

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ- ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ:

1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ –ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ
2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ –ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ & ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ



Καταπολέμηση των κουνουπιών με λαβροφάγα ψάρια

**Νικολέττα του Κων/νου Διονυσοπούλου
Γεωπόνος- Ιχθυολόγος, Παν/μιου Θεσσαλίας**

Λάρισα, 2013

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- **Νικόλαος Παπαδόπουλος:** Αναπληρωτής Καθηγητής Εντομολογίας, Πανεπιστημίου Θεσσαλίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Διευθυντής Εργαστηρίου Εντομολογίας και Εφαρμοσμένης Ζωολογίας (επιβλέπων).
- **Χρήστος Χατζηχριστοδούλου:** Αναπληρωτής Καθηγητής Υγιεινής και Επιδημιολογίας, Ιατρικού Τμήματος Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Διευθυντής Εργαστηρίου Υγιεινής και Επιδημιολογίας, Ιατρικού Τμήματος Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
- **Γεώργιος Ραχιώτης:** Επίκουρος Καθηγητής Επιδημιολογίας, Ιατρικού Τμήματος Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Αφιερώνεται στο μπαμπά μου Κων/νο
και στη μαμά μου Έφη

Περίληψη

Πλήθος παθογόνων και παρασίτων του ανθρώπου μεταδίδονται από τα κουνούπια. Κάθε έτος παγκοσμίως χάνονται εκατομμύρια ανθρώπινες ζωές από ασθένειες που μεταδίδονται από τα κουνούπια. Ανάμεσα στα πλέον σημαντικά παράσιτα και ιούς είναι η ελονοσία και η ασθένεια των ιών του Δυτικού Νείλου που προκαλούνται από προτόζωα *Plasmodium* και τον ιό του Δυτικού Νείλου. Η ελονοσία παραμένει ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της παγκόσμιας υγείας με 216 εκατομμύρια εκτιμώμενων κρουσμάτων και 655.000 θανάτους το 2010. Η ασθένεια έχει εκριζωθεί από την Ελλάδα από το 1974, όμως 40 περιπτώσεις κρουσμάτων με ενδημικό χαρακτήρα αναφέρθηκαν το 2011, κυρίως στην περιοχή του Ευρώτα Λακωνίας. Ο ιός του Δυτικού Νείλου εμφανίζεται με αυξημένη συχνότητα στη Μεσόγειο από το 1994.

Η γνώση της βιολογίας και της οικολογίας των κουνουπιών είναι προϋπόθεση για την αποτελεσματική αντιμετώπιση του προβλήματος. Η χρήση βιολογικών μέσων καταπολέμησης μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο σε προγράμματα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης κουνουπιών. Πλήθος οργανισμών όπως υδρόβια έντομα, εντομοπαθογόνοι νηματώδεις και μύκητες καθώς και βακτήρια (*Bacillus thuringensis*) έχουν χρησιμοποιηθεί ως μέσα βιολογικής καταπολέμησης κουνουπιών, ωστόσο η χρήση λαβροφάγων ψαριών φαίνεται να αποτελεί το πλέον αποτελεσματικό από αυτά.

Η χρήση των λαβροφάγων ψαριών θα μπορούσε να μειώσει την εξάρτηση από τα εντομοκτόνα και μπορεί να παρέχει μια οικονομικά αποδοτική, ασφαλή για το περιβάλλον μέθοδο αντιμετώπισης των πληθυσμών των κουνουπιών.

Summary

Many pathogens and parasites in humans are carried by mosquitoes. Every year millions of lives are being lost globally from diseases transmitted by mosquitoes. Among the most important of these are the species of *Plasmodium* that cause malaria and the West Nile Virus. Malaria remains one of the most important issues of global health with 216 million of estimated cases and 655,000 deaths in 2010. The disease has been pulled up by Greece in 1974, however, 40 cases with endemic characterization were reported in 2011, especially in the area of the Evrotas Laconias. The West Nile Virus appears with increasing frequency in Mediterranean country since 1994.

The knowledge of the biology and ecology of mosquitoes is a prerequisite for effectively dealing with the problem. The use of biological resources may play a significant role in integrated programs to comprehensive treatment of mosquitoes. Many organisms such as aquatic insects, entomopathogenic nematodes, and fungi and bacteria (*Bacillus thuringensis*) have been used as instruments of biological mosquito control, however the use of mosquitofish seems to be the most effective of them.

The use of larvivorous fish could reduce dependence on insecticides and can provide a cost effective, environmentally safe method of controlling mosquito populations.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	
Summary.....	
Ευχαριστίες.....	I
Κατάσταση πινάκων.....	III
Κατάσταση εικόνων.....	IV

Πρώτο μέρος

1. Εισαγωγή	1
1.1. Μορφολογία κουνουπιών	4
1.2. Στάδια ανάπτυξης κουνουπιών	10
1.2.1. Αυγό.....	11
1.2.2. Προνύμφη.....	14
1.2.3. Νύμφη.....	15
1.2.4. Ενήλικο	15
1.3. Τροφικές απαιτήσεις κουνουπιών	17
1.4. Δραστηριότητα κουνουπιών	19
1.5. Τα κυριότερα γένη κουνουπιών	18
1.5.1. Το γένος <i>Anopheles</i>	22
1.5.2. Το γένος <i>Aedes</i>	23
1.5.3. Το γένος <i>Culex</i>	23
2. Η υγειονομική σημασία των κουνουπιών.....	24
2.1. Ελονοσία.....	25

2.2. Δάγκειος πυρετός	28
2.3. Κίτρινος πυρετός	32
2.4. Ιός του Δυτικού Νείλου	35
2.5. Φίλαρίαση	40
3. Καταπολέμηση κουνουπιών-φορέων	43
3.1. Παρακολούθηση πληθυσμών	45
3.2. Μείωση εστιών αναπαραγωγής.....	45
3.3. Μηχανικά μέσα	47
3.4. Χημικά μέσα	48
3.4.1. Εκχυλίσματα φυτών.....	51
3.5. Βιολογική καταπολέμηση	53
3.5.1. Βιολογικά παρασκευάσματα	53
3.5.2. Εντομοφάγοι οργανισμοί	54
3.5.3. Αμφίβια	55
3.5.4. Η τεχνική εξαπόλησης στείρων εντόμων (SIT: sterile insect technique)	56
Δεύτερο μέρος	
2. Λαβροφάγα ψάρια.....	59
2.1. Ταξινόμηση των λαβροφάγων ψαριών	60
2.2. Βιολογικός κύκλος ακτινοπτερυγίων	62
2.2.1. Στάδια ανάπτυξης ακτινοπτερυγίων	62
2.2.2. Εμβρυϊκό στάδιο.....	63
2.2.3. Νυμφικό στάδιο	64
2.2.4. Ενήλικο στάδιο.....	65

2.3. Οικολογία και ενδιαίτηματα λαβροφάγων ψαριών	66
2.4. Χρήση λαβροφάγων ψαριών κατά της ελονοσίας.....	75
3. Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των λαβροφάγων ψαριών.....	82
3.1. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης λαβροφάγων ψαριών	85
3.2. Η απόκριση των κουνουπιών στη θήρευσή τους από λαβροφάγα ψάρια	87
4. Συζήτηση	87
5. Συμπεράσματα	89
6. Βιβλιογραφία.....	91

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στον Αναπληρωτή καθηγητή κ. Νικόλαο Παπαδόπουλο για την αμέριστη συμπαράσταση, καθοδήγηση και υποστήριξη που προσέφερε σε όλα τα στάδια της προσπάθειας αυτής, από την υπόδειξη του θέματος και την ουσιαστική επίβλεψη της διατριβής, μέχρι την τελική διόρθωση του κειμένου. Τον ευχαριστώ βαθύτατα, όχι μόνο για τις υποδείξεις του σε επιστημονικό επίπεδο, που η συμβολή του υπήρξε καθοριστική στη συγκεκριμένη διατριβή, αλλά πολύ περισσότερο για την ευγενική και φιλική διάθεση, στοιχεία που συνθέτουν μια άριστη και αποτελεσματική συνεργασία με γόνιμο και θετικό αποτέλεσμα. Τέλος, τον ευχαριστώ και πάλι εγκάρδια και προσδοκώ μια μελλοντική συνεργασία μαζί του.

Επιπρόσθετα, ιδιαίτερος σημαντική ήταν η βοήθεια και στήριξη του Αναπληρωτή καθηγητή κ. Χρήστου Χατζηχριστοδούλου σε ποικίλα θέματα καθώς και για τις γνώσεις που πήρα από εκείνον με την παρακολούθηση των μαθημάτων του κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου στο μάθημα της επιδημιολογίας του ΠΜΣ Εφαρμοσμένης Δημόσιας Υγείας και Περιβαλλοντικής Υγιεινής στην Ιατρική Σχολή της Λάρισας.

Καθοριστικό ρόλο διαδραμάτισε και ο Επίκουρος καθηγητής κ. Γεώργιος Ραχιώτης με τις πολύτιμες συμβουλές που μου προσέφερε στην εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας.

Επιπλέον, στον κ. Χρυσοβαλάντη Σπανομήτρο, οικονομολόγο του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και φίλο μου για την αμέριστη βοήθεια και συμπαράσταση που μου προσέφερε κατά τη διεξαγωγή της εργασίας.

Φυσικά σημαντικότερος παράγοντας για την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής εργασίας αλλά και για την ολοκλήρωση των σπουδών μου στάθηκε η στήριξη όλων των μελών της οικογένειας μου. Ειδικότερα, ο πατέρας μου και η μητέρα μου, ήταν πάντα δίπλα μου σε κάθε νέο εγχείρημα, με στήριζαν και με βοηθούσαν με αξιοπρέπεια και αγάπη. Τέλος, ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στις αδερφές μου Χαρά και Ιωάννα, των οποίων η παρουσία αλλά και η συναισθηματική υποστήριξη ήταν καταλυτική. Μου έδιναν συνεχώς κίνητρα για να προχωρώ και να δημιουργώ.

Κατάσταση πινάκων

Πίνακας 1: Τα διαφορετικά είδη των Culicidae.....	19
Πίνακας 2: Συνοπτική παρουσίαση της συστηματικής κατάταξης των λαβροφάγων ψαριών.....	60
Πίνακας 3: Είδη λαβροφάγων ψαριών που χρησιμοποιούνται σε ορυζώνες της Κίνας για την αντιμετώπιση της ελονοσίας.....	76
Πίνακας 4: Χρήση των λαβροφάγων ψαριών για τον έλεγχο των φορέων της ελονοσίας σε τεχνητά δοχεία που περιέχουν νερό.....	77
Πίνακας 5: Κατάλληλα είδη ψαριών και η συχνότητα απελευθέρωσης τους ανάλογα με το υδρόβιο οικοσύστημα των κουνουπιών.....	82

Κατάσταση εικόνων

Εικόνα 1: Διαγραμματική απεικόνιση της εξωτερικής μορφολογίας ενός ενήλικου θηλυκού κουνουπιού.....	6
Εικόνα 2: Στοματικά μόρια θηλυκού κουνουπιού.....	9
Εικόνα 3: Επάνω αριστερά αυγό του <i>Aedes aegypti</i> , επάνω δεξιά μεγέθυνση του αυγού του <i>Anopheles</i> spp. και κάτω αριστερά αυγά του <i>Aedes albopictus</i>	12
Εικόνα 4: Θηλυκό κουνούπι τη στιγμή που αποθέτει τα αυγά του.....	14
Εικόνα 5: Τα στάδια του βιολογικού κύκλου των κουνουπιών.....	17
Εικόνα 6: Γεωγραφική κατανομή της ελονοσίας.....	25
Εικόνα 7: Βιολογικός κύκλος πλασμοδίου ελονοσίας.....	26
Εικόνα 8: Η δομή του ιού του Δυτικού Νείλου.....	35
Εικόνα 9: Κύκλος μετάδοσης του WVN.....	37
Εικόνα 10: Ο βιολογικός κύκλος του ιού του Δυτικού Νείλου.....	38
Εικόνα 11: Βιολογικός κύκλος του <i>Wuchereria bancrofti</i> , κύρια αιτία της λεμφικής φιλαρίασης.....	42
Εικόνα 12: Χημική δομή των κουρκουμινοειδών.....	52
Εικόνα 13: Παρουσίαση της τεχνικής RIDLE.....	58
Εικόνα 14: Ο βιολογικός κύκλος των ακτινοπτερυγίων.....	63
Εικόνα 15: <i>Gambusia affinis</i>	67
Εικόνα 16: <i>Poecilia reticulata</i>	68
Εικόνα 17: <i>Aphanius dispar</i>	69
Εικόνα 18: <i>Aplocheilus blockii</i>	69
Εικόνα 19: <i>Aplocheilus lineatus</i>	70
Εικόνα 20: <i>Colisa fasciatus</i>	70
Εικόνα 21: <i>Colisa lalia</i>	71
Εικόνα 22: <i>Chanda nama</i>	72
Εικόνα 23: <i>Danio rerio</i>	72
Εικόνα 24: <i>Nothobranchius guentheri</i>	73
Εικόνα 25: <i>Xenentodon cancila</i>	73
Εικόνα 26: <i>Carassius auratus</i>	74
Εικόνα 27: <i>Oreochromis mossambica</i>	75
Εικόνα 28: <i>Oreochromis niloticus niloticus</i>	75

Εικόνα 29: Διάφορα είδη λαβροφάγων ψαριών που έχουν χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση της ελονοσίας.....81

Πρώτο μέρος

1. Εισαγωγή

Η σχέση του ανθρώπου με τα κουνούπια είναι τόσο παλιά όσο και η ιστορία του ανθρωπίνου είδους στη γη. Το κουνούπι αποτελεί ένα από τα πλέον ενοχλητικά έντομα εξαιτίας των αιμομυζητικών στοματικών τους μορίων, που προκαλούν επώδυνα νύγματα. Επιπρόσθετα, η παρουσία του μπορεί να προκαλέσει την επιβράδυνση της οικονομικής ανάπτυξης μιας περιοχής, τη μείωση του τουρισμού, ή να επηρεάσει δυσμενώς τη ζωική παραγωγή σε αγροτικές περιοχές. Ταυτόχρονα όμως διαθέτει ύψιστη υγειονομική σημασία εξαιτίας των μολυσματικών και θανάσιμων ασθενειών που μπορεί να μεταδώσει. Μερικά από τα σπουδαιότερα μολυσματικά νοσήματα που μεταδίδονται από τα κουνούπια είναι η ελονοσία και η φιλαρίαση που οφείλονται σε παράσιτα, ο δάγκειος πυρετός, ο κίτρινος πυρετός και διάφορες άλλες μορφές εγκεφαλίτιδων που οφείλονται σε ιούς. Συνολικά 320 εκατομμύρια άνθρωποι νοσούν κάθε χρόνο από τις ασθένειες αυτές και περίπου 2-3 εκατομμύρια πεθαίνουν (Agusto et al., 2012).

Λόγω του υψηλού κοινωνικοοικονομικού κόστους που συνδέεται με τις ασθένειες που μεταδίδουν τα κουνούπια (Ramaiah et al., 2000; Sachs and Malaney, 2002; Gubler, 2002) η εύρεση μιας αποτελεσματικής διαχείρισης αυτών αποτελεί προτεραιότητα. Ο δάγκειος πυρετός για παράδειγμα προκαλεί 100 εκατομμύρια λοιμώξεις το χρόνο (CDC, 2011), και ο αριθμός αυτός αναμένεται να αυξηθεί, ως αποτέλεσμα της αύξησης του πληθυσμού, της αστικοποίησης και της κλιματικής αλλαγής (Hales et al., 2002). Ομοίως, η ελονοσία είναι υπεύθυνη για περισσότερα από 225 εκατομμύρια κρούσματα ετησίως (WHO, 2010). Βέβαια είναι γεγονός ότι τα ποσοστά μόλυνσης έχουν μειωθεί σε σχέση με το παρελθόν, αλλά η συσχέτιση μεταξύ ελονοσίας και HIV (Abu-Raddad et al., 2006) και η ανάδειξη ανθεκτικών στα φάρμακα στελεχών της ελονοσίας, μπορούν να επιφέρουν αλλαγές στην τάση αυτή (Patz and Olson, 2006).

Οι παρεμβάσεις μεγάλης κλίμακας με συνθετικά εντομοκτόνα, αν και αποτελεσματικές, αποτελούν μια σημαντική απειλή για τη δημόσια υγεία (Kaushik and Kaushik, 2007), δεδομένου ότι η χρήση τους έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ανθεκτικών πληθυσμών κουνουπιών (Hemingway et al., 2004) με άμεσες οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι οικονομικές επιπτώσεις περιλαμβάνουν το υψηλό κόστος της νοσοκομειακής και εξωνοσοκομειακής ιατρικής περίθαλψης, την απώλεια παραγωγικότητας και των υψηλών δαπανών της δημόσιας

υγείας για εξειδικευμένα προγράμματα καταπολέμησης των φορέων. Επιπρόσθετα, τα εντομοκτόνα που εφαρμόζονται εναντίον των κουνουπιών, θεωρούνται από τους πιο επίμονους περιβαλλοντικούς ρύπους. Συνήθως είναι λιποδιαλυτά και μη βιοδιασπάσιμα στο περιβάλλον ενώ παρουσιάζουν υψηλή τοξικότητα (Berticat et al., 2008).

Οι πρώτες προσπάθειες για την αντιμετώπιση των πληθυσμών των κουνουπιών στηρίχθηκαν σε μεγάλο βαθμό στη χρήση οργανοχλωριωμένων εντομοκτόνων, όπως το dichlorodiphenyl trichloroethan (DDT) (Guimares et al., 2007). Αρκετές δεκαετίες εκτεταμένης χρήσης του DDT κατέστησαν σαφείς τις αρνητικές οικολογικές συνέπειες που συνδέονται με το DDT, ιδιαίτερα στα σαρκοφάγα αρπακτικά πουλιά (Rattner, 2009). Επιπρόσθετες ανησυχίες που αφορούν στη χρήση του DDT είναι οι συνέπειες της για την ανθρώπινη υγεία ειδικά κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης. Κατά συνέπεια, στις αρχές του 1970 το DDT απαγορεύτηκε στις ΗΠΑ και στο μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης (Guimares et al., 2007). Παρ' όλα αυτά, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ) αποφάσισε το 2006 να το εφαρμόσει σε κλειστούς χώρους, ιδιαίτερα στην Αφρική (WHO, www.who.int/mediacentre/news) και για καταπολέμηση επιδημιών ελονοσίας και τύφου (Αφρική, Ινδία, Μπαγκλαντές). Μάλιστα από το 2009, δεκατέσσερις χώρες συνέχισαν να χρησιμοποιούν DDT, ως μέσο αντιμετώπισης των κουνουπιών. Ο λόγος για αυτήν την απόφαση έγκειται στο γεγονός ότι το DDT είναι υψηλής αποτελεσματικότητας εντομοκτόνο, ενώ έχει εκτιμηθεί ότι η απόσυρσή του έχει να κάνει με την υψηλή του νοσηρότητα (Van den Berg et al., 2009).

Η αντιμετώπιση των κουνουπιών μπορεί να επιτευχθεί μέσω της διαχείρισης του περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα, η περιβαλλοντική διαχείριση συνεπάγεται τροποποίηση του περιβάλλοντος και τροποποίηση ή χειραγώγηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, ώστε να αποτραπεί ο πολλαπλασιασμός των κουνουπιών και εν συνεχεία να μειωθούν οι πιθανότητες της ανθρώπινης επαφής με το φορέα και εν τέλει με το παθογόνο. Σημειώνεται ότι οποιαδήποτε μικρή συγκέντρωση νερού, ειδικά γύρω από τα σπίτια, όπως σε υδρορροές, κουτιά, παιχνίδια, αλλά και λάστιχα αυτοκινήτου, μπορεί να είναι εστία ανάπτυξης κουνουπιών. Τον ίδιο ρόλο παίζουν και οι μη καλά καλυπτόμενοι βόθροι. Τα ατομικά μέτρα προστασίας συνίστανται στη σωστή χρήση εντομοαπωθητικών και κατάλληλη ενδυμασία. Μέτρα στις κατοικίες π.χ. σήτες στα παράθυρα ή κίτρινοι λαμπτήρες στο χώρο είναι βοηθητικά ενώ οι συχνοί ψεκασμοί στις περιοχές με έντονο πρόβλημα είναι απαραίτητοι.

Οι σημερινές ερευνητικές προσπάθειες εστιάζουν στην ανάπτυξη νέων, ασφαλέστερων προϊόντων (βιολογικών ή χημικών) τα οποία μπορούν να παρεμβαίνουν στον αναπαραγωγικό κύκλο των κουνουπιών και έτσι να μειώνουν αποτελεσματικά τον πληθυσμό τους. Οι προδιαγραφές για την περιβαλλοντική διαχείριση ποικίλουν ανάλογα με την τοπική δομή του οικοσυστήματος και συνεπώς δεν υπάρχει μια ενιαία περιβαλλοντική διαχείριση που να είναι κατάλληλη για όλες τις συνθήκες.

Οι μέθοδοι βιολογικής αντιμετώπισης που στρέφονται κατά των κουνουπιών, επί το πλείστον, αφορούν τη χρήση των φυσικών εχθρών τους όπως αρπακτικά είδη ψαριών, μύκητες, ασπόνδυλα αρπακτικά, και τοξίνες που παράγονται από μικροβιακούς παράγοντες (Imbahale et al., 2011). Όσον αφορά τη διαχείριση του περιβάλλοντος, πρακτικές όπως ο περιορισμός των εστιών ανάπτυξης κουνουπιών είναι βασικότατο μέρος της καταπολέμησής τους και πρέπει να πραγματοποιείται σε κάθε περίπτωση. Αρχικά θα πρέπει να γίνει εντοπισμός και χαρτογράφηση όλων των εστιών στις οποίες πολλαπλασιάζονται τα κουνούπια. Τέτοιες εστίες είναι γενικά σημεία όπου υπάρχουν στάσιμα νερά εντός και γύρω από κατοικημένες περιοχές. Άμεσα θα πρέπει να γίνεται καθαρισμός της αυτοφύου βλάστησης των αποστραγγιστικών καναλιών που βρίσκονται γύρω από τις κατοικημένες περιοχές, και όπου εντοπισθούν έλη να πραγματοποιηθεί άμεσα η εξυγίανση αυτών. Εντός των κατοικημένων περιοχών θα πρέπει να καθαρίζονται όλοι οι αύλακες όμβριων υδάτων, και όπου εντοπισθούν παράνομες αποχετεύσεις οποιονδήποτε λυμάτων προερχόμενα από κουζίνες, μπάνια, πλυντήρια κ.τ.λ. κατοικιών ή επιχειρήσεων να γίνεται σφράγισμα αυτών, ενημερώνοντας τους ιδιοκτήτες ότι η διάθεση των λυμάτων εκτός των βόθρων ή του αποχετευτικού δικτύου όπου υπάρχει είναι παράνομη.

Μεταξύ των βιολογικών παραγόντων καταπολέμησης των κουνουπιών, τα λαβροφάγα ψάρια είναι από τους σημαντικότερους και έχουν εφαρμοσθεί σε αρκετές χώρες, από τις αρχές του εικοστού αιώνα. Για παράδειγμα, ορισμένα εξωτικά ψάρια όπως τα *Poecilia reticulata*, τα *Gambusia affinis* και τα *Oreochromis mossambicus* έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες οικολογικές συνθήκες και περιοχές για την καταπολέμηση των κουνουπιών. Η χρήση αυτών των εξωτικών ψαριών έχει προκαλέσει περιβαλλοντικές ανησυχίες εν όψει των ύποπτων ανεπιθύμητων συνεπειών τους στην τοπική υδρόβια πανίδα. Κατά συνέπεια, έρευνες στην ιχθυοπανίδα ώστε να αξιολογηθεί το λαβροφάγο δυναμικό των ιθαγενών ψαριών

είναι υψηλής προτεραιότητας στον τομέα της βιολογικής αντιμετώπισης των φορέων της ασθένειας.

Πέραν των προγραμμάτων καταπολέμησης των κουνουπιών-φορέων η σωστή συμπεριφορά των ανθρώπων για την πρόληψη και την αντιμετώπισή τους συμβάλλει σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα η αποτελεσματική πρόληψη είναι η προστασία από τα κουνούπια: χρήση εντομοαπωθητικών (κουνουπέλαια, ταμπλέτες κλπ.), κατάλληλη ενδυμασία για μείωση της εκτεθειμένης δερματικής επιφάνειας, συνεργασία με τους ειδικούς για μείωση των εστιών ανάπτυξης των κουνουπιών, εφαρμογή ολοκληρωμένων προγραμμάτων καταπολέμησης κουνουπιών.

Κύριος στόχος αυτής της μελέτης είναι η ανασκόπηση των μέχρι σήμερα δεδομένων που αφορούν τους διάφορους τρόπους βιολογικής καταπολέμησης των κουνουπιών επικεντρώνοντας στη χρήση λαβροφάγων ψαριών. Οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για το συγκεκριμένο θέμα είναι μικρής εμβέλειας, και γι' αυτό η παρούσα εργασία προσπαθεί να τοποθετήσει τη βιολογική καταπολέμηση κουνουπιών με λαβροφάγα ψάρια σε ένα γενικότερο πλαίσιο που αφορά την καταπολέμηση των κουνουπιών και σχετίζονται με την παρακολούθηση των πληθυσμών τους, τη μείωση των εστιών αναπαραγωγής τους, τα μηχανικά και χημικά μέσα, τα βιολογικά παρασκευάσματα και την τεχνική εξαπόλυσης στείρων εντόμων (SIT).

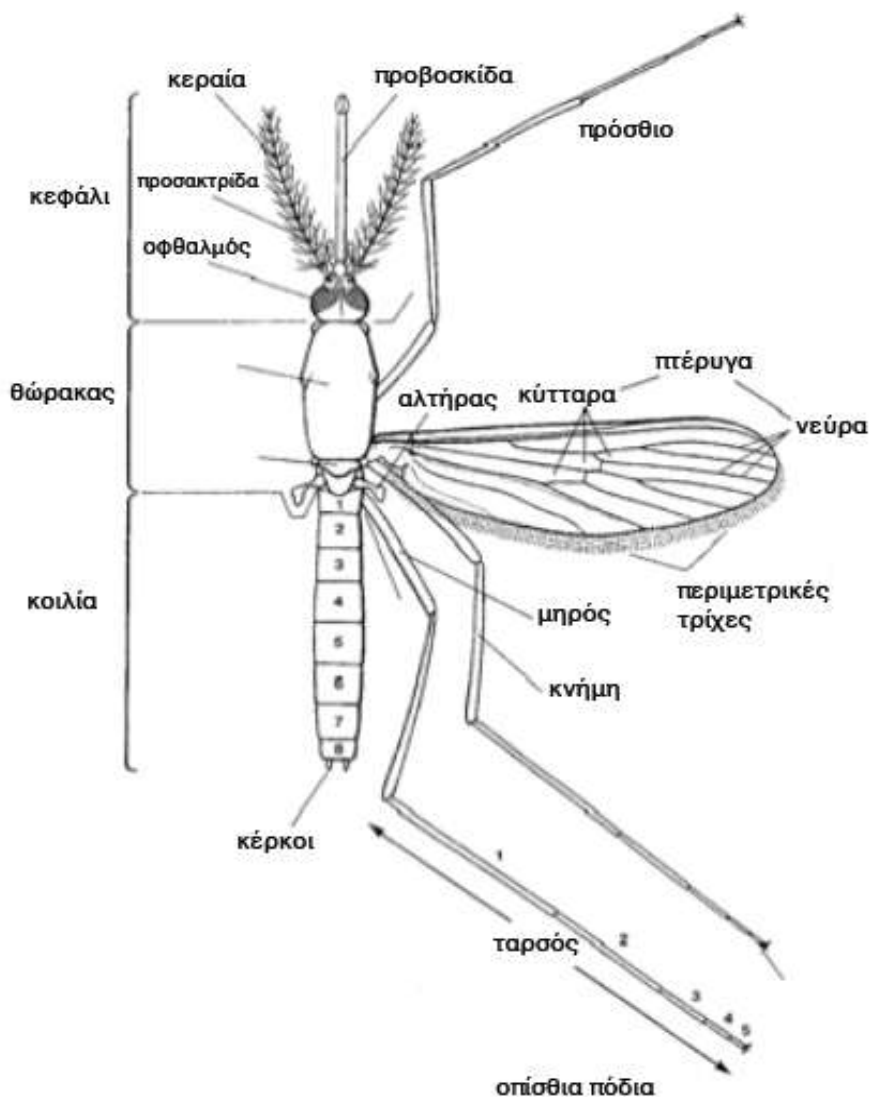
1.1. Μορφολογία κουνουπιών

Τα κουνούπια είναι δίπτερα έντομα της οικογένειας Culicidae η οποία συμπεριλαμβάνει 3.500 περίπου είδη ανά τον κόσμο που ανήκουν σε 41 γένη. Αυτή η οικογένεια διαιρείται στις υπο-οικογένειες: Toxorhynchitinae, Anophelinae (anophelines) και Culicinae (culicines). Τα κουνούπια έχουν παγκόσμια κατανομή και συναντώνται σε τροπικές και εύκρατες περιοχές αλλά και βόρεια έως τον Αρκτικό Κύκλο. Οι μόνες περιοχές από τις οποίες απουσιάζουν εντελώς είναι η Ανταρκτική, και μερικά νησιά. Μπορούν να βρεθούν σε υψόμετρο από 5.500 m έως και 1.250 m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας (Mike, 2004).

Τα κουνούπια έχουν μόνο ένα ζευγάρι λειτουργικών πτερύγων στο μπροστινό τους μέρος. Οι οπίσθιες πτέρυγες αντιπροσωπεύονται από ένα ζεύγος μικρών ατροφικών ακροφύσεων, που ονομάζονται αλτήρες. Τα κουνούπια διακρίνονται από έντομα παρόμοιου σχήματος και μεγέθους από: (1) την εμφανή προβοσκίδα που παρουσιάζει προβολή προς τα εμπρός, (2) την παρουσία πολυάριθμων λεπιών στο

θώρακα, τα πόδια και την κοιλιά και (3) την παρουσία σειράς λεπιών κατά μήκος της οπίσθιας περιοχής των πτερυγών. Είναι σχετικά μικρά έντομα, με σύνηθες μήκος 3-6 mm. Ορισμένα είδη, εντούτοις, μπορεί να είναι τόσο μικρά όσο 2 mm ενώ άλλα μπορεί να φθάνουν τα 19 mm (Mike, 2004).

Το σώμα όπως στα περισσότερα έντομα διαιρείται ευδιάκριτα στα εξής μέρη: το κεφάλι, τον θώρακα και την κοιλιά. Το κεφάλι έχει ένα ευδιάκριτο ζευγάρι σύνθετων ματιών, ενώ ανάμεσα στα μάτια εντοπίζεται ένα ζευγάρι νηματοειδών κεραιών. Οι κεραίες είναι όργανα όσφρησης, αφής αλλά και διερεύνησης των ρευμάτων του αέρα. Οι κεραίες των θηλυκών ατόμων διαθέτουν κοντές τρίχες, ενώ στα αρσενικά οι κεραίες χαρακτηρίζονται από την παρουσία μακριών τριχών. Το φύλο των κουνουπιών μπορεί έτσι εύκολα να προσδιοριστεί από εξέταση των τριχών των κεραιών (Mike, 2004).



Εικόνα 1: Διαγραμματική απεικόνιση της εξωτερικής μορφολογίας ενός ενήλικου θηλυκού κουνουπιού (από Mike, 2004 τροποποιημένο).

Ακριβώς κάτω από τις κεραίες υπάρχει ένα ζεύγος χειλικών προσακτρίδων των οποίων η διαστολή εξαρτάται από το φύλο, την ηλικία και το είδος του κουνουπιού. Μεταξύ των χειλικών προσακτρίδων βρίσκεται η επιμήκης προβοσκίδα, η οποία επιτελεί τη διάτρηση του δέρματος. Ο θώρακας καλύπτεται με λέπια, κατά μήκος και πλευρικά, τα οποία μπορούν να έχουν σχεδόν οποιοδήποτε χρώμα όπως λευκό, καφέ ή μαύρο. Μάλιστα, η διάταξη του μαύρου και του λευκού, και των διάφορων χρωμάτων στα λέπια της ραχιαίας επιφάνειας του θώρακα δίνει σε πολλά είδη (ειδικά εκείνα των γενών *Aedes* και *Ochlerotatus*) διακριτά πρότυπα (Mike, 2004).

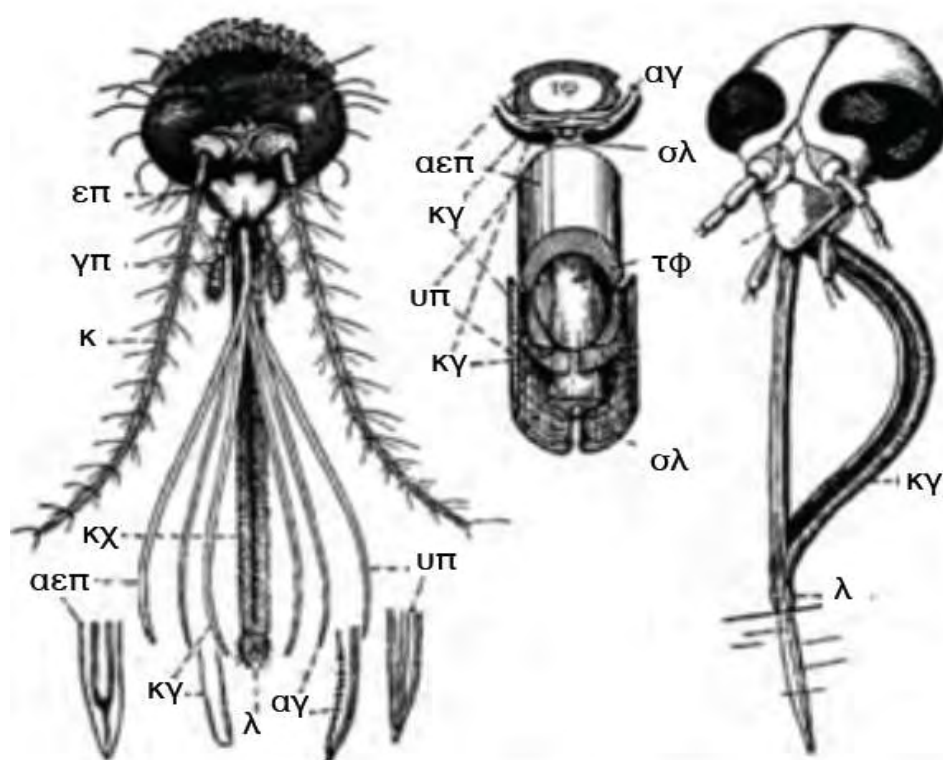
Οι πτέρυγες είναι μακριές και σχετικά στενές, ενώ ο αριθμός και η διάταξη των νεύρων των πτερύγων είναι σχεδόν η ίδια για όλα τα είδη κουνουπιών. Τα νεύρα καλύπτονται με λέπια τα οποία είναι συνήθως χρώματος καφέ, μαύρο, λευκό ή κίτρινο. Έντονοι χρωματικοί συνδυασμοί μπορεί περιστασιακά να είναι παρόντες. Το σχήμα των λεπίων και το μοτίβο που σχηματίζουν διαφέρει σημαντικά μεταξύ κουνουπιών που ανήκουν σε διαφορετικά γένη και είδη. Όταν τα κουνούπια βρίσκονται σε ανάπαυση, οι πτέρυγες τοποθετούνται η μία πάνω στην άλλη στην περιοχή της κοιλιάς σε σχήμα κλειστού ψαλιδιού. Τα κουνούπια φέρουν τρία ζεύγη μακριών και λεπτών ποδιών, τα οποία φέρονται, από ένα σε κάθε θωρακικό τμήμα. Όταν αναφερόμαστε σε αυτά χρησιμοποιούμε τις λέξεις πρόσθια (fore), μεσαία (mid) και οπίσθια (hind) πόδια, αντίστοιχα με το μέρος του θώρακα στο οποίο βρίσκονται. Κάθε πόδι αποτελείται τυπικά από έξι τμήματα, το ισχίο (coxa), τον τροχαντήρα (trochanter), το μηρό (femur), την κνήμη (tibia), τον ταρσό (tarsus) και τον πρόταρσο (pretarsus) που από πολλούς θεωρείται το τελευταίο τμήμα του ταρσού. Ο ταρσός διαιρείται σε πέντε μέρη, τα ταρσομερή (tarsomeres), που χαρακτηρίζονται από απουσία εσωτερικών μυών. Στο 5^ο ταρσομερές ενώνεται ο πρόταρσος, ο οποίος αποτελείται από ένα ζεύγος ονύχων (claws ή ungues), ένα ζεύγος χνουδωτών σχηματισμών κάτω από κάθε ονύχα, τους προσκολλητικούς λοβούς (setose pulvilli). Τα πόδια των κουνουπιών είναι μακριά και λεπτά και καλύπτονται με λέπια τα οποία είναι συνήθως καφέ, μαύρα ή λευκά και μπορούν να διατάσσονται σε μοτίβα, συχνά με τη μορφή δακτυλίων (Mike, 2004).

Η κοιλιακή χώρα αποτελείται από 10 τμήματα αλλά μόνο τα πρώτα επτά ή οκτώ είναι ορατά. Στα κουνούπια του γένους *Culicinae*, η κοιλιά καλύπτεται ως επί το πλείστον με καφέ, μαυριδερά ή υπόλευκα λέπια. Στα κουνούπια της υποοικογένειας *Anophelinae*, ωστόσο, η κοιλιά στερείται σχεδόν εξ'ολοκλήρου λέπια. Το τελευταίο κοιλιακό τμήμα του θηλυκού κουνουπιού καταλήγει σε ένα ζεύγος κερκιδίων (ή κέρκων, *cerci*) ενώ στα αρσενικά σε άγκιστρα, που αποτελούν μέρος των εξωτερικών γεννητικών οργάνων. Σε κουνούπια που δεν έχουν τραφεί η κοιλιά είναι λεπτή. Όταν όμως τα θηλυκά άτομα έχουν τραφεί με αίμα από ένα κατάλληλο ξενιστή, η κοιλιακή χώρα διαστέλλεται σημαντικά. Το ίδιο συμβαίνει στα θηλυκά όταν βρίσκονται σε ωοτοκία (Σαββοπούλου-Σουλτάνη και συν., 2011).

Τα κυριότερα εξαρτήματα που βρίσκονται στην κοιλιακή χώρα έχουν αναπαραγωγική χρησιμότητα και αποτελούν τα εξωτερικά γεννητικά όργανα (*genitalia*) των κουνουπιών. Ο γεννητικός οπλισμός του αρσενικού, ονομάζεται υποπύγιο (*hypopygium*) και βρίσκεται στο 9^ο κοιλιακό τμήμα. Συνίσταται από τα φαλλικά και περιφαλλικά όργανα και χρησιμεύει στο ζευγάρωμα. Ο γεννητικός οπλισμός του αρσενικού αποτελείται τυπικά από δύο λαβίδες, τους γονοστύλους (*gonostylus*) που βοηθούν στη σύλληψη και συγκράτηση του θηλυκού κατά τη σύζευξη και από τον αιδοιαγό (*aedeagus*) που βρίσκεται μεταξύ των γονοστύλων. Ο αιδοιαγός αποτελείται από το φαλλό (*phallus*) και ένα ζευγάρι "παραμερών" (*parameres*), που φύονται στα πλάγια της βάσης του φαλλού και χρησιμοποιούνται για τη σύλληψη και συγκράτηση του γεννητικού οπλισμού του θηλυκού κατά τη σύζευξη. Ο γεννητικός οπλισμός του αρσενικού είναι, ως προς τη μορφή του, χαρακτηριστικός του κάθε είδους και χρησιμοποιείται από τους συστηματικούς για την ταξινόμηση και τον προσδιορισμό των γενών και ειδών, στην περίπτωση που τα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά των θηλυκών δεν εξασφαλίζουν με βεβαιότητα τον προσδιορισμό του είδους. Στα θηλυκά κουνούπια ο γεννητικός οπλισμός βρίσκεται στο 8^ο και 9^ο κοιλιακό τμήμα και χρησιμεύει στη σύζευξη καθώς και την ωοτοκία. Τα θηλυκά κουνούπια δεν διαθέτουν ειδικό ωοθήτη και το ρόλο αυτό διαδραματίζουν τα ακραία κοιλιακά τμήματα (Mike, 2004).

Τα στοματικά μόρια των κουνουπιών αποτελούνται από ένα ζεύγος άνω γνάθων (*mandibles*), ένα ζεύγος κάτω γνάθων (*maxillae*), και το κάτω χείλος (*labium*) (Εικόνα 2). Υπάρχει επίσης το άνω χείλος (*labrum*) μεταξύ των κεραιών και των άνω γνάθων, και ο υποφάρυγγας (*hypopharynx*) μεταξύ των κάτω γνάθων και του κάτω χείλους. Τα στοματικά μόρια επιτελούν διάφορες λειτουργίες, όπως είναι η αίσθηση

της γεύσης, ο χειρισμός της τροφής, ο σιαλισμός (salivation) και η κατάποση τροφής (ingestion). Τα στοματικά μόρια είναι νύσσοντος-μυζητικού τύπου και έχουν τη μορφή επιμήκους προβοσκίδας, που προεκτείνεται εμφανώς και στα δύο φύλα παρόλο που τα αρσενικά κουνούπια δεν τσιμπούν. Το μεγαλύτερο εξάρτημα των στοματικών μορίων είναι το μακρύ και ελαστικό σωληνοειδές κάτω χείλος που καταλήγει σε ένα ζεύγος μικρών κυματιστών σχηματισμών που ονομάζονται γλωσσίδια (labella). Στα πλάγια της προβοσκίδας υπάρχουν οι γναθικές προσακτρίδες. Ο κυρίαρχος σχηματισμός, το άνω χείλος, είναι λεπτό, μυτερό και με ραβδώσεις στην κοιλιακή επιφάνεια. Ανάμεσα στο άνω και κάτω χείλος υπάρχουν 5 βελονοειδείς σχηματισμοί, που είναι ένα ζεύγος οδοντωτών κάτω γνάθων, ένα ζεύγος άνω γνάθων, που είναι πιο τέλεια οδοντωτές, και τέλος ένα μεμονωμένο μη οδοντωτό κοίλο στίλετο, ο υποφάρυγγας. Όταν ένα θηλυκό κουνούπι τσιμπά τον ξενιστή, τα γλωσσίδια 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 γνάθων, στο ζεύγος των κάτω γνάθων, στο άνω χείλος και στον υποφάρυγγα να τρυπήσουν το δέρμα του ξενιστή. Σίελος, που παράγεται από ένα ζεύγος τρίλοβων σιελολόγων αδένων, τοποθετημένων κοιλιακά στο πρόσθιο μέρος του θώρακα, χύνεται μέσα στον υποφάρυγγα. Ο σίελος, τουλάχιστον σε μερικά είδη, περιέχει αντιπηκτικές ουσίες που εμποδίζουν το αίμα να πήξει και να φράξει τον τροφικό αγωγό και είναι υπεύθυνες για τους ερεθισμούς του δέρματος μετά το τσίμπημα. Ο σίελος επίσης περιέχει αναισθητικές ουσίες που βοηθούν στη μείωση του πόνου που προκαλείται από το τσίμπημα, ώστε να μειώνονται οι αμυντικές αντιδράσεις του ξενιστή. Παρόλο που τα αρσενικά κουνούπια έχουν προβοσκίδα, οι γνάθοι έχουν συνήθως μειωμένο μέγεθος, ή λείπουν οι άνω γνάθοι, οπότε τα αρσενικά δεν μπορούν να τσιμπήσουν (Mike, 2004).



Εικόνα 2: Στοματικά μόρια θηλυκού κουνουπιού (από Mike, 2004 τροποποιημένο). επ: επιφάρυγγας, γπ: γναθική προσακτρίδα, κ: κεραία, αγ: άνω γνάθοι, κγ: κάτω γνάθοι, επ: άνω χείλος, επ: επιφάρυγγας, κχ: κάτω χείλος, λ: γλωσσίδιο, τφ: τροφικός αγωγός, σλ: σιελοφόρος αγωγός στον υποφάρυγγα, υπ: υποφάρυγγας.

1.2. Στάδια ανάπτυξης κουνουπιών

Ο βιολογικός κύκλος των κουνουπιών αποτελείται από το αυγό, την προνύμφη, τη νύμφη και το ενήλικο ή ακμαίο έντομο. Τα κουνούπια για την ανάπτυξή τους χρειάζονται υδάτινο περιβάλλον, αφού η παρουσία του νερού είναι απαραίτητη στα στάδια του αυγού, της προνύμφης και της νύμφης. Κατάλληλα ενδιαιτήματα των κουνουπιών αποτελούν οι μικρές ή μεγάλες λίμνες, τα έλη και οι βάλτοι, οι ορυζώνες, τα παρόχθια ποταμών και ρυακιών, οι κοιλότητες των βράχων, των δέντρων και του εδάφους και γενικά οι περιοχές που διαθέτουν κάποιες ποσότητες νερού. Οποιαδήποτε συγκέντρωση νερού μπορεί να αποτελέσει εστία αναπαραγωγής κουνουπιών. Οι εστίες είναι ανθρωπογενείς ή φυσικές. Συγκεκριμένα ανθρωπογενείς εστίες μπορούν να χαρακτηριστούν χώροι και αντικείμενα τα οποία κατακρατούν νερό για μεγάλο χρονικό διάστημα, όπως γούρνες, δεξαμενές, ποτίστρες

ζώων, δοχεία, βάρκες που συγκρατούν νερό κλπ. Σαν φυσικές εστίες μπορούν να οριστούν λίμνες, εκβολές ποταμών, έλη και διάφορες φυσικές κοιλάτητες (Χανιώτης, 1999).

Η θερμοκρασία αποτελεί έναν επιπλέον σημαντικό παράγοντα της ανάπτυξης των κουνουπιών, με μεγάλη επίδραση στην αύξηση του μεγέθους τους και τη χρονική διάρκεια του κύκλου. Ένα από τα σημαντικότερα στάδια ανάπτυξής τους είναι αυτό της προνύμφης, το οποίο αποτελεί το μόνο στάδιο κατά το οποίο γίνεται η λήψη της τροφής. Το στάδιο αυτό, σε συνδυασμό με τη σωστή διατροφή, καθορίζει το βιοτικό δυναμικό του ενήλικου θηλυκού (Χανιώτης, 1999).

Τα περισσότερα κουνούπια συζευγνύονται αμέσως μετά την ενηλικίωσή τους. Τα σπερματοζωάρια, που περνούν από το αρσενικό στη σπερματοθήκη του θηλυκού, συνήθως αρκούν για τη γονιμοποίηση όλων των αυγών που γεννά κατά τη διάρκεια της ζωής του, επομένως, μόνο μια σύζευξη ανά θηλυκό είναι απαραίτητη. Με μερικές εξαιρέσεις, ένα θηλυκό κουνούπι πρέπει να πάρει ένα γεύμα με αίμα για να έχει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των αυγών στις ωοθήκες. Αυτή είναι η κανονική διαδικασία και αναφέρεται ως μη 'αυτογενής' ανάπτυξη (anautogenous development). Μερικά είδη όμως, μπορούν να αναπτύξουν την πρώτη ομάδα αυγών χωρίς να προηγηθεί γεύμα με αίμα. Αυτή η διαδικασία αποκαλείται αυτογενής ανάπτυξη (autogenous development). Η ταχύτητα της πέψης του αίματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία, και στα περισσότερα τροπικά είδη διαρκεί μόνο 2 ημέρες αλλά στις μεσογειακές χώρες η πέψη του αίματος μπορεί να διαρκέσει από έως 1 ημέρα. Μετά το γεύμα με αίμα, η κοιλιά του κουνουπιού είναι διογκωμένη με έντονο ερυθρό χρώμα, αλλά μερικές ώρες αργότερα το χρώμα της γίνεται σκούρο ερυθρό. Με την πέψη του αίματος και καθώς τα αυγά, που είναι λευκά, εξελίσσονται στις ωοθήκες, η κοιλιά γίνεται λευκή στο πίσω μέρος και σκούρα ερυθρά στο πρόσθιο. Αυτή η κατάσταση αντιπροσωπεύει ένα ενδιάμεσο σημείο της πέψης του αίματος και της ανάπτυξης των αυγών στις ωοθήκες, και το κουνούπι αναφέρεται ως μερικώς γόνιμο (half-gravid). Σταδιακά, όλο το αίμα πέπτεται και η κοιλιά παραμένει διογκωμένη αλλά γίνεται λευκή λόγω του σχηματισμού των πλήρως ανεπτυγμένων αυγών. Το θηλυκό στην κατάσταση αυτή χαρακτηρίζεται ως πλήρως γόνιμο (gravid) και ψάχνει για το κατάλληλο περιβάλλον όπου θα αποθέσει τα αυγά του. Μετά την ωοτοκία το θηλυκό κουνούπι παίρνει άλλο ένα γεύμα με αίμα και ύστερα από 2 ημέρες (στα τροπικά κλίματα) ωριμάζει μια νέα ομάδα αυγών. Αυτή η διαδικασία της θρέψης με αίμα και της ωρίμασης των αυγών, που ακολουθείται από την ωοτοκία,

επαναλαμβάνεται πολλές φορές κατά τη διάρκεια της ζωής του θηλυκού, και αναφέρεται ως γονοτροφικός κύκλος (gonotrophic cycle) (Σαββοπούλου-Σουλτάνη και συν., 2011).

1.2.1. Αυγό

Το θηλυκό, ανάλογα με το είδος, αποθέτει 100 έως 500 αυγά (300 κατά μέσο όρο) σε κάθε γονοτροφικό κύκλο. Στις επόμενες φωτοκίες, οι οποίες μπορεί να φτάσουν και τις 10 ο αριθμός των αυγών μειώνεται. Τα αυγά των κουνουπιών έχουν συνήθως μήκος μικρότερο του 1 mm και όταν αποτίθενται έχουν χρώμα λευκό, ενώ στη συνέχεια γίνονται μαύρα (ή σκούρα καφέ) σε διάστημα 12-48 ωρών (Χανιώτης, 1999).

Η απόθεση των αυγών διαφέρει ανάμεσα στα είδη. Έτσι αρκετά από αυτά (*Aedes*, *Anopheles*) αποθέτουν τα αυγά τους μεμονωμένα και σε ορισμένες περιπτώσεις εφοδιασμένα με επιφανειακά εξαρτήματα, όπως οι πλωτήρες (*Anopheles*) και τα τερματικά νήματα (*Mansonia* και *Coquellittidia*). Όμως υπάρχουν και είδη (*Culex*, *Culiseta* και *Uranotaenia*) που γεννούν τα αυγά τους σε σχεδίες (egg rafts). Τα αυγά αυτών των ειδών μπορούν να επιζήσουν στην ξηρασία, ιδιαίτερα αυτών που ανήκουν στα γένη *Aedes* και *Psorophora*, που μπορούν να μείνουν αφυδατωμένα για μήνες ή ακόμη και χρόνια, αλλά παραμένουν ζωντανά και εκκολάπτονται όταν βυθιστούν στο νερό. Μπορεί να χρειασθούν διαδοχικές βυθίσεις στο νερό που θα ακολουθούνται από σύντομες περιόδους ξηρασίας πριν την εκκόλαψη (Σαββοπούλου-Σουλτάνη και συν., 2011).



Εικόνα 3: Επάνω αριστερά αυγό του *Aedes aegypti*, επάνω δεξιά μεγέθυνση του αυγού του *Anopheles spp.* και κάτω αριστερά αυγά του *Aedes albopictus* (ηλεκτρονική πηγή 19).

Η επιλογή της κατάλληλης θέσης απόθεσης των αυγών από ένα θηλυκό κουνούπι του γένους *Culex* επηρεάζεται από μία φερομόνη που ονομάζεται φερομόνη ωοθεσίας (oviposition pheromone). Η φερομόνη των κουνουπιών *Culex* έχει το χαρακτηριστικό ότι είναι φερομόνη συνάθροισης για απόθεση αυγών δηλαδή ότι δρα ως ‘υποκινητής’ για να αποθέσουν αυγά και άλλα άτομα στον ίδιο χώρο (Mihou and Michaelakis, 2010).

Η περίοδος επώασης (ο χρόνος μεταξύ ωοτοκίας και εκκόλαψης) είναι δυνατόν να διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στα είδη. Τα αυγά που τοποθετούνται άμεσα στην επιφάνεια του νερού εκκολάπτονται σε 1-3 ημέρες, ανάλογα με την θερμοκρασία. Ορισμένα είδη τοποθετούν τα αυγά τους σε υγρό χώμα ή σε άλλο υγρό υπόστρωμα (π.χ. κορμούς δέντρων), όμως ο χρόνος επώασης τους ποικίλει, αφού τα

αυγά αυτά θα εκκολαφθούν όταν κατακλυστούν από το νερό (βρόχινο, λιωμένο χιόνι ή βρεθούν σε κάποια άλλη παρόμοια κατάσταση) (Παπαδάκης, 1956).

Σε γενικές γραμμές οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληροί μια εστία για να είναι κατάλληλη για την απόθεση των αυγών από τα θηλυκά κουνούπια είναι (Klowden, 1995):

- α) Το υπόστρωμα πάνω στο οποίο θα αποτεθούν τα αυγά θα πρέπει να είναι αρκετά υγρό κατά τη στιγμή της απόθεσης προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι τα αποτιθέμενα αυγά, που είναι πολύ ευαίσθητα σε οποιαδήποτε απώλεια νερού, δεν θα αφυδατωθούν μέχρι τουλάχιστον να σκληρύνει η επιδερμίδα τους (χορίον).
- β) Θα πρέπει το νερό της εστίας να διατηρηθεί για ικανό χρονικό διάστημα ή να υπάρξει μια επόμενη και ικανοποιητική πλημμύρα της εστίας ώστε τα αυγά που έχουν γεννηθεί, να εκκολαφθούν και τα ανώριμα στάδια να συμπληρώσουν επιτυχώς την ανάπτυξή τους μέχρι την εμφάνιση του ενήλικου.
- γ) Η υδατική εστία θα πρέπει να έχει όσο το δυνατό λιγότερα αρπακτικά, ώστε να εξασφαλιστεί ότι οι προνύμφες όταν εκκολαφθούν δεν θα αποτελέσουν λεία των φυσικών τους εχθρών.
- δ) Η ύπαρξη οργανικού υλικού στο νερό διαδραματίζει σημαντικό ρόλο καθώς αποτελεί και την κύρια πηγή τροφής των προνυμφών.



Εικόνα 4: Θηλυκό κουνούπι τη στιγμή που αποθέτει τα αυγά του (ηλεκτρονική πηγή 6).

1.2.2. *Προνύμφη*

Οι μικροσκοπικές προνύμφες που εκκολάπτονται από τα αυγά, τρέφονται με μικροοργανισμούς και άλλα οργανικά σωματίδια στο νερό. Το στάδιο της προνύμφης είναι ένα ενεργά τρεφόμενο στάδιο, στο οποίο παρουσιάζουν ταχεία κίνηση, με χαρακτηριστικό το γύρισμα του κοιλιακού του τμήματος. Αυτές ξεχωρίζουν εύκολα από τις υδρόβιες προνύμφες των άλλων εντόμων, καθώς δεν έχουν πόδια και ο θώρακας τους είναι σφαιροειδής και πλατύτερος από το κεφάλι και την κοιλία (Mike, 2004).

Κινούνται διαρκώς και περιοδικά, έρχονται στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού για να αναπνεύσουν ατμοσφαιρικό οξυγόνο μέσω ενός σιφώνιου, που έχουν στο τελευταίο κοιλιακό τμήμα. Στα ανωφελή κουνούπια το σιφώνιο λείπει και έτσι οι προνύμφες αναπνέουν μέσω ραχιαίων στιγμάτων, αναρτώμενες σε οριζόντια θέση κάτω από την επιφάνεια του νερού με τη βοήθεια παλαμοειδών τριχών. Τα κουνούπια που ανήκουν στα γένη *Mansonia* και *Coquellittidia* έχουν σιφώνια με οξύ άκρο, που παρέχουν σ' αυτά την ικανότητα να διατρυπούν τις ρίζες των υδρόβιων φυτών, από τις οποίες εφοδιάζονται με το αναγκαίο οξυγόνο (Σαββοπούλου-Σουλτάνη και συν., 2011).

Το συγκεκριμένο στάδιο διακρίνεται σε 4 περιόδους ανάπτυξης που ονομάζονται 1, 2, 3 και 4 ηλικία, με σταδιακή αύξηση του μεγέθους από την 1^η στην 4^η ηλικία. Η συνολική χρονική διάρκεια στο στάδιο αυτό εξαρτάται από το είδος του κουνουπιού και τη θερμοκρασία του νερού με συνήθη χρόνο εξέλιξης τις 7-10 ημέρες. Πολλές φορές, όταν οι θερμοκρασίες είναι κατάλληλες και υπάρχει αρκετή τροφή, ο χρόνος αυτός μπορεί να είναι αρκετά σύντομος όπως 5-7 ημέρες. Στο τέλος της ανάπτυξης της 4 ηλικίας, οι προνύμφες νυμφώνονται (Mike, 2004).

1.2.3. *Νύμφη*

Οι νύμφες έχουν σχήμα «κόμματος». Σε αντίθεση με τα περισσότερα έντομα, οι νύμφες των κουνουπιών είναι πολύ ενεργητικές και σε αντιστοιχία με τις προνύμφες είναι και αυτές υδρόβιες. Διαφέρουν όμως σημαντικά από τις προνύμφες στο σχήμα και στη μορφή. Το εμπρόσθιο τμήμα τους είναι αρκετά μεγάλο και αποτελείται από το κεφάλι και το θώρακα (κεφαλοθώρακας). Το τμήμα αυτό φέρει ένα ζεύγος αναπνευστικών χοανοειδών εξαρτημάτων (αναπνευστικό σιφώνιο) στην άκρη, με αποτέλεσμα κατά το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα να παραμένει στην επιφάνεια του νερού. Το δεύτερο τμήμα είναι η κοιλία, η οποία αποτελείται από 9

επιμέρους τμήματα. Στο 9^ο και τελευταίο τμήμα υπάρχει ένα ζευγάρι προσαρτημάτων που μοιάζουν με κουπιά και χρησιμεύουν στην κίνηση της νύμφης. Οι νύμφες κατά τη διάρκεια του νυμφικού σταδίου δεν τρέφονται και ο βίος τους είναι σύντομος (συνήθως 3 ημέρες ή και μικρότερος). Όταν το ενήλικο σχηματιστεί πλήρως, η νύμφη αρχίζει να εισπνέει αέρα. Αυτό έχει ως συνέπεια να αυξηθεί η εσωτερική πίεση, η οποία με τη σειρά της προκαλεί ένα σκίσιμο στη μέση του νυμφικού θωρακικού τμήματος και το ενήλικο ξεπροβάλλει σιγά-σιγά από το νυμφικό περίβλημα και στέκεται στην επιφάνεια του νερού (Χανιώτης, 1999).

1.2.4. Ενήλικο

Το στάδιο αυτό είναι το τελευταίο στο βιολογικό κύκλο των κουνουπιών. Εδώ οι τροφικές απαιτήσεις των ενηλίκων διαφέρουν ανάλογα με το φύλο, αφού τα μεν στοματικά μόρια του αρσενικού είναι ατελώς ανεπτυγμένα και κατάλληλα μόνο για πρόσληψη νέκταρος, ενώ αντίθετα στα θηλυκά είναι ισχυρά και κατάλληλα για τομή του δέρματος και μύζηση αίματος. Όμως αμφότερα χρειάζονται ενέργεια για τις δραστηριότητες που επιτελούν (όπως πτήση, σύζευξη, κ.α.), την οποία λαμβάνουν από το νέκταρ των λουλουδιών, τις εκκρίσεις των εντόμων (π.χ. αφίδες) και τα ώριμα φρούτα. Τα θηλυκά κουνούπια χρειάζονται επιπλέον και αίμα, ως πηγή πρωτεϊνών, για την παραγωγή των αυγών τους. Μεταξύ των διαφόρων ειδών εντοπίζονται συχνά αρκετές διαφορές σε σχέση με τις εστίες ανάπτυξης των ατελών σταδίων (γλυκών, υφάλμυρων, αλατούχων, θερμών, ψυχρών, στάσιμων, τρεχούμενων υδάτων), τις θέσεις που διημερεύουν (οικοδίαιτα, αγροδίαιτα), το μέγεθος του χώρου που χρειάζονται για την πτήση και τη σύζευξη (στενόγαμα ή ευρύγαμα), το χρόνο δραστηριοποίησης (νυκτόβια ή ημερόβια) και τέλος την προτίμηση των ξενιστών. Ορισμένα είδη είναι παμφάγα (ορνιθόφιλα, ερπετόφιλα και ζωόφιλα) και δεν περιορίζονται σε ορισμένη μόνο κατηγορία σπονδυλωτών ξενιστών για να καλύψουν τις ανάγκες τους σε αίμα. Ένας σχετικά μικρός αριθμός ειδών τρέφεται, όταν έχει πρόσβαση, και από τον άνθρωπο. Τα είδη αυτά θεωρούνται ανθρωπόφιλα ή ‘ανθρωποφάγα’ και είναι εν δυνάμει υπεύθυνα για τη μετάδοση των ασθενειών. Το θηλυκό τρυπάει το δέρμα με την προβοσκίδα που διαθέτει εκκρίνοντας ταυτόχρονα και ένα αντιπηκτικό υγρό για να μπορεί να εισροφά ευκολότερα το αίμα. Το τσίμπημα του κουνουπιού προκαλεί στο δέρμα κοκκινίλα και κνησμό, εξαιτίας του αιμολυτικού υγρού (Σαββοπούλου-Σουλτάνη και συν., 2011).

Ο βιολογικός κύκλος των κουνουπιών ολοκληρώνεται σε διάστημα 2 έως 4 εβδομάδων, ανάλογα με το είδος και τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες. Ο σχετικά σύντομος βιολογικός κύκλος επιτρέπει στα κουνούπια να παράγουν αρκετές γενιές στις θερμές περιόδους του έτους. Κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου τα περισσότερα είδη παραμένουν αδρανή, ως γονιμοποιημένα και αιμοτραφέντα ενήλικα σε προστατευτικούς χώρους, όπως είναι τα σπήλαια, το εσωτερικό κατοικιών, οι στάβλοι, τα τούνελ. Σε μερικές περιπτώσεις η διαχείμανση γίνεται στο στάδιο του αυγού (*Aedes* στην Αρκτική) και σπανιότερα της προνύμφης (Mike, 2004).



Εικόνα 5: Τα στάδια του βιολογικού κύκλου των κουνουπιών. Ο βιολογικός κύκλος των κουνουπιών ολοκληρώνεται σε διάστημα 2-4 εβδομάδων, ανάλογα με το είδος και τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες. Για την ολοκλήρωση του βιολογικού τους κύκλου χρειάζεται απαραίτητως η παρουσία υδάτινου περιβάλλοντος αφού η εκκόλαψη των αυγών γίνεται πάντα στο νερό ενώ τα στάδια της προνύμφης και της νύμφης είναι αποκλειστικά υδρόβια (ηλεκτρονική πηγή 1).

1.3. Τροφικές απαιτήσεις κουνουπιών

Τα κουνούπια για να εντοπίσουν την τροφή τους προσελκύονται από την κίνηση, τη θερμοκρασία του σώματος, την υγρασία, αλλά κυρίως από τις διακυμάνσεις της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα που προέρχονται από την αναπνοή του ξενιστή τους (Χανιώτης, 1999). Πιο συγκεκριμένα, τα θηλυκά

διαθέτουν πολλούς οσφρητικούς υποδοχείς, κυρίως στις κεραίες τους, με τους οποίους αναγνωρίζουν συγκεκριμένες χημικές ενώσεις (πτητικά χημικά μόρια) ή διάφορες πτητικές ουσίες. Οι κυριότερες χημικές ουσίες που προσελκύουν ένα θηλυκό κουνούπι σε κάποιο υποψήφιο ξενιστή είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το γαλακτικό οξύ, η οκτενόλη, η ακετόνη, η βουτανόνη και διάφορες φαινολικές ενώσεις (Becker et al., 2003).

Το διοξείδιο του άνθρακα θεωρείται το κυριότερο από τα στοιχεία που εντοπίζουν τα αισθητήρια όργανα στις προσακτρίδες (palps) των θηλυκών. Σημαντικό ρόλο πολλές φορές παίζει και η όραση με την οποία ακόμα και υπό συνθήκες χαμηλού φωτισμού μπορούν να διακρίνουν εύκολα το περίγραμμα του ξενιστή, να αντιληφθούν τις κινήσεις του αλλά και το χρώμα και την αντίθεση που δημιουργεί με τον περιβάλλοντα χώρο. Τα χρώματα που γενικώς ελκύουν τα κουνούπια είναι το μπλε, το μαύρο και το κόκκινο ενώ τα λιγότερο ελκυστικά είναι το λευκό και το κίτρινο (Lehane, 1991). Επίσης, σε κοντινές αποστάσεις σημαντικό ρόλο παίζει και η θερμότητα που εκπέμπει το σώμα του ξενιστή καθώς τα κουνούπια μπορούν με ευκολία να ανιχνεύσουν διάφορες θερμοκρασίες της τάξης του 0,2°C (Lehane, 1991).

Η αναζήτηση κατάλληλου ξενιστή είναι αρκετά πολύπλοκη διαδικασία και περιλαμβάνει επεξεργασία διαφόρων οσφρητικών, οπτικών και θερμικών ερεθισμάτων. Το κάθε είδος κουνουπιού έχει δική του μέθοδο εξεύρεσης ξενιστή αλλά γενικά μπορούμε να αναγνωρίσουμε τρεις κατηγορίες κουνουπιών ως προς την μέθοδο αναζήτησης του ξενιστή (Becker et al., 2003):

- α) Τα είδη τα οποία πετούν χωρίς συγκεκριμένη κατεύθυνση αναζητώντας τυχαία το ξενιστή τους.
- β) Τα είδη που κατευθύνονται σε κάποια συγκεκριμένη κατεύθυνση ως αποτέλεσμα γενικότερων ερεθισμάτων που λαμβάνουν από την περιοχή αυτή (π.χ. ύπαρξη φωτισμού).
- γ) Τα είδη που πηγαίνουν κατευθείαν σε κάποιον συγκεκριμένο ξενιστή, αφού τον έχουν εντοπίσει προηγουμένως στο γειτονικό τους περιβάλλον με τα αισθητήρια που διαθέτουν.

Οι τροφικές απαιτήσεις των ενήλικων κουνουπιών είναι δύο ειδών. Αμφότερα, θηλυκά και αρσενικά, έχουν ανάγκη σακχαρούχων ουσιών ως πηγή ενέργειας για τις διάφορες δραστηριότητες που επιτελούν (π.χ. πτήση, σύζευξη, ωοτοκία). Τέτοιες ουσίες επιζητούν και τις βρίσκουν όπως συνοπτικά αναφέρεται

παραπάνω στο νέκταρ των λουλουδιών, στις εκκρίσεις και τα φύλλα των δένδρων και άλλων φυτών, στα ώριμα φρούτα και στα μελιτώματα που εκκρίνουν ορισμένα έντομα όπως είναι οι αφίδες (honeydew). Τα θηλυκά κουνούπια όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, χρειάζονται επιπλέον αίμα ως πηγή πρωτεϊνών για την παραγωγή αυγών. Ορισμένα είδη είναι παμφάγα και δεν περιορίζονται σε ορισμένη μόνο κατηγορία σπονδυλωτών ξενιστών για να καλύψουν τις ανάγκες τους σε αίμα. Άλλα είδη έχουν περιορισμένες προτιμήσεις και τρέφονται από ποικιλόθερμα ή ομοιόθερμα ζώα. Ένας σχετικά μικρός αριθμός ειδών, τρέφεται και από τον άνθρωπο όταν έχουν πρόσβαση σ' αυτόν. Τα είδη αυτά θεωρούνται ανθρωπόφιλα ή ανθρωποφάγα και είναι εν δυνάμει σημαντικά για τη μετάδοση των λοιμώξεων (Σαββοπούλου-Σουλτάνη και συν., 2011).

1.4. Δραστηριότητα κουνουπιών

Ανάλογα με το είδος, υπάρχουν κουνούπια που δραστηριοποιούνται κυρίως κατά το σούρουπο και το ξημέρωμα, άλλα που είναι δραστήρια καθ' όλη τη διάρκεια της νύχτας, ενώ υπάρχουν και κάποια που τσιμπούν μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα περισσότερα είδη κουνουπιών είναι νυκτόβια, με έξαρση τις πρώτες ώρες μετά τη δύση του ηλίου. Ορισμένα δραστηριοποιούνται και τσιμπούν κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπως είναι πολλά είδη από το γένος *Aedes*. Εκτός από τη γενετικά καθορισμένη ενεργοποίηση των κουνουπιών, σημαντικό ρόλο σ' αυτήν παίζουν και οι περιβαλλοντικές συνθήκες, κυρίως η βροχή και η ένταση του ανέμου (Χανιώτης, 1999).

1.5. Τα κυριότερα γένη κουνουπιών

Η παραδοσιακή ταξινόμηση των Culicidae βασίστηκε στα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά τους και στις μορφολογικές ομοιότητες οδηγώντας σε αυθαίρετες ομαδοποιήσεις. Οι πιο σύγχρονες ταξινομήσεις έχουν ενσωματώσει σημαντικές αναθεωρήσεις και έχουν χρησιμοποιήσει τα σύγχρονα μέσα που προσφέρει η μοριακή βιολογία (Reidenbach et al., 2009). Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα διαφορετικά είδη των Culicidae σύμφωνα με τις μέχρι σήμερα φυλογενετικές αναλύσεις με ειδική αναφορά στην ταξινόμηση και κατανομή τους.

Πίνακας 1: Τα διαφορετικά είδη των Culicidae (από Reidenbach et al., 2009 τροποποιημένο).

Υποικογένεια Tribe	Γένος	Αριθμ. υπογένος	Αριθμ. ειδών	Κατανομή	Είδη που μελετήθηκαν
Anophelinae	<i>Anopheles</i>	7	455	Κοσμοπολίτικη	<i>Anopheles gambiae</i> Giles <i>Anopheles atroparvus</i> van Thiel
	<i>Bironella</i>	3	8	Αυστραλέζικη	<i>Bironella gracilis</i> Theobald
	<i>Chagasia</i>	-	4	Νεοτροπική	
Culicinae					
Aedeomyiini	<i>Aedeomyia</i>	2	6	Αφροτροπική, Αυστραλέζικη, Ασιατική, Νεοτροπική	<i>Aedeomyia squamipennis</i> Lynch Arribálzaga
Aedini ²	<i>Aedes</i>	23	363	Παλαιός Κόσμος, Nearctic	<i>Aedes aegypti</i> Linnaeus
	<i>Armigeres</i>	2	58	Αυστραλέζικη, Ασιατική	<i>Armigeres subalbatus</i> (Coquillett)
	<i>Ayurakitia</i>	-	2	Ασιατική	
	<i>Borichinda</i>	-	1	Ασιατική	
	<i>Eretmapodites</i>	-	48	Αφροτροπική	<i>Eretmapodites quinquevittatus</i> Theobald
	<i>Haemagogus</i>	2	28	Κυρίως Νεοτροπική	<i>Haemagogus equinus</i> Theobald
	<i>Heizmannia</i>	2	39	Ασιατική	
	<i>Ochlerotatus</i>	22	550	Κοσμοπολίτικη	<i>Ochlerotatus triseriatus</i> (Say)
	<i>Opifex</i>	-	1	Νέα Ζηλανδία	<i>Opifex fuscus</i> Hutton
	<i>Psorophora</i>	3	48	Νέος Κόσμος	<i>Psorophora ferox</i> (von Humboldt)

	<i>Udaya</i>	-	3	Ασιατική	
	<i>Verrallina</i>	3	95	Κυρίως Αυστραλέζικη, Ασιατική	
	<i>Zeugomyia</i>	-	4	Ασιατική	
Culicini	<i>Culex</i>	23	763	Κοσμοπολίτικη	<i>Culex quinquefasciatus</i> Say
	<i>Deinocerites</i>	-	18	Κυρίως Νεοτροπική	
	<i>Galindomyia</i>	-	1	Νεοτροπική	
	<i>Lutzia</i>	3	7	Αφροτροπική, Αυστραλέζικη, Ασιατική, Νεοτροπική, ανατολική Palearctic	
Culisetini	<i>Culiseta</i>	7	37	Παλαιός Κόσμος, Nearctic	<i>Culiseta inornata</i> (Williston)
Ficalbiini	<i>Ficalbia</i>	-	8	Αφροτροπική, Ασιατική	
	<i>Mimomyia</i>	3	44	Αφροτροπική, Αυστραλέζικη, Ασιατική	<i>Mimomyia luzonensis</i> (Ludlow)
Hodgesiini	<i>Hodgesia</i>	-	11	Αφροτροπική, Αυστραλέζικη, Ασιατική	
Mansoniini	<i>Coquillettidia</i>	3	57	Παλαιός Κόσμος, Νεοτροπική	<i>Coquillettidia perturbans</i> (Walker)
	<i>Mansonia</i>	2	23	Παλαιός Κόσμος, Νεοτροπική	
Orthopodomyiini	<i>Orthopodomyia</i>	-	38	Αφροτροπική, Nearctic, Νεοτροπική,	<i>Orthopodomyia alba</i> Baker

				Ασιατική, Palearctic	
Sabethini	<i>Isostomyia</i>	-	4	Νεοτροπική	
	<i>Johnbelkinia</i>	-	3	Νεοτροπική	
	<i>Kimia</i>	-	5	Ασιατική	
	<i>Limatus</i>	-	8	Νεοτροπική	<i>Limatus durhami</i> Theobald
	<i>Malaya</i>	-	12	Αφροτροπική, Αυστραλέζικη, Ασιατική	<i>Malaya genurostris</i> Leicester
	<i>Maorigoeldia</i>	-	1	Νέα Ζηλανδία	<i>Maorigoeldia argyropus</i> (Walker)
	<i>Onirion</i>	-	7	Νεοτροπική	
	<i>Runchomyia</i>	2	7	Νεοτροπική	
	<i>Sabethes</i>	5	38	Νεοτροπική	<i>Sabethes cyaneus</i> (Fabricius)
	<i>Shannoniana</i>	-	3	Νεοτροπική	<i>Shannoniana fluviatilis</i> Lane and Cerquiera
	<i>Topomyia</i>	2	54	Κυρίως Ασιατική	
	<i>Trichoprosopon</i>	-	13	Νεοτροπική	<i>Trichoprosopon digitatum</i> (Rondani)
	<i>Tripteroides</i>	5	122	Κυρίως Αυστραλέζικη, Ασιατική	<i>Tripteroides bambusa</i> (Yamada)
	<i>Wyeomyia</i>	15	140	Κυρίως Νεοτροπική	<i>Wyeomyia smithii</i> (Coquillett)
Toxorhynchitini	<i>Toxorhynchites</i>	4	88	Αφροτροπική, Αυστραλέζικη, Νεοτροπική, ανατολική Palearctic, Ασιατική	<i>Toxorhynchites amboinensis</i> (Doleschall)
Uranotaeniini	<i>Uranotaenia</i>	2	265	Αφροτροπική,	<i>Uranotaenia</i>

Αυστραλέζικη, *sapphirinia* (Osten
Ασιατική, Sacken)
Νεοτροπική

1.5.1. Το γένος *Anopheles*

Τα κουνούπια του γένους *Anopheles* είναι τα σημαντικότερα για την Ελλάδα ως ενδιάμεσοι ξενιστές της ελονοσίας και των ασθενειών της εγκεφαλίτιδας και φιλαρίασης. Από τα 14 καταγραφέντα είδη και υποείδη στη χώρα μας, τα τέσσερα θεωρούνται ικανοί φορείς - μεταβιβαστές των πλασμοδίων του ανθρώπου. Αυτά είναι τα: *A. sacharovi*, *A. hyarcanus*, *A. maculipennis* και *A. superpictus*. Τα ενήλικα κουνούπια του γένους αυτού αναγνωρίζονται από τη στάση του σώματός τους, όπου η προβοσκίδα, το κεφάλι και το σώμα είναι σε μία ευθεία γραμμή. Επίσης οι πτέρυγες τους φέρουν μικρά στίγματα. Με το τσίμπημα σε άτομο που έχει ελονοσία, το θηλυκό μαζί με το αίμα ρουφάει και το πλασμοδίο, στο οποίο οφείλεται η ασθένεια. Μέσα στο σώμα του κουνουπιού το μικρόβιο παραμένει και αναπτύσσεται. Στη συνέχεια μεταφέρεται στους σιελογόνους αδένες του και έτσι με νέο τσίμπημα σε σώμα υγιούς ανθρώπου, μεταφέρει μέσω του σάλιου του το μικρόβιο στον οργανισμό του ανθρώπου. Το ανωφελές κουνούπι ζει περίπου 2 έως 4 – 5 εβδομάδες (Mike, 2004).

1.5.2. Το γένος *Aedes*

Τα κουνούπια του γένους *Aedes* παρουσιάζουν μεγάλο υγειονομικό ενδιαφέρον ως ενδιάμεσοι ξενιστές του κίτρινου πυρετού, του δάγγειου, της φιλαρίασης και των ιογενών εγκεφαλίτιδων. Οι μορφολογικοί χαρακτήρες που χαρακτηρίζουν τα είδη *Aedes*, είναι το σκοτεινό χρώμα, το μικρό σχετικά σώμα, η παρουσία άσπρων κηλίδων ή και γραμμών στο θώρακα, κοιλιά και πόδια, καθώς και η αιχμηρή κατάληξη της κοιλιάς. Διαφέρει από το κοινό κουνούπι στο ασημένιο χρώμα που έχει ο θώρακας του. Το άκρο της κοιλιάς του θηλυκού είναι μυτερό και έχει διάφορα αισθητήρια εξαρτήματα που εξέχουν. Οι προνύμφες του γένους αυτού είναι κοντές και χοντρές ενώ τα αυγά του έχουν τη δυνατότητα να αντέχουν και έξω από το νερό για αρκετό καιρό. Αναπαράγεται μετά από πλημμύρες, σε δεξαμενές βρόχινου νερού ή σε αλμυρά έλη. Η ζωή του είναι συνήθως σύντομη (10 – 15 μέρες) αλλά κάτω από κατάλληλες ψυχρές κλιματολογικές συνθήκες διαρκεί και μερικούς

μήνες (Mike, 2004). Σε πολλές περιοχές της Αφρικής η μετάδοση του κίτρινου πυρετού από τα κουνούπια αποτελεί πραγματική μάστιγα.

1.5.3. Το γένος *Culex*

Τα κουνούπια του γένους *Culex* μπορούν να μεταφέρουν, αρκετά δύσκολες βέβαια, ασθένειες όπως εγκεφαλίτιδες, ενώ την ασθένεια της φιλαρίασης μόνο σε τροπικές περιοχές. Τα κουνούπια *Culex* είναι τα πιο ενοχλητικά για τους κατοίκους των πόλεων. Πολλαπλασιάζονται σε στάσιμα και μολυσμένα νερά, αλλά και σε μέρη όπου υπάρχει αρκετή υγρασία. Τα κύρια χαρακτηριστικά των κουνουπιών *Culex* είναι το καστανό ομοιόμορφο χρώμα του σώματος και η αμβλεία κατάληξη της κοιλίας. Η προβοσκίδα του είναι διακεκομμένη και προς τα κάτω σε σχέση με το υπόλοιπο σώμα του. Οι πτέρυγες του είναι χρωματικά ομοιόμορφες. Τα αυγά του αποτίθενται στην επιφάνεια του νερού και αυτά επιπλέουν κατά ομάδες των 100 ή και περισσότερων. Ζει 10 – 15 ημέρες, αλλά σε ψυχρές συνθήκες μπορεί να ζήσει και περισσότερο (Mike, 2004).

2. Η υγειονομική σημασία των κουνουπιών

Τα κουνούπια, έχουν χαρακτηριστεί ως «τα έντομα με τη σπουδαιότερη Ιατρική σημασία» και σε σύγκριση με τα υπόλοιπα είδη αρthropόδων έχουν εισπράξει διεθνώς, τη μεγαλύτερη προσοχή από ερευνητές ή επιστήμονες διαφόρων κλάδων. Η μεγάλη τους σημασία έγκειται στο γεγονός ότι είναι φορείς και βιολογικοί μεταβιβαστές-διαβιβαστές (vectors) μερικών από τις πιο επικίνδυνες ασθένειες που προσβάλλουν τον άνθρωπο, όπως η ελονοσία, ο κίτρινος πυρετός, ο δάγκειος πυρετός, ο ιός του Δυτικού Νείλου, εγκεφαλίτιδες και φιλαρίασεις καθώς και μεγάλου αριθμού άλλων αρμοπιώσεων. Περισσότεροι από το μισό πληθυσμό της υφελίου ζουν με τον κίνδυνο πιθανής προσβολής από τις ασθένειες αυτές, ενώ τα στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.) δείχνουν ότι εκατοντάδες εκατομμύρια άνθρωποι νοσούν κάθε χρόνο εξαιτίας των κουνουπιών και εκατομμύρια από αυτούς πεθαίνουν (WHO, 2009a).

Οι ασθένειες αυτές δεν κατανέμονται σε όλο τον κόσμο ομοιόμορφα, αλλά έχουν μεγαλύτερη εξάπλωση σε χώρες με θερμό ή τροπικό κλίμα, όπως οι χώρες της Αφρικής, της Νοτιο-Ανατολικής Ασίας και της Κεντρικής και Νοτίου Αμερικής. Τα τελευταία χρόνια όμως παρατηρείται σημαντική επέκταση των πληθυσμών των κουνουπιών και των μεταδιδόμενων με τα κουνούπια ασθενειών, κάτι που αποδίδεται

συνήθως στο παγκόσμιο φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας και των μεγάλων κλιματικών αλλαγών γενικότερα, καθώς επίσης στο σύγχρονο εμπόριο αλλά και την τάση για μετακίνηση μεγάλου μέρους του πληθυσμού (Brower, 2001). Το πρόβλημα είναι σοβαρό ακόμα και για τις πιο αναπτυγμένες περιοχές του πλανήτη όπως είναι η Ευρώπη και οι Η.Π.Α. (Zgomba and Petric, 2008). Από τα παραπάνω αναδεικνύεται η υγειονομική σημασία των νοσημάτων που μπορούν να μεταδοθούν μέσω των κουνουπιών.

Παρακάτω ακολουθεί μια περιληπτική περιγραφή των κυριότερων νοσημάτων που μεταδίδονται μέσω των κουνουπιών.

2.1. Ελονοσία

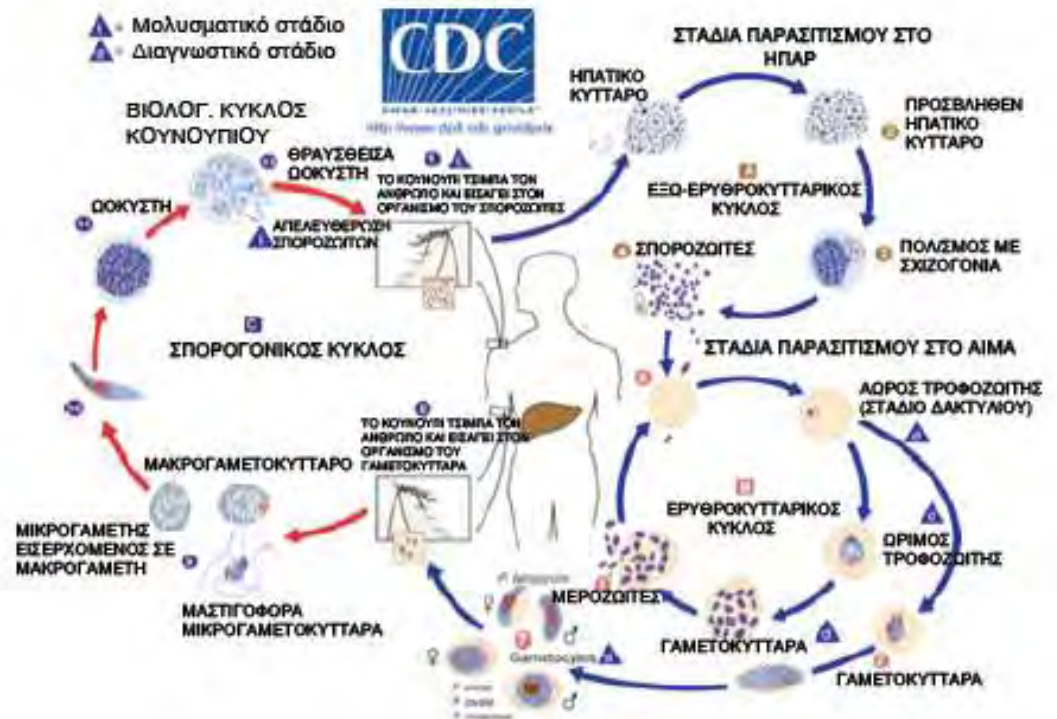
Η ελονοσία (malaria) είναι λοιμώδης νόσος η οποία προκαλείται από παρασιτικά πρωτόζωα του γένους πλασμώδιο (*Plasmodium*) και μεταδίδεται στον άνθρωπο μόνο από το θηλυκό κουνούπι του γένους ανωφελές (*Anopheles*) (Sutherland and Hallett, 2009). Το όνομά της προέρχεται από τις λέξεις έλος και νόσος, καθώς είχε παρατηρηθεί ότι ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένη γύρω από ελώδεις περιοχές. Διεθνώς, αποκαλείται μαλάρια (malaria, από τις ιταλικές λέξεις: mala+aria=κακός αέρας), λόγω της πεποίθησης που επικρατούσε τότε ότι η νόσος προκαλείτο από τον «κακό αέρα» κοντά στα έλη. Ο Γάλλος στρατιωτικός ιατρός Charles Louis Alphonse Laveran παρατήρησε πρώτος το 1880 την παρουσία του παρασίτου στο αίμα ασθενών που πέθαναν από ελονοσία γι' αυτό και το παράσιτο αυτό ονομάστηκε αρχικά πλασμώδιο του Laveran (Laveran, 1982).

Χώρες ή περιοχές με πιθανότητα μετάδοσης ελονοσίας, 2010



Εικόνα 6: Γεωγραφική κατανομή της ελονοσίας (από Hartjes, 2011 τροποποιημένο).

Υπάρχουν πέντε είδη πλασμοδίων που προσβάλλουν τον άνθρωπο: *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. ovale*, *P. malariae* και *Plasmodium knowlesi* (Sutherland and Hallett, 2009).



Εικόνα 7: Βιολογικός κύκλος πλασμοδίου ελονοσίας: Τα γαμετοκύτταρα, τόσο τα αρσενικά (μικρογαμετοκύτταρα) όσο και τα θηλυκά (μακρογαμετοκύτταρα), προσλαμβάνονται από το κουνούπι *Anopheles* κατά τη διάρκεια ενός γεύματος με αίμα. Ο πολλαπλασιασμός των παρασίτων στο κουνούπι αναφέρεται ως σπορογονία. Στο στομάχι του κουνουπιού, οι μικρογαμέτες συντήκονται με τους μακρογαμέτες και δημιουργούν τα ζυγωτά. Οι ζυγώτες με τη σειρά τους γίνονται κινητικοί και επιμήκεις (ookinetes) και εισβάλλουν στο μέσο εντερικό τοίχωμα του κουνουπιού όπου αναπτύσσονται οι ωοκύστες. Οι ωοκύστες αναπτύσσονται, διαρρηγνύονται και αποδέσμευουν σποροζωΐδια, που οδηγούνται προς τους σιελογόνους αδένες του κουνουπιού. Εισαγωγή των σποροζωΐτων σε ένα νέο ανθρώπινο ξενιστή διαιωρίζει τον κύκλο ζωής του πλασμοδίου της ελονοσίας (ηλεκτρονική πηγή 2).

Κύριοι ξενιστές των πλασμοδίων είναι οι ανωφελείς κώνωπες, ενώ η μετάδοσή τους στον ενδιάμεσο ξενιστή (άνθρωπο) γίνεται με το τσίμπημα. Οι σημαντικότεροι ανωφελείς για την Ελλάδα είναι κυρίως τα είδη *Anopheles sacharovi*, *An. maculipennis*, *An. superpictus* και *An. hyrcanus* (Samanidou-Voyadjoglou and Vakalis, 2006). Ο βιολογικός κύκλος του πλασμοδίου ολοκληρώνεται σε δύο ξενιστές, τον σπονδυλωτό (άνθρωπος) και τον ασπόνδυλο (κουνούπι). Στον άνθρωπο

η φάση του παρασίτου είναι μονογονική (asexual), γνωστή ως σχιζογονία (schizogony), ενώ στο κουνούπι είναι αμφιγονική (sexual), γνωστή ως σπορογονία (sporogony). Στον άνθρωπο, τα παράσιτα αναπτύσσονται και πολλαπλασιάζονται πρώτα στα κύτταρα του ήπατος και στα ερυθρά κύτταρα του αίματος. Στο αίμα του ανθρώπου μπορεί να βρεθούν σεξουαλικές και σεξουαλικές μορφές του παρασίτου, τα μικρογαμετοκύτταρα (αρσενικά) και τα μακρογαμετοκύτταρα (θηλυκά). Ο τροφοζώιτης έχει τη μορφή κυανού δακτυλίου και φέρει έναν ερυθρό πυρήνα. Όλα τα πλασμώδια καταλαμβάνουν κατά προτίμηση τα δικτυοερυθροκύτταρα (ΔΕΚ) και τα νεαρά ερυθροκύτταρα. Η ανάπτυξη του παρασίτου στα ερυθρά προκαλεί την ενδαγγειακή τους ρήξη. Σε επαναλαμβανόμενες λοιμώξεις αποκτάται μερική ανοσία κατά της ελονοσίας, η οποία όμως οδηγεί σε εντονότερη αιμόλυση λόγω αυξημένης φαγοκυττάρωσης των ερυθρών με παράσιτα κυρίως στο σπλήνα, αλλά και στο μυελό των οστών, στο ήπαρ και στο αίμα (θυμοεξαρτώμενη δραστηριότητα μακροφάγων) (Stevenson and Riley, 2004).

Τα κύρια και πιο συνηθισμένα συμπτώματα της ελονοσίας είναι: υψηλός πυρετός με ρίγη, εφίδρωση, και κεφαλαλγία, μυαλγία και γενική αδιαθεσία. Ο πυρετός εμφανίζεται κάθε δεύτερη (δευτεραίος) ή κάθε τρίτη μέρα (τριταίος). Άλλα συμπτώματα που μπορούν επίσης να εμφανιστούν είναι: ναυτία, διάρροια, έμετος. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να εκδηλωθεί αναιμία και ίκτερος (κίτρινη χροιά των ματιών, του δέρματος και των βλεννογόνων) εξαιτίας της καταστροφής των ερυθρών αιμοσφαιρίων του αίματος (αιμόλυση). Αν δε δοθεί η κατάλληλη θεραπεία και σε σοβαρές μορφές της νόσου μπορεί να παρουσιαστούν νευρολογικά συμπτώματα, νεφρική ή αναπνευστική ανεπάρκεια. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα συμπτώματα εμφανίζονται 10 ημέρες έως 4 εβδομάδες μετά το τσίμπημα, όμως μπορεί να εμφανιστούν τόσο σύντομα όσο 7 ημέρες έως και 1 χρόνο μετά την επαφή με το κουνούπι. Η λοίμωξη από *P. vivax* και *P. ovale* μπορεί να υποτροπιάσει με αποτέλεσμα ο ασθενής να νοσήσει ξανά μέσα σε διάστημα μηνών από το πρώτο επεισόδιο έως και 4-5 ετών, ενώ σε εξαιρετικές περιπτώσεις μέχρι και 8 έτη μετά (Hartjes, 2011).

Η θεραπεία της ελονοσίας (είδος φαρμάκου και διάρκεια της θεραπείας) εξαρτάται από το πλασμώδιο που προκαλεί τη λοίμωξη και την περιοχή στην οποία συνέβη η μόλυνση, λόγω της εμφάνισης αντοχής σε μερικά από τα ανθελονοσιακά φάρμακα. Η θεραπεία εξαρτάται επίσης από την ηλικία του ασθενούς, από το πόσο σοβαρή είναι η κατάσταση του ασθενούς και από το αν βρίσκεται σε εξέλιξη ή

αναμένεται εγκυμοσύνη. Υπάρχουν διάφορα αποτελεσματικά ανθελονοσιακά φάρμακα. Η θεραπεία καλό είναι να ξεκινήσει έγκαιρα στα πρώτα στάδια της νόσου πριν αυτή γίνει χρόνια ή εξελιχθεί σε σοβαρή μορφή (Hartjes, 2011).

Η νόσος ενδημεί σε περισσότερες από 100 χώρες, κυρίως της υποσαχάριας Αφρικής και της Ασίας. Στην Ελλάδα η νόσος εκριζώθηκε το 1974, μετά από εντατικό και επίπονο πρόγραμμα καταπολέμησης (1946–1960). Έκτοτε, καταγράφονται στην Ελλάδα ετησίως περίπου 30-50 κρούσματα που σχετίζονται (στη μεγάλη τους πλειοψηφία) με ταξίδι ή παραμονή σε ενδημική για την ελονοσία χώρα. Σποραδικά κρούσματα χωρίς ιστορικό ταξιδιού καταγράφηκαν το 1991, 1999, 2000, 2009 και το 2010 (Ανώνυμος, 2012). Από 01/01/2012 μέχρι και 03/09/2012 έχουν διαγνωστεί συνολικά στην Ελλάδα πενήντα ένα (51) κρούσματα ελονοσίας, εκ των οποίων τα 42 θεωρούνται εισαγόμενα (τριάντα εννιά αφορούν μετανάστες από ενδημικές χώρες και τρία Έλληνες ταξιδιώτες) με βάση το ιστορικό μετακινήσεων και το ιστορικό παλαιότερης νόσησης από ελονοσία. Σε όλους τους ασθενείς επιβεβαιώθηκε εργαστηριακά λοίμωξη με *P. vivax*, από τον Τομέα Παρασιτολογίας Εντομολογίας και Τροπικών Νόσων της Εθνικής Σχολής Δημόσιας Υγείας (ΕΣΔΥ) (Ανώνυμος, 2012).

2.2. Δάγκειος πυρετός

Ο δάγκειος πυρετός είναι μια νόσος που προκαλείται από τους ιούς DEN-1, DEN-2, DEN-3 ή DEN-4. Οι ιοί μεταδίδονται στον άνθρωπο από το τσίμπημα μολυσμένου κουνουπιού. Υπολογίζεται ότι οι περιπτώσεις δάγκειου πυρετού, σε παγκόσμιο επίπεδο, ανέρχονται στις 100 εκατομμύρια το χρόνο. Η σοβαρή μορφή της νόσου, η οποία μπορεί να είναι θανατηφόρος, ονομάζεται δάγκειος αιμορραγικός πυρετός. Η έγκαιρη διάγνωση και θεραπεία του δάγκειου αιμορραγικού πυρετού μειώνουν τη θνησιμότητα σε ποσοστό μικρότερο του 1% (Morens, 2009).

Ο δάγκειος ιός (DEN) είναι ένας μικρός μονοκλωνικός RNA ιός με τέσσερις διακριτούς ορότυπους (DEN-1 έως -4). Σχετίζονται στενά με οροτύπους που ανήκουν στο γένος των Φλαβοϊών, της οικογένειας των Flaviviridae. Το σωματιδίό του ιού είναι σφαιρικό με διάμετρο 50 nm και περιέχει πολλαπλά αντίγραφα των τριών δομικών πρωτεϊνών, ένα διπλόστρωμα μεμβράνης προερχόμενο από τον ξενιστή και ένα αντίγραφο μονόκλωνου RNA γονιδιώματος. Το γονιδίωμα κόπτεται από πρωτεάσες σε δομικές πρωτεΐνες (το καψίδιο, τη C, την prM, το πρόδρομο της μεμβράνης, την M, πρωτεΐνες του περιβλήματος, την E) και σε επτά μη δομικές

πρωτεΐνες (NS). Ξεχωριστοί γενότυποι έχουν αναγνωριστεί για κάθε ορότυπο, τονίζοντας τη μεγάλη γενετική μεταβλητότητά τους. Ο ιός περιβάλλεται από μία μεμβράνη λιπιδίων και 180 πανομοιότυπα αντίγραφα της πρωτεΐνης του περιβλήματος που βρίσκονται προσκολλημένα στην επιφάνεια της μεμβράνης με ένα βραχύ τμήμα διαμεμβράνης. Ο ρόλος της πρωτεΐνης του περιβλήματος είναι να συνδέεται σε ένα υποδοχέα στην επιφάνεια του κυττάρου ξενιστή και να ξεκινά την διαδικασία της μόλυνσης (Malavige et al., 2004).

Ο δάγκειος πυρετός μεταδίδεται με το τσίμπημα μολυσμένου κουνουπιού του γένους *Aedes*. Το κουνούπι παραλαμβάνει τον ιό αφότου τσιμπήσει μολυσμένο με δάγκειο ή δάγκειο αιμορραγικό πυρετό άνθρωπο, και περίπου μια εβδομάδα μετά τον μεταδίδει σε κάποιο υγιές άτομο μέσω του τσιμπήματός του. Ο δάγκειος πυρετός δε μεταδίδεται από άνθρωπο σε άνθρωπο (Morens, 2009).

Το κουνούπι *Aedes aegypti* είναι ο κύριος φορέας τόσο στις αγροτικές όσο και στις αστικές περιοχές. Ο ιός έχει επίσης απομονωθεί από το κουνούπι *Ae. albopictus* σε 4 περιπτώσεις ωστόσο, ο ρόλος αυτού του είδους ως φορέα χρειάζεται περαιτέρω έρευνες. Οι ιοί μεταδίδονται στους ανθρώπους με τσίμπημα από μολυσμένα κουνούπια *Aedes*. Τα κουνούπια μολύνονται με τον ιό είτε από τσίμπημα από άνθρωπο φορέα, είτε από εκ γενετής από τον γονέα τους. Μόλις μολυνθεί το κουνούπι μπορεί να μεταδώσει τον ιό για το υπόλοιπο της ζωής του. Ο ιός κυκλοφορεί στο αίμα ανθρώπων για 2-7 ημέρες. Αυτά τα κουνούπια είναι τροπικά και υποτροπικά είδη αλλά συναντώνται ευρέως σε όλο τον κόσμο, αλλά κυρίως σε περιοχές με θερμοκρασίες το χειμώνα $>10^{\circ}\text{C}$. Επίσης, λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών, τα *Ae. aegypti* είναι σχετικά σπάνιο να βρεθούν σε περιοχές με υψόμετρο πάνω από 1.000 μέτρα. Κατά τα ανήλικα στάδια του απαντάται κυρίως σε οικότοπους με νερό, ως επί το πλείστον σε τεχνητές δεξαμενές που συνδέονται στενά με οικίες και σε εσωτερικούς χώρους. Μελέτες δείχνουν ότι τα περισσότερα θηλυκά *Ae. aegypti* μπορεί να περνούν όλη τη ζωή τους μέσα ή γύρω από τα σπίτια όπου εμφανίστηκαν ως ενήλικα. Αυτό σημαίνει ότι ο ιός εξαπλώνεται ταχέως κυρίως από τους ανθρώπους μεταξύ των κοινοτήτων και όχι από τα κουνούπια (Gubler, 2002).

Η νόσος ενδημεί στην Αφρική, στα νησιά του Ινδικού Ωκεανού (Mayotte, Reunion), στο Νότιο Ειρηνικό (το 2011 αναφέρθηκαν κρούσματα στη Μαλαισία, στις Φιλιππίνες, στη Σιγκαπούρη, στην Ταϊλάνδη και στο βόρειο Queensland στην Αυστραλία). Τα τελευταία 50 χρόνια, η συχνότητα των κρουσμάτων έχει αυξηθεί 30 φορές με την αύξηση της γεωγραφικής επέκτασης και τη συνεχή μετακίνηση των

πληθυσμών. Υπολογίζεται πως 50 εκατομμύρια κρούσματα δάγκειου πυρετού καταγράφονται ετησίως και περίπου 2,5 δισεκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε ενδημικές χώρες. Έως τις 5 Αυγούστου 2011 αναφέρθηκαν 10840 κρούσματα δάγκειου αιμορραγικού πυρετού περισσότερα από 890.000 κρούσματα δάγκειου σε χώρες της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής όπως η Αρούμπα, η Βολιβία, η Βραζιλία, οι Μπαχάμες και η Παραγουάη. Το 1928 συνέβη πανδημία δάγκειου στην Ελλάδα, κατά την οποία προσεβλήθη το ¼ του συνολικού πληθυσμού. Μετά από πετυχημένα μέτρα Δημόσιας Υγείας ο δάγκειος πυρετός έχει εξαλειφθεί από την Ελλάδα, εδώ και πολλές δεκαετίες. Ομάδες υψηλού κινδύνου αποτελούν τα ηλικιωμένα άτομα, οι έγκυες γυναίκες και άτομα με συνοδά χρόνια νοσήματα (CDC, 2011). Τις τελευταίες δεκαετίες το κουνούπι *Ae. albopictus* έχει εξαπλωθεί από την Ασία στην Αφρική, την Αμερική και την Ευρώπη, κυρίως με τη βοήθεια του διεθνούς εμπορίου μεταχειρισμένων ελαστικών στα οποία εγκαθίστανται τα αυγά με το νερό της βροχής. Τα αυγά μπορούν να παραμείνουν βιώσιμα για πολλούς μήνες ακόμη και απουσία ύδατος (Gubler, 2002). Μετά από μια περίοδο επώασης 4 - 10 ημέρες, η μόλυνση από οποιονδήποτε από τους τέσσερις οροτύπους του ιού μπορεί να παράγει ένα ευρύ φάσμα συμπτωμάτων της ασθένειας, αν και οι περισσότερες λοιμώξεις είναι ασυμπτωματικές. Σημαντικό ρόλο παίζουν ατομικοί παράγοντες κινδύνου που καθορίζουν τη σοβαρότητα της νόσου και περιλαμβάνουν τη δευτερογενή λοίμωξη, την ηλικία, την εθνικότητα και πιθανώς χρόνιες ασθένειες (βρογχικού άσθματος, δρεπανοκυτταρική αναιμία και σακχαρώδης διαβήτης). Τα μικρά παιδιά, ειδικότερα, μπορεί να είναι λιγότερο ικανά από τους ενήλικες να αντισταθμίσουν μια τριχοειδή διαρροή και συνεπώς βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο να νοσήσουν από δάγκειο πυρετό (Hemungkorn et al., 2007).

Οι συμπτωματικές λοιμώξεις του δάγκειου πυρετού χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τον αδιαφοροποίητο πυρετό, το δάγκειο πυρετό (DF) και το δάγκειο αιμορραγικό πυρετό (DHF). Ο DHF χωρίζεται περαιτέρω σε τέσσερις βαθμούς αναλόγως τη σοβαρότητα του κρούσματος με τους βαθμούς III και IV, να ορίζονται ως σύνδρομο δάγκειου κλονισμού. Η ταξινόμηση σε επίπεδα σοβαρότητας έχει μεγάλη πρακτική σημασία καθώς δίνει τη δυνατότητα στους κλινικούς γιατρούς να διαχειριστούν αναλόγως τα περιστατικά (Hemungkorn et al., 2007).

Τα κυριότερα συμπτώματα του δάγκειου πυρετού, τα οποία εκδηλώνονται πιο ήπια στα μικρότερα παιδιά απ' ό,τι στα μεγαλύτερα και στους ενήλικες, είναι ο

υψηλός πυρετός, ο οξύς πονοκέφαλος, ο πόνος στη μέση, ο πόνος στις αρθρώσεις, η ναυτία, ο εμετός, ο πόνος στα μάτια και τα εξανθήματα (Hemungkorn et al., 2007).

Ο ιός του δάγκειου πυρετού, όπως και οι υπόλοιποι φλαβοϊοί, μπορούν να απομονωθούν από το αίμα ή άλλα υγρά και ιστούς των νοσούντων κατά την οξεία φάση της νόσου. Έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα κυτταροκαλλιέργειών (KK) για την απομόνωσή του, όπως καλλιέργειες κουνουπιών του γένους *Aedes* (Kettle, 1995). Η ορολογική διάγνωση επιτυγχάνεται κυρίως με δοκιμασίες ανοσοϊστοχημείας, ανοσοφθορισμού και ELISA (WHO, 2001b). Η ορολογική πιστοποίηση πρόσφατης νόσου στηρίζεται στη διαπίστωση ανύψωσης του τίτλου των αντισωμάτων ή την ανεύρεση IgM αντισωμάτων. Για τον ίδιο σκοπό χρησιμοποιείται επίσης η αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (PCR) (WHO, 2001b).

Δεν υπάρχει συγκεκριμένη φαρμακευτική αγωγή για τη θεραπεία της λοίμωξης από δάγκειο πυρετό. Οι πάσχοντες πρέπει να χρησιμοποιούν αναλγητικά με ακεταμινοφαίνη και να αποφεύγουν τα σκευάσματα που περιέχουν ασπιρίνη. Επίσης, πρέπει να ξεκουράζονται, να καταναλώνουν άφθονα υγρά και να συμβουλευονται γιατρό (WHO, 2000).

Το γεγονός ότι δεν υπάρχει εμβόλιο για το δάγκειο πυρετό περιορίζει τα προληπτικά μέτρα, τα οποία μπορεί να είναι τα εξής (WHO, 2000):

- έγκαιρη πληροφόρηση από τους αρμόδιους φορείς και ευρεία χρήση εντομοκτόνων (χημικών προνυμφοκτόνων και ακμαιοκτόνων)
- καταστροφή των πιθανών σημείων όπου ωτοκεί το κουνούπι *Ae. aegypti* τα αυγά του και κυρίως των τεχνητών ταμιευτήρων νερού
- άδειασμα και απολύμανση των διαφόρων αντικειμένων που χρησιμοποιούνται για τη συγκέντρωση νερού (πλαστικά δοχεία, βαρέλια, κουβάδες, βάζα ή πιθάρια)
- προστασία των εσωτερικών χώρων με σίτες σε παράθυρα και πόρτες
- επάλειψη του ακάλυπτου δέρματος με εντομοαπωθητικά που περιέχουν ως συστατικό το DEET σε διάλυση 20-30%

Η πρόληψη της επιδημικής έξαρσης του δάγκειου πυρετού μπορεί να επιτευχθεί κυρίως με την εφαρμογή εκ μέρους της κάθε κοινότητας ενός διαρκούς προγράμματος πλήρους αντιμετώπισης των κουνουπιών με περιορισμένη χρήση εντομοκτόνων (χημικών προνυμφοκτόνων και ακμαιοκτόνων). Η πρόληψη των επιδημιών απαιτεί συντονισμένες προσπάθειες από την τοπική κοινότητα για την καλύτερη πληροφόρηση και ενημέρωση σχετικά με το δάγκειο και το δάγκειο αιμορραγικό πυρετό, τον τρόπο αναγνώρισής τους και τις μεθόδους αντιμετώπισης

των κουνουπιών που τον μεταδίδουν. Για παράδειγμα οι κάτοικοι των περιοχών με δάγκειο έχουν την υποχρέωση να μην αφήνουν στις αυλές ή τους κήπους τους δοχεία ή εστίες, όπου να μπορούν να αναπαραχθούν τα κουνούπια (WHO, 2002).

2.3. Κίτρινος πυρετός

Ο κίτρινος πυρετός είναι ιογενής λοίμωξη που προκαλείται από τον ιό του κίτρινου πυρετού (γένος *Flavivirus*). Ο κίτρινος πυρετός μεταδίδεται με φορείς μέσω τσιμπήματος μολυσμένου κουνουπιού, κυρίως *Aedes* ή *Haemagogus* και *Sabethes* spp. Διακρίνονται 3 βασικοί κύκλοι μετάδοσης, ο δασώδης (ζούγκλας), ο ενδιάμεσος (σαβάνας) και ο αστικός (Monath, 2001):

- Στο δασώδη (ζούγκλας) κύκλο η μετάδοση του ιού συμβαίνει ανάμεσα σε πρωτεύοντα θηλαστικά και σε είδη κουνουπιών που εντοπίζονται στο δάσος. Η μετάδοση γίνεται μέσω κουνουπιών από τα πρωτεύοντα στον άνθρωπο κατά την επίσκεψη στη ζούγκλα για εργασία ή αναψυχή.

- Στην Αφρική, ένας ενδιάμεσος (σαβάνας) κύκλος περιλαμβάνει μετάδοση του ιού από *Aedes* spp. που φωλιάζουν σε τρύπες δέντρων σε ανθρώπους που ζουν ή εργάζονται στα όρια της ζούγκλας. Σε αυτόν τον κύκλο η μετάδοση πραγματοποιείται μέσω των κουνουπιών είτε από πρωτεύον σε άνθρωπο είτε από άνθρωπο σε άνθρωπο.

- Ο αστικός κύκλος μετάδοσης περιλαμβάνει μετάδοση του ιού μεταξύ ανθρώπων και κουνουπιών, κυρίως *Ae. aegypti*.

Μπορεί να γίνει με κάθετη μετάδοση μέσω των κουνουπιών *Ae. aegypti* και κυρίως των θηλυκών. Τα κουνούπια αυτά είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά σε ξηρά περιβάλλοντα και ζουν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η εμφάνιση της κάθετης μετάδοσης έχει δύο σημαντικές επιδημιολογικές επιπτώσεις. Η πρώτη είναι ότι ο ιός μπορεί να μεταδοθεί μόνο λίγες ημέρες μετά την εμφάνιση του θηλυκού *Ae. aegypti*, θεωρητικά στο πρώτο τους κιάλας γεύμα, χωρίς να καθυστερήσει μέχρι να ολοκληρωθεί ο κύκλος των 8 έως 12 ημερών. Η δεύτερη συνέπεια είναι ότι ο ιός μπορεί να παραμείνει στην περιοχή μέχρι την επόμενη περίοδο των βροχών στα μολυσμένα αυγά των κουνουπιών σε τόπους αναπαραγωγής, όπως τα χρησιμοποιημένα ελαστικά και παλιά σκεύη (Tomori, 2004).

Η οριζόντια μετάδοση μπορεί να συμβεί με έναν από τους παρακάτω τρόπους, ανάλογα με οικολογικούς παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό επαφής με ευπαθείς ξενιστές (Tomori, 2004):

- Συντήρηση κύκλων, με μια σχετικά σταθερή συχνότητα της λοίμωξης: ο ιός εμφανίζεται με τη μορφή ενδημίας
- Κύκλοι ενίσχυσης, με αύξηση της ποσότητας του κυκλοφορούντος ιού: ο ιός εμφανίζεται με τη μορφή επιδημίας

Ένας αριθμός οικολογικών παραγόντων μπορούν να επηρεάσουν την οριζόντια μετάδοση. Ο βαθμός επαφής μεταξύ των ευαίσθητων ξενιστών, και συνεπώς ο τρόπος μετάδοσης εξαρτάται από την ποσότητα του ιού, την πληθώρα των φορέων και τους ξενιστές.

Τα άτομα που προσβάλλονται από τον ιό του κίτρινου πυρετού εμφανίζουν υψηλά επίπεδα αιμίας και μπορούν να μεταδώσουν τον ιό στα κουνούπια πριν την εμφάνιση πυρετού κατά τις 3-5 πρώτες μέρες της νόσου. Λόγω των υψηλών επιπέδων αιμίας η μετάδοση θεωρητικά μπορεί να συμβεί μέσω μετάγγισης ή μολυσμένης βελόνας (Monath, 2001).

Ο κίτρινος πυρετός ενδημεί στην υποσαχάριο Αφρική (δυτικά της Σενεγάλης έως ανατολικά της Σομαλίας και νότια της Ζάμπιας) και στην τροπική Νότια Αμερική, όπου παρατηρούνται και σποραδικές επιδημίες. Τα περισσότερα κρούσματα από τη νόσο οφείλονται στο δασώδη ή στον ενδιάμεσο κύκλο μετάδοσης. Ο αστικός κύκλος μετάδοσης συναντάται περιοδικά στην Αφρική και σποραδικά στην τροπική Νότια Αμερική. Στην Αφρική η φυσική ανοσία αθροίζεται με την πάροδο της ηλικίας και για το λόγο αυτό τα βρέφη και τα παιδιά είναι σε υψηλότερο κίνδυνο. Στη Νότια Αμερική ο κίτρινος πυρετός απαντάται συχνότερα σε νέους άνδρες χωρίς ανοσία που είναι εκτεθειμένοι στα κουνούπια λόγω της εργασίας τους σε περιοχές της ζούγκλας ή στα όρια με τη ζούγκλα. Κίνδυνος για τον ταξιδιώτη υφίσταται σε όλες τις χώρες ή τις περιοχές όπου συμβαίνει μετάδοση του ιού του κίτρινου πυρετού. Ο κίνδυνος αυτός εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το ιστορικό εμβολιασμού, η διάρκεια του ταξιδιού, η εποχή, ο τόπος και η περιοχή παραμονής καθώς επίσης και οι δραστηριότητες του ταξιδιώτη (Barnett et al., 2008).

Ασυμπτωματική ή κλινικά ασυμπτωματική λοίμωξη εμφανίζεται στα περισσότερα άτομα που έχουν μολυνθεί με κίτρινο πυρετό. Για τους ανθρώπους που αναπτύσσουν συμπτωματική ασθένεια, η περίοδος επώασης είναι συνήθως 3-6 ημέρες. Η αρχική ασθένεια παρουσιάζεται ως μια μη ειδική γρίπη με ξαφνική εμφάνιση πυρετού, ρίγη, κεφαλαλγία, οσφυαλγία, μυαλγίες, κατάπωση, ναυτία και έμετο. Οι περισσότεροι ασθενείς βελτιώνονται μετά την αρχική παρουσίαση των

συμπτωμάτων. Μετά από μια σύντομη διαγραφή, όμως, περίπου ωρών έως μία ημέρα, περίπου το 15% των ασθενών υποτροπιάζουν προς μια πιο σοβαρή ή τοξική μορφή της νόσου που χαρακτηρίζεται από ίκτερο, αιμορραγικά συμπτώματα, και τελικά σοκ και συνολική ανεπάρκεια οργάνων. Η υπόθεση θνητότητας οφείλεται κυρίως σε ηπατονεφρική δυσλειτουργία και υπολογίζεται σε 20%-50% (Gardner and Ryman, 2010).

Ο μεγαλύτερος αριθμός κρουσμάτων καταγράφηκε στη Νιγηρία όπου κατά τη περίοδο 1984-1993 εντοπίστηκαν περισσότερα από 20.000 κρούσματα σε ανθρώπους και 4.000 περίπου θάνατοι. Στην Κένυα ο κίτρινος πυρετός, εκδηλώθηκε μέσω του δασικού κύκλου, μετά από απουσία 50 χρόνων, αναγκάζοντας τις υγειονομικές αρχές της χώρας να προχωρήσουν σε εμβολιασμό ενός εκατομμυρίου κατοίκων στις περιοχές υψηλού κινδύνου (Vainio and Cutts, 1998).

Στη Νότια Αμερική, ο κίτρινος πυρετός μεταδίδεται σχεδόν αποκλειστικά με το δασικό κύκλο και οι χώρες στις οποίες έχουν καταγραφεί κρούσματα είναι η Βολιβία, η Βραζιλία, η Κολομβία, ο Ισημερινός και το Περού. Η πλειονότητα των περιπτώσεων αυτών ανήκε στον ανδρικό πληθυσμό που ζούσε ή εργαζόταν στα τροπικά δάση. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας εκτιμά ότι οι επίσημα καταγεγραμμένοι αριθμοί κρουσμάτων αντιπροσωπεύουν ένα μικρό μόνο ποσοστό του συνόλου, το οποίο υπολογίζεται έως και 200.000 κρούσματα ετησίως (Vainio and Cutts, 1998).

Για την Ελλάδα μέχρι πρόσφατα, η μετάδοση του κίτρινου πυρετού, με τις παρούσες συνθήκες δεν ήταν δυνατή καθώς ο σημαντικότερος ίσως ενδιάμεσος ξενιστής της λοίμωξης, το είδος *Ae. aegypti*, δεν έχει καταγραφεί τα τελευταία 60 περίπου χρόνια, αν και παλαιότερα ενδημούσε στη χώρα μας. Όμως, με την πρόσφατη είσοδο και εγκατάσταση ενός άλλου ικανού φορέα του ιού, του *Ae. albopictus*, στην Ελλάδα, ο κίνδυνος εμφάνισης του ιού του κίτρινου πυρετού, στην Ελλάδα ή την Ευρώπη είναι πλέον ορατός (Reiter, 2010b).

Ξεκούραση, υγρά, και χρήση αναλγητικών και αντιπυρετικών μπορεί να ανακουφίσει τα συμπτώματα του πυρετού και του πόνου. Πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή πρόσληψης ορισμένων φαρμάκων, όπως η ασπιρίνη ή μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη φάρμακα, που μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο για αιμορραγία. Οι ασθενείς θα πρέπει να προστατεύονται από περαιτέρω έκθεση στα κουνούπια (παραμονή σε κλειστούς χώρους ή κάτω από μια κουνουπιέρα) κατά τη

διάρκεια των πρώτων ημερών της ασθένειας, έτσι ώστε να μην συμβάλλουν στον κύκλο μετάδοσης (Monath, 2001).

Τα προληπτικά μέτρα περιλαμβάνουν την προστασία από τα έντομα (κουνούπια, κρότωνες και άλλα αρθρόποδα) και το εμβόλιο κατά του κίτρινου πυρετού. Το εμβόλιο του κίτρινου πυρετού συστήνεται σε όλους τους ταξιδιώτες ≥ 9 μηνών που θα επισκεφθούν χώρες και περιοχές στην Αφρική και τη Νότια Αμερική με κίνδυνο μετάδοσης του ιού του κίτρινου πυρετού και σε όσους το απαιτεί η χώρα προορισμού τους (Gardner and Ryman, 2010).

2.4. Ιός του Δυτικού Νείλου

Ο ιός του Δυτικού Νείλου (WNV) απομονώθηκε για πρώτη φορά το 1937 στην περιοχή του Δυτικού Νείλου της Ουγκάντα. Ο ιός WNV ανήκει στην οικογένεια *Flaviviridae*, γένος *Flavivirus* και υπάγεται στην αντιγονική ομάδα Β, των αρμποϊών. Ο WNV ανήκει στους φλαβοϊούς, στην ίδια οικογένεια δηλαδή που ανήκει ο ιός του δάγγειου και του κίτρινου πυρετού, της εγκεφαλίτιδας του Saint Louis, της ιαπωνικής και της κροταγενούς εγκεφαλίτιδας. Ο WNV είναι ένα μικρός σφαιρικός ιός με διάμετρο 50 nm και ένα λιπιδικό περίβλημα που περιβάλλει ένα εικοσαεδρικό νουκλεοκαψίδιο που αποτελείται από πρωτεΐνες καψιδίου που σχετίζονται με το RNA γονιδίωμα του (De Filette et al., 2012).



Εικόνα 8: Η δομή του ιού του Δυτικού Νείλου (από De Filette et al., 2012 τροποποιημένο).

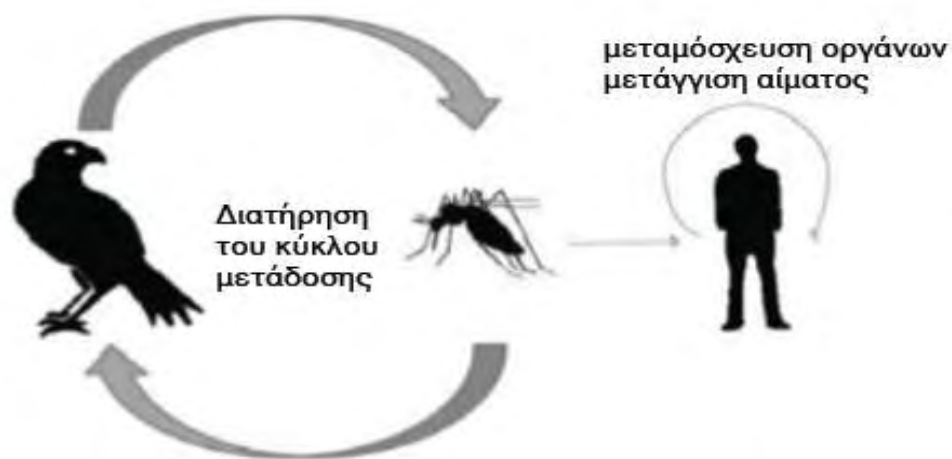
Από τα μέσα της δεκαετίας του 1990, τα κρούσματα του πυρετού του Δυτικού Νείλου και της εγκεφαλίτιδας έχουν σημειωθεί σε όλο τον κόσμο. Ο ιός του Δυτικού Νείλου είναι ενδημικός τώρα στην Αφρική, την Ασία, την Αυστραλία, τη Μέση Ανατολή, την Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Στον κύκλο μετάδοσης του ιού

συμμετέχουν ως κύριοι ξενιστές τα άγρια πτηνά, ως ενδιάμεσοι τα κουνούπια ενώ ο άνθρωπος και διάφορα άλλα θηλαστικά ως περιστασιακοί ξενιστές. Ο WNV έχει απομονωθεί από 43 είδη κουνουπιών, με επικρατέστερο το γένος *Culex*. Στην Ευρώπη κύριοι φορείς είναι τα *Cx. pipiens*, *Cx. modestus* και *Co. richiardii* (Hubalek and Halouzka, 1999). Επιτυχής μετάδοση πειραματικά έχει περιγραφεί και στα *Culiseta longiareolata*, *Cx. tritaeniorhynchus* και *Ae. albopictus* (Karabatsos, 1985). Τα μολυσμένα κουνούπια φέρουν τον ιό στους σιελογόνους αδένες στις 10-15 ημέρες μετά το γεύμα τους, σε μολυσμένο ξενιστή (πτηνό) (Medical Net, 2004). Διωθηκική (transovarian) μετάδοση του ιού έχει παρατηρηθεί στα *Cx. tritaeniorhynchus*, *Ae. aegypti* και *Ae. albopictus*, αν και σε πολύ χαμηλά επίπεδα (Hubalek and Halouzka, 1999).

Ειδικότερα, διωθηκική (transovarian) μετάδοση του ιού χαρακτηρίζεται η μόλυνση των ωαρίων του ξενιστή με τον παθογόνο παράγοντα, ο οποίος με τον τρόπο αυτό, μεταδίδεται σε άλλους ξενιστές από τους απογόνους, που αναπτύσσονται από τα μολυσμένα ωάρια.

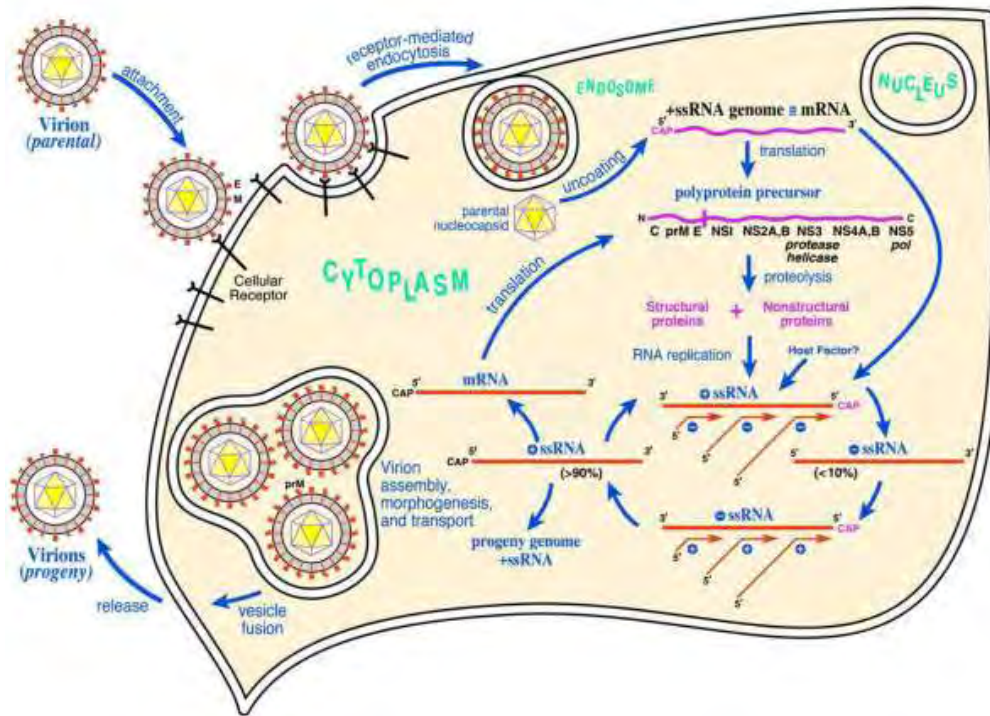
Ο ιός έχει απομονωθεί από τουλάχιστον 138 διαφορετικά είδη υδρόβιων και χερσαίων πτηνών (Karabatsos, 1985). Τα μολυσμένα πτηνά, 1-4 ημέρες μετά την έκθεση, εμφανίζουν υψηλή και μακράς διάρκειας ιαιμία (viremia) αλλά στη συνέχεια αποκτούν ανοσία εφ' όρου ζωής (Hubalek and Halouzka, 1999). Ο ιός παραμένει στα όργανα των μολυσμένων πτηνών, όπως οι πάπιες και τα περιστέρια για 20-100 ημέρες. Τα αποδημητικά πτηνά αποτελούν συχνά μέσο διάδοσης του ιού και εισαγωγής του σε εύκρατες περιοχές της Ευρώπης και της Ασίας (Hubalek and Halouzka, 1999).

Ο κύριος τρόπος μετάδοσης της λοίμωξης στον άνθρωπο γίνεται μέσω τσιμπήματος από μολυσμένα κουνούπια. Μολονότι πολλά διαφορετικά είδη κουνουπιών είναι ικανά για τη διατήρηση αυτού του κύκλου, τα είδη του γένους *Culex* παίζουν το σημαντικότερο ρόλο στη μετάδοση του ιού (Rossi et al., 2011). Ο βαθμός μετάδοσης του ιού στον άνθρωπο εξαρτάται από την αφθονία και τον τρόπο που τρέφονται τα μολυσμένα κουνούπια, την τοπική οικολογία και τις συμπεριφορές που επηρεάζουν την έκθεση των ανθρώπων στα κουνούπια (Diamond, 2009).



Εικόνα 9: Κύκλος μετάδοσης του WNV (από Rossi et al., 2011 τροποποιημένο).

Άλλοι τρόποι μετάδοσης του WNV έχουν τεκμηριωθεί, αλλά συμβαίνουν σπάνια. Για παράδειγμα, η μετάδοση του WNV μπορεί να συμβεί από μια μολυσμένη μητέρα στο νεογέννητο κατά τη γέννηση ή το θηλασμό (Hinckley et al., 2007). Επιπρόσθετοι τρόποι μετάδοσης αποτελούν οι μεταγγίσεις αίματος (Biggerstaff et al., 2003) και η μεταμόσχευση οργάνων (Iwamoto et al., 2003).



Εικόνα 10: Ο βιολογικός κύκλος του ιού του Δυτικού Νείλου (από Rossi et al., 2011 τροποποιημένο).

Μετά από ένα τσίμπημα κουνουπιού, ο WNV μολύνει κερατινοκύτταρα και τα κύτταρα Langerhans, τα οποία μεταναστεύουν σε τοπικούς λεμφαδένες, όπου λαμβάνει αρχικά χώρα η αντιγραφή του ιού. Πιο συγκεκριμένα, ο ικός φάκελος συντήκεται με την κυτταρική μεμβράνη του ξενιστή. Στη συνέχεια, μετά την απομάκρυνση του νουκλεοκαψιδίου, απελευθερώνεται το RNA γενετικό υλικό του ιού στο κυτταρόπλασμα. Το γονιδίωμα του ιού χρησιμεύει ως αγγελιοφόρο RNA (mRNA) για τη μετάφραση όλων των ιικών πρωτεϊνών και ως εκμαγείο κατά τη διάρκεια της αντιγραφής του RNA. Αντίγραφα του στη συνέχεια συσκευάζονται εντός νέων σωματιδίων ιού, τα οποία μεταφέρονται σε κυστίδια στην κυτταρική μεμβράνη. Στη συνέχεια, ο WNV εξαπλώνεται συστηματικά σε σπλαχνικά όργανα, όπως τα νεφρά και ο σπλήνας, όπου ένας δεύτερος γύρος αντιγραφής λαμβάνει χώρα σε επιθηλιακά κύτταρα και μακροφάγα αντίστοιχα. Ανάλογα με το επίπεδο της ιαιμίας, ο WNV μπορεί να διασχίσει τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό (BBB) και να προκαλέσει μηνιγγοεγκεφαλίτιδα (Lim et al., 2011).

Υπάρχουν τρεις κλινικές κατηγορίες μόλυνσης από τον ιό του Δυτικού Νείλου: η ασυμπτωματική, ο πυρετός του Δυτικού Νείλου και η μηνιγγοεγκεφαλίτιδα

του ιού του Δυτικού Νείλου. Οι περισσότεροι άνθρωποι εμφανίζουν την ασυμπτωματική μόλυνση. Μετά το τσίμπημα από μολυσμένο κουνούπι μεσολαβούν 2 με 14 μέρες (περίοδος επώασης) μέχρι την εμφάνιση των συμπτωμάτων. Συνήθη συμπτώματα του πυρετού του Δυτικού Νείλου είναι η απότομη εκδήλωση υψηλού πυρετού (συνήθως άνω των 39°C), πονοκέφαλος, μυαλγίες, και γαστρεντερικά συμπτώματα. Άλλα συμπτώματα είναι αδυναμία, φαρυγγίτιδα, αρθραλγίες, διόγκωση των λεμφαδένων και δερματικά εξανθήματα. Τα συμπτώματα φεύγουν σε 4-7 μέρες χωρίς να αφήσουν κατάλοιπα. Λιγότερο από 1 στα 100 άτομα (κυρίως άτομα μεγαλύτερης ηλικίας) αναπτύσσουν τη σοβαρή μορφή της νόσου (εγκεφαλίτιδα / μηνιγγίτιδα). Οι ασθενείς που αναπτύσσουν τη βαριά μορφή της νόσου, συχνά ξεκινούν με ένα τυπικό πυρετό του Δυτικού Νείλου που προοδευτικά επιφέρει αλλαγές στη διανοητική κατάσταση, εγκεφαλική δυσλειτουργία και κάποιες φορές κόμα. Άλλες νευρολογικές διαταραχές μπορεί να περιλαμβάνουν μειωμένα αντανακλαστικά, αδυναμία μυών και αναπνευστική ανεπάρκεια. Έχουν αναφερθεί και κινησιολογικές δυσλειτουργίες. Η ανάρρωση είναι πλήρης, λιγότερο γρήγορη στους ενήλικες σε σχέση με τα παιδιά, συχνά συνοδευόμενη με παρατεταμένης διάρκειας μυαλγίες και αδυναμία (Garg and Jambol, 2005).

Τα εργαστηριακά ευρήματα περιλαμβάνουν μικρή αύξηση της ταχύτητας καθίζησης των ερυθρών αιμοσφαιρίων και ήπια λευκοκυττάρωση. Το εγκεφαλονωτιαίο υγρό σε ασθενείς με νευρολογική συμπτωματολογία είναι διαυγές με μέτρια πλειοκυττάρωση και αυξημένη πρωτεΐνη. Ο ιός μπορεί να απομονωθεί από το αίμα μέχρι 10 ημέρες μετά τη μόλυνση σε ανοσοεπαρκείς πυρετικούς ασθενείς και μέχρι 22 έως 28 ημέρες σε ανοσοκατεσταλμένους. Η αιχμή της ιαιμίας παρατηρείται 4 με 8 ημέρες μετά τη μόλυνση (Deubel and Zeller, 2001).

Το μεγαλύτερο ξέσπασμα του WNV στην Ευρώπη μέχρι σήμερα ήταν στη Ρουμανία το 1996, όταν 800 κλινικές περιπτώσεις της νόσου αναφέρθηκαν ενώ σε 393 περιπτώσεις επιβεβαιώθηκε η παρουσία του WNV. Από το 1997 έως το 2010 στην Ευρώπη, οι λοιμώξεις του WNV έχουν παρατηρηθεί σποραδικά στην Πορτογαλία, την Ισπανία, τη Γαλλία, την Τσεχία, την Ουγγαρία, την Ιταλία και τη Ρωσία (De Filette, 2012).

Το καλοκαίρι-φθινόπωρο 2010 εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην Ελλάδα επιδημία λοίμωξης από τον ιό του Δυτικού Νείλου η οποία αποτέλεσε το δεύτερο μεγαλύτερο ξέσπασμα της ασθένειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ). Από τις αρχές Αυγούστου μέχρι το Νοέμβριο του 2010, διαγνώστηκαν συνολικά 262 περιστατικά,

από τα οποία 191 ήταν κρούσματα με εκδηλώσεις από το κεντρικό νευρικό σύστημα (εγκεφαλίτιδα ή/και μηνιγγίτιδα ή οξεία χαλαρή παράλυση) και 71 κρούσματα με ήπιες εκδηλώσεις (κυρίως εμπύρετο νόσημα). Σημειώθηκαν συνολικά 35 θάνατοι, όλοι σε υπερήλικα άτομα με υποκείμενα νοσήματα. Το 2011 διαγνώστηκαν συνολικά 101 κρούσματα λοίμωξης από τον ιό του Δυτικού Νείλου, από τα οποία 76 εμφάνισαν εκδηλώσεις από το κεντρικό νευρικό σύστημα (εγκεφαλίτιδα ή/και μηνιγγίτιδα ή/και οξεία χαλαρή παράλυση) και 25 κρούσματα με ήπιες εκδηλώσεις (εμπύρετο νόσημα). Καταγράφηκαν 9 θάνατοι σε ασθενείς άνω των 65 ετών και με υποκείμενα νοσήματα. Το τελευταίο περιστατικό εμφάνισε συμπτώματα στις 18 Οκτωβρίου 2011 (Ανώνυμος, 2011). Όσον αφορά τα κρούσματα του Δυτικού Νείλου για το 2012, από την αρχή της περιόδου μέχρι και τις 16/08/2012 έχουν διαγνωστεί 60 κρούσματα λοίμωξης από τον ιό του Δυτικού Νείλου και έχουν καταγραφεί τρεις θάνατοι. Από τα 60 κρούσματα, τα 47 εμφάνισαν εκδηλώσεις από το κεντρικό νευρικό σύστημα (εγκεφαλίτιδα ή/και μηνιγγίτιδα ή/και οξεία χαλαρή παράλυση) και 13 κρούσματα ήπιες εκδηλώσεις (εμπύρετο νόσημα) (Ανώνυμος, 2012).

Δεν υπάρχει διαθέσιμο εμβόλιο για τον άνθρωπο μέχρι σήμερα αν και γίνονται πολλές κλινικές δοκιμές (Biedenbender et al., 2011). Αυτή τη στιγμή υπάρχουν τρία εμβόλια WNV ειδικά για άλογα. Το πρώτο εμβόλιο περιέχει ένα αδρανοποιημένο σε φορμαλίνη ολόκληρο τον ιό του Δυτικού Νείλου. Αυτό το εμβόλιο σήμερα χρησιμοποιείται υπό την εμπορική ονομασία του West Nile Innovator και είναι αρκετά αποτελεσματικό. Τα υπόλοιπα δύο εμβόλια κατά του WNV στα άλογα είναι το Vetera® και το χιμαιρικό ανασυνδυασμένο Recombitek® Equine (Dauphin and Zientara, 2007).

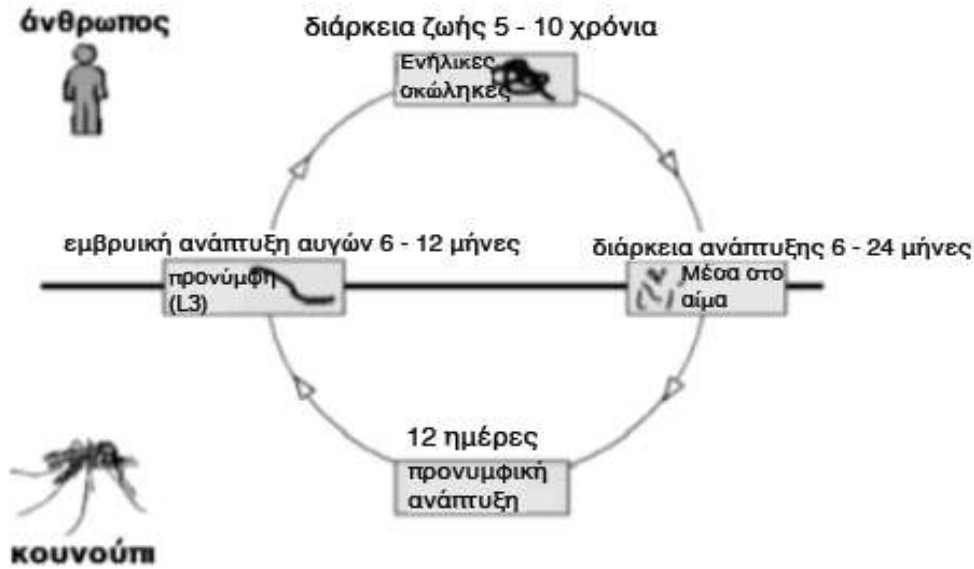
Ο καλύτερος τρόπος για την πρόληψη του ιού του Δυτικού Νείλου και άλλες ασθένειες είναι η αποφυγή έκθεσης σε κουνούπια και η μείωση των εστιών αναπαραγωγής των κουνουπιών (Ανώνυμος, 2011).

2.5. Φιλαρίαση

Οι φιλαριάσεις αποτελούν ομάδα νοσημάτων οφειλόμενες σε νηματώδεις σκώληκες της τάξης Filarioidea. Η πιο γνωστή είναι η λεμφική φιλαρίαση ή αλλιώς ελεφαντίαση. Πάνω από 1,3 δισεκατομμύρια άνθρωποι σε 72 χώρες παρουσιάζουν αυξημένη πιθανότητα να μολυνθούν με λεμφική φιλαρίαση. Περίπου το 65% των ατόμων που έχουν μολυνθεί ζουν στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ασίας, το 30% στην περιοχή της Αφρικής, και το υπόλοιπο σε άλλες τροπικές περιοχές. Το υπεύθυνο

παράσιτο για το 90% της συγκεκριμένης νόσου είναι η *Wuchereria bancrofti* (Chandy et al., 2011).

Τα παράσιτα έχουν ένα σύνθετο κύκλο ζωής ξεκινώντας ως προνύμφες στο σώμα του ξενιστή και στη συνέχεια μέσω τσιμπήματος μεταφέρονται στον επόμενο ξενιστή όπου ωριμάζουν σε μικροφιλάριας. Οι μικροφιλάριας κυκλοφορούν στο αίμα των ξενιστών και ωριμάζουν σε ενήλικες μορφές. Στη συνέχεια οι ενήλικες μορφές, αρσενικό και θηλυκό σκουλήκι, γονιμοποιούνται και γεννούν μικροφιλάριας οι οποίες με ένα 'γεύμα' αίματος του ξενιστή μεταφέρονται στον επόμενο ξενιστή για να συνεχίσουν μ' αυτό τον τρόπο το σύνθετο κύκλο της ζωής τους. Τα ενήλικα του νηματώδους ζουν μέσα στους λεμφαδένες και στα λεμφαγγεία, τα οποία αποφράσσει τελικώς, προκαλώντας την εντυπωσιακή κλινική εικόνα της ελεφαντίασης. Ο ενήλικος σκώληκας ζει για 6-8 χρόνια και, κατά τη διάρκεια της ζωής τους, παράγει εκατομμύρια μικροφιλάριας που κυκλοφορούν στο αίμα. Η λεμφική φιλαρίαση μεταδίδεται από διάφορα είδη κουνουπιών, όπως τα *Culex* spp., σε αστικές και ημιαστικές περιοχές, τα *Anopheles* spp. κυρίως στις αγροτικές περιοχές, και τα *Aedes* spp., κυρίως σε νησιά του Ειρηνικού (Katiyar and Singh, 2011).



Εικόνα 11: Βιολογικός κύκλος του *Wuchereria bancrofti*, κύρια αιτία της λεμφικής φιλαρίασης (από Stolk et al., 2005 τροποποιημένο): Οι ενήλικες σκώληκες (macrofilariae) βρίσκονται στο λεμφικό σύστημα του ανθρώπινου ξενιστή, όπου ζουν για 5-10 χρόνια. Μετά τη γονιμοποίησή τους από αρσενικούς σκώληκες, τα θηλυκά μπορούν να παράγουν εκατομμύρια μικροφιλάρια (microfilariae: mf), οι οποίες εντοπίζονται στην κυκλοφορία του αίματος και έχουν διάρκεια ζωής 6-24 μήνες.

Ένα κουνούπι που προσλαμβάνει ένα γεύμα αίματος λαμβάνει και κάποιες μικροφιλάρια. Μέσα στο κουνούπι, οι μικροφιλάρια αναπτύσσονται σε περίπου 12 ημέρες σε προνύμφες τρίτης ηλικίας (L3), οι οποίες είναι μολυσματικές για τον άνθρωπο. Όταν το κουνούπι λαμβάνει ένα γεύμα αίματος, οι προνύμφες (L3) μπορούν να εισέλθουν στο ανθρώπινο σώμα, να μεταναστεύσουν στο λεμφικό σύστημα και να αναπτυχθούν σε ώριμα ενήλικα σκουλήκια. Η περίοδος των ανήλικων σταδίων διαρκεί περίπου 6-12 μήνες. Οι μικροφιλάρια δεν μπορούν να εξελιχθούν σε ενήλικα σκουλήκια χωρίς να μεσολαβήσει ένα κουνούπι φορέας.

Η λεμφική φιλαρίαση περιλαμβάνει ασυμπτωματικές, οξείες και χρόνιες καταστάσεις. Η πλειοψηφία των μολύνσεων είναι ασυμπτωματικές, χωρίς να εμφανίζονται εξωτερικά σημεία της μόλυνσης. Αυτές οι ασυμπτωματικές λοιμώξεις μπορεί να προκαλέσουν βλάβη στο λεμφικό σύστημα και τα νεφρά, καθώς και να μεταβάλλουν τη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος. Οξεία επεισόδια

φλεγμονής εντοπισμένα στο δέρμα, τους λεμφαδένες και τα λεμφικά αγγεία συχνά συνοδεύουν το χρόνιο λεμφοίδημα ή την ελεφαντίαση. Μερικά από αυτά τα επεισόδια προκαλούνται από ανοσολογική απόκριση του ξενιστή στο παράσιτο. Ωστόσο, τα περισσότερα είναι αποτέλεσμα της βακτηριακής μόλυνσης του δέρματος το οποίο έχει χάσει τους ανοσολογικούς μηχανισμούς άμυνας λόγω υποκείμενης βλάβης του λεμφικού συστήματος (Chandy et al., 2011).

Όταν η λεμφική φιλαρίαση εξελίσσεται σε χρόνιες καταστάσεις, οδηγεί σε λεμφοίδημα (πρήξιμο των ιστών) ή ελεφαντίαση (πάχυνση ιστών) των άκρων και υδροκήλη (συσσώρευση υγρού). Η συμμετοχή των μαστών και των γεννητικών οργάνων είναι κοινή. Οι παραμορφώσεις του σώματος που προκαλεί η λεμφική φιλαρίαση μπορεί να οδηγήσουν σε κοινωνικό στιγματισμό, ενώ οι οικονομικές δυσκολίες από την απώλεια του εισοδήματος και την αύξηση των ιατρικών εξόδων είναι σημαντικές (Zeldenryk et al., 2011).

Η συνιστώμενη θεραπεία της φιλαρίας συνίσταται στην πρόσληψη ενός συνδυασμού δύο φαρμακευτικών σκευασμάτων, των albendazole (400 mg) με είτε plus ivermectin (150-200 mcg/kg) ή diethylcarbamazine citrate (DEC) (6 mg/kg) (Palumbo, 2008). Η αντιμετώπιση των κουνουπιών είναι ένα άλλο μέτρο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καταστείλει τη μετάδοση της λεμφικής φιλαρίας. Μέτρα όπως χρήση κουνουπιέρων ή ψεκασμοί μπορεί να βοηθήσουν στην προστασία των πληθυσμών σε ενδημικές περιοχές (Katiyar and Singh, 2011).

3. Καταπολέμηση κουνουπιών-φορέων

Πλήθος παθογόνων και παρασίτων του ανθρώπου μεταδίδονται από τα κουνούπια. Η Μεσογειακή λεκάνη και ιδιαίτερα η Ελλάδα αποτελούν πύλη εισόδου ασθενειών που μεταδίδονται από παράσιτα από χώρες του Νότου και της Ανατολής, όπου οι ασθένειες αυτές ενδημούν. Ταυτόχρονα όμως, μπορούν να αποτελέσουν ζώνη παρακολούθησης των οδών μετάδοσης αλλά και ασπίδα προστασίας της ευρωπαϊκής ενδοχώρας από τις ασθένειες αυτές.

Η καταπολέμηση των κουνουπιών αλλά και ο έλεγχος των ασθενειών που μεταδίδονται από αυτά, πρέπει σε κάθε περίπτωση να στηριχθεί σε κεντρικό σχεδιασμό, μέσα από έλεγχο και δράσεις που να διασφαλίζουν την ελαχιστοποίηση των πιθανοτήτων μετάδοσης της μολυσματικής νόσου. Οι λόγοι που επιβάλλουν την εφαρμογή των έργων καταπολέμησης των κουνουπιών είναι:

- Προστασία της Δημόσιας Υγείας

- Αναβάθμιση της Ποιότητας Ζωής
- Οικονομική & Τουριστική Ανάπτυξη

Η αποτελεσματική αντιμετώπιση των κουνουπιών (διατήρηση των πληθυσμών τους σε χαμηλά επίπεδα) πρέπει να βασίζεται σε ένα πρόγραμμα ολοκληρωμένης διαχείρισης, το οποίο συνδυάζει όλες τις διαθέσιμες μεθόδους με τον πλέον αποτελεσματικό, οικονομικό και ασφαλή τρόπο. Απαραίτητα στοιχεία ενός τέτοιου προγράμματος αντιμετώπισης κουνουπιών είναι η παρακολούθηση πληθυσμών, η μείωση των εστιών αναπαραγωγής, η χημική καταπολέμηση, η διαχείριση της ανθεκτικότητας των κουνουπιών στα εντομοκτόνα, η βιολογική αντιμετώπιση και η αξιολόγηση του αποτελέσματος των μεθόδων καταπολέμησης (Karunamoorthi, 2011).

Η παρακολούθηση των πληθυσμών αποσκοπεί στην ταυτοποίηση των ειδών κουνουπιών, καθώς και στην εκτίμηση της δυναμικής των πληθυσμών τους σε σχέση με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η χαρτογράφηση των εστιών αναπαραγωγής, καθώς και η διατήρηση αναλυτικών στοιχείων της σύνθεσης των πληθυσμών των κουνουπιών.

Η μείωση των εστιών αναπαραγωγής αποτελεί τον πλέον μόνιμο, αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο αντιμετώπισης των κουνουπιών σε αρκετές περιοχές. Η στρατηγική αυτή περιλαμβάνει μέτρα απλού υγειονομικού χαρακτήρα, όπως σωστή διαχείριση ελαστικών και καθαρισμός παράνομων χωματερών, καθώς και πιο σύνθετα που πραγματοποιούνται σε επίπεδο περιοχής, όπως η κατακράτηση και διαχείριση των υδάτων λιμνών, ποταμών κ.α.

Η χρήση εντομοκτόνων σκευασμάτων καθίσταται απαραίτητη στην περίπτωση που τα μέτρα διαχείρισης των εστιών αναπαραγωγής αποτύχουν να διατηρήσουν τον πληθυσμό των κουνουπιών κάτω από το επιθυμητό όριο πυκνότητας. Σκοπός της προνυμφοκτονίας είναι να διατηρήσει τον κίνδυνο μετάδοσης των ασθενειών χαμηλό «εξουδετερώνοντας» ένα σημαντικό τμήμα του πληθυσμού των κουνουπιών-φορέων πριν την ενηλικίωση και τη διασπορά τους. Η λεπτομερής χαρτογράφηση των εστιών αναπαραγωγής αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση μιας αποτελεσματικής προνυμφοκτονίας.

Η χρήση βιολογικών μέσων καταπολέμησης μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο σε προγράμματα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης κουνουπιών. Πλήθος οργανισμών, όπως υδρόβια έντομα, εντομοπαθογόνοι νηματώδεις και μύκητες καθώς και βακτήρια (*Bacillus thuringensis*) έχουν χρησιμοποιηθεί ως μέσα βιολογικής καταπολέμησης

κουνουπιών, ωστόσο το *Gambusia affinis* (είδος ψαριού) που τρέφεται με προνύμφες κουνουπιών αποτελεί το πλέον αποτελεσματικό από αυτά.

Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μέτρων αντιμετώπισης των πληθυσμών των ενηλίκων, αποτελεί απαραίτητο στοιχείο των προγραμμάτων ολοκληρωμένης αντιμετώπισης των κουνουπιών, ενώ παρόμοιες μέθοδοι μπορούν να εφαρμοστούν όπου είναι εφικτό και για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των προνυμφοκτονιών. Η αξιολόγηση των προγραμμάτων αντιμετώπισης κουνουπιών περιλαμβάνει: εκτίμηση της πυκνότητας του πληθυσμού-στόχου πριν και μετά την εφαρμογή των εντομοκτόνων, με χρήση μεθόδων παγίδευσης ενηλίκων και δειγματοληψίες προνυμφών εντός και εκτός της περιοχής εφαρμογής των σκευασμάτων, καθορισμό του ποσοστού μόλυνσης του πληθυσμού των κουνουπιών πριν και μετά την εφαρμογή των εντομοκτόνων, και καταγραφή των καιρικών συνθηκών που επικρατούν κατά τη διάρκεια των ψεκασμών.

3.1. Παρακολούθηση πληθυσμών

Η παρακολούθηση των πληθυσμών αποσκοπεί στην ταυτοποίηση των ειδών κουνουπιών, καθώς και στην εκτίμηση της δυναμικής των πληθυσμών τους σε σχέση με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η χαρτογράφηση των εστιών αναπαραγωγής, καθώς και η διατήρηση αναλυτικών στοιχείων της σύνθεσης των πληθυσμών των κουνουπιών. Η δειγματοληψία προνυμφών κουνουπιών αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την εκτίμηση της πυκνότητας ενός είδους καθώς και της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής των προνυμφοκτόνων σκευασμάτων. Η ταυτοποίηση των ειδών γίνεται αποκλειστικά από τις προνύμφες 4^{ου} σταδίου, ενώ προνύμφες νεαρότερης ηλικίας θα πρέπει να εκτραφούν υπό εργαστηριακές συνθήκες, προκειμένου να καταστεί δυνατή η ταυτοποίησή τους. Η παρακολούθηση των ενηλίκων: i) επιβεβαιώνει την ύπαρξη κουνουπιών φορέων σε μια συγκεκριμένη περιοχή, ii) συμβάλλει στην εκτίμηση της πληθυσμιακής τους πυκνότητας, iii) θέτει πληθυσμιακά όρια πέραν των οποίων απαιτούνται μέτρα καταπολέμησης και iv) χρησιμοποιείται στην εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των εφαρμοζόμενων μεθόδων αντιμετώπισης (CDC, 2003).

3.2. Μείωση εστιών αναπαραγωγής

Η μείωση των εστιών αναπαραγωγής αποτελεί τον πλέον μόνιμο, αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο αντιμετώπισης των κουνουπιών σε αρκετές

περιοχές. Η στρατηγική αυτή περιλαμβάνει μέτρα απλού υγειονομικού χαρακτήρα, όπως σωστή διαχείριση ελαστικών και καθαρισμός παράνομων χωματερών, καθώς και πιο σύνθετα που πραγματοποιούνται σε επίπεδο περιοχής, όπως η κατακράτηση και διαχείριση των υδάτων λιμνών, ποταμών (CDC, 2003).

Είναι γνωστό ότι οι εστίες ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων των κουνουπιών διαφέρουν από είδος σε είδος, αλλά γενικά ισχύει ότι για τα είδη που αναπτύσσονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις νερών, όπως λίμνες, έλη, ποτάμια και αρδευτικά ή αποστραγγιστικά κανάλια, τα αυγά, οι προνύμφες και οι νύμφες των κουνουπιών συγκεντρώνονται συνήθως στις όχθες όπου υπάρχει βλάστηση και η κίνηση του νερού είναι αργή. Ο καθαρισμός των εστιών αυτών από τη βλάστηση, όταν αυτό είναι δυνατό, διευκολύνει την κίνηση του νερού που παρασύρει και τα ατελή στάδια των κουνουπιών.

Εάν η έκταση του προβλήματος είναι μεγάλη, θα πρέπει να εξεταστεί η δυνατότητα αποστράγγισης ορισμένων εκτάσεων, ενώ μικρές κοιλότητες του εδάφους συχνά είναι σκόπιμο να επιχωματωθούν. Εκτός των παραπάνω, άλλες ενέργειες που μπορούν να συντελέσουν αποτελεσματικά στον περιορισμό της ανάπτυξης προνυμφών κουνουπιών σε μια περιοχή είναι οι ακόλουθες (ΚΕΕΛΠΝΟ, 2010):

- Τα δοχεία αποθήκευσης νερού να είναι ερμητικά κλεισμένα.
- Το νερό να αδειάζει όταν δεν χρειάζεται πλέον και τα δοχεία φύλαξής του να αποθηκεύονται αναποδογυρισμένα.
- Οι υδρορροές να καθαρίζονται τακτικά ώστε το νερό της βροχής να ρέει απρόσκοπτα.
- Το νερό στα ανθοδοχεία αλλά και στα δοχεία από όπου πίνουν νερό τα ζώα θα πρέπει να αλλάζει εάν είναι δυνατό καθημερινά και τα δοχεία να ξεπλένονται.
- Αντικείμενα που μπορούν να κρατήσουν νερό βροχής ή ποτίσματος, όπως για παράδειγμα τα άδεια κυτία από κονσέρβες ή αναψυκτικά, παλιά ελαστικά αυτοκινήτων, να καταστρέφονται πριν πεταχτούν.
- Τα άχρηστα αντικείμενα να μη πετιούνται σε ανοικτούς χώρους μέσα ή γύρω στις κατοικημένες περιοχές.
- Οι βόθροι να είναι ερμητικά κλεισμένοι και ο αγωγός εξαερισμού να καλύπτεται με λεπτή μεταλλική σήτα.

- Οι υπόνομοι και γενικά τα συστήματα αποχέτευσης, στα σημεία που διαθέτουν σχάρες απορροής λυμάτων, πρέπει να καθαρίζονται τακτικά από τα σκουπίδια, ώστε το νερό να φεύγει απρόσκοπτα.
- Τα συστήματα ύδρευσης και αποχέτευσης να ελέγχονται τακτικά και να επισκευάζονται τυχόν διαρροές.
- Το νερό στις κολυμβητικές δεξαμενές πρέπει να ανανεώνεται και να χλωριώνεται τακτικά ενώ πρέπει να αδειάζουν όταν δε χρησιμοποιούνται για μεγάλο διάστημα.
- Δεν πρέπει να λιμνάζει νερό γύρω από τα πηγάδια (που πρέπει πάντα να είναι ερμητικά καλυμμένα), δεξαμενές, και στέρνες,.
- Να αποφεύγεται η υπερχειλίση των δεξαμενών και των αρδευτικών καναλιών.

3.3. Μηχανικά μέσα

Ένα επιπρόσθετο μέτρο για την αντιμετώπιση των κουνουπιών είναι η τοποθέτηση παγίδων. Έχει παρατηρηθεί ότι σκουρόχρωμες παγίδες καλυμμένες με διαφανή κολλητική ουσία συλλαμβάνει τα ενήλικα έντομα των κουνουπιών. Οι παγίδες αυτές είναι καλό να τοποθετούνται σε σημεία εκτροφής και αναπαραγωγής των κουνουπιών. Το ύψος τοποθέτησης των παγίδων από το έδαφος εξαρτάται από το είδος των κουνουπιών. Η τοποθέτηση στις παγίδες αυτές και διαφόρων ελκυστικών ουσιών για τα έντομα μπορεί να αυξήσει τη συλλογή τους. Όπως είναι γνωστό τα αρσενικά τρέφονται από υγρά με γλυκιά γεύση ενώ τα θηλυκά και από ανθρώπινο αίμα (Ανώνυμος, 2011).

Τέλος, στα μηχανικά μέσα συγκαταλέγονται όλα τα μέτρα που συμβάλλουν στην αποστράγγιση ή μείωση των εστιών ανάπτυξης των προνυμφών των κουνουπιών. Η ανάπτυξη και ο πολλαπλασιασμός των κουνουπιών μπορεί να γίνει σε έλη, ελαττωματικά αποχετευτικά συστήματα σπιτιών, ξενοδοχείων και εργοστασίων, εγκαταλελειμμένες δεξαμενές, ποτίστρες ζώων, εγκαταλελειμμένα δοχεία, όπως ντεπόζιτα, γυάλινα σκεύη, λάστιχα αυτοκινήτων, βάρκες, κουτιά και κοιλότητες δένδρων. Περιορισμός ή καταστροφή των μέσων αυτών της εκτροφής των κουνουπιών συμβάλλει αποτελεσματικά στην άμεση καταπολέμηση των κουνουπιών. Η παρεμπόδιση της εισόδου των ενήλικων κουνουπιών σε υποστατικά, σπίτια ή γραφεία με την τοποθέτηση κουνουπιέρων ή λεπτών δικτυωτών πλεγμάτων, είναι ένα μέτρο που συμβάλλει σε μια άνετη και χωρίς προβλήματα διαβίωση των πολιτών (Ανώνυμος, 2011).

Η εφαρμογή των παραπάνω μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην αντιμετώπιση ορισμένων ειδών κουνουπιών, και γι' αυτό τα μέτρα αυτά θα πρέπει να γίνονται συχνά αντικείμενο της ενημέρωσης του κοινού από τους φορείς που είναι υπεύθυνοι για την οργάνωση και υλοποίηση των προγραμμάτων αντιμετώπισης των κουνουπιών σε μια περιοχή.

3.4. Χημικά μέσα

Τα εντομοκτόνα είναι χημικές ή βιολογικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για την εξόντωση ή την απόθνηση στοχευόμενων οργανισμών. Σε πολλές περιπτώσεις έχουν σχεδιαστεί για να επηρεάσουν το ανοσοποιητικό, αναπαραγωγικό, ή και το νευρικό σύστημα των εντόμων. Η χρήση εντομοκτόνων σκευασμάτων καθίσταται απαραίτητη στην περίπτωση που τα μέτρα διαχείρισης των εστιών αναπαραγωγής αποτύχουν να διατηρήσουν τον πληθυσμό των κουνουπιών κάτω από το επιθυμητό όριο πυκνότητας (CDC, 2003).

Η χρήση χημικών ουσιών (εντομοκτόνα) για την καταπολέμηση των κουνουπιών ήταν εντατική μετά το Β' παγκόσμιο πόλεμο. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) συνέβαλε στην εξάλειψη της ελονοσίας από 36 χώρες, κυρίως με ψεκασμούς με DDT. Σύμφωνα με τους Novak και Lampman (2001) ο αριθμός των περιπτώσεων ελονοσίας στην Ινδία έχει μειωθεί από 75 εκατομμύρια άτομα σε 150.000 και οι θάνατοι από 750.000 έως 1.500 κατά τη διάρκεια της περιόδου 1952 - 1966, κυρίως λόγω της χρήσης των οργανοχλωριωμένων εντομοκτόνων. Όμως, η εκτεταμένη χρήση εντομοκτόνων έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των πληθυσμών ωφέλιμων εντόμων, τη μόλυνση του περιβάλλοντος, την ανίχνευση υπολειμμάτων εντομοκτόνων σε τρόφιμα, τη βιοσυσώρευση των εντομοκτόνων σε οργανισμούς που δεν αποτελούν στόχο, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου. Επιπλέον, σε ορισμένες χώρες, πολλά είδη κουνουπιών άρχισαν να αναπτύσσουν μηχανισμούς ανθεκτικότητας (Novak and Lampman, 2001; Kumar and Hwang, 2006).

Το DDT (p,p'-Dichloro-diphenyl-trichloroethane) αποδείχθηκε εξαιρετικά αποτελεσματικό για την εξολόθρευση των κουνουπιών και άλλων εντόμων και παρασίτων, έτσι γρήγορα αποτέλεσε σημαντικό εργαλείο στην καταπολέμηση της ελονοσίας, του τύφου και άλλων παρασιτικών ασθενειών. Το DDT παρασκευάστηκε το 1874 από τον Othmar Zeidler, ο οποίος δεν αναγνώρισε τις εντομοκτόνες ιδιότητές του. Η ανακάλυψη των εντομοκτόνων ιδιοτήτων του DDT και η χρήση του ως εντομοκτόνου έγινε πολύ αργότερα, κατά τη δεκαετία του 1930 από τον Paul

Hermann Müller, χημικό της χημικής βιομηχανίας Geigy Pharmaceuticals στην Ελβετία κατά την έρευνά του για την καταπολέμηση των εντόμων της πατάτας και του σκώρου των ρούχων (Davis, 1971), ο οποίος το 1948 τιμήθηκε με το Βραβείο Νόμπελ για τη Φυσιολογία και την Ιατρική γι' αυτή του την ανακάλυψη.

Το DDT αρχικά έγινε γνωστό κατά τη χρήση του από αμερικανικά στρατεύματα το 1942-43 σε ελώδεις περιοχές της Ευρώπης και της Ασίας. Η πιο σημαντική επιτυχία της χρήσης του DDT υπήρξε η καταπολέμηση της επιδημίας του τύφου στην Νάπολη τον Ιανουάριο του 1944. Ένα εκατομμύριο κατοίκοι ραντίστηκαν με το εντομοκτόνο και η επιδημία εξαφανίστηκε. Ήταν η πρώτη φορά που μια παρασιτική ασθένεια σταμάτησε σε τόσο σύντομο διάστημα με την εφαρμογή χημικών εντομοκτόνων. Η φήμη του DDT επεκτάθηκε και χρησιμοποιήθηκε για την καταπολέμηση της ελονοσίας στις μάχες του Νότιου Ειρηνικού, χωρίς να προκαλεί συμπτώματα στα στρατεύματα που ραντίζονταν με την άσπρη σκόνη.

Μετά το 1945 το DDT άρχισε να χρησιμοποιείται συστηματικά στην καταπολέμηση των κουνουπιών και άλλων εντόμων στην Ευρώπη, στην Ινδία, τη σημερινή Σρι Λάνκα και τη Νότιο Αμερική. Το 1955 ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας άρχισε να χρησιμοποιεί το DDT ευρύτατα για την καταπολέμηση της ελονοσίας σε όλο τον κόσμο λόγω της αποτελεσματικότητας και της εύκολης και φθηνής εφαρμογής του. Στη συνέχεια όμως άρχισαν να καταγράφονται ορισμένα συμπτώματα γονιμότητας και τοξικότητας σε έμβια όντα. Μια από τις πρώτες παρατηρήσεις, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ήταν η μείωση των πληθυσμών αρπακτικών πουλιών (γεράκια, αετοί) που τρέφονται με ποντίκια και άλλα μικρότερα πτηνά. Μερικές εργασίες εμφανίστηκαν σε επιστημονικά περιοδικά για περιπτώσεις γερακιών των οποίων το κέλυφος των αυγών ήταν λεπτό, με αποτέλεσμα να σπάει πρόωρα και οι νεοσσοί να πεθαίνουν σε σύντομο διάστημα (Davison and Shell, 1974). Νεότερες έρευνες έδειξαν ότι το DDT και οι μεταβολίτες του (όπως το DDE) επιδρούσαν στο αναπαραγωγικό σύστημα, στο μεταβολισμό του ασβεστίου και στην εναπόθεσή του στο κέλυφος του αυγού, γεγονός που προκαλούσε την εκλέπτυνση του κελύφους των αυγών. Σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (όταν η χρήση του DDT είχε φθάσει τους 40.000 τόνους στις ΗΠΑ) οι επιστήμονες είχαν επισημάνει τις αρνητικές επιπτώσεις της βιοσυσσώρευσης και μια σειρά από άλλα τοξικολογικά δεδομένα του εντομοκτόνου (Ratcliffe, 1967).

Οι πρώτες ενδείξεις επιπτώσεων σε αρπακτικά γεράκια και αετούς και η βιοσυσσώρευση στο περιβάλλον και στους λιπαρούς ιστούς ώθησαν στις αρχές του 1970 τις Σκανδιναβικές χώρες να απαγορεύσουν τη χρήση του στη γεωργία και το 1972 η νεοσύστατη Environmental Protection Agency (EPA) απαγόρευσε το DDT για τις περισσότερες γεωργικές χρήσεις και ταξινόμησε το εντομοκτόνο στην κατηγορία δύο (II) από άποψη τοξικότητας. Πολύ σύντομα ακολούθησαν οι άλλες ανεπτυγμένες βιομηχανικές χώρες. Στην Ελλάδα απαγορεύθηκε το 1977 (WHO, 1995).

Στις μέρες μας τέσσερα εντομοκτόνα χρησιμοποιούνται συνήθως για την καταπολέμηση των κουνουπιών είναι (Stahl, 2002):

- Scourge: Το Scourge (δραστικό συστατικό: resmethrin) είναι ένα συνθετικό πυρεθροειδές εντομοκτόνο. Τα πυρεθροειδή επηρεάζουν το νευρικό σύστημα ενώ μπορεί επίσης να προκαλέσουν προβλήματα στο ήπαρ, στο θυροειδή, το ανοσοποιητικό και το ενδοκρινικό σύστημα. Το Scourge περιέχει επίσης τη χημική ένωση piperonyl butoxide/piperonyl με συνεργιστική δράση η οποία έχει χαρακτηριστεί από την EPA ως πιθανό καρκινογόνο για τον άνθρωπο.
- Anvil: Το Anvil (δραστικό συστατικό: sumithrin) είναι ένα συνθετικό πυρεθροειδές εντομοκτόνο, το οποίο μπορεί να επηρεάσει το κεντρικό νευρικό σύστημα. Το Anvil περιέχει 10% piperonyl butoxide/piperonyl. Η Sumithrin έδειξε σημαντική οιστρογονικότητα σε μια μελέτη του 1998. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να προάγει την ανάπτυξη καρκινικών όγκων στα αναπαραγωγικά όργανα, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου του μαστού και του καρκίνου του προστάτη (Garey and Wolf, 1998).
- Permethrin: Η Permethrin είναι ένα συνθετικό πυρεθροειδές εντομοκτόνο με έντονη νευροτοξική δράση, ειδικά σε παιδιά. Η Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) έχει χαρακτηρίσει τη συγκεκριμένη ουσία ως καρκινογόνα για τον άνθρωπο και έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί βλάβη του ανοσοποιητικού συστήματος, καθώς και γενετικές ανωμαλίες. Τα πυρεθροειδή είναι πολύ τοξικά για τα ψάρια, τα καρκινοειδή, και τις μέλισσες. Για το λόγο αυτό, η EPA έχει απαγορεύσει την άμεση εφαρμογή τους σε υδάτινα αποθέματα.
- Malathion: Το Malathion είναι ένα οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο που μπορεί να προκαλέσει οξεία και μακροπρόθεσμα νευρολογικά προβλήματα υγείας. Το Malathion χαρακτηρίζεται από την EPA ως ένα χαμηλού επιπέδου δυναμικότητας καρκινογόνο. Είναι τοξικό για τα ψάρια και ιδιαίτερα τοξικό για υδρόβια ασπόνδυλα και αμφίβια.

Τα παρασκευάσματα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για την καταπολέμηση των ενηλίκων (ακμαιοκτόνα) και των προνυμφών (προνυμοκτόνα). Η νέα τάση είναι η χρησιμοποίηση εντομοκτόνων ταχείας και συντόμου δράσης με τις λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Επίσης χρησιμοποιούνται προνυμοκτόνα που ανήκουν στην κατηγορία των Ρυθμιστών Ανάπτυξης των Εντόμων (I.G.R.) (Du Dim (Diflubenzuron), Vectobac SL). Στη χημική καταπολέμηση αναφέρουμε τη χρήση διαφόρων λαδιών γνωστών ως “Sun Oil” τα οποία χρησιμοποιούμενα εναντίον των προνυμφών σχηματίζουν μια λεπτή κρούστα στην επιφάνεια των νερών των λιμνών, υδατοφρακτών, ελών. Έτσι οι προνύμφες των κουνουπιών που βρίσκονται στα λιμνάζοντα νερά πεθαίνουν από ασφυξία.

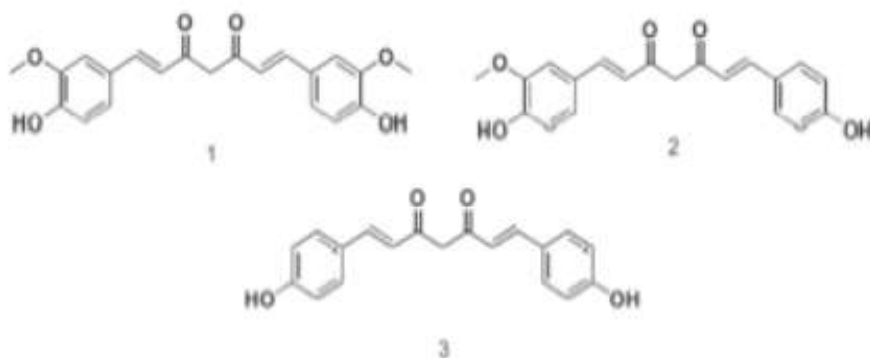
Οι επιπτώσεις των εντομοκτόνων στην υγεία περιλαμβάνουν τόσο οξεία όσο και χρόνια προβλήματα. Οι οξείες επιδράσεις στην υγεία εμφανίζονται αμέσως μετά την έκθεση σε αυτά και μπορεί να περιλαμβάνουν: ερεθισμό στο δέρμα και τα μάτια, πονοκεφάλους, ζάλη και ναυτία, αδυναμία, δυσκολία στην αναπνοή, διανοητική σύγχυση και αποπροσανατολισμός, σπασμοί, κώμα και θάνατο. Οι χρόνιες επιπτώσεις στην υγεία μπορεί να μην είναι εμφανείς μέχρι μήνες ή χρόνια μετά την έκθεση. Περιλαμβάνουν διαταραχές στο νευρικό, στο αναπαραγωγικό, στο ανοσοποιητικό και λεμφικό σύστημα και την εμφάνιση καρκίνου. Τα παιδιά μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην έκθεση σε εντομοκτόνα λόγω του μικρού μεγέθους του σώματός τους και του ανώριμου ανοσοποιητικού συστήματος. Παρά το γεγονός ότι ο καθένας είναι σε κίνδυνο από την έκθεση, οι πιο ευάλωτες ομάδες είναι τα παιδιά, οι έγκυες γυναίκες, οι ηλικιωμένοι, οι ασθενείς που υποβάλλονται σε χημειοθεραπεία και τα άτομα με εξασθενημένο ανοσοποιητικό σύστημα (Stahl, 2002).

3.4.1. Εκχυλίσματα φυτών

Το γένος *Curcuma* περιλαμβάνει πάνω από 70 είδη ριζωματοειδών βοτάνων που ανήκουν στην οικογένεια των Zingiberaceae. Αν και τα περισσότερα από τα είδη *Curcuma* ευδοκιμούν σε ορεινές περιοχές του κόσμου, ορισμένα είδη, όπως το *Curcuma longa* (*C. zedoaria* και *C. Amada* καλλιεργούνται εκτενώς ως λαχανικά, μπαχαρικά και για καλλυντικές χρήσεις σε χώρες της Νότιας και Νοτιοανατολικής Ασίας (Singh et al., 2002). Τα ριζώματα και τα φύλλα των εν λόγω φυτών δίνουν πτητικά έλαια όταν αποστάζονται με ατμό ή εκχυλίζονται με διαλύτη. Οι κύριες ουσίες που συναντώνται στα αιθέρια έλαια και τα εκχυλίσματα των πιο ευρέως

μελετώμενων ειδών είναι οι εξής: xanthorrhizol, 1H-3a, 7-methanoazulene, curcumene, 1,8-cineole, p-cymene, phellandrene, tumerone, 1,8-cineole, 7-zingiberene, turmerone, 9-oxoneoprocumamol and neoprocumamol (Zhu et al., 2008; Madhu et al., 2010). Το βιοδραστικό δυναμικό των ελαίων της *Curcuma* και των ακατέργαστων εκχυλισμάτων αυτού του φυτού κατά των κουνουπιών και των προνυμφών τους έχει αναφερθεί παλαιότερα (Pitasawat et al., 2003). Πρόσφατες μελέτες έδειξαν τις αποθητικές ιδιότητες των εκχυλισμάτων του συγκεκριμένου φυτού έναντι τριών διαφορετικών κουνουπιών: *Ae. albopictus*, *Ae. aegypti* και *Cx. pipiens* (Zhu et al., 2008). Επιπρόσθετα, ακατέργαστο εκχύλισμα του ίδιου φυτού δοκιμάστηκε εναντίον προνυμφών των ειδών *An. stephensi* και *Cx. quinquefasciatus* και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ήταν αποτελεσματικά ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις (Singha and Chandra, 2011).

Στη μελέτη των Sagnou et al. (2012), ο επιτυχής διαχωρισμός των συστατικών των κουρκουμινοειδών από ένα εμπορικά διαθέσιμο εκχύλισμα κουρκούμης έδωσε σε υψηλή καθαρότητα τα εξής προϊόντα (κουρκουμίνη, διμεθοξικουρκουμίνη και δις-διμεθοξικουρκουμίνη) τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως παράγοντες αντιμετώπισης του φορέα της ελονοσίας. Αυτά τα αποτελέσματα τεκμηριώνουν την άποψη ότι η κουρκουμίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μη τοξικό φυσικό προϊόν είτε άμεσα, είτε με τη μορφή υψηλά εμπλουτισμένου φυσικού εκχυλίσματος, χωρίς καμία σημαντική ανεπιθύμητη επίπτωση για το περιβάλλον (Sagnou et al., 2012).



Εικόνα 12: Χημική δομή των κουρκουμινοειδών (Sagnou et al., 2012).

3.5. Βιολογική καταπολέμηση

Η βιολογική καταπολέμηση ορίζεται από το Διεθνή Οργανισμό Βιολογικής Καταπολέμησης (IOBC): «...ως η στρατηγική διαχείρισης των εχθρών με όλες τις διαθέσιμες μεθόδους, με οικολογικά, τοξικολογικά και οικονομικά κριτήρια, προκειμένου να διατηρήσει τους πληθυσμούς κάτω από το οικονομικό όριο, δίνοντας προτεραιότητα σε φυσικούς περιοριστικούς παράγοντες». Η βιολογική αντιμετώπιση των κουνουπιών γενικά βασίζεται στη χρησιμοποίηση οργανισμών, οι οποίοι δρουν είτε ως αρπακτικά, είτε ως παθογόνα σε κάποιο από τα στάδια των κουνουπιών, συνήθως στα ανήλικα. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της χημικής, διότι οι οργανισμοί που χρησιμοποιούνται είναι αρκετά εκλεκτικοί και συνεπώς σχετικά ακίνδυνοι και φιλικοί προς το περιβάλλον.

Σχετικά με τις προνύμφες των κουνουπιών, έχει διαπιστωθεί η αποτελεσματική δράση ενός σχετικά μεγάλου αριθμού παθογόνων για τα κουνούπια μικροοργανισμών ενώ για πολλούς από αυτούς έχουν γίνει και εξακολουθούν να γίνονται διεθνώς πολλές προσπάθειες για την παραγωγή και εκμετάλλευσή τους σε ευρεία κλίμακα.

Ιστορικά, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες βιολογικές μέθοδοι καταπολέμησης των κουνουπιών και των προνυμφών τους. Η βιολογική καταπολέμηση περιλαμβάνει τη χρήση φυσικών εχθρών των κουνουπιών όπως τα λαβροφάγα ψάρια, νηματώδεις, παθογόνα βακτήρια, μύκητες, παθογόνα φυτά (*Azolla*) και παράγωγά τους. Η πιο επιτυχημένη μέθοδος για την αντιμετώπιση των κουνουπιών είναι τα λαβροφάγα ψάρια, και τα βιολογικά παρασκευάσματα που προέρχονται από τα βακτήρια *Bacillus ispacelensis thuringiensis* και *Bacillus sphaericus* που έχουν ως στόχο τις προνύμφες των κουνουπιών. Τα πλεονεκτήματα των βιολογικών παραγόντων αντιμετώπισης των προνυμφών σε σύγκριση με τη χρήση χημικών ουσιών περιλαμβάνουν την αποτελεσματικότητά τους σε σχετικά χαμηλές δόσεις, την ασφάλεια όσον αφορά την ανθρώπινη υγεία, το χαμηλό κόστος παραγωγής και το χαμηλότερο κίνδυνο ανάπτυξης ανθεκτικότητας (Walker, 2002).

3.5.1. Βιολογικά παρασκευάσματα

Τα μόνα φυσικά παθογόνα που έχουν αποδώσει και σε εμπορική κλίμακα είναι σκευάσματα των παθογόνων βακίλων *Bacillus thuringiensis* sp. *israelensis* [serotype H- 14] (B.t.i.) και του *Bacillus sphaericus* (B.s.). Σχετικά με το B.t.i., εντομοκτόνο ρόλο διαδραματίζουν τα σπόρια του βακίλου και όχι ο ζωντανός

βάκιλος. Τα σπόρια παράγουν τοξίνες οι οποίες όταν καταναλωθούν προκαλούν βλάβη στο πεπτικό σύστημα των προνυμφών των κουνουπιών ενώ είναι αβλαβείς για άλλους οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου. Για να είναι όμως αποτελεσματικό ένα σκεύασμα B.t, θα πρέπει να χρησιμοποιείται όταν οι προνύμφες που υπάρχουν στο υδάτινο μέσο είναι ως και την αρχή της 4^{ης} ηλικίας, γιατί μπορεί να δράσει μόνο στα στάδια που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες τροφής. Επίσης, δεν ανακυκλώνεται στο περιβάλλον και γι' αυτό απαιτούνται επανειλημμένες εφαρμογές. Παρόμοιες ιδιότητες έχει και το B.s, το οποίο έχει το πλεονέκτημα ότι ανακυκλώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό στο περιβάλλον και μπορεί να διατηρεί την προνυμφοκτόνα του δράση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικό ενάντια των ειδών *Culex* spp. και *Anopheles* spp. Η εκτεταμένη του χρήση όμως είχε σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση ανθεκτικών πληθυσμών σε αυτό στις περιοχές της Γαλλίας και της Βραζιλίας. Οι ανθεκτικοί πληθυσμοί χαρακτηρίζονται από την έκκριση πρωτεασών στο έντερο οι οποίες απενεργοποιούν τις πρόδρομες μορφές των τοξινών του B.s. Για αυτό το λόγο η χρήση του απαιτεί προσοχή (Poopathi and Abidha, 2010).

Εντομοκτόνα βιολογικής προέλευσης, με βάση το B.t.i και το B.s., χρησιμοποιούνται σε πολλές χώρες, με σημαντική επιτυχία στη μείωση του πληθυσμού των προνυμφών των κουνουπιών. Στη χώρα μας, μέχρι στιγμής (2011), κυκλοφορεί μόνο ένα εγκεκριμένο σκεύασμα B.t.i. (Vectobac 12SC), η χρήση του οποίου επιτρέπεται ελεύθερα και σε ορυζώνες.

Γενικά τα βιολογικά σκευάσματα, παρά το γεγονός ότι θεωρούνται περισσότερο ασφαλή για το περιβάλλον, παρουσιάζουν ορισμένα μειονεκτήματα που περιορίζουν σημαντικά τη χρήση τους. Τα μειονεκτήματα αυτά είναι συνήθως το υψηλότερο κόστος (λόγω του τρόπου παρασκευής τους), η μικρή υπολειμματική τους διάρκεια, το γεγονός ότι η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τις συνθήκες περιβάλλοντος και τέλος η υψηλή εξειδίκευση του προσωπικού που θα τα εφαρμόσει.

3.5.2. Εντομοφάγοι οργανισμοί

Στη βιολογική καταπολέμηση είναι σημαντικό να αναφέρουμε και μερικά εντομοφάγα ή σαρκοφάγα φυτά. Τα φυτά αυτά έχουν την καταπληκτική ικανότητα, με τη βοήθεια ορισμένων οργάνων τους να συλλαμβάνουν έντομα τα οποία, στη συνέχεια, με κατάλληλες διεργασίες, τα μετατρέπουν σε αφομοιώσιμες ουσίες,

πλούσιες σε άζωτο. Έχει παρατηρηθεί ότι τα φυτά αυτά, κάπου 400 είδη, βρίσκονται σε υγρά βαλτώδη μέρη ή ακόμη και μέσα στο νερό, όπου η περιεκτικότητα του εδάφους και του νερού σε άζωτο είναι χαμηλή. Επιπρόσθετα, υπάρχουν αρκετά πουλιά που τρέφονται με τις προνύμφες των κουνουπιών (υδρόβια πουλιά) ή με τα ενήλικα έντομα κατά τη διάρκεια της πτήσης των πουλιών (Shaalan and Canyon, 2009).

Τέλος, υπάρχουν σποραδικές βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με την ικανότητα μερικών εντόμων να παίζουν το ρόλο του θηρευτή κουνουπιών. Μερικά παραδείγματα είναι το αρπακτικό έντομο *Emesopsi streiti* το οποίο καταναλώνει ενήλικα κουνούπια (Kovac and Yang, 1996).

Ο Yanovisk (2001) κατέγραψε ότι τα *Microvelia cavicola* και *Paravelia myersi* (Vellidae) τρέφονται με ενήλικα κουνούπια που βρίσκονται σε τρύπες δέντρων. Επίσης, οι λιβελούλες *Pantala hymenaea* και *Erythemis* μπορούν να τραφούν με *An. freeborni* μετά τη δύση του ηλίου (Yuval and Bouskila, 1993). Τα ενήλικα άτομα και οι προνύμφες της οικογένειας Dytiscidae: Hydrophilidae είναι κοινά αρπακτικά σε περιοχές αναπαραγωγής κουνουπιών (Lundkvist et al., 2003).

Ένα από τα πλεονεκτήματα των αρπακτικών εντόμων σε σχέση με τους υπόλοιπους βιολογικούς παράγοντες αντιμετώπισης των κουνουπιών είναι η ικανότητά τους να καταναλώνουν κουνούπια σε μια ποικιλία ενδιαιτημάτων όπως τρύπες δέντρων, υδάτινες μάζες που συγκρατούνται από τα φυτά, σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές όπου είναι πολύ δύσκολο να εφαρμοστούν άλλα βιολογικά μέτρα καταπολέμησης (Shaalan and Canyon, 2009).

3.5.3. Αμφίβια

Ο βάτραχος (*Bufo virides*) συμβάλλει σημαντικά στην καταπολέμηση των κουνουπιών, καταστρέφοντας τόσο τα ενήλικα έντομα όσο και τις προνύμφες. Οι βάτραχοι είναι ένα σημαντικό κομμάτι του οικοσυστήματος των εντόμων και των παρασίτων, όπως τα κουνούπια. Οι βάτραχοι ζουν σε όλες τις περιοχές της υφής, εκτός από την Ανταρκτική και μερικά νησιά των ωκεανών και ζουν σε διαφορετικούς οικοτόπους με μεγάλη ποικιλία σε τροπικά δάση. Οι βάτραχοι αναπνέουν κυρίως μέσω του δέρματος πράγμα που τους καθιστά ιδιαίτερα ευαίσθητους στις περιβαλλοντικές αλλαγές, συμπεριλαμβανομένης της ανθρώπινης δράσης που έχει οδηγήσει σε ταχεία μείωση και εξαφάνισή τους σε πολλά μέρη του κόσμου. Ο παγκόσμιος πληθυσμός των βατράχων έχει μειωθεί δραματικά από το 1950 και πάνω

από 120 είδη αναφέρεται ότι έχουν εξαφανιστεί από το 1980. Οι βάτραχοι μπορούν να εισχωρήσουν σε διάφορους οικοτόπους αναπαραγωγής των κουνουπιών, όπως λίμνες, δεξαμενές, και μπορούν να τρέφονται με προνύμφες που οδηγεί στη μείωση του πληθυσμού του φορέα και βαρύνει το διάνυσμα του βάρους της νόσου. Μελέτες έχουν δείξει ότι οι γυρίνοι χρησιμοποιούν ως λεία τις προνύμφες των κουνουπιών ως μόνη πηγή τροφής τους. Ωστόσο, οι βάτραχοι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ανεξάρτητη μέθοδο για έλεγχο των φορέων της νόσου και χρειάζεται περισσότερη έρευνα για να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά στην καταπολέμηση των κουνουπιών (Raghavendra et al., 2008).

3.5.4. Η τεχνική εξαπόλυσης στείρων εντόμων (SIT: *sterile insect technique*)

Μία εναλλακτική λύση για τη διαχείριση των πληθυσμών των κουνουπιών είναι η τεχνική εξαπόλυσης στείρων εντόμων (SIT). Η SIT αποτελεί μια μέθοδο βιολογικής καταπολέμησης η οποία έχει σαν στόχο τη διαταραχή της φυσικής αναπαραγωγικής διαδικασίας, ενώ έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε έναν μεγάλο αριθμό διαφορετικών ειδών εντόμων (Dyck et al., 2005).

Η SIT βασίζεται στη μαζική εκτροφή και τη στέρωση των αρσενικών ατόμων που εξαπολύονται στο ύπαθρο. Η στέρωση γίνεται, συνήθως μέσω της ακτινοβολίας γάμμα, διάφορων χημικών ενώσεων ή της παραγωγής στείρων υβριδίων. Τα αρσενικά που απελευθερώνονται σε μεγάλους αριθμούς στο περιβάλλον, ζευγαρώνουν με τα αυτόχθονα θηλυκά του φυσικού πληθυσμού. Επειδή τα θηλυκά που ζευγαρώνουν με τα στείρα αρσενικά παράγουν μη βιώσιμα αυγά, ο γηγενής πληθυσμός των εντόμων μειώνεται και τελικά, οδηγείται σε εξαφάνιση (Nolan et al., 2011).

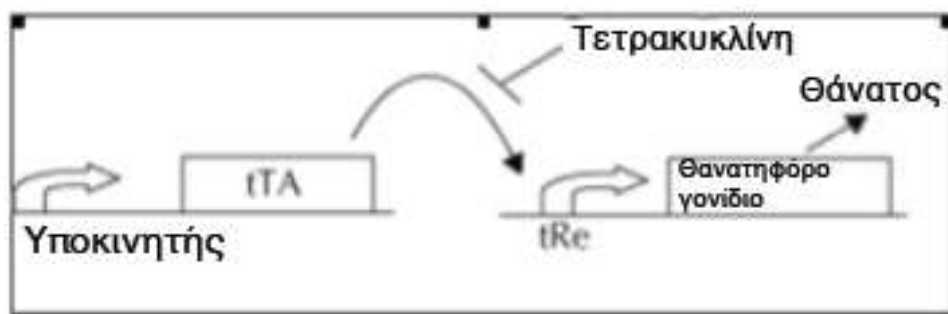
Μία από τις δυσκολίες στην εφαρμογή της τεχνικής SIT είναι η ανάγκη διαλογής και απελευθέρωσης στο περιβάλλον αποκλειστικά αρσενικών ενηλίκων. Η χειρωνακτική διαλογή είναι χρονοβόρα ενώ οδηγεί σε υψηλή επιμόλυνση του στείρου αρσενικού πληθυσμού με θηλυκά άτομα. Η επιλογή φύλου μπορεί να επιτευχθεί με γενετική τροποποίηση. Για παράδειγμα, εισάγοντας στο Y χρωμόσωμα μια μετάλλαξη που προσδίδει θερμοανθεκτικότητα, τα θηλυκά άτομα σε υψηλές θερμοκρασίες πεθαίνουν.

Η χρήση ακτινοβολίας για την παραγωγή στείρων ατόμων αποτελεί σήμερα μια ευρέως διαδεδομένη τεχνική με υψηλή αποτελεσματικότητα. Έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε προγράμματα καταπολέμησης της ελονοσίας. Τα στείρα άτομα που παράγονται με ακτινοβόληση χαρακτηρίζονται από δραστική απώλεια της

αναπαραγωγικής τους ικανότητας και μειωμένη διάρκεια ζωής. Η εφαρμογή της ακτινοβολίας έχει υψηλό κόστος και είναι δυνητικά επικίνδυνη. Επίσης, υπάρχει η πιθανότητα απελευθέρωσης γόνιμων ατόμων παρά τη χρήση της ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία γάμμα προτιμάται λόγω της μεγάλης διεισδυτικότητας της. Οι πιο συνηθισμένες πηγές ακτινοβολίας γάμμα είναι τα ραδιοϊσότοπα ^{60}Co και ^{137}Cs τα οποία χαρακτηρίζονται από μεγάλο χρόνο ημιζωής και υψηλής ενέργειας ακτίνες γάμμα. Το ^{60}Co κατασκευάζεται πιο εύκολα και επομένως χρησιμοποιείται συχνότερα. Για να ελαχιστοποιείται η πιθανή βλάβη στα σωματικά κύτταρα, τα κουνούπια ακτινοβολούνται στο ενήλικο στάδιο ή στα τελευταία νυμφικά στάδια. Η ακτινοβολία αυγών και προνύμφων είχε σαν αποτέλεσμα υψηλά επίπεδα θνησιμότητας. Μερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της στέρωσης κατά τη διάρκεια της ακτινοβολίας είναι τα επίπεδα οξυγόνου, η παρουσία ουσιών που προστατεύουν από την επίδραση της ακτινοβολίας όπως οι cysteamine (aminothiols), diaminoethanetetraacetic acid (EDTA), and 2-aminoethyl isothiuronium bromide (AET) (Helinski et al, 2009).

Οι τεχνικές δυσκολίες που χαρακτηρίζουν την τεχνική στέρωσης με ακτινοβολία μπορούν να ξεπεραστούν με τη χρήση μοριακών τεχνικών. Πιο συγκεκριμένα, η απελευθέρωση στη φύση γενετικά τροποποιημένων, στέρων, κουνουπιών μπορεί να συντελέσει στην πρόληψη της εξάπλωσης νοσημάτων που μεταδίδονται μέσω των κουνουπιών. Ένα παρακλάδι της SIT που βασίζεται στη γενετική τροποποίηση και την απελευθέρωση διαγονιδιακών εντόμων είναι η τεχνική RIDL (Release of Insects Carrying a Dominant Lethal). Η συγκεκριμένη τεχνική που προτάθηκε από τους Thomas et al. (2000) περιλαμβάνει την εισαγωγή ενός θανατηφόρου κυρίαρχου γονιδίου που βρίσκεται υπό τον έλεγχο ενός θηλυκού-ειδικού προαγωγού, όπως αυτό της βιτελλογενίνης. Η έκφραση του θανατηφόρου κυρίαρχου γονιδίου μπορεί να αδρανοποιηθεί με κατεργασία με τετρακυκλίνη, επιτρέποντας σε μια αποικία κουνουπιών να διατηρηθεί. Όταν απαιτείται διαχωρισμός αρσενικού και θηλυκού, η τετρακυκλίνη απομακρύνεται από το σύστημα, προκαλώντας έτσι το θάνατο όλων των θηλυκών ατόμων. Αυτό το σύστημα επικεντρώνεται στην εξαρτώμενη από την τετρακυκλίνη έκφραση της πρωτεΐνης σύντηξης tTA. Απουσία της τετρακυκλίνης, το γονίδιο της tTA εκφράζεται και η πρωτεΐνη tTA συνδέεται με την αλληλουχία TRE, ενεργοποιώντας τη μεταγραφή του θανατηφόρου γονιδίου. Ένας τρόπος για να στοχεύει το συγκεκριμένο σύστημα μόνο τα θηλυκά κουνούπια είναι να τοποθετηθεί η πρωτεΐνη tTA υπό τον έλεγχο ενός

υποκινητή που βρίσκεται μόνο στα θηλυκά άτομα. Όταν προετοιμάζονται κουνούπια για απελευθέρωση στο περιβάλλον, ο καταστολέας απενεργοποιείται και το θανατηφόρο γονίδιο εκφράζεται, προκαλώντας το θάνατο όλων των θηλυκών. Όταν τα αρσενικά που είναι ομόζυγα για το θανατηφόρο γονίδιο συζευχθούν με τα θηλυκά που βρίσκονται στο περιβάλλον, θα παραχθούν ετερόζυγοι απόγονοι από τους οποίους μόνο τα αρσενικά θα επιβιώσουν. Η τεχνική RIDLE έχει χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση της ελονοσίας και του δάγγειου πυρετού με καλά αποτελέσματα, αν και χρειάζονται περαιτέρω μελέτες σε μεγαλύτερη κλίμακα. Η εταιρεία βιοτεχνολογίας Oxitec έχει χρησιμοποιήσει τη γενετικά τροποποιημένη με την τεχνική RIDLE σειρά κουνουπιών OX513A στα νησιά Κέιμαν και ενδέχεται να χρησιμοποιηθεί η συγκεκριμένη μέθοδος σε ποικίλες χώρες όπως τη Βραζιλία, τη Γαλλία, την Ινδία, τη Μαλαισία, τη Σιγκαπούρη, την Ταυλάνδη, το Βιετνάμ και τις Η.Π.Α. (Wilke et al, 2009).



Εικόνα 13: Παρουσίαση της τεχνικής RIDLE

Έχει προταθεί ότι η SIT γίνεται όλο και πιο αποδοτική με την πάροδο του χρόνου, δεδομένου ότι η αναλογία του φυσικού πληθυσμού προς τα στείρα αρσενικά που απελευθερώνονται μειώνεται. Αυτό το επιχείρημα, όμως, προϋποθέτει τη σταθερή αποτελεσματικότητα της SIT. Αν ωστόσο, η αναπαραγωγή εξαρτάται από την προτίμηση των θηλυκών, τότε η SIT μπορεί να οδηγήσει στις πιέσεις επιλογής που ευνοούν τα θηλυκά να απορρίπτουν τα στείρα αρσενικά. Με την πάροδο του χρόνου, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ένα επιλεκτικό πληθυσμό θηλυκών που κατά προτίμηση θα αναπαράγεται μόνο με τον αυτόχθονα αρσενικό πληθυσμό, καθιστώντας την SIT άχρηστη (Agusto et al., 2012).

Δεύτερο μέρος

2. Λαβροφάγα ψάρια

Τα ψάρια που είναι αρπακτικά των προνυμφών των κουνουπιών σε υδάτινα περιβάλλοντα αναφέρονται ως λαβροφάγα ψάρια. Τα ψάρια είναι το πιο κοινό και ευρέως μελετημένο αρπακτικό που χρησιμοποιείται για τη βιολογική καταπολέμηση των κουνουπιών. Τα κυριότερα είδη που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό είναι το *Gambusia affinis* (κουνουπόψαρο), το *Poecilia reticulata* (Guppy), το *Aphanius dispar*, το *Aplocheilus blockii*, το *Aplocheilus lineatus*, το *Colisa fasciatus*, το *Colisa lalia*, το *Chanda nama*, το *Danio rerio*, το *Nothobranchius guentheri*, το *Xenentodon cancila*, το *Carassius auratus*, το *Oreochromis mossambica* και το *Oreochromis niloticus niloticus* (Chandra et al., 2008). Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτουν τα λαβροφάγα ψάρια έτσι ώστε να είναι αποτελεσματικά στην καταπολέμηση των κουνουπιών, είναι το μικρό μέγεθος ώστε να επιβιώνουν σε ρηχά νερά, να χρησιμοποιούν και άλλα είδη λείας ώστε να επιβιώνουν σε περίπτωση που οι προνύμφες των κουνουπιών απουσιάζουν, να είναι σε θέση να αντέχουν ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασίας (10-40 °C) και έντασης του φωτός, να είναι ανθεκτικά και να είναι σε θέση να αντέχουν στη μεταφορά, να μην αποτελούν τροφή για άλλα αρπακτικά ζώα, και τέλος να προτιμούν τις προνύμφες των κουνουπιών σε σχέση με άλλα είδη τροφής που βρίσκονται διαθέσιμα στην επιφάνεια του νερού.

Όσον αφορά την αποτελεσματικότητά τους, ένα σημαντικό κριτήριο αποτελεί η μορφή και η θέση του στόματος ενός προνυμφοφάγου ψαριού. Με βάση αυτό και ανάλογα με την αποτελεσματικότητά τους στην αντιμετώπιση των προνυμφών των κουνουπιών, τα λαβροφάγα ψάρια χωρίζονται στις εξής κατηγορίες (Chandra et al., 2008):

- Τυπικά αρπακτικά της επιφάνειας όπως τα *Aplocheilus* spp. και *Gambusia* spp., τα οποία πληρούν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των λαβροφάγων ψαριών
- Μερικώς αρπακτικά της επιφάνειας, τα οποία είναι λιγότερο αποτελεσματικά λόγω του τρόπου ζωής τους, π.χ., *Oryzias* spp., *Lebistes* ή *Poecilia* spp., *Aphanius* spp.
- Αρπακτικά της υποεπιφάνειας όπως τα *Amblypharyngodon mola*, *Danio* spp., *Rasbora* spp.

- Αρπακτικά που τρέφονται με προνύμφες ανάλογα με τις συνθήκες όπως τα *Puntius* spp., *Colisa* spp., *Chanda* spp., *Anaba* spp.
- Νεογνά κυπρίνων και μπαρμπουνιών
- Αρπακτικά ψάρια όπως τα *Wallago* spp., *Channa* spp., *Notopterus* spp. και νεογνά *Mystus* spp. των οποίων τα ενήλικα ψάρια τρέφονται με άλλα ψάρια συμπεριλαμβανομένων και των νυμφοκτόνων ψαριών

Η χρήση των ψαριών στην καταπολέμηση των κουνουπιών είναι γνωστή για περισσότερο από 100 χρόνια. Στην Ινδία ήδη από το 1904 λαβροφάγα ψάρια όπως τα *P. reticulata* (Guppy), και *G. affinis* χρησιμοποιήθηκαν στη Βομβάη για την αντιμετώπιση των φορέων της ελονοσίας. Σύντομα η χρήση των λαβροφάγων ψαριών έγινε μια κοινή πρακτική στην Ινδία, (στη Μπανγκαλόρ και την Καλκούτα). Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980 το Εθνικό Ινστιτούτο Έρευνας της ελονοσίας, κατέδειξε τη χρήση των λαβροφάγων ψαριών ως μέρος μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής για την αντιμετώπιση των κουνουπιών φορέων της ελονοσίας. Αν και η χρήση του λαβροφάγων ψαριών είναι μια σημαντική συνιστώσα της καταπολέμησης της ελονοσίας στα αστικά συστήματα, η χρήση των λαβροφάγων ψαριών χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην αντιμετώπιση της ελονοσίας σε αγροτικές περιοχές (Anonymous, 2011).

2.1. Ταξινόμηση των λαβροφάγων ψαριών

Όλα τα είδη ανήκουν στην ομοταξία των ακτινοπτερυγίων διαφοροποιούνται όμως στην τάξη στην οικογένεια και το γένος. Η ταξινόμηση του κάθε είδους αναφέρεται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2: Συνοπτική παρουσίαση της συστηματικής κατάταξης των λαβροφάγων ψαριών.

Είδη ψαριών	Βασίλειο	Animalia	Γεωγραφική κατανομή
<i>Gambusia affinis</i>	Φύλο Ομοταξία Τάξη Οικογένεια Γένος	Chordata Actinopterygii Cyprinodontiformes Poeciliidae <i>Gambusia</i>	Πολιτείες των Η.Π.Α., Ισπανία, Γαλλία, Ιταλία, Βαλκανικές χώρες
<i>Poecilia reticulata</i>	Φύλο Τάξη	Chordata Actinopterygii	Ινδία, κεντρική

(Guppy)	Order Οικογένεια Γένος	Cyprinodontiformes Poeciliidae <i>Poecilia</i>	Αμερική, Βραζιλία, Καραϊβική
<i>Aphanius dispar</i> (Κοινή ονομασία: <i>Dispar topminnow</i>)	Φύλο Τάξη Order Οικογένεια Γένος	Chordata Actinopterygii Cyprinodontiformes Cyprinodontidae <i>Aphanius</i>	Ινδία, Πακιστάν, Αιθιοπία, Παλαιστίνη, ακτές Ερυθράς Θάλασσας
<i>Aplocheilus blockii</i> (Κοινή ονομασία: <i>Dwarf Panchax</i>)	Φύλο Τάξη Order Οικογένεια Γένος	Chordata Actinopterygii Cyprinodontiformes Aplocheilidae <i>Aplocheilus</i> McClelland, 1839	Ανατολική Ακτή της Ινδίας
<i>Aplocheilus lineatus</i> (Valenciennes), 1846 (Κοινή ονομασία: <i>Malabar Killie</i>)	Φύλο Τάξη Order Οικογένεια Γένος	Chordata Actinopterygii Cyprinodontiformes Aplocheilidae <i>Aplocheilus</i> McClelland, 1839	Ινδία, Σρι Λάνκα
<i>Colisa fasciatus</i> (Schneider), 1801 (Κοινή ονομασία: <i>Giant gourami</i>)	Φύλο Τάξη Order Οικογένεια Γένος	Chordata Osteichthyes Perciformes Anabantidae <i>Colisa</i>	Άνω Βιρμανία (Μιανμάρ), Πακιστάν, Ινδία
<i>Colisa lalia</i> (Hamilton-Buchanan), 1822 (Κοινή ονομασία <i>Dwarf gourami</i>)	Φύλο Τάξη Order Οικογένεια Γένος	Chordata Actinopterygii Perciformes Osphronemidae Bleeker, 1859 <i>Colisa</i> Cuvier in Cuvier and Valenciennes, 1831	Σιγκαπούρη, Ταϊβάν, Κολομβία, Η.Π.Α.
<i>Chanda nama</i> (Hamilton-Buchanan), 1822 (Κοινή ονομασία: <i>Elongate glass perchlet</i>)	Φύλο Τάξη Order Οικογένεια Γένος	Chordata Actinopterygii Perciformes Ambassidae <i>Chanda</i>	Ινδία, Μπαγκλαντές, Μιανμάρ
<i>Danio rerio</i> (Hamilton-Buchanan), 1822 (Κοινή ονομασία: <i>Zebra danio</i>)	Φύλο Τάξη Order Οικογένεια Γένος	Chordata Actinopterygii Cypriniformes Cyprinidae <i>Danio</i> Hamilton, 1822	Ινδία, Μπαγκλαντές, Μιανμάρ
<i>Nothobranchius guentheri</i> (Pfeffer), (Κοινή	Φύλο Τάξη	Chordata Actinopterygii	Ανατολική Αφρική,

ονομασία: <i>Killi</i>)	Order	Cyprinodontiformes Berg, 1940	Τανζανία
	Οικογένεια	Aplocheilidae Bleeker, 1860	
	Γένος	<i>Nothobranchius</i> Peters, 1868	
<i>Xenentodon cancila</i> (Hamilton-Buchanan), 1822 (Κοινή ονομασία: gar)	Φύλο	Chordata	Πακιστάν,
	Τάξη	Actinopterygii	Ινδία,
	Order	Beloniformes	Μπαγκλαντές,
	Οικογένεια	Belonidae	Σρι Λάνκα,
	Γένος	<i>Xenentodon</i> Regan, 1911	Μιανμάρ,
<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus), 1758 (Κοινή ονομασία: Χρυσόψαρο)	Φύλο	Chordata	Ταϊλάνδη
	Τάξη	Actinopterygii	Κίνα, Κορέα,
	Order	Cypriniformes	Ταϊβάν,
	Οικογένεια	Cyprinidae	Ιαπωνία,
	Γένος	<i>Carassius</i> Nilsson, 1832	Ευρώπη,
			Σιβηρία,
			Ανατολική
			Ασία, Ινδία
<i>Oreochromis mossambica</i> (Peters), 1852 (Κοινή ονομασία: κιχλίδα της Μοζαμβίκης, Τιλάπια)	Φύλο	Chordata	Ανατολική
	Τάξη	Actinopterygii	Αφρική, Ινδία,
	Order	Perciformes	Πακιστάν, Σρι
	Οικογένεια	Cichlidae	Λάνκα
	Γένος	<i>Oreochromis</i>	
<i>Oreochromis niloticus niloticus</i> (Linnaeus), (Κοινή ονομασία: Τιλάπια του Νείλου)	Φύλο	Chordata	Ανατολική
	Τάξη	Actinopterygii	Αφρική,
	Order	Perciformes	δυτική
	Οικογένεια	Cichlidae	Αφρική,
	Γένος	<i>Oreochromis</i>	ποταμό του
			Νείλου

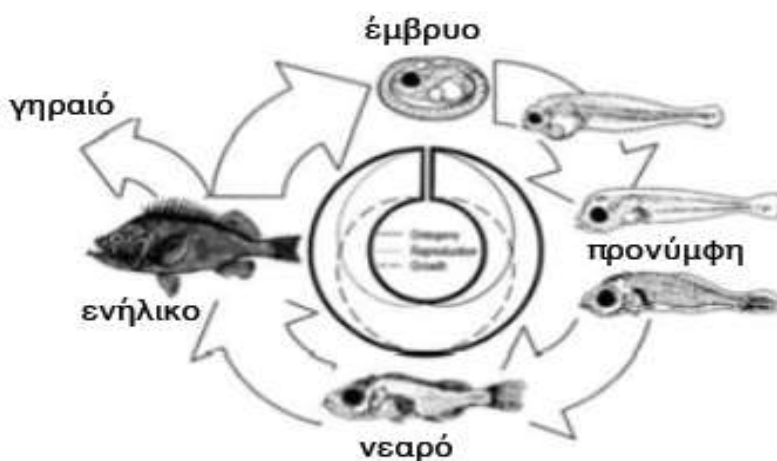
2.2. Βιολογικός κύκλος Ακτινοπτερυγίων

2.2.1. Στάδια ανάπτυξης των ακτινοπτερυγίων

Η ονοματολογία των σταδίων ανάπτυξης έχει απασχολήσει πολλούς επιστήμονες στο παρελθόν και μέχρι σήμερα αποτελεί σημείο τριβής για αρκετούς. Επικρατέστερη βιβλιογραφικά είναι η ονοματολογία που προτάθηκε από τους Kendall et al. (1984). Σύμφωνα με αυτήν, η ανάπτυξη των ψαριών χωρίζεται στα πρωτογενή στάδια των αυγών (ή εμβρυϊκό), νυμφών (larvae), νεαρών ατόμων ή ιχθυδίων (juveniles), ενήλικων (adults) και γηρασμένων ατόμων (senescents). Το νυμφικό στάδιο περιλαμβάνει τα μεταβατικά στάδια των λεκιθοφόρων νυμφών (yolk-sac larvae) και της μεταμόρφωσης (metamorphosis). Η διάρκεια των διαφορετικών σταδίων ανάπτυξης εξαρτάται από το είδος, τη θερμοκρασία του νερού και τη διαθεσιμότητα της τροφής. Στα βενθικά ή βενθοπελαγικά είδη, η ολοκλήρωση της

νυμφικής φάσης συνοδεύεται από την εγκατάσταση των νεαρών ατόμων στο βενθικό ή βενθοπελαγικό περιβάλλον αντίστοιχα. Στα πελαγικά είδη, τα ιχθυδία παραμένουν στο πελαγικό περιβάλλον διαβίωσης.

Συγκεκριμένα, τα ακτινοπτερύγια είναι η μεγαλύτερη και πιο προσαρμοσμένη ομάδα ψαριών καθώς αποτελούν το ήμισυ του συνόλου των σπονδυλωτών που ζουν αυτή τη στιγμή και το 96% των ψαριών. Η υποκλάση των Ακτινοπτερυγίων περιλαμβάνει τη μεσοκλάση των Τελεόστεων η οποία είναι η πολυπληθέστερη σε αριθμό ειδών (περίπου 26.000 από τα 28.000 γνωστά είδη ιχθύων ανήκουν στην μεσοκλάση των τελεόστεων). Επιπλέον, ταξινομούνται σε δύο ομάδες τους χονροϊχθύες και τους οστεϊχθύες. Ονομάζονται έτσι επειδή έχουν λεπιδοτριχία δηλαδή τα πτερύγια τους είναι από ιστούς δέρματος που υποστηρίζονται από κοκκάλινα αγκάθια («ακτίνες»), σε αντίθεση με τα σαρκώδη, λοβωτά πτερύγια χαρακτηριστικό των Σαρκοπτερυγίων. Αυτή η ομάδα ψαριών θεωρείται ότι είναι μονοφυλετική. Τα είδη μπορεί να κυμαίνονται σε μέγεθος από 7,9 χιλιοστά και λίγα γραμμάρια σε 2.300 κιλά και το μακρύ σώμα μέχρι και 11 μέτρα.



Εικόνα 14: Ο βιολογικός κύκλος των ακτινοπτερυγίων.

2.2.2. Εμβρυϊκό στάδιο

Το εμβρυϊκό στάδιο περιλαμβάνει την περίοδο από τη γονιμοποίηση μέχρι την εκκόλαψη των αυγών. Τα αυγά των ψαριών είναι τελολεκιθικά με μεροβλαστικές αυλακώσεις. Περιβάλλονται από το χόριον, έχουν μικρό περιλεκιθικό χώρο (χώρος μεταξύ γονιμοποιημένου ωαρίου και χορίου) και συνήθως φέρουν μία ή περισσότερες

σταγόνες λιπιδίων. Η μορφολογία τους εμφανίζει υψηλή ποικιλομορφία μεταξύ των διαφορετικών ειδών ως προς τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του εμβρυϊκού σταδίου. Το σχήμα στα περισσότερα αυγά είναι σφαιρικό, το μέγεθος και η διάμετρος τους κυμαίνεται μεταξύ 0.5 και 6.0 mm, με την πλειονότητα των ειδών να έχει διάμετρο αυγών εντός του εύρους των 0.6 ως 1.6 mm, ενώ η μορφολογία του χορίου σε κάποια είδη αυγών φέρει χόρια με διάφορες δομές (όπως νημάτια ή αποφύσεις), ενώ σε άλλα το χόριο είναι λείο. Η ύπαρξη σταγόνων λιπιδίων, εντός του λεκιθικού σάκου καθιστά ομοιογενή και διαφανή τη λέκιθο σε κάποια είδη, ενώ σε άλλα είναι κατατετμημένη (Kendall et al., 1984).

2.2.3. Νυμφικό στάδιο

Το νυμφικό στάδιο περιλαμβάνει την οντογενετική περίοδο από την εκκόλαση μέχρι την ολοκλήρωση της μεταμόρφωσης των νυμφών σε ιχθύδια. Διακρίνεται στις επιμέρους φάσεις των λεκιθοφόρων νυμφών (από την εκκόλαση μέχρι την έναρξη της διατροφής), των εξωγενών τρεφόμενων νυμφών και της μεταμόρφωσης (από το στάδιο σχηματισμού όλων των πτερυγίων μέχρι συνήθως την ολοκλήρωση της ανάπτυξης των λεπιών και του χρωματισμού του σώματος). Κατά την εκκόλαση οι νύμφες έχουν μικρό βαθμό διαφοροποίησης και στηρίζονται για την ανάπτυξή τους στα μητρικής προέλευσης λεκιθικά αποθέματα. Οι οφθαλμοί είναι άχρωμοι και μη λειτουργικοί και το στόμα κλειστό. Το μοναδικό πτερύγιο που έχουν οι λεκιθοφόρες νύμφες είναι η πρωτογενής περιφερειακή πτερυγιοπτυχή. Με την πρόοδο της ανάπτυξης το μήκος του σώματος αυξάνεται, τα λεκιθικά αποθέματα και η σταγόνα λιπιδίων καταναλώνονται, τα κύτταρα χρωματισμού μεταναστεύουν και αλλάζουν σε αριθμό, οι οφθαλμοί γίνονται λειτουργικοί, σχηματίζονται τα ζεύγη των νευρομαστών καθώς και οι πτυχές των θωρακικών πτερυγίων, το στομάχι, το ήπαρ, το έντερο και το στόμα. Στο τέλος του σταδίου, τα λεκιθικά αποθέματα έχουν καταναλωθεί πλήρως και τα άτομα είναι έτοιμα να περάσουν στην εξωγενή διατροφή (Bond, 1996).

Αντίθετα, η σταγόνα λιπιδίων δεν έχει καταναλωθεί πλήρως και θα στηρίζει τη θρέψη των νυμφών κατά τις πρώτες ημέρες διατροφής. Η μορφολογία των λεκιθοφόρων νυμφών εμφανίζει υψηλή ποικιλομορφία μεταξύ των διαφορετικών ειδών ως προς το βαθμό διαφοροποίησης και το μέγεθος κατά την εκκόλαση: το μήκος του κυμαίνεται μεταξύ 1 και 10 mm περίπου, το πρότυπο χρωματισμού και το σχήμα του σώματος, την ύπαρξη σταγόνων λιπιδίων εντός του λεκιθικού σάκου, τη

θέση της σταγόνας λιπιδίων, την ομοιογένεια της λεκίθου και τον αριθμό των μυομερών και την κατανομή τους κατά μήκος του σώματος.

Μετά την κατανάλωση των λεκιθικών αποθεμάτων, το νυμφικό στάδιο χαρακτηρίζεται από την εξωγενή θρέψη και την ταυτόχρονη αύξηση και ανάπτυξη. Περιλαμβάνει τη διαφοροποίηση του σχήματος του σώματος μέσω της αλλομετρικής αύξησης, την ηθολογική διαφοροποίηση, την εξέλιξη του χρωματισμού αλλά και την ανάπτυξη της νηκτικής κύστης, των βραγχίων, των πτερυγίων, των λεπιών και όλων των λειτουργικών συστημάτων του οργανισμού (πεπτικό, μυϊκό, σκελετικό, νευρικό).

Η διάρκεια του σταδίου εξαρτάται από το είδος, τη θερμοκρασία την αφθονία και ποιότητα της τροφής, τον ενδοειδικό ανταγωνισμό, την ποιότητα του νερού και τη συγκέντρωση του οξυγόνου. Στο νυμφικό στάδιο, τα διάφορα οντογενετικά γεγονότα δεν πραγματοποιούνται σε σταθερή ηλικία (ακόμα και στην ίδια θερμοκρασία), αλλά σε σταθερό, λίγο ως πολύ, μέγεθος σώματος (στενή σύνδεση της αύξησης με τη διαφοροποίηση). Η μορφολογία των νυμφών εμφανίζει υψηλή ποικιλομορφία μεταξύ των διαφορετικών ειδών ως προς το μέγεθος και το σχήμα του σώματος στο ίδιο στάδιο ανάπτυξης, τον αριθμό των μυομερών και την κατανομή τους κατά μήκος του σώματος, το πρότυπο ανάπτυξης του χρωματισμού και την κατανομή των κυττάρων χρωματισμού, τη διαδοχή ανάπτυξης των πτερυγίων και τους μεριστικούς τους χαρακτήρες και την ύπαρξη ιδιαίτερων νυμφικών χαρακτηριστικών (ευμεγέθεις άκανθες ενάντια στη θήρευση). Στη βασική μορφολογική περιγραφή των διαφορετικών οντογενετικών σταδίων, πρέπει να υπογραμμισθεί ότι αν και οι χαρακτήρες που χρησιμοποιούνται για τον συστηματικό προσδιορισμό των ιχθυοπλαγκτονικών δειγμάτων είναι μορφολογικοί, αυτοί είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι με τη διαφοροποίηση των λειτουργικών ικανοτήτων των αναπτυσσόμενων ψαριών (ηλεκτρονική πηγή 23).

2.2.4. Ενήλικο στάδιο

Τα περισσότερα ενήλικα αλλά όχι όλα τα ακτινοπτερύγια διαθέτουν λέπια τα οποία μπορεί να έχουν μια πρωτόγονη γανοειδής μορφή (σχήμα διαμαντιού, λαμπερή, σκληρή και πολυστρωματική), ή μια πιο εξελιγμένη κυκλοειδής μορφή. Στη δεύτερη περίπτωση τα λέπια επικαλύπτουν το σώμα του ψαριού σαν κεραμίδια από το κεφάλι μέχρι την ουρά για να μειώσουν την αντίσταση του νερού. Τα κυκλοειδή λέπια έχουν ομαλές άκρες ενώ τα άλλα έχουν τραχιές άκρες. Άλλα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν τα ρουθούνια που βρίσκονται σχετικά ψηλά στο κεφάλι ενώ τα

εσωτερικά ρουθούνια απουσιάζουν, δεν έχουν φουσητήρα (μια τρύπα πίσω από το μάτι η οποία λειτουργεί ως αντλία νερού για τα ψάρια στα βράγχια), τα θωρακικά οστά τους έχουν ακτινική μορφή και συνδέονται με την ωμοπλάτη τους. Επιπλέον, έχουν βραγχιοστεγείς ακτίνες (υποδομές οστών) και δεν έχουν οστεώδη πλάκα (που προστατεύει το λαιμό και την κάτω γνάθου). Τέλος, οι ακτίνες τους εφάπτονται με τα βασικά εγγύς ή σκελετικά στοιχεία, η σύνδεση των οποίων αντιπροσωπεύει το σύνδεσμο ή τη σύνδεση μεταξύ αυτών των πτερυγίων και του εσωτερικού σκελετού (π.χ., της πύελου και των θωρακικών τμημάτων) (Kendall et al., 1984).

2.3. Οικολογία και ενδιαίτηματα λαβροφάγων ψαριών

Το *G. affinis* (κουνουπόψαρο) είναι ένα εξωτικό είδος με κατανομή σε θερμές και ορισμένες εύκρατες περιοχές του κόσμου. Είναι πολύ ανθεκτικό και μπορεί να προσαρμοστεί σε μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας, καθώς και στην αυξημένη παρουσία χημικών ουσιών που περιέχονται στο νερό, αλλά δεν ανέχεται υψηλή οργανική ρύπανση. Η βέλτιστη θερμοκρασία για την αναπαραγωγή του κυμαίνεται από 24⁰C έως 34⁰C, αλλά το ψάρι αυτό μπορεί να επιβιώσει και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Το βέλτιστο pH του νερού πρέπει να είναι μεταξύ 6.5 και 9.9.

Το *G. affinis* εντοπίζεται σε περιοχές όπου βρίσκονται προνύμφες κουνουπιών. Ζει και πολλαπλασιάζεται σε λίμνες όπου υπάρχουν μεγαλύτερα σε μέγεθος ψάρια, αρκεί να είναι ρηχή η λίμνη και να υπάρχει βλάστηση που μπορεί να λειτουργήσει προστατευτικά ως καταφύγιο (Pyke, 2005). Η καταγωγή αυτού του ψαριού δεν είναι ευρωπαϊκή. Προέρχεται από τις νότιες Πολιτείες των Η.Π.Α. και μεταφέρθηκε σε χώρες της Ευρώπης για την εξόντωση των κουνουπιών στην προσπάθεια καταπολέμησης της ελονοσίας. Σήμερα είναι αρκετά διαδεδομένο στα εσωτερικά νερά της Ισπανίας, της νότιας Γαλλίας, της Ιταλίας, καθώς και στις Βαλκανικές χώρες. Το μέγιστο μέγεθος που επιτυγχάνεται για ένα αρσενικό είναι τα 4,5 εκατοστά ενώ το μέγεθος των θηλυκών κυμαίνεται από 5,2 εκατοστά έως 6,8 εκατοστά. Η διάρκεια ζωής του είναι περίπου 5 έτη (Dionne, 1985). Η αναπαραγωγή του *G. affinis* παρουσιάζει ενδιαφέρον από την άποψη ότι ανήκει στην σπάνια κατηγορία ψαριών στα οποία η επώαση γίνεται εσωτερικά με αποτέλεσμα να γεννούν ζωντανά τα μικρά τους (ωοζωοτόκοι οργανισμοί). Το θηλυκό ωριμάζει στους 3 με 6 μήνες. Κάθε ωοθήκη περιέχει περίπου 120 αυγά. Τα νεαρά θηλυκά μπορούν να έχουν δύο κυήσεις ανά 30 ημέρες, ενώ τα μεγαλύτερης ηλικίας θηλυκά μπορούν να έχουν μέχρι έξι κυήσεις ανά 30 ημέρες. Ένα θηλυκό *G. affinis* μπορεί να παράγει 900

έως 1.200 απογόνους κατά τη διάρκεια της ζωής του. Επειδή έχει κατακρατηθεί στις ωοθήκες του θηλυκού αρκετή ποσότητα σπέρματος του αρσενικού ψαριού, δεν απαιτείται νέα γονιμοποίηση και το θηλυκό μπορεί να ξαναγεννήσει. Το *G. affinis* αναπαράγεται καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου μετά την ωρίμανση του, ειδικά σε τροπικές περιοχές. Σε σχετικά ψυχρότερα κλίματα, η περίοδος αναπαραγωγής διαρκεί από το Μάιο έως το Σεπτέμβριο ενώ σε θερμότερο κλίματα από τον Απρίλιο έως το Νοέμβριο (Dionne, 1985).



Εικόνα 15: *Gambusia affinis* (ηλεκτρονική πηγή 4).

Το *P. reticulata* (Guppy) είναι επίσης εξωτικό ψάρι που προέρχεται από την Ινδία. Είναι εύκολα στην φροντίδα τους και αναπαράγονται εύκολα. Τα guppies κατάγονται από την περιοχή που ξεκινά από την κεντρική Αμερική και φτάνει μέχρι τη Βραζιλία, καθώς και την Καραϊβική. Λόγω της μεγάλης περιοχής που καλύπτει το φυσικό τους περιβάλλον, υπάρχουν πολλές χρωματικές παραλλαγές (Elias et al., 1995). Είναι πολύ ανθεκτικά ψάρια και μπορούν να επιβιώνουν σε όλους τους τύπους των υδάτινων συστημάτων. Αντέχουν σε υψηλό βαθμό ρύπανσης με οργανική ύλη. Το εύρος θερμοκρασίας που είναι κατάλληλο για την αναπαραγωγή τους κυμαίνεται από 24⁰C έως 34⁰C. Μπορούν να επιβιώσουν σε νερό με pH που κυμαίνεται από 6,5 έως 9,0, ωστόσο, δεν μπορούν να επιβιώσουν σε κρύο νερό. Το αρσενικό είναι 3 cm σε μήκος, ενώ το θηλυκό φτάνει τα 6 cm. Τα guppies ζουν περίπου 5 έτη. Τα θηλυκά ωριμάζουν στις 90 ημέρες. Κάθε ωοθήκη περιέχει 100 έως 160 αυγά. Τα θηλυκά μπορούν να αποθηκεύσουν σπερματοζωάρια για τη γονιμοποίηση. Περίπου 50 με 200 αυγά γεννιούνται από τα θηλυκά κάθε τέσσερις εβδομάδες την περίοδο της αναπαραγωγής. Ωστόσο η αναπαραγωγική περίοδος εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες. Σε θερμά κλίματα μπορεί να αναπαράγονται από τον Απρίλιο έως το

Νοέμβριο (Alio et al., 1985). Το *P. reticulata* είναι δημοφιλές είδος για ενυδρείο και επίσης χρησιμοποιείται ευρέως σε έρευνες της γενετικής. Τρέφεται με ζωοπλαγκτόν, μικρά έντομα και κατάλοιπα εντόμων. Έχει παρατηρηθεί η κατανάλωση κουλικοειδών, δίπτερων, ημίπτερων, και υμενόπτερων.



Εικόνα 16: *Poecilia reticulata* (Guppy) (ηλεκτρονική πηγή 5).

Το *A. dispar* έχει μέγεθος περίπου 7,5 cm ενώ η κατανομή του ανά τον κόσμο είναι η εξής: Ινδία, Πακιστάν, Αιθιοπία, Παλαιστίνη και κατά μήκος των ακτών της Ερυθράς θάλασσας. Στην περιοχή Ne'ot Ha'Kikar, νότια της Νεκράς Θάλασσας, ο πληθυσμός είναι ιδιαίτερα υψηλός, αλλά με ακραίες διακυμάνσεις που οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Στην περιοχή Enot Zuqim, ο πληθυσμός είναι επίσης ιδιαίτερα υψηλός. Το μέγεθος του πληθυσμού έχει μειωθεί δραστικά στο Ισραήλ τα τελευταία 50 χρόνια. Γενικά υπάρχει μεγάλη απόκλιση στους πληθυσμούς μεταξύ των περιοχών Ne'ot Ha'Kikar και στα βόρεια της Νεκράς Θάλασσας. Οι πληθυσμοί στις περιοχές αυτές δεν μπορούν να αλληλεπιδράσουν, αλλά κατά τη διάρκεια ισχυρών πλημμυρών, μια προσωρινή στρώση γλυκού νερού σχηματίζεται στη Νεκρά Θάλασσα που επιτρέπει τη διόδο των ψαριών και την επικοινωνία μεταξύ των πληθυσμών μέσω της Νεκράς Θάλασσας. Το αρσενικό είναι πιο περίτεχνο σε εμφάνιση με ένα πρασινωπό-καφέ και ασημί σώμα με αχνές λευκές στίξεις, που συχνά σχηματίζουν μία δικτυωτή ή κυματιστή γραμμή, και δύο έως τρία σκούρες κάθετες λωρίδες στο πτερύγιο της ουράς. Κατά την διάρκεια της αναπαραγωγής, τα χείλη και τα πτερύγια του αρσενικού γίνονται έντονα μπλε-λευκά. Το θηλυκό είναι πιο θαμπό με χρυσό-καφέ στίγματα με πολλές σκούρες, κάθετες, ζώνες κατά μήκος του σώματος (ηλεκτρονική πηγή 7). Τα *A. dispar* είναι ικανά προνυμφοκτόνα ψάρια και ζουν τόσο σε χαμηλής αλατότητας όσο και σε υφάλμυρα νερά, όπου αναπαράγονται ελεύθερα. Αντέχουν σε μεγάλης κλίμακας θερμοκρασίες και σε

ημερήσιες διακυμάνσεις μεγαλύτερες των 20°C. Τα *A. dispar* είναι παμφάγα, και τρέφονται με καρκινοειδή, προνύμφες κουνουπιών, νηματοειδή και άλγη. Είναι ένα ευαίσθητο είδος και δεν είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό στη μεταφορά.



Εικόνα 17: *Aphanius dispar* (ηλεκτρονική πηγή 7).

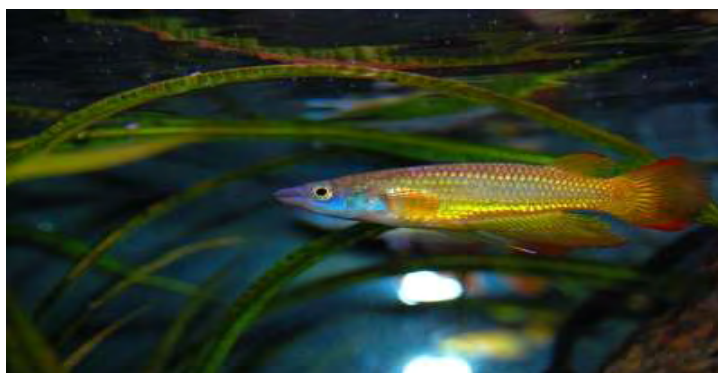
Το *A. blockii* έχει μέγεθος περίπου 9 cm ενώ εντοπίζεται στην Ανατολική Ακτή της Ινδίας. Ζει αυστηρά σε μαλακό νερό σε στάσιμους φορείς όπως δεξαμενές, μικρά ρέματα και ρυάκια με πυκνή βλάστηση. Οι τιμές pH του νερού πρέπει να κυμαίνονται από 6,5 μέχρι 7,5 και θερμοκρασία να είναι μεταξύ 20°C - 27°C.



Εικόνα 18: *Aplocheilus blockii* (ηλεκτρονική πηγή 8).

Το *A. lineatus* έχει μέγεθος 10 cm με κατανομή στη χερσόνησο της Ινδίας και τη Σρι Λάνκα. Ο πληθυσμός και των δύο είναι κατά τόπους υψηλός αλλά έχει παρατηρηθεί εκρίζωση τους από περιοχές που άλλοτε υπήρχε σε μεγάλους αριθμούς. Είναι κοινό σε δεξαμενές, ορυζώνες, κανάλια, ακόμη και σε παλιρροιακά ύδατα. Είναι κατάλληλο για ιχθυοκαλλιέργειες βρώσιμων σαρκοβόρων ψαριών και χρήσιμο σε εναέριες δεξαμενές, τεχνητά δοχεία, δεξαμενές και σιντριβάνια για τον αστικό

έλεγχο της ελονοσίας, και σε πισίνες, ρέματα, και έλη στις αγροτικές περιοχές (Chandra et al., 2008).



Εικόνα 19: *Aplocheilus lineatus* (ηλεκτρονική πηγή 9).

Το *C. fasciatus* έχει μέγεθος περίπου 12,5 εκατοστά με κατανομή στην Άνω Βιρμανία (Μιανμάρ), το Πακιστάν, και σε όλη τη χερσόνησο της Ινδίας. Το σώμα είναι σε σχήμα αυγού και έντονα συμπιεσμένο. Το ραχιαίο και κοιλιακό προφίλ του είναι σχεδόν το ίδιο κυρτά. Έχει μεγάλα μάτια παχιά χείλη και η πλευρική γραμμή του διακόπτεται. Εντοπίζεται σε φρέσκο νερό των ποταμών, λίμνες και εκβολές ποταμών. Γενικά προτιμούν περιβάλλον με βλάστηση. Αναπαράγεται κατά τη διάρκεια της εποχής των μουσώνων, σε φωλιές που επιπλέουν στις άκρες των πλημμυρισμένων ορυζώνων. Τα αυγά είναι κιτρινωπά και με διάμετρο 1-1,5 mm. Εκκολάπτονται σε 14-16 ώρες, όταν η θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται από 22°C έως 25°C. Είναι κατάλληλο για υφάλμυρα νερά, και λιμνοθάλασσες ειδικά σε βάλτους, λίμνες, με υπερανάπτυξη των υδρόβιων φυτών (Chandra et al., 2008).



Εικόνα 20: *Colisa fasciatus* (ηλεκτρονική πηγή 10).

Το *C. lalia* ζει σε αργοκίνητα ρεύματα, ρυάκια και λίμνες με αφθονία βλάστησης. Ημιδιαφανές μπλε με κόκκινες ρίγες, το ‘Gourami’ νάνος, είναι ένα μικρό ψάρι του γλυκού νερού της οικογένειας Gourami (Osphronemidae). Αυτό το είδος ταξινομήθηκε αρχικά ως *Trichogaster lalius* το 1882, αλλά αμέσως μετά μεταφέρθηκε στο γένος *Colisa*. Το 2009, ο Töpfer Schindler αναθεώρησε την ομάδα, απαρχαιώνοντας το γένος *Colisa*, και ο νάνος Gourami επανήλθε στο αρχικό του όνομα. Εγγενής στην έντονη βλάστηση, σε αργοκίνητα ρεύματα στη Νότια Ασία, το Gourami νάνος έχει βρεθεί σε πολλές χώρες, συμπεριλαμβανομένων της Σιγκαπούρης, της Ταϊβάν, της Κολομβίας και των ΗΠΑ. Το Gourami νάνος είναι παμφάγο, τρώγοντας μικρά ασπόνδυλα και άλγη. Ζει στην επιφάνεια του νερού και σε συνθήκες χαμηλού οξυγόνου. Τα αρσενικά χτίζουν μια φωλιά στην επιφάνεια του νερού, αρχίζοντας με μια σειρά από φούσκες που θα ενισχύει τη χρήση φυτικού υλικού. Οι σύντροφοι (αρσενικό και θηλυκό) αναπαράγονται κάτω από τη φωλιά, έτσι ώστε τα γονιμοποιημένα αυγά να επιπλέουν επάνω στη φωλιά (το αρσενικό συλλέγει τυχόν αυγά στο στόμα του και τα στερεώνει στη συνέχεια μέσα στη φωλιά). Η ωοτοκία εμφανίζεται πολλαπλές φορές επί 2-3 ώρες, και παράγει ένα σύνολο περίπου 600 αυγών, τα οποία το αρσενικό τείνει να προστατεύει, μέχρι να εκκολαφθούν περίπου 36 ώρες αργότερα. Τα Gourami νάνος, που συνήθως φθάνουν περίπου 4-5 cm μήκος, είναι δημοφιλή ψάρια ενυδρείου και έχουν εκτραφεί σε πολλές διαφορετικές χρωματικές παραλλαγές.



Εικόνα 21: *Colisa lalia* (ηλεκτρονική πηγή 11).

Το *C. nama* έχει μέγεθος περίπου 7,6 cm και εντοπίζεται στην Ινδία, το Μπαγκλαντές και τη Μιανμάρ. Κατανέμεται ευρέως σε γλυκά νερά με πυκνή βλάστηση και ποτάμια καθώς βρίσκεται συνήθως ανάμεσα σε ρίζες ή κάτω από επιπλέουσα βλάστηση. Προτιμά νερά με μικρή αλατότητα τόσο στάσιμα όσο και

τρεχούμενα. Αναπαράγεται όλο το χρόνο γεννώντας ένα μεγάλο αριθμό αυγών τα οποία εναποθέτει σε επιπλέουσα βλάστηση. Σε μεγάλες πλημμύρες μετακινείται σε ορυζώνες.



Εικόνα 22: *Chanda nama* (ηλεκτρονική πηγή 12).

Το *D. rerio* έχει μέγεθος περίπου 5 cm και κατανομή σε όλη τη βόρεια Ινδία, το Μπαγκλαντές, και τη Μιανμάρ. Ζει στη επιφάνεια σε αργά κινούμενα ποτάμια, λίμνες και ρυάκια.



Εικόνα 23: *Danio rerio* (ηλεκτρονική πηγή 13).

Το *N. guentheri* έχει μέγεθος 7 cm ενώ τα θηλυκά είναι μικρότερα από τα αρσενικά. Εντοπίζεται στην Ανατολική Αφρική και την Τανζανία. Το *N. guentheri* είναι ταχέως αναπτυσσόμενο ψάρι, περνώντας από το στάδιο του αυγού σε ενήλικο αναπαραγωγής σε τέσσερις εβδομάδες. Το θηλυκό γεννά περίπου 20-100 αυγά ανά ημέρα για ολόκληρη τη ζωή του εκτός από την περίοδο ανομβρίας.



Εικόνα 24: *Nothobranchius guentheri* (ηλεκτρονική πηγή 14).

Το *X. cancila* έχει μέγεθος 30 cm με κατανομή το Πακιστάν, την Ινδία, το Μπαγκλαντές, τη Σρι Λάνκα, τη Μιανμάρ και την Ταϊλάνδη. Ζει στην επιφάνεια των υδάτινων συστημάτων.



Εικόνα 25: *Xenentodon cancila* (ηλεκτρονική πηγή 15).

Η κατανομή του *C. auratus* περιλαμβάνει την Κίνα, την Κορέα, την Ταϊβάν, την Ιαπωνία, την Ευρώπη, τη Σιβηρία, την Ανατολική Ασία και την Ινδία. Ένα μικρού έως μετρίου μεγέθους ψάρι με ένα βαθύ σώμα και στρογγυλή διατομή. Έχει μεγάλο κεφάλι και μάτια, μικρό στόμα και διχαλωτή ουρά. Τα λέπια είναι μεγάλα και το ενιαίο ραχιαίο πτερύγιο έχει 3-4 αγκάθια στην αιχμή. Το χρώμα κυμαίνεται από λαδί-χάλκινο στο βαθύ χρυσό κατά μήκος της ραχιαίας επιφάνειας, σε ασημί-λευκό κατά μήκος της κοιλιάς. Μπορεί να αυξηθεί έως και 41 εκατοστά σε μήκος, 2 kg σε βάρος και να ζήσει για 30 χρόνια. Τρέφεται με ποικιλία από υδρόβια φυτά (συμπεριλαμβανομένων των φυκών), κατάλοιπα εντόμων, καρκινοειδή, σκουλήκια, έντομα και μικρά σαλιγκάρια. Ωτοκία εμφανίζεται σε ρηγά νερά, και μέχρι πολλές

εκατοντάδες χιλιάδες μικρά αυγά (1-2 mm διάμετρος) ταυτόχρονα (McDowall, 2000). Τα αυγά εκκολάπτονται περίπου σε μια εβδομάδα.



Εικόνα 26: *Carassius auratus* (ηλεκτρονική πηγή 16).

Το *O. mossambica* αναπτύσσεται γρήγορα και φτάνει σε μέγεθος περίπου τα 3 κιλά. Κατανέμεται στην Ανατολική Αφρική, την Ινδία, το Πακιστάν, τη Σρι Λάνκα. Το μέγιστο μέγεθος του *O. mossambicus* τείνει να διαφέρει ανάλογα με τη γεωγραφική του θέση. Το μέγιστο μέγεθος του είδους είναι τα 430 mm, ενώ τα ψάρια στον Κόλπο του Μεξικού μετρώνται κατ'ανώτατο όριο των 360 χιλιοστών. Φαινόμενα νανισμού έχουν παρατηρηθεί σε άγριου τύπου είδη. Αναπτύσσεται και αναπαράγεται σε νερά με αλατότητα μέχρι και 35%. Η χαμηλότερη θερμοκρασία για αυτό το είδος είναι 10°C. Μπορεί εύκολα να υβριδοποιηθεί για να δώσει απογόνους ανθεκτικούς στην αλατότητα (Chandra et al., 2008). *O. mossambicus* είναι μακρόβια, φτάνοντας περίπου τα 11 χρόνια. Τα ώριμα θηλυκά έχουν μήκος 150-160 mm, ενώ τα αρσενικά περίπου 170-180 mm. Τα αρσενικά κατασκευάζουν φωλιές σε αραιή βλάστηση σε μέτριου βάθους πυθμένα όπου γίνεται η γονιμοποίηση των αυγών. Πολλά διαφορετικά θηλυκά θα γεννήσουν τα αυγά στη φωλιά. Το θηλυκό μπορεί να αποθέσει 50-1.780 αυγά, ανάλογα με το μέγεθος του και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Μόλις γονιμοποιηθεί, το θηλυκό *O. mossambicus* παίρνει τα αυγά στην στοματική κοιλότητά του μέχρι την εκκόλαση. Η επώαση διαρκεί περίπου 3-5 ημέρες. Είναι παμφάγα ψάρια που καταναλώνουν βλάστηση, ρίζες φυτών, ασπόνδυλα, και μικρά ψάρια.



Εικόνα 27: *Oreochromis mossambica* (ηλεκτρονική πηγή 17).

O. niloticus niloticus είναι το ταχύτερα αναπτυσσόμενο είδος σε πολλές χώρες. Το μέγιστο βάρος είναι περίπου 3 kg. Έχει μέγεθος έως 34 εκατοστά με κατανομή στην ανατολική Αφρική, τη δυτική Αφρική και τον ποταμό Νείλο. Δεν ανέχεται την υψηλή αλατότητα και έχει κακή αντοχή στο κρύο. Είναι κατάλληλο για καλλιέργεια σε τροπικό κλίμα και μαλακό υφάλμυρο νερό. Η χαμηλότερη θερμοκρασία που αντέχει είναι οι 12°C (Chandra et al., 2008).



Εικόνα 28: *Oreochromis niloticus niloticus* (ηλεκτρονική πηγή 18).

2.4. Χρήση λαβροφάγων ψαριών κατά της ελονοσίας

Σε αυτή την ενότητα αναφέρονται παραδείγματα της χρήσης των λαβροφάγων ψαριών στην αντιμετώπιση της ελονοσίας. Πρόσφατες έρευνες έχουν αξιολογήσει αυτόχθονα είδη ψαριών για τον εντοπισμό κατάλληλων παραγόντων βιολογικής καταπολέμησης των κουνουπιών. Παρά τις λεπτομερείς κατευθυντήριες οδηγίες για τη χρήση των ψαριών και τα εκτενή εργαστηριακά δεδομένα, τα δεδομένα ελεγχόμενων δοκιμών στο φυσικό περιβάλλον για την αποτελεσματικότητα των λαβροφάγων ψαριών στη μείωση της μετάδοσης της ελονοσίας είναι αρκετά περιορισμένα (Walker, 2002).

Στις αγροτικές περιοχές, τα ψάρια μπορεί να αποτελέσουν κατάλληλα εργαλεία για τον έλεγχο της ελονοσίας εάν οι τόποι αναπαραγωγής είναι γνωστοί και περιορισμένοι σε αριθμό. Τα λαβροφάγα ψάρια μπορούν να είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την αντιμετώπιση της ελονοσίας ειδικά σε περιοχές όπου υπάρχουν ορυζώνες (Lacey and Lacey, 1990). Στο παρελθόν, η πρακτική αυτή έχει αποδειχθεί αποτελεσματική, υπό ορισμένες προϋποθέσεις στην Καλιφόρνια (Kramer et al., 1988). Στην Ασία, η εισαγωγή και η διαχείριση των λαβροφάγων ψαριών υπήρξε αποτελεσματική σε περιοχές με ιχθυοκαλλιέργειες, διότι πρόσφερε επιπρόσθετα οικονομικά, γεωργικά, και διατροφικά οφέλη (Victor et al., 1994).

Πίνακας 3: Είδη λαβροφάγων ψαριών που χρησιμοποιούνται σε ορυζώνες της Κίνας για την αντιμετώπιση της ελονοσίας (από Walker, 2002 τροποποιημένο).

Είδη ψαριών	Λεία είδη του <i>Anopheles</i>	Αριθμός ψαριών / m ² επιφάνειας νερού	μείωση της πυκνότητας των προνυμφών <i>Anopheline</i> (%)	Διάρκεια εφαρμογής- παρατήρησης
Συνδυασμός: <i>Cuprinus caprio</i> , <i>Ctenopharyngo don idella</i> , <i>Tillapia spp</i>	<i>An. sinensis</i>	1	Σημαντικές μειώσεις, αναφέρονται γραφικά	150- 170 ημέρες (μήκος της περιόδου παρατήρησης)
<i>Gambusia affinis</i>	<i>An. subpictus</i> , <i>culicifacies</i> , <i>annularis</i> , <i>nigerrimus</i>	5		42 ημέρες (μήκος της περιόδου παρατήρησης)

Συνδυασμός:	81.0
<i>Cuprinus</i>	(anopheline)
<i>caprio</i> ,	83.5
<i>Ctenopharyngo</i>	(culicines)
<i>don idella</i> ,	
<i>Catia catia</i> ,	
<i>Labeo rohita</i> ,	
<i>Cirrhinus</i>	
<i>mrigala</i>	

Τα λαβροφάγα ψάρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση των φορέων της ελονοσίας υπό ορισμένες προϋποθέσεις, σε αστικές περιοχές. Τα λαβροφάγα ψάρια έχουν χρησιμοποιηθεί σε αστικές και περιαστικές περιοχές της Αφρικής και της Ινδίας για την καταπολέμηση των κουνουπιών που αναπαράγονται σε τεχνητές δομές όπως πηγάδια, δεξαμενές και βαρέλια (Walker, 2002).

Πίνακας 4: Χρήση των λαβροφάγων ψαριών για τον έλεγχο των φορέων της ελονοσίας σε τεχνητά δοχεία που περιέχουν νερό.

Είδη ψαριών	Λεία είδη του <i>Anopheles</i> (και <i>culicine</i>)	Αριθμός ψαριών /m² επιφάνειας νερού	μείωση της πυκνότητας των προνυμφών <i>Anopheline</i> (%) (όλα τα είδη κουνουπιών)	Διάρκεια εφαρμογής- παρατήρησης	Βιότοπος
<i>Aphanius dispar</i> (ντόπιο)	<i>An. culicifacies</i> <i>adanensis</i>	Μεταβλητός, ανάλογα με τη δεξαμενή νερού	97 (95)	2-4 εβδομάδες	Δεξαμενές, φρεάτια και βαρέλια, πόλη Assab, Αιθιοπία
	<i>An. arabiensis</i> ,				Djibouti

<i>gambiae</i> complex					
<i>Gambusia affinis</i> (εισαγόμενο)	<i>An. stephensi</i> (<i>C. fatigans</i>)	?	98 (86)	4 εβδομάδες	Φρεάτια, πόλη Pondicherry, Ινδία
<i>Aplocheilichthys blocki</i> (ντόπιο)	<i>An. stephensi</i>	5	75	18 μήνες	Φρεάτια, δεξαμενές, παράκτιες αστικές περιοχές της πόλης Goa, Ινδία
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>An. gambiae</i>	3-5	85	1 χρόνος	Λεκάνες πλυσίματος, δεξαμενές, Gr. Comore
	<i>An. stephensi</i> & <i>subpictus</i>	5-10 ανά δεξαμενή	81-86	Μεταβλητή	Δεξαμενές, Ινδία
	<i>An. stephensi</i>		78	Μεταβλητή	Φρεάτια, Ινδία

Σε μια αστική περιοχή στην Αιθιοπία, οι Fletcher et al. (1992) διαπίστωσαν ότι τα εγχώρια ψάρια του είδους *A. dispar*, μείωσαν αποτελεσματικά τον πληθυσμό των προνυμφών του *An. culicifacies adanensis* σε πηγάδια και δοχεία, αν και ο πειραματικός σχεδιασμός δεν επέτρεψε στους ερευνητές να αξιολογήσουν τον αρνητικό αντίκτυπο στη μετάδοση της ελονοσίας. Κοντά στα σύνορα Αιθιοπίας-Σομαλίας, μια ομάδα ερευνητών προώθησε σε τοπικό επίπεδο τη χρήση του ιθαγενούς είδους *Oreochromis spilurus spilurus* για την αντιμετώπιση της ελονοσίας με καλά αποτελέσματα (Teklehaimanot et al., 1993).

Στο νησί Grande Comore όπου το *An. gambiae* αναπαράγεται μόνο σε τεχνητές δεξαμενές, η εισαγωγή των λαβροφάγων ψαριών *P. reticulata* είχε σαν αποτέλεσμα την πολυετή μείωση πληθυσμού των προνυμφών και των ενήλικων πληθυσμών των κουνουπιών μειώνοντας σημαντικά την επίπτωση της ελονοσίας (Sabatinelli et al., 1991). Μάλιστα, τα λαβροφάγα ψάρια αναπαράγονταν με επιτυχία μειώνοντας έτσι την ανάγκη για συνεχή ανανέωση.

Σε ορισμένα μέρη της Ινδίας, ο βασικός φορέας της ελονοσίας στις αστικές περιοχές ακόμη και σε χαμηλές πυκνότητες, είναι το *An. stephensi*. Μπορεί να αναπαράγεται σε καθαρά δοχεία νερού και σε άλλα κοινά ενδιαίτηματα σε αστικές και περιαστικές περιοχές. Το ενδιαφέρον για τη χρήση των λαβροφάγων ψαριών αυξήθηκε μετά από την τεκμηριωμένη εμφάνιση υψηλής αντοχής των πληθυσμών του *An. stephensi* (Thavaselvam et al., 1993).

Μια σειρά από μελέτες έχουν δείξει ότι τόσο τα εισαχθέντα είδη ψαριών όπως το *Gambusia affinis* και *Poecilia reticulata*, όσο και τα αυτόχθονα είδη είναι συγκρίσιμα αποτελεσματικά στη σημαντική μείωση του πληθυσμού του *An. stephensi* (Gupta et al., 1992; Rajnikant et al., 1993).

Άλλη μία μελέτη (Kumar et al., 1998) έδειξε ότι η συνδυασμένη χρήση του ιθαγενούς *Aplocheilus blocki* με βακτηριακά σκευάσματα (Bti) ήταν πιο αποτελεσματική σε σχέση με την εφαρμογή μόνο του Bti στη μείωση των πληθυσμών των κουνουπιών σε περιοχές αναπαραγωγής τους στην Καλιφόρνια (πηγάδια και δεξαμενές νερού). Ο πειραματικός σχεδιασμός της συγκεκριμένης μελέτης, παρουσιάζει ενδιαφέρον δεδομένου ότι εξέτασε τον αντίκτυπο αυτών των παρεμβάσεων στη συχνότητα εμφάνισης της ελονοσίας, συγκρίνοντας τον ετήσιο δείκτη παρασίτων (API: Annual parasite index) στις περιοχές όπου εφαρμόζεται η βιολογική αντιμετώπιση, με τη χρήση ψαριών και μικροβιακών παραγόντων με τις γειτονικές περιοχές όπου εφαρμόστηκαν συμβατικοί ψεκασμοί με DDT. Συνολικά, οι παρεμβάσεις βιολογικής αντιμετώπισης ήταν πιο αποτελεσματικές στη μείωση του API σε σύγκριση με τα συμβατικά εντομοκτόνα.

Παράδειγμα μαζικής παραγωγής του *P. reticulata* and *G. affinis* είναι το πρόγραμμα αντιμετώπισης των κουνουπιών ως μέρος του βιοπεριβαντολογικού ελέγχου της ελονοσίας στην Ινδία. Μερικές καινοτόμες μέθοδοι αναπτύχθηκαν για να μειωθεί το κόστος της μαζικής παραγωγής και της διανομής των ψαριών. Ένας σημαντικός αριθμός εκκολαπτηρίων για μαζική παραγωγή δημιουργήθηκε, και ψάρια μεταφέρονταν στα χωριά όπου αποθηκεύονταν στους τόπους αναπαραγωγής των κουνουπιών ανά διαστήματα. Μεγάλες λίμνες μετατράπηκαν σε ιχθυογεννητικούς σταθμούς, καθώς επίσης κατασκευάστηκαν και καινούργια εκκολαπτήρια. Τα *G. affinis* εισήχθησαν σε αυτές τις λίμνες για πολλαπλασιασμό. Τα *G. affinis* αναπαράγονται τρεις φορές το χρόνο και μέσα σε ένα χρόνο όλες οι μονάδες είχαν πολύ καλά αποθέματα. Ομοίως, μεγάλα αποθέματα του *N. reticulata* (Guppy) δημιουργήθηκαν στις επαρχίες Nadiad, και Hardwar. Τα ψάρια από τα αποθέματα

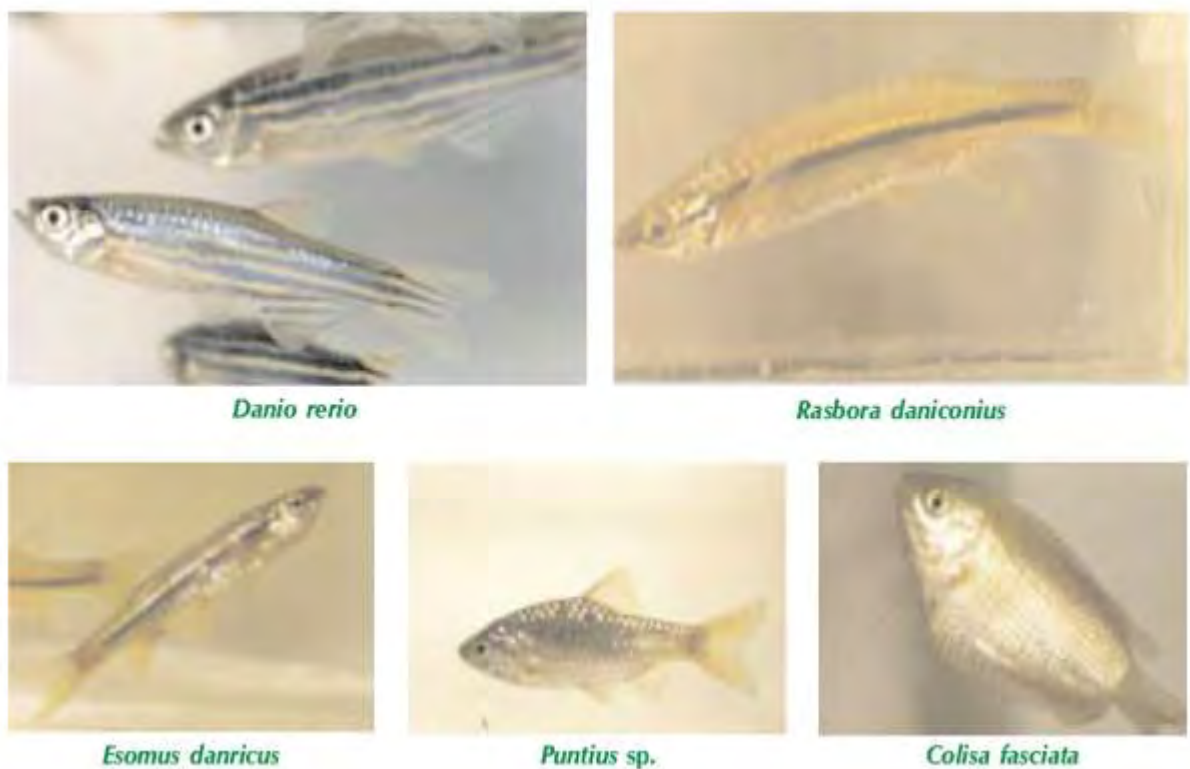
αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την αντιμετώπιση των κουνουπιών σε διάφορες περιοχές αναπαραγωγής και κυρίως σε αποχετεύσεις και υπόγειες δεξαμενές.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η εκτροφή των *Gambusia* έχει σημαντικά κέρδη και δεν ανταγωνίζεται με τα βρώσιμα ψάρια στο οικοσύστημα, γεγονός που έκανε την αποδοχή από τους αγρότες πιο εύκολη. Ήταν ξεκάθαρο για τους αγρότες ότι το συγκεκριμένο είδος τρέφεται μόνο με προνύμφες κουνουπιών που βρίσκονται στο περιβάλλον, ενώ ο κυπρίνος είναι κυρίως φυτοφάγος. Πειράματα σε σύνθετη καλλιέργεια των λαβροφάγων ψαριών έδειξαν ότι τα *Gambusia* μπορεί να εκτραφούν χωρίς να προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις στην παραγωγή των βρώσιμων ψαριών (Anonymous, 2011).

Η χρήση των λαβροφάγων ψαριών για την αντιμετώπιση των φορέων της ελονοσίας είναι μια απλή, φθηνή και αποτελεσματική μέθοδος. Τα λαβροφάγα ψάρια έχουν γίνει αποδεκτά ως μια επιλεκτική μέθοδος στην αντιμετώπιση των φορέων ελονοσίας σε χώρες όπως η Ινδία. Δεν υπάρχουν συγκεκριμένες μελέτες που να διενεργήθηκαν για την αξιολόγηση του κατά κεφαλήν κόστους των ψαριών και των εντομοκτόνων, σύμφωνα με τις προγραμματικές συνθήκες. Το κατά κεφαλήν ετήσιο λειτουργικό κόστος της ολοκληρωμένης στρατηγικής ήταν Rs. 8,1 (0,19 \$) σε σύγκριση με το Rs. 9,3 (US \$ 0,21) του χημικού ελέγχου. Η στρατηγική θεωρείται οικονομικά αποδοτική και μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της χρήσης εντομοκτόνων (Anonymous, 2011).

Άλλες έρευνες έδειξαν ότι υπάρχει ένας αρκετά μεγάλος αριθμός από αυτόχθονα ψάρια (όπως τα *Danio rerio*, *Esomus danricus*, *Badis Badis*, *Puntius ticto*, *Rasbora daniconius*, *Colisa fasciata*) τα οποία βρίσκονται συνήθως στα γλυκά νερά. Ωστόσο, δεν μπορούν να παράγονται μαζικά και δεν έχουν την ικανότητα να αντέχουν τη μεταφορά, τη μεταβολή της ποιότητας του νερού, της θολερότητας και της θερμοκρασίας. Κατά τη διάρκεια εργαστηριακών δοκιμών είδη των γενών *Danio rerio* και *Oryzias melastigma* έδειξαν υψηλή αρπакτικότητα κατά των προνυμφών των κουνουπιών. Μόνο τα μικρά ψάρια *Danio* (2,7 - 3,0 cm) κατανάλωναν κατά μέσο όρο 52 προνύμφες σταδίου IV ανά ημέρα, λαμβάνοντας υπόψη ότι το είδος *Oryzias* (2,5 cm) κατανάλωνε 98 προνύμφες ανά ημέρα. Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια των δοκιμών σε χωράφια ρυζιού έδειξαν ότι αμφότερα τα ψάρια είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στη μείωση της πυκνότητας των κουνουπιών. Η μείωση στην πυκνότητα των III και IV ηλικίας προνυμφών έγινε εμφανής από την αρχή. Την έκτη μέρα τα *Danio* spp. και *Oryzias* spp. μείωσαν τις πυκνότητες κατά

86,8 και 76,2% αντίστοιχα. Άλλες μελέτες υποδεικνύουν ότι το ψάρι είδους *Aphanius dispar* είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό απέναντι στην ελονοσία και διαδίδεται πολύ καλά σε υφάλμυρα νερά, καθώς και σε γλυκά νερά σε δεξαμενές άρδευσης (χωμάτινες ή τσιμεντένιες), πηγάδια, όπου οι φορείς της ελονοσίας *An. culicifacies* και *An. stephensi* πολλαπλασιάζονται αφειδώς. Συστηματική επιτήρηση των συνεπειών στην ελονοσία και σύγχρονες έρευνες έδειξαν ότι η χρήση των ψαριών ήταν εξίσου αποτελεσματική με την IRS. Η αποδοχή των ψαριών μάλιστα από την αγροτική κοινότητα ήταν υψηλή (Anonymous, 2011).



Εικόνα 29: Διάφορα είδη λαβροφάγων ψαριών που έχουν χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση της ελονοσίας (Anonymous, 2011).

Πίνακας 5: Κατάλληλα είδη ψαριών και η συχνότητα απελευθέρωσης τους ανάλογα με το υδρόβιο οικοσύστημα των κουνουπιών (Anonymous, 2011).

Υδρόβιοι βιότοποι	Κουνούπια-κύριοι φορείς	Γένος	Αριθμός ψαριών που απελευθερώνονται
Λίμνες, λίμνες από το νερό βροχής	<i>An. culicifacies</i>	<i>Gambusia</i> and <i>Guppy</i>	10-20 ψάρια / m ²
Αποθηκευμένο σε δεξαμενές νερό, διακοσμητικές δεξαμενές, πηγές, πισίνες και δεξαμενές	<i>An. stephensi</i> , <i>Aedes</i> spp.	<i>Guppy</i> and <i>Gambusia</i>	5-10 ψάρια / m ²
Φρεάτια	<i>An. stephensi</i>	<i>Guppy</i> and <i>Gambusia</i>	50-250 (για άμεσο έλεγχο)
Ορυζώνες	<i>An. culicifacies</i>	<i>Gambusia</i> , <i>Danio</i> , <i>Aplocheilus</i> , <i>Oryzias</i> and <i>Aphanius</i>	5000 / στρέμμα
Αγροτικές λίμνες και φράγματα ελέγχου	<i>An. culicifacies</i>	<i>Gambusia</i> , <i>Aphanius</i> and <i>Aplocheilus</i>	25-50 / στρέμμα
Κοιλώματα ορυχείων	<i>An. culicifacies</i>	<i>Gambusia</i> and <i>Guppy</i>	2500 / στρέμμα (για μέτριο έλεγχο)
Έλη	<i>Cx. quinquefasciatus</i>	<i>Guppy</i> , <i>Aplocheilus</i> and <i>Colisa</i>	10,000 / στρέμμα
Αγωγοί	<i>Cx. quinquefasciatus</i>	<i>Guppy</i> and <i>Colisa</i>	

3. Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των λαβροφάγων ψαριών

Η θήρευση κουνουπιών από ψάρια έχει παρατηρηθεί σε μια ποικιλία ενδιαιτημάτων, συμπεριλαμβανομένων υδάτινων οικοσυστημάτων, θαλάσσιων και γλυκών νερών. Μια ποικιλία παραγόντων, οικολογικοί και συμπεριφορικοί, μπορεί να

επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα θήρευσης των ψαριών (Griffin and Knight, 2012).

Οι οικολογικοί παράγοντες περιλαμβάνουν τη δομική πολυπλοκότητα των ενδιαιτημάτων και τις διαφορετικές προτιμήσεις της λείας από τους θηρευτές. Η πολυπλοκότητα των ενδιαιτημάτων επηρεάζει τη φυσική πρόσβαση των θηρευτών στη λεία. Πιο συγκεκριμένα, στα οικοσυστήματα στα οποία ζουν προνύμφες, και είναι εύκολα προσβάσιμα, παρατηρείται υψηλότερη θήρευση των κουνουπιών από αρπακτικά ψάρια. Επιπρόσθετα, το αναπτυξιακό στάδιο τόσο του θηρευτή-ψαριού όσο και της λείας, επηρεάζει σημαντικά τη σχέση μεταξύ τους. Ειδικότερα, τα μεγαλύτερα σε ηλικία και μέγεθος ψάρια προτιμούν να καταναλώνουν προνύμφες των τελευταίων σταδίων και ενήλικα. Η μελέτη των Taylor et al. (1992) έδειξε ότι το αναπτυξιακό στάδιο των καταναλωθέντων προνύμφων των *Ae. taeniorhynchus* και *Cx. quinquefasciatus* ήταν ευθέως ανάλογο με μέγεθος του θηρευτή *Rivulus marmoratus*.

Οι παράγοντες που αφορούν τα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς των θηρευτών ψαριών έχουν μεγάλη σημασία στον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας της θήρευσης. Ένας τέτοιος παράγοντας είναι οι διατροφικές συνήθειες των θηρευτών. Παρατηρείται εποχιακή διακύμανση των πληθυσμών των κουνουπιών, όπου τους χειμερινούς μήνες ο αριθμός των κουνουπιών είναι μηδαμινός, ενώ τους καλοκαιρινούς ο πληθυσμός τους είναι πολύ υψηλός. Έτσι, τα ψάρια τα οποία θηρεύουν κουνούπια θα πρέπει να είναι σε θέση να βρίσκουν άλλες πηγές τροφής όταν οι πληθυσμοί της συγκεκριμένης λείας τους είναι χαμηλοί (Schleuter and Eckmann, 2008).

Η προτίμηση μιας εναλλακτικής λείας και η αφθονία της επηρεάζουν τη θήρευση των προνυμφών των κουνουπιών, με τα ψάρια να αναζητούν λεία μεγαλύτερου μεγέθους ή μικρότερης ευκινησίας (Manna et al., 2008). Η προτίμηση των ψαριών για μια εναλλακτική λεία μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα τους ως παράγοντες βιολογικής αντιμετώπισης των κουνουπιών, ενώ είναι πιθανόν να ωφελήσει τους πληθυσμούς των κουνουπιών με το να μειώνει τους αριθμούς άλλων θηρευτών των κουνουπιών (Walton, 2007). Για παράδειγμα, οι Manna et al. (2008) συμπέραναν ότι αν και το *P. reticulata* ήταν ένας αποτελεσματικός θηρευτής για τις προνύμφες του *Cx. quinquefasciatus*, η αρπακτική του ικανότητα μειώνονταν σημαντικά στην παρουσία εναλλακτικής λείας (σκώληκες).

Επιπρόσθετα, η αρπακτική ικανότητα των λαβροφάγων ψαριών μπορεί να επηρεαστεί έντονα από την υδρόβια βλάστηση, η οποία μπορεί να επηρεάσει τη διατροφή τους και να λειτουργήσει ως καταφύγιο για τις προνύμφες των κουνουπιών. Περιοδική αφαίρεση της βλάστησης μπορεί να διευκολύνει τη δραστηριότητα των ψαριών. Ένας άλλος παράγοντας που είναι σε θέση να επηρεάσει την αποτελεσματικότητα των λαβροφάγων ψαριών στη βιολογική αντιμετώπιση των κουνουπιών, είναι η καταλληλότητα του είδους στα διαφορετικά υδάτινα οικοσυστήματα. Για αυτό το λόγο, προτιμούνται συνήθως αυτόχθονα είδη τα οποία πολλαπλασιάζονται εύκολα στους τόπους αναπαραγωγής των κουνουπιών (Walker, 2002). Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η αποτελεσματικότητα του *G. affinis* ως παράγοντας βιολογικής αντιμετώπισης των κουνουπιών δεν είναι η αναμενόμενη. Μάλιστα, σε μερικές περιπτώσεις ευνοεί την επιβίωση των προνύμφων και έτσι την πληθυσμιακή αύξηση των κουνουπιών με το να τρέφεται από διάφορους θηρευτές τους. Είναι αξιοσημείωτο ότι το *G. affinis* είχε θετικό αντίκτυπο στην αντιμετώπιση των κουνουπιών μόνο στις τέσσερις από τις είκοσι χώρες στις οποίες εισήχθηκε. Μια εξήγηση για την αναποτελεσματικότητα του *affinis* στη βιολογική καταπολέμηση των κουνουπιών, είναι το γεγονός ότι πολλά είδη κουνουπιών προτιμούν να αποθέτουν τα αυγά τους σε οικότοπους με χαμηλό κίνδυνο θήρευσης. Η χρήση του *G. affinis* σε βιολογικά προγράμματα αντιμετώπισης θα πρέπει να επανεξεταστεί (Kumar and Hwang, 2006).

Οι περιορισμοί της χρήσης του *G. affinis* και *P. reticulata* στην καταπολέμηση των πληθυσμών των κουνουπιών έχουν περαιτέρω αποδειχθεί σε μια συγκριτική μελέτη η οποία διεξήχθη στην Ταϊβάν και έδειξε ότι τα αυτόχθονα λαβροφάγα ψάρια *Macropodus opercularis* όντας καλύτερα προσαρμοσμένα στους βιοτόπους αναπαραγωγής των κουνουπιών, μπόρεσαν να ελέγξουν τους πληθυσμούς των προνυμφών 8 φορές πιο αποτελεσματικά από το *G. affinis* (Wang et al., 1998).

Οι μελέτες σχετικά με το δυναμικό του λαβροφάγου *P. reticulata* τόσο στο εργαστήριο όσο και στο ύπαιθρο είναι σχετικά περιορισμένες. Πρόσφατα, σε εργαστηριακές συνθήκες προσδιορίστηκε ο αριθμός των προνύμφων *Anopheles* spp. που καταναλώνονταν ανά ψάρι ημερησίως και ο αριθμός των προνύμφων σε κοπρανώδες υλικό. Στη μελέτη πεδίου, επιλέχθηκαν 29 κοίτες ποταμών της Σρι Λάνκα στις οποίες εισήχθησαν τα *P. reticulata*. Τα *P. reticulata* κατανάλωσαν κατά μέσο όρο $117 \pm 32,33$ προνύμφες ανά ψάρι την ημέρα, ενώ το κοπρανώδες υλικό του *P. reticulata* περιείχε ένα μέσο όρο 2.7 ± 2.68 νύμφες ανά ψάρι (Kusumawathie et al.,

2008). Στο παρελθόν, οι Dua και Sharma (1989) έδειξαν ότι ένα μόνο ψάρι *P. reticulata* μπορεί να καταναλώσει ένα μέσο όρο 2.53 προνυμφών ανά ώρα. Επίσης, σύμφωνα με τους Menon and Rajagopalan (1977), ένα μόνο ψάρι *P. reticulata* καταναλώνει 53.1 προνύμφες του γένους *Cx. fatigans* ανά ημέρα.

Το *P. reticulata* μπορεί να καταναλώσει ένα σημαντικό αριθμό προνυμφών, με το ποσοστό κατανάλωσης να ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος του σώματος. Τα ψάρια του είδους *P. reticulata* παρουσιάζουν χαμηλή προτίμηση για τις προνύμφες όταν στο περιβάλλον υπάρχουν εναλλακτικά θηράματα όπως οι προνύμφες των ειδών της οικογένειας Chironomid και διάφορα άλλα αρθρόποδα, μειώνοντας έτσι τη δυναμική του ως βιολογικό παράγοντα καταπολέμησης των κουνουπιών (Manna et al., 2008).

Η μέση ημερήσια κατανάλωση των προνυμφών από το *A. dispar* σε εργαστηριακές συνθήκες ήταν ως εξής: *An. stephensi* $128 \pm 0,2$ με 204 ± 6 , *Cx. quinquefasciatus* 24 ± 4 - 58 ± 10 , *Ae. aegypti* 43 ± 5 έως 68 ± 2 . Σε δεξαμενές νερού, το *A. dispar* μειώνει το 93% των προνυμφών την 7^η ημέρα και το 98% την 21^η ημέρα, υποδεικνύοντας το υψηλό λαβροφάγο δυναμικό του (Sarfarazul and Yadav Rajpal, 2011).

3.1. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης λαβροφάγων ψαριών

Παρά τις δυνατότητες που προσφέρει η βιολογική αντιμετώπιση που χρησιμοποιεί ψάρια, μπορεί να είναι επιβλαβής για το περιβάλλον, ιδιαίτερα σε πολύπλοκα, οικολογικής σημασίας συστήματα, όπως είναι οι ορυζώνες. Η απελευθέρωση των αρπακτικών εξωτικών ψαριών σε έναν υγρότοπο με σκοπό την αντιμετώπιση των κουνουπιών μπορεί να διαταράξει τα φυσικά οικοσυστήματα, με τα ψάρια θηρευτές να συναγωνίζονται τους εγγενείς θηρευτές (Hoddle, 2004).

Αξιοσημείωτο παραδείγμα ήταν η εισαγωγή του κουνουπόψαρου *G. affinis* και *G. holbrooki*, δύο ιθαγενών ειδών της Βόρειας Αμερικής, η οποία επέφερε σημαντική μείωση στους πληθυσμούς των ιθαγενών ψαριών άλλων περιοχών (Chandra et al., 2008). Σαν αποτέλεσμα τα ψάρια αυτά χαρακτηρίστηκαν ως σημαντικά εξωτικά παράσιτα, ενώ η χρήση τους ως παραγόντων αντιμετώπισης των κουνουπιών απαγορεύτηκε στην Αυστραλία (Laha and Mattingly, 2007).

Στην Ελλάδα, η εισαγωγή του *G. affinis* οδήγησε σε μείωση του ενδημικού είδους ψαριού *Valencia letourneuxi* Sauvage (Economidis, 1995). Παρόμοια παραδείγματα έχουν αναφερθεί και σε άλλες μελέτες (Leyse et al., 2004). Η χρήση

των λαβροφάγων ψαριών μπορεί να αποδειχτεί απρόβλεπτη με πολλές αποτυχημένες προσπάθειες να έχουν καταγραφεί (Bence, 1988; Blaustein, 1992). Η σημασία των προνυμφών στη φυσική διατροφή των ψαριών, ο αποκλεισμός των κουνουπιών από υδάτινα περιβάλλοντα λόγω θήρευσης, η αποφυγή της απόθεσης αυγών είναι μόνο μερικοί παράγοντες που σπάνια έχουν μελετηθεί (Louca et al., 2009). Στην Κολομβία, οι προνύμφες του *An. albimanus* βρέθηκαν να σχετίζονται αρνητικά με τα ψάρια και τα αρπακτικά ασπόνδυλα, όπως οι λιβελούλες (Marten et al., 1996). Αυτό το φαινόμενο πιστεύεται ότι είναι πολύ πιο διαδεδομένο στη φύση, με τα αρπακτικά ψάρια να επηρεάζουν την κατανομή πολλών υδρόβιων ειδών (Maddrell, 1998). Αντίθετα, στο Πακιστάν, οι προνύμφες του *An. subpictus* (Grassi) σχετίζονται θετικά με την παρουσία υδρόβιων αρπακτικών συμπεριλαμβανομένων των ψαριών, αν και οι ερευνητές δεν ήταν σε θέση να δώσουν μια εξήγηση για αυτό το φαινόμενο (Herrel et al., 2001).

Ωστόσο, η βιολογική καταπολέμηση μπορεί να είναι αποτελεσματική με χρήση ψαριών που είναι συμβατά με το περιβάλλον. Οι Van Dam και Walton (2007), κάνοντας πειράματα σε λίμνες στην Καλιφόρνια, βρήκαν ότι σχετικά μικροί, βραδείας αναπαραγωγής πληθυσμοί του είδους *Gila orcutti* μείωσαν τον αριθμό των κουνουπιών αποτελεσματικότερα από ότι μεγάλοι, γρήγορης αναπαραγωγής πληθυσμοί του *G. affinis*. Σε εργαστηριακές δοκιμές οι Hurst et al. (2004), σύγκριναν τη θήρευση των κουνουπιών *Culex* spp. από επτά ιθαγενή είδη ψαριών της Αυστραλίας με τα είδη *G. holbrooki*, και διαπίστωσαν ότι τρία από τα είδη αυτά, *Melanotaenia duboulayi*, *Ambassis marianus* και *Hypseleotris compressa*, ήταν εξίσου ή και περισσότερο αποτελεσματικά αρπακτικά των προνυμφών των κουνουπιών του είδους *Culex* από τα *G. holbrooki*. Επίσης, στη Δυτική Κένυα η εισαγωγή του ιθαγενούς ψαριού *O. niloticus* είχε σαν αποτέλεσμα την πτώση των αριθμών των προνυμφών των *An. gambiaes* και *An. funestus* κατά 94%, γεγονός που το καθιστά αποτελεσματικό βιολογικό παράγοντα ελέγχου της ελονοσίας (Howard et al., 2007).

Η βελτίωση των συνθηκών για τα ενδογενή λαβροφάγα ψάρια και η ενίσχυση της πρόσβασής τους στις προνύμφες κουνουπιών, αποδεικνύεται μια πιο περιβαλλοντικά ορθή προσέγγιση από την εισαγωγή εξωτικών αρπακτικών.

3.2. Η απόκριση των κουνουπιών στη θήρευσή τους από λαβροφάγα ψάρια

Τα κουνούπια ανταποκρίνονται στη θήρευση τους από τα λαβροφάγα ψάρια με δύο βασικούς τρόπους, σε επίπεδο πληθυσμού και σε ατομικό επίπεδο. Η κατανόηση της συμπεριφοράς του κουνουπιού είναι κρίσιμη για την μοντελοποίηση και για τα αποτελέσματα της θήρευσης τους. Πολλές μελέτες έχουν εξετάσει πληθυσμούς κουνουπιών μετά την εισαγωγή των αρπακτικών ψαριών, και έχουν τεκμηριώσει σημαντικές μειώσεις στο μέγεθος του πληθυσμού των κουνουπιών όταν τα ψάρια εισάγονται σε ένα σύστημα (Chandra et al., 2008; Kumar and Hwang, 2006; Van Dam and Walton, 2007; Walton, 2007).

Τα κουνούπια μπορούν να ανιχνεύσουν ίχνη χημικών ουσιών στο περιβάλλον (Davis, 1976), που μπορεί να περιλαμβάνουν την ανίχνευση της παρουσίας των ψαριών σε παρακείμενα ύδατα, και ως εκ τούτου να αποφεύγουν να αποθέσουν τα αυγά σε περιοχές όπου η εκκόλαψη των προνυμφών θα είναι σε κίνδυνο θήρευσης. Αυτό το χαρακτηριστικό εντοπίστηκε για πρώτη φορά από τους Petranka and Fakhoury (1991), οι οποίοι παρατήρησαν μια μείωση της ωοτοκίας σε είδη του γένους *Anopheles* σε λίμνες που περιείχαν αρπακτικά ψάρια και γυρίνους.

Από τότε, πολλές άλλες μελέτες έχουν δείξει παρόμοια αποτελέσματα (Kumar and Hwang, 2006; Pamplona et al., 2009). Οι Stav et al. (2000) διαπίστωσαν ότι τα *Ae. taeniorhynchus* απέφυγαν τις περιοχές με υψηλές πυκνότητες, ενώ τα *G. holbrooki* προτιμούσαν γειτονικά ενδιαιτήματα με λίγα ή καθόλου ψάρια. Η εξέλιξη αυτής της συμπεριφοράς δείχνει ότι η θήρευση είναι μια σημαντική οικολογική συνιστώσα που επηρεάζει τους πληθυσμούς των κουνουπιών. Η ικανότητα αυτή διαφέρει σημαντικά μεταξύ των ειδών (Van Dam and Walton, 2007). Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν είδη που δεν είναι ίκανα να ανιχνεύσουν οποιοδήποτε θηρευτή (Zuharah and Lester, 2010) και είδη τόσο ευαίσθητα που μπορούν να ανιχνεύσουν χημικές ουσίες στο νερό μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα κατά το οποίο οι θηρευτές έχουν εγκαταλείψει το υδάτινο οικοσύστημα (Angelon and Petranka, 2002).

4. Συζήτηση

Τα κουνούπια έχουν μεγάλη υγειονομική σημασία καθώς είναι φορείς και βιολογικοί μεταβιβαστές (vectors) μερικών από τις πιο επικίνδυνες ασθένειες που προσβάλλουν τον άνθρωπο, όπως η ελονοσία, ο κίτρινος πυρετός, ο δάγκειος πυρετός, ο ιός του Δυτικού Νείλου, εγκεφαλίτιδες και φιλαριάσεις καθώς και

μεγάλου αριθμού άλλων αρμποιώσεων. Η χρήση χημικών εντομοκτόνων για την αντιμετώπιση τους έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των πληθυσμών ωφέλιμων εντόμων, τη μόλυνση του περιβάλλοντος, την ανίχνευση υπολειμμάτων εντομοκτόνων σε τρόφιμα, τη βιοσυσσώρευση των εντομοκτόνων σε μη στοχευόμενους οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου. Επιπλέον, σε ορισμένες χώρες, πολλά είδη κουνουπιών άρχισαν να αναπτύσσουν μηχανισμούς ανθεκτικότητας ενώ οι επιπτώσεις των εντομοκτόνων στην υγεία περιλαμβάνουν τόσο οξεία όσο και χρόνια προβλήματα.

Η βιολογική αντιμετώπιση των κουνουπιών γενικά βασίζεται στη χρησιμοποίηση οργανισμών, οι οποίοι δρουν είτε ως αρπακτικά, είτε ως παθογόνα σε κάποιο από τα στάδια των κουνουπιών, συνήθως στα ατελή. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της χημικής, διότι οι οργανισμοί που χρησιμοποιούνται είναι αρκετά εκλεκτικοί και συνεπώς σχετικά ακίνδυνοι και φιλικοί προς το περιβάλλον

Επιπλέον, η βιολογική αντιμετώπιση περιλαμβάνει τεχνικές στείρωσης και τη χρήση φυσικών εχθρών των κουνουπιών όπως τα λαβροφάγα ψάρια, νηματώδεις, παθογόνα βακτήρια και τις τοξίνες που παράγουν, μύκητες, έντομα, αμφίβια, εντομοφάγα φυτά και φυτικά εκχυλίσματα. Η πιο επιτυχημένη μέθοδος για την αντιμετώπιση των κουνουπιών είναι τα λαβροφάγα ψάρια, και τα βιολογικά παρασκευάσματα που προέρχονται από τα βακτήρια *Bacillus ispacelensis* *thuringiensis* και *Bacillus sphaericus* που έχουν ως στόχο τις προνύμφες των κουνουπιών. Τα πλεονεκτήματα των βιολογικών παραγόντων αντιμετώπισης των προνυμφών σε σύγκριση με τη χρήση χημικών ουσιών, περιλαμβάνουν την αποτελεσματικότητά τους σε σχετικά χαμηλές δόσεις, την ασφάλεια όσον αφορά την ανθρώπινη υγεία, το χαμηλό κόστος παραγωγής, και το χαμηλότερο κίνδυνο ανάπτυξης ανθεκτικότητας. Κατά συνέπεια η χρήση βιολογικών μέσων καταπολέμησης μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο σε προγράμματα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης κουνουπιών.

Η συγκεκριμένη εργασία εξέτασε την υπάρχουσα βιβλιογραφία σχετικά με την υγειονομική σημασία των κουνουπιών στη δημόσια υγεία και τη χρήση των λαβροφάγων ψαριών ως αποτελεσματικό τρόπο αντιμετώπισής τους. Η ενίσχυση των λαβροφάγων πληθυσμών αποτελεί μια αποτελεσματική και περιβαλλοντικά αποδεκτή προσέγγιση για την καταπολέμηση κουνουπιών και των νοσημάτων που μεταδίδουν. Τα οφέλη της βιολογικής αντιμετώπισης των κουνουπιών περιλαμβάνουν τη μείωση

του πληθυσμού των κουνουπιών και του επακόλουθου κινδύνου μετάδοσης ποικίλων ασθενειών, καθώς και τη μείωση του συνολικού κόστους των προγραμμάτων αντιμετώπισης των κουνουπιών. Η αποτελεσματικότητα των λαβροφάγων ψαριών μπορεί να επηρεαστεί από ποικίλους παράγοντες, όπως η πολυπλοκότητα των ενδιαιτημάτων, οι διαφορετικές προτιμήσεις της λείας από τους θηρευτές, το είδος του ψαριού και την υδρόβια βλάστηση.

Αξιοσημείωτη είναι η χαμηλή αποτελεσματικότητα του *G. affinis* στη βιολογική αντιμετώπιση των κουνουπιών εξαιτίας του γεγονότος ότι πολλά είδη κουνουπιών προτιμούν να αποθέτουν τα αυγά τους σε οικοτόπους με χαμηλό κίνδυνο θήρευσης. Για αυτό το λόγο, η χρήση του *G. affinis* σε βιολογικά προγράμματα καταπολέμησης θα πρέπει να επανεξεταστεί. Χρειάζονται περαιτέρω έρευνες όσον αφορά τις σχέσεις θήρευσης μεταξύ κουνουπιών και ψαριών, την κατανομή των ψαριών στα διάφορα υδάτινα οικοσυστήματα και τους παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της θήρευσης των προνύμφων από τα λαβροφάγα ψάρια. Η χρήση των λαβροφάγων ψαριών αποτελεί μια φιλική προς το περιβάλλον λύση, η οποία χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση του δυναμικού της και των τυχόν αρνητικών επιπτώσεων που μπορεί να έχει στις ισορροπίες ενός οικοσυστήματος. Η βιολογική αντιμετώπιση μπορεί να είναι αποτελεσματική με τη χρήση ψαριών που είναι συμβατά με το περιβάλλον τους. Με άλλα λόγια, τα ενδογενή λαβροφάγα ψάρια και η ενίσχυση της πρόσβασής τους στις προνύμφες κουνουπιών αποδεικνύεται μια πιο περιβαλλοντικά ορθή προσέγγιση από την εισαγωγή εξωτικών αρπακτικών.

Συμπερασματικά, μπορεί να λεχθεί ότι μια αποτελεσματική καταπολέμηση των κουνουπιών θα πρέπει να στηριχθεί σε έναν ορθολογικό συνδυασμό όλων των μέτρων και τρόπων καταπολέμησης που αναφέρθηκαν, με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και παράλληλα όμως της υγείας του ανθρώπου. Επίσης, η διαφώτιση του κοινού μέσω των μέσων μαζικής ενημέρωσης και εντύπου υλικού, θα συμβάλει στη γνώση του τρόπου πολλαπλασιασμού των κουνουπιών και κατά συνέπεια της αντιμετώπισής τους.

5. Συμπεράσματα

Η μελέτη και συγκέντρωση των εντομολογικών στοιχείων των πληθυσμών των κουνουπιών μιας περιοχής, που σχετίζονται με τη βιολογία και την οικολογία τους, καθώς και διάφορα κοινωνικοοικονομικά δεδομένα της συγκεκριμένης περιοχής, είναι μερικά από τα βασικά στοιχεία τα οποία κάθε υπεύθυνος για τη λήψη

αποφάσεων, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του και φυσικά να μεριμνά για τη συγκέντρωσή τους.

Επομένως, η αντιμετώπιση των κουνουπιών, όπως έχει αναφερθεί, μπορεί να επιτευχθεί μέσω της διαχείρισης του περιβάλλοντος. Οι σημερινές ερευνητικές προσπάθειες επικεντρώνονται στην ανάπτυξη νέων, ασφαλέστερων προϊόντων (βιολογικών ή χημικών) τα οποία μπορούν να παρεμβαίνουν στον αναπαραγωγικό κύκλο των κουνουπιών και έτσι να μειώνουν αποτελεσματικά τον πληθυσμό τους. Ειδικότερα οι μέθοδοι βιολογικής καταπολέμησης που στρέφονται κατά των κουνουπιών, επι το πλείστον, αφορούν τη χρήση των φυσικών εχθρών τους όπως αρπακτικά είδη ψαριών, μύκητες, ασπόνδυλα αρπακτικά και τοξίνες που παράγονται από μικροβιακούς παράγοντες. Μεταξύ των βιολογικών παραγόντων καταπολέμησης των κουνουπιών, τα λαβροφάγα ψάρια κατέχουν δεσπόζουσα θέση εδώ και περισσότερο από 100 χρόνια και έχουν εφαρμοσθεί σε αρκετές χώρες από τις αρχές του εικοστού αιώνα.

Παρόλο όμως που η χρήση των λαβροφάγων ψαριών έχει ευεργετικά αποτελέσματα όσον αφορά την καταπολέμηση των κουνουπιών, σύμφωνα με τα δεδομένα που προκύπτουν από μια σειρά μελετών, αρκετές φορές η χρήση αυτών των εξωτικών ψαριών έχει προκαλέσει περιβαλλοντικές ανησυχίες εν όψει των ύποπτων ανεπιθύμητων συνεπειών τους στην τοπική υδρόβια πανίδα.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. Abu-Raddad, L.J., Patnaik, P. and Kublin, J.G. (2006). Dual infection with HIV and malaria fuels the spread of both diseases in sub-saharan Africa. *Science*, 314: 1603.
2. Agosto, F.B., Bewick, S. and Parshad, RD. (2012). Mosquito management in the face of natural selection. *Mathematical Biosciences*, 239: 154–168.
3. Alio, A.Y., Isap, A., Delfini, L.F., Neng, W. and Shu-sen, W. (1985). Using fish against mosquito-borne diseases. *Wld. Hlth. Forum*, 6: 320-321.
4. Angelon, K.A. and Petranka, J.W. (2002). Chemicals of predatory mosquitofish (*Gambusia affinis*) influence selection of oviposition site by *Culex* mosquitoes. *J Chem Ecol*, 28: 797–806.
5. Anonymous, (National Institute of Communicable Diseases), (1988). Manual of entomological surveillance of vector-borne diseases. Delhi
6. Anonymous, (National Institute of Malaria Research in India), (2011). Larvivorous Fish in Mosquito Control, http://www.mrcindia.org/MRC_profile/profile2/Larvivorous%20fish%20in%20mosquito%20control.pdf
7. Barnett, E.D., Wilder-Smith, A. and Wilson, M.E. (2008). Yellow fever vaccines and international travelers. *Expert Rev Vaccines.*, 7: 579-87.
8. Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Dahl, C., Lane, J. and Kaiser, A. (2003). Mosquitoes and their control. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York. 498 pp.
9. Bence, J.R. (1988). Indirect effects and biological control of mosquitoes by mosquitofish. *J Appl Ecol*, 25: 505–521.
10. Berticat, C., Bonnet, J., Duchon, S., Agnew, P., Weill, M. and Corbel, V. (2008). Costs and benefits of multiple resistance to insecticides for *Culex quinquefasciatus* mosquitoes. *BMC Evolutionary Biology*, 8: 104.
11. Biedenbender, R., Bevilacqua, J., Gregg, A.M., Watson, M. and Dayan, G. (2011). Phase II, randomized, double-blind, placebo-controlled, multicenter study to investigate the immunogenicity and safety of a West Nile virus vaccine in healthy adults. *J Infect Dis*, 203: 75–84.

12. Biggerstaff, B.J. and Petersen, L.R. (2002). Estimated risk of transmission of the West Nile virus through blood transfusion in the US, 2002. *Transfusion*, 43: 1007–17.
13. Blaustein, L. (1992). Larvivorous fishes fail to control mosquitoes in experimental rice plots. *Hydrobiologia*, 232: 219–232.
14. Bond, C.E. (1996). *Biology of Fishes*, 2nd ed. Saunders College Publishing, Fort Worth.
15. Brower, V. (2001). Vector-borne diseases and global warming: are both on an upward swing. *EMBO re*, 2: 755-757.
16. CDC, (2003). Epidemic/Epizootic West Nile Virus in the United States: Guidelines for Surveillance, Prevention, and Control, 3rd Revision [<http://www.cdc.gov/ncidod/dvbid/westnile/resources/wnv-guidelines-aug-2003.pdf>].
17. CDC, Dengue <<http://www.cdc.gov/dengue/>>. 2011
18. Chandra, G., Bhattacharjee, I., Chatterjee, S.N. and Ghosh, A. (2008) Mosquito control by larvivorous fish. *Indian J Med Res*, 127: 13–27.
19. Chandy, A., Thakur, A.S., Singh, M.P. and Manigauha, A. (2011). A review of neglected tropical diseases: filariasis. *Asian Pac J Trop Med.*, 4: 581-6.
20. Dauphin, G. and Zientara, S. (2007). West Nile virus: recent trends in diagnosis and vaccine development. *Vaccine*, 26: 5563-76.
21. Davis, E.E. (1976). Receptor sensitive to oviposition site attractants on antennae of mosquito, *Aedes aegypti*. *J Insect Physiol*, 22: 1371–1376.
22. Davis, K.S. (1971). The Deadly Dust: The Unhappy History of DDT", *American Heritage Magazine*, 22.
23. Davison, K.L. and Shell, J.L. (1974). DDT thin shells of eggs from mallard ducks maintained on ad libitum or controlled feeding regimes. *Arch Environ Contam. Toxicol*, 2: 222-228.
24. De Filette, M., Ulbert S., Diamond, M. and Sanders, N. (2012). Recent progress in West Nile virus diagnosis and vaccination. *Vet Res*, 43.
25. Deubel, V. and Zeller H. (2001). West Nile virus. In *The encyclopedia of arthropod- transmitted infections*, M. W. Service [ed.]. CABI Publishing, Eastbourne, UK, pp. 563-570.
26. Diamond, M.S. (2009). Progress on the development of therapeutics against West Nile virus. *Antiviral Research*, 83: 214-227.

27. Dionne, M. (1985). Cannibalism, food availability and reproduction in the mosquitofish (*Gambusia affinis*); a laboratory experiment. *Amer. Nat.*, 126: 16–23.
28. Dua, VK. and Sharma, SK. (1989). Use of guppy and *Gambusia* fishes for control of mosquito breeding at BHEL industrial complex, Hardwar (UP). In: Sharma VP, Ghosh A, eds. Proceedings of the MRCCICFRI Workshop. Delhi, India: Malaria Research Centre, pp 35-45.
29. Dyck, A., Hendrichs, J. and Robinson, A.S. (2005). The Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management, Springer, Heidelberg, Germany.
30. Economidis, P.S. (1995). Endangered fresh-water fishes of Greece. *Biol Conserv*, 72: 201–211.
31. Elias, M., Islam, M.S., Kabir, M.H. and Rahman, M.K. (1995). Biological control of mosquito larvae by Guppy fish. *Bangladesh Med. Res. Counc. Bull.*, 21: 81-86.
32. Fletcher, M., Teklehaimanot, A. and Yemane, G. (1992). Control of mosquito larvae in the port city of Assab by an indigenous larvivorous fish, *Aphanius dispar*. *Acta Tropica*, 52: 155–166.
33. García-Berthou, E., Alcaraz, C., Pou-Rovira, Q., Zamora, L., Coenders, G. and Feo, C. (2005). Introduction pathways and establishment rates of invasive aquatic species in Europe. *Can J Fish Aquat Sci*, 62: 453–463.
34. Gardner, CL. and Ryman, KD. (2010). Yellow fever: a reemerging threat. *Clin Lab Med*, 30: 237-60.
35. Garey, J. and Wolff, M. (1998). Estrogenic and Antiprogestagenic Activities of Pyrethroid Insecticides. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 251: 855-859.
36. Garg, S. and Jampol, L.M. (2005). Systemic and Intraocular Manifestations of West Nile Virus Infection. *Survey of Ophthalmology*, 50: 3-13.
37. Griffin, L. and Knight, J. (2012). A review of the role of fish as biological control agents of disease vector mosquitoes in mangrove forests: reducing human health risks while reducing environmental risk. *Wetlands Ecol Manage.*
38. Gubler, D.J. (2002). Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health social and economic problem in the 21st century. *Trends Microbiol.*, 10: 100.

39. Guimares, R.M., Asmus, C.I.R.F. and Meyer, A. (2007). DDT reintroduction for malaria control: the cost-benefit debate for public health. *Cadernos de Saude Pblica*, 23: 2835.
40. Gupta, DK., Sharma, R.C. and Sharma, V.P. (1989). Bioenvironmental control of malaria linked with edible fish production in Gujarat. *Indian J. Malariology*, 26: 55–59.
41. Hales, S., Wet de, N., Maindonald, J. and Woodward, A. (2002). Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. *Lancet*, 360: 830.
42. Hartjes, L.B. (2011). Preventing and detecting malaria infections. *Nurse Pract. Jun*, 36: 45-53.
43. Helinski, M., Parker, A. and Knols, B. (2009). Radiation biology of mosquitoes. *Malaria Journal*, 8(2):6.
44. Hemingway, J., Hawkes, N.J., McCarroll, L. and Ranson, H., (2004). The molecular basis of insecticide resistance in mosquitoes. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 34: 653–665.
45. Hemungkorn, M., Thisyakorn, U. and Thisyakorn, C. (2007). Dengue infection: a growing global health threat. *Biosci Trends*, 1: 90-6.
46. Herrel, N., Amerasinghe, F.P., Ensink, J., Mukhtar, M., van der Hoek, W. and Konradsen, F. (2001). Breeding of Anopheles mosquitoes in irrigated areas of South Punjab, Pakistan. *Med Vet Entomol*, 15: 236–48.
47. Hinckley, A.F., O’Leary, D.R. and Hayes, E.B. (2007). Transmission of West Nile virus through human breast milk seems to be rare. *Pediatrics*, 119: 666–71.
48. Hoddle, M.S. (2004). Restoring balance: using exotic species to control invasive exotic species. *Conserv Biol*, 18: 38–49.
49. Howard, AF., Zhou, G. and Omlin, FX. (2007). Malaria mosquito control using edible fish in western Kenya: preliminary findings of a controlled study. *BMC Public Health*, 9.
50. Hubalek, Z. and Halouzka J. (1999). West Nile Fever - a reemerging mosquito-borne viral disease in Europe. *Emerