110	5.364	<0.001

**Πίνακας 11.** Μέση διάρκεια ζωής αρσενικών και θηλυκών του *Ae. albopictus* σε σχέση με την πυκνότητα ανάπτυξης των προνυμφών

Προνύμφες ανά 1 λίτρο νερού	Μέση διάρκεια ζωής (ημέρες $\pm$ SE)	
	Φύλο	
	Αρσενικά	Θηλυκά
100	50.54 $\pm$ 2.061 $\alpha$	85.51 $\pm$ 2.36 $\alpha$
300	42.09 $\pm$ 2.239 $\beta$	77.68 $\pm$ 2.61 $\beta$
600	40.71 $\pm$ 1.864 $\beta$	74.86 $\pm$ 2.83 $\beta$

Μέσοι όροι στην ίδια στήλη που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο log-rank ( $P > 0.05$ )





**Διάγραμμα 1.** Καμπύλες επιβίωσης αρσενικών (Α) και θηλυκών (Β) του *Ae. albopictus* που προέρχονταν από τρεις διαφορετικές πυκνότητες προνυμφών που αναπτύχθηκαν σε ένα λίτρο νερού.

Η ανάλυση παραλλακτικότητας έδειξε ότι η δόση της τροφής όχι όμως και η πυκνότητα ανάπτυξης των προνυμφών επηρέασε σημαντικά το μέγεθος (επιφάνεια) της δεξιάς πτέρυγας των αρσενικών του *Ae. albopictus*. Επιπλέον, δεν παρατηρήθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων (Πίνακας 12). Πράγματι, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 13 τα αρσενικά που είχαν πρόσβαση στα 2 mg τροφής/προνύμφη κατά την προνυμφική τους ανάπτυξη είχαν μεγαλύτερη επιφάνεια πτέρυγας σε σχέση με εκείνα που είχαν πρόσβαση στο 1 mg/προνύμφη. Αντιθέτως, στην περίπτωση των θηλυκών, τόσο η δόση της τροφής όσο και η πυκνότητα ανάπτυξης των προνυμφών επηρέασε σημαντικά το μέγεθος (επιφάνεια) της δεξιάς πτέρυγας. Ωστόσο και στην περίπτωση αυτή δεν παρατηρήθηκε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο αυτών παραγόντων (Πίνακας 14). Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, τα θηλυκά που είχαν πρόσβαση στα 2 mg τροφής/προνύμφη κατά την προνυμφική τους ανάπτυξη είχαν μεγαλύτερη επιφάνεια πτέρυγας σε σχέση με εκείνα που είχαν πρόσβαση στο 1 mg/προνύμφη (Πίνακας 15). Επιπλέον, στη μικρότερη δόση, τα θηλυκά που προέκυψαν από την πυκνότητα των 600 προνυμφών είχαν τη μεγαλύτερη επιφάνεια πτέρυγας και μάλιστα σε σημαντικό βαθμό σε σχέση με την πυκνότητα των 300 (Πίνακας 15). Το γεγονός αυτό θα πρέπει να αποδοθεί στη μεγαλύτερη θνησιμότητα που παρατηρήθηκε στην πυκνότητα των 600 προνυμφών με συνέπεια εκείνες που κατάφεραν να επιβιώσουν να έχουν πρόσβαση σε περισσότερη *per capita* τροφή σε σχέση με τις άλλες δύο πυκνότητες. Αντιθέτως, στη μεγαλύτερη δόση δεν παρατηρήθηκε το αντίστοιχο φαινόμενο.

**Πίνακας 12.** Ανάλυση παραλλακτικότητας της επίδρασης της πυκνότητας ανάπτυξης των προνυμφών και της δόσης της τροφής τους στην επιφάνεια της δεξιάς πτέρυγας των αρσενικών του *Ae. albopictus*

Πηγή παραλλακτικότητας	df	Μέσα τετράγωνα	F	P
Πυκνότητα προνυμφών	2	0.011	1.316	0.271
Ποσότητα τροφής	1	0.698	80.598	0.000
Αλληλεπίδραση	2	0.009	1.037	0.357
Σφάλμα	172	0.009		

**Πίνακας 13.** Μέση επιφάνεια δεξιάς πτέρυγας των αρσενικών του *Ae. albopictus* σε σχέση με την πυκνότητα ανάπτυξης των προνυμφών και τη δόση της τροφής τους

Προνύμφες ανά 1 λίτρο νερού	Μέση επιφάνεια πτέρυγας (mm <sup>2</sup> ± SE)	
	Δόση τροφής	
	1 mg/προνύμφη	2 mg/προνύμφη
100	1.767 ± 0.003	1.903 ± 0.003
300	1.784 ± 0.004	1.926 ± 0.002
600	1.813 ± 0.003	1.910 ± 0.003

**Πίνακας 14.** Ανάλυση παραλλακτικότητας της επίδρασης της πυκνότητας ανάπτυξης των προνυμφών και της δόσης της τροφής τους στην επιφάνεια της δεξιάς πτέρυγας των θηλυκών του *Ae. albopictus*

Πηγή παραλλακτικότητας	df	Μέσα τετράγωνα	F	P
Πυκνότητα προνυμφών	2	0.060	4.046	0.019
Ποσότητα τροφής	1	1.838	124.398	0.000
Αλληλεπίδραση	2	0.031	2.131	0.122
Σφάλμα	170	0.015		

**Πίνακας 15.** Μέση επιφάνεια δεξιάς πτέρυγας των θηλυκών του *Ae. albopictus* σε σχέση με την πυκνότητα ανάπτυξης των προνυμφών και τη δόση της τροφής τους

Προνύμφες ανά 1 λίτρο νερού	Μέση επιφάνεια πτέρυγας (mm <sup>2</sup> ± SE)	
	Δόση τροφής	
	1 mg/προνύμφη	2 mg/προνύμφη
100	2.240 ± 0.026 αβ	2.476 ± 0.025
300	2.196 ± 0.022 β	2.422 ± 0.019
600	2.293 ± 0.019 α	2.445 ± 0.022

Μέσοι όροι στην ίδια στήλη που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Tukey's HSD ( $P > 0.05$ )

### 3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

#### 3.1. Συζήτηση

Τα επίπεδα πληθυσμού των προνυμφών κουνουπιών καθορίζονται τόσο από εξωγενείς όσο και από ενδογενείς παράγοντες (Anderson & May, 1991). Οι εξωτερικοί παράγοντες όπως ο καιρός, το κλίμα και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τις αφθονίες των προνυμφών και των ενηλίκων μπορούν να ληφθούν μέσω έρευνας σε ανοιχτό πεδίο, ενώ εγγενείς παράγοντες (εξαρτώμενοι από την πυκνότητα) λαμβάνονται μέσω εργαστηριακών πειραμάτων (Shaman et al., 2002). Επιπλέον, μελέτες έχουν δείξει ότι η διάρκεια της ανάπτυξης των προνυμφών επηρεάζεται, επίσης, τόσο από βιοτικούς όσο και από αβιοτικούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η διαθεσιμότητα της τροφής (Ho et al., 1972, Estrada-Franco & Craig, 1995), το φύλο (Haddow et al., 1959, Estrada-Franco & Craig, 1995), ο συνωστισμός (Estrada-Franco & Craig, 1995), το βάθος του νερού και η αλατότητα (Clements, 1992).

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση δύο παραγόντων, της τροφής και του συνωστισμού στα κουνούπια του είδους *Ae. albopictus*. Παρατηρήθηκε ότι οι ομάδες με μεγαλύτερη πυκνότητα προνυμφών παρουσίασαν μικρότερα ποσοστά επιβίωσης σε σχέση με τις υπόλοιπες. Αν και θα αναμέναμε το μικρότερο ποσοστό επιβίωσης να εντοπίζεται στην ομάδα με πυκνότητα 600 προνυμφών/λίτρο που τράφηκαν με 1mg/προνύμφη εντούτοις εντοπίζεται στην ομάδα με την ίδια πυκνότητα προνυμφών αλλά με μεγαλύτερη ποσότητα τροφής (600 προνυμφών/λίτρο-2mg/προνύμφη). Παρόλα αυτά η απόκλιση των δύο ποσοστών (~4%) δεν θεωρείται σημαντική.

Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι ο χρόνος ανάπτυξης των προνυμφών είναι μεγαλύτερος στις ομάδες των 100 προνυμφών σε αντίθεση με τις ομάδες των 300 και 600 προνυμφών. Μια πρώτη εξήγηση του φαινομένου μπορεί να είναι το γεγονός ότι στις ομάδες των 600 προνυμφών τα ποσοστά επιβίωσης ήταν μικρότερα οπότε οι προνύμφες είχαν πρόσβαση σε μεγαλύτερη ποσότητα τροφής με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται και πιο γρήγορα. Ωστόσο, το γεγονός ότι και οι ομάδες των 300 προνυμφών εμφανίζουν μικρότερο χρόνο ανάπτυξης από αυτές των 100 οδηγεί στο συμπέρασμα της ύπαρξης έντονου ενδο-ειδικού ανταγωνισμού που αναγκάζει τις προνύμφες του *Ae. albopictus* να ολοκληρώσουν πιο γρήγορα την ανάπτυξη τους. Η παρατήρηση αυτή έρχεται σε αντίθεση με τη μελέτη των Manorenjitha et al. (2012), οι οποίοι, αφού μελέτησαν την επίδραση της τροφής και του υπερπληθυσμού στην ανάπτυξη των προνυμφών και στη γονιμότητα των θηλυκών, διαπίστωσαν για τις προνύμφες που έχουν εκτραφεί υπό συνθήκες μη βέλτιστης ποσότητας τροφής, ο χρόνος ανάπτυξης ήταν σημαντικά παρατεταμένος. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ο χρόνος ανάπτυξης της ομάδας προνυμφών με την υψηλότερη πυκνότητα προνυμφών (200 έως 500 προνύμφες ανά δίσκο) προκειμένου να φθάσει στο στάδιο των νυμφών επεκτάθηκε σε διάστημα 30 ημερών με αυξανόμενο ποσοστό θνησιμότητας. Αυτή η παρατήρηση

υποστηρίχθηκε από αρκετούς συγγραφείς, οι οποίοι ισχυρίστηκαν ότι η ανάπτυξη των προνυμφών θα σταματήσει (Clements, 1992) ή θα παραταθεί (Beach et al., 1977, Mori, 1979) αν η ποσότητα τροφής μειωθεί. Όπως και οι Manorenjitha et al. (2012), έτσι και οι Yadav et al. (2017) εντόπισαν θετική σχέση μεταξύ του χρόνου ανάπτυξης και της πυκνότητας των προνυμφών, αφού σε υψηλότερες πυκνότητες προνυμφών ο χρόνος ανάπτυξης του ήταν μεγαλύτερος. Ωστόσο, στις ομάδες υψηλής πυκνότητας προνυμφών εντοπίστηκε μείωση της διάρκειας ανάπτυξης, γεγονός που συνάδει με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Ενδεικτικό της μελέτης των τελευταίων, είναι το γεγονός ότι από τα 4 είδη κουνουπιών που μελέτησαν, το *Ae. albopictus* παρουσίασε το μικρότερο χρόνο ανάπτυξης (11-17 ημέρες) γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το είδος αυτό είναι εύκολα προσαρμόσιμο και πιο ισχυρό τόσο σε ανταγωνιστικό περιβάλλον όσο και μεταξύ των ατόμων του ίδιου γένους. Αντιθέτως, σε υποστήριξη των όσων βρέθηκαν στην παρούσα μελέτη, ο Armistead και συνεργάτες (2008), μελετώντας των ανταγωνισμό μεταξύ του *Ae. albopictus* και *Ae. japonicus* σε φυσικές συνθήκες διαπίστωσαν σημαντική μείωση (περίπου 50%) στη διάρκεια ανάπτυξης των θηλυκών ατόμων του πρώτου όταν τα δύο είδη συνυπάρχουν. Έτσι, με βάση τα ευρήματα αυτά αλλά και της παρούσας εργασίας γίνεται κατανοητό ότι το *Ae. albopictus* διαθέτει μια αξιοσημείωτη πλαστικότητα σε ότι αφορά τη διάρκεια ανάπτυξής του κάτω από συνθήκες τόσο διαειδικού όσο και ενδοειδικού ανταγωνισμού.

Μία σημαντική παρατήρηση που μπορεί να εντοπιστεί στην παρούσα μελέτη αλλά και σε αυτές των Manorenjitha et al. (2012) και Yadav et al. (2017) είναι το γεγονός ότι η ποσότητα της τροφής κατά κύριο λόγο, και ο συνωστισμός, σε δεύτερη φάση, επηρέασε την ανάπτυξη των ενήλικων κουνουπιών. Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα μελέτη διαπιστώθηκε ότι όσα κουνούπια είχαν πρόσβαση σε επαρκή ποσότητα τροφής (2mg/προνύμφη) ανέπτυξαν μεγαλύτερο μήκος πτέρυγας σε σχέση με εκείνα που τους χορηγήθηκε η μισή ποσότητα, γεγονός που μπορεί να είναι, επίσης, ενδεικτικό της ύπαρξης ενδο-ειδικού ανταγωνισμού. Αντίστοιχα, οι Manorenjitha et al. (2012) διαπίστωσαν ότι η τροφή και ο συνωστισμός επηρέασαν και το γονοτροφικό κύκλο των θυλήκων, ο οποίος ήταν μεγαλύτερος σε διάρκεια στα κουνούπια που προερχόταν από τις ομάδες με πρόσβαση σε μικρότερη ποσότητα τροφής. Αντίθετα, τα μεγαλύτερα σε μέγεθος θηλυκά βρέθηκαν να είναι πιο ικανά στην αναζήτηση αίματος και ωοτοκία περισσότερων αυγών. Παρόμοια συμπεράσματα σχετικά με την ανάπτυξη των ενήλικων παρουσιάζονται και στη μελέτη των Yadav et al. (2017), αφού ο συνωστισμός προκάλεσε προβλήματα στην ορθή ανάπτυξη των ατόμων, μειώνοντας το βάρος τους εκτός από το δείγμα με την υψηλότερη πυκνότητα όπου το βάρος ήταν ελαφρώς αυξημένο. Μια υπόθεση για την κατάσταση αυτή διατυπώθηκε από τον Walsh et al. (2012), σύμφωνα με τη οποία είναι πιθανόν οι προνύμφες που αναπτύσσονται πιο αργά, να έχουν την ευκαιρία να μεγαλώσουν επειδή, καθώς περνούν περισσότερο χρόνο, αφενός το ενδιαίτημα συγκεντρώνει μεγαλύτερη ποσότητα τροφής και αφετέρου με την πάροδο του χρόνου υπάρχει

μεγάλη θνησιμότητα στα αρχικά στάδια, με πολύ λίγες προνύμφες επιβιώνουν λόγω του ανταγωνισμού. Σε κάθε περίπτωση, όμως, η μειωμένη ποσότητα τροφής αλλά και ο συνωστισμός επιδρούν αρνητικά στην ορθή ανάπτυξη των ενήλικων κουνουπιών.

Τέλος, καταγράφηκαν πολύ υψηλά ποσοστά επιβίωσης των νυμφών, που αγγίζουν το 100%, γεγονός που δείχνει ότι το σύνολο των προνυμφών κατάφεραν να επιβιώσουν, ανεξάρτητα από την διαθεσιμότητα της τροφής και των πυκνότητα των προνυμφών. Ωστόσο, ο συνωστισμός όχι όμως και η επάρκεια της τροφής επηρέασε σημαντικά τη μακροζωία των δύο φύλων. Με βάση τα στοιχεία αυτά γίνεται κατανοητό ότι οι συνθήκες ανάπτυξης κατά το προνυμφικό στάδιο δύνανται να επηρεάσουν σημαντικές παραμέτρους της αρμοστικότητας των ενηλίκων. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι ακόμη και στην πυκνότητα των 300 προνυμφών όπου καταγράφηκε η υψηλότερη επιβίωση των προνυμφών, η μακροζωία των δύο φύλων που προέκυψαν ήταν σημαντικά μικρότερη σε σχέση με την πυκνότητα των 100 προνυμφών/1 λίτρο νερού.

## Βιβλιογραφία

**Almeida APG, Goncalves YM, Novo MT, et al. 2007.** Vector monitoring of *Aedes aegypti* in the Autonomous Region of Madeira, Portugal.

(<https://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/esw.12.46.03311-en>)

**Anderson R.M. & May R.M. 1991.** *Infectious diseases of humans: dynamics and control*. Oxford University Press, UK. P.768.

**Armistead J. S., J. R. Arias, N. Nishimura and I. P. Lounibos. 2008.** Interspecific larva competition between *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus* (Diptera: Culicidae) in Northern Virginia. *Journal of Medical Entomology*, 45(4): 396-400.

**Bar-Zeev M. 1959.** The effect of density on the larvae of a mosquito and its influence on fecundity (abstract). *Review of Applied Entomology* 47: 46-47.

**Barrera R. 1996.** Competition and resistance to starvation in larvae of container-inhabiting *Aedes* mosquitoes. *Ecological Entomology*, 21: 117-127.

**Beach R.F. & Craig Jr. G.B. 1977.** Night length measurements by circadian clock controlling diapause induction in the mosquito *Aedes atropalpus*. *Journal of Insect Physiology* 23: 865-870.

**Benedict MQ, Levine RS, Hawley WA, et al. 2007.** Spread of the Tiger: Global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2007;7:76–85.

**Braks M. van der Giessen J, Kretzschmar M, et al. 2011.** Towards an integrated approach in surveillance of vector-borne diseases in Europe. *Parasites Vectors.* 2011;4:192.

**Carrieri M., M. Bacchi, R. Bellini and S. Maini. 2003.** On the competition occurring between *Aedes albopictus* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) in Italy. *Journal of Medical Entomology*, 32(6): 1313-1321.

**CDC. 2017.** Surveillance and Control of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in the United States.pdf (<https://www.cdc.gov/chikungunya/pdfs/surveillance-and-control-of-aedes-aegypti-and-aedes-albopictus-us.pdf>)

**Clements A.N. 1992.** *The biology of mosquitoes. Vol 1: Development, nutrition and reproduction.* Chapman and Hall. London. P. 509.

**Coulanges P, Clerc Y, Jousset F-X, et al. 1979.** Dengue à La Réunion: isolement d'une souche à l'Institut Pasteur de Madagascar. *Bull Soc Pathol Exot.* 1979;72:205–209.

**Edgerly J., M.S. Willey and T. P. Livdahl. 1993.** The community ecology of *Aedes* egg hatching: implications for mosquito invasion. *Ecological Entomology*, 18: 123-128

**Estrada-Franco J. G. and G.B. Graig. 1995.** Biology, disease relationships and control of *Aedes albopictus*. Technical paper No. 42. Pan American Health Organization. P. 49.

**Focks Dana A. 2003.** A Review of Entomological Sampling Methods and Indicators for Dengue Vectors. Geneva, Switzerland.

**Giatropoulos A.K., Michaelakis A.N., Koliopoulos G.Th., Pontikakos C.M. 2012b.** Records of *Aedes albopictus* and *Aedes cretinus* (Diptera: Culicidae) in Greece from 2009 to 2011. Hellenic Plant Protection Journal 5: 49-56

**Giatropoulos A, Emmanouel N, Koliopoulos G, Michaelakis A. 2012a.** A study on distribution and seasonal abundance of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) population in Athens, Greece. J Med Entomol 49(2):262-9

**Gouge H.D., Hagler R. J., Nair S., Walker K, Li S., Bibbs S. C., Sumner C., Smith A. K. 2017.** Human Disease Causing Viruses Vectored by Mosquitoes. The University of Arizona. College of Agriculture & Life Science.

**Haddow A.J., Gillett J.D. & Corbet P.S. 1959.** Laboratory observations on pupation and emergence in the mosquito *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus). Annals of Tropical Medicine Parasitology. 53: 123-131.

**Hawley WA. 1988.** The biology of *Aedes albopictus*. J Am Mosq Control Assoc. 1988;4(Suppl 1):2-39.

**Ho B.C., Chan, K.L. & Chan, Y.C. III. Control of Aedes vectors. 1972.** The biology and bionomics of *Aedes albopictus* (Skuse). In: Y.C. Chan, K.L. Chan & B.C. Ho (eds). Vector control in Southeast-Asia: Proceedings of the first SEAMEO workshop. Singapore. Aug 17-18, 1972. Ministry of Health and the University of Singapore, Singapore. Pp. 125-143.

**Ho B. C., A. Ewert and L.-M Chew. 1989.** Interspecific competition among *Aedes aegypti*, *Ae. Albopictus*, and *Ae. Triseriatus* (Diptera: Culicidae): Laval development in mixed cultures. Journal of Medical Entomology, 26(6): 615-623.

**Hobbs I., E. Hugos and B. Eichold. 1991.** Replacement of *Ae. Aegypti* by *Ae. Albopictus* in Mobile, Alabama. Journal of the American Mosquito Control Association, 7(3): 488-489.

**Illinois Department of Public Health (IDPH)**

(<http://www.idph.state.il.us/envhealth/pctigermosquito.htm>)

**Jakob W.L., Bevier G.A. 1969.** Application of ovitraps in the US *Aedes aegypti* eradication program. Mosq News. 29: 55-62.

**Jolyon M. Medlock, Kayleigh M. Hansford, Francis Schaffner, Veerle Versteirt, Guy Hendrickx, Herve Zeller, Wim Van Bortel. 2012.** A Review of the Invasive



Mosquitoes in Europe: Ecology, Public Health Risks, and Control Options. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2012 Jun, 12(6): 435–447.

**Maciel-de-Freitas Rafael, Eiras Álvaro Eduardo, Lourenço-de-Oliveira Ricardo. 2006.** Field evaluation of effectiveness of the BG-Sentinel, a new trap for capturing adult *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, Vol. 101(3): 321-325

**Manorenjitha MS., Zairi J. 2012.** Nutrition and overcrowding effects on larval development and fecundity of female *Aedes albopictus* (Skuse). *International Journal of Life Science and Medical Research*, Vol. 2 Issue 4, PP. 63-67

**Mogi M, Choochote W, Khamboonruang C, Suwanpanit P. 1990.** Applicability of presence-absence and sequential sampling for ovitrap surveillance of *Aedes* (Diptera: Culicidae) in Chiang Mai, Northern Thailand. *Journal of Medical Entomology* 27:509-514.

**Moore C. and B. Fisher. 1969.** Competition in mosquitoes: Density and species ration, effects growth, mortality, fecundity and production of growth retardant. *Annals of the Entomological Society of America*, 62: 1325-1331.

**Mori A & Wada Y. 1978.** The seasonal abundance of *Aedes albopictus* in Nagasaki. *Tropical Medicine*. 20: 29-37.

**Mori A. 1979.** Effects of larval density and nutrition on some attributes of immature and adult *Aedes albopictus*. *Tropical Medicine* 21:85-103.

**Novak M. G., L. G. Higley, C. A. Christianssen and W. A. Rowley. 1993.** Evaluating larval competition between *Aedes albopictus* and *A. triseriatus* (Diptera: Culicidae) through replacement series experiments. *Environmental Entomology*, 22(2): 311-318.

**Patz, J. A., K. Strzepak, S. Lele, M. Hedden, S. Greene, B. Noden, S. I. Hay, L. Kalkstein & Beier J. C. 1998.** Predicting key malaria transmission factors, biting and entomological inoculation rates, using modeled soil moisture in Kenya. *Tropical Medical and International Health* 3: 818-827.

**Paupy C. Delatte H. Bagny L, et al. 2009.** *Aedes albopictus*, an arbovirus vector: From the darkness to the light. *Microbes Infect.* 2009;11:1177–1185.

**Peters T. M. and Barbosa P. 1977.** Influence of Population Density on Size, Fecundity and Developmental Rate of Insects in Culture. *Annual Review of Entomology*, 22:431-50

**Petric D. 2009.** Monitoring of invasive vector mosquitoes and vector-borne diseases (in Serbian) Report to Administration for Environmental Protection. Novi Sad City. 2009:1–9

**Reiter P., M. A. Amador, R. A. Anderson, and G. G. Clark. 1995.** Short report: dispersal of *Aedes aegypti* in an urban area after blood feeding as demonstrated by rubidium-marked eggs. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 52: 177-179.

**Samanidou-Voyadjoglou A, Patsoula E, Spanakos G, Vakalis NC. 2005.** Confirmation of *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Greece. *European Mosquito Bulletin* 19: 10-12

**Service M. 2012.** *Medical Entomology for Students*, Cambridge University Press, 5<sup>th</sup> Edition

**Scholte EJ, Den Hartog W, Dik M et al. 2010.** Introduction and control of three invasive mosquito species in the Netherlands, July–October 2010. *Euro Surveill.* 2010;15:11.

**Scholte EJ, Dijkstra E, Ruijs H, et al. 2007.** The Asian tiger mosquito in the Netherlands: should we worry? *Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology. Netherlands Entomological Society.* 2007;18:131–136

**Shaman J., Stieglitz M., Stark C., Le Blancq S. & Cane M. 2002.** Using a dynamic hydrology model to predict mosquito abundances in flood and swamp water. *Emerging Infectious Disease* 8: 6-14.

**The American Mosquito Control Association (AMCA)**  
(<https://www.mosquito.org/page/diseases>)

**Valerio L, Marini F, Bongiorno G, et al. 2009.** Host-feeding patterns of *Aedes albopictus* in urban and rural contexts within Rome Province, Italy. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2009;10:291–294.

**Walsh R.K., Bradley C., Apperson C.S., Gould F. 2012.** An Experimental Field Study of Delayed Density Dependence in Natural Populations of *Aedes albopictus*. *Plos One.* 7(4), e35959.

**W.H.O. 2014.** A global brief on vector-borne diseases  
([https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/111008/WHO\\_DCO\\_WHD\\_2014\\_1\\_eng.pdf;jsessionid=E17E9C0CC6E18E76FA1508C31635B2B2?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/111008/WHO_DCO_WHD_2014_1_eng.pdf;jsessionid=E17E9C0CC6E18E76FA1508C31635B2B2?sequence=1))

**World Health Organization (W.H.O.)** (<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria>)

**Yadav Ruchi, Tyagi Varun, Sharma Ajay K, Tikar Sachin N, Sukumaran Devanathan, Veer Vijay, 2017.** Overcrowding Effects on Larval Development of Four Mosquito Species *Aedes Albopictus*, *Aedes Aegypti*, *Culex Quinquefasciatus* and *Anopheles Stephensi*. *International Journal of Research Studies in Zoology*, Vol 3, Issue 3, PP 1-10

**Γιατρόπουλος Κ. Αθανάσιος. 2014.** Παρουσία του εισβάλλοντος είδους κουνουπιού *Aedes albopictus* (Skuse 1895) στην Αττική: Διασπορά, εποχιακή διακύμανση, αντιμετώπιση και ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις με το ιθαγενές είδος *Aedes cretinus* (Edwards 1921).

**Καρανδεινός Μ.Γ. 1986.** Εισαγωγή στην πληθυσμιακή οικολογία. Τόμος Ι. Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Αθήνα. Σελ. 220

**Σαμανίδου – Βογιατζόγλου Α. 2011.** Τα κουνούπια της Ελλάδας, Μορφολογία, Βιολογία, Δημόσια υγεία, Κλείδες προσδιορισμού, Αντιμετώπιση. Εκδόσεις ΑγρόΤυπος Α.Ε. Σελ. 112

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι. Πηγές εικόνων

**Εικόνα 1.** Service 2012

**Εικόνα 2.** Service 2012

**Εικόνα 3.** Service 2012

**Εικόνα 4.** Από διαδίκτυο <http://www.idph.state.il.us/envhealth/pcmosquitoes.htm>

**Εικόνα 5.** Από διαδίκτυο <https://sea.biogents.com/life-cycle-aedes-mosquitoes/>

**Εικόνα 6.** Από διαδίκτυο <https://ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-albopictus-current-known-distribution-january-2019>

**Εικόνα 7.** Από διαδίκτυο <http://www.conops.gr/presence-aedes-albopictus/?lang=en#prettyPhoto>

**Εικόνα 8.** Από διαδίκτυο <http://www.conops.gr/presence-aedes-albopictus/?lang=en#prettyPhoto>

**Εικόνα 9.** Από διαδίκτυο <https://www.who.int>

**Εικόνα 10.** Από διαδίκτυο <https://www.who.int>

**Εικόνα 11.** Από διαδίκτυο <https://www.who.int>

**Εικόνα 12.** Από διαδίκτυο

<https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/20200500/Pubs%202018/Gouge%20et%20al.%20UAExt2017.pdf>

**Εικόνα 13.** Από διαδίκτυο <https://www.bg-sentinel.com/>

**Εικόνα 14.** Από διαδίκτυο <https://en.wikipedia.org/wiki/Ovitrap>

**Εικόνα 15.** Φωτογραφία Κ. Πιάχα

**Εικόνα 16.** Φωτογραφία Κ. Πιάχα

**Εικόνα 17.** Φωτογραφία Κ. Πιάχα

**Εικόνα 18.** Φωτογραφία Κ. Πιάχα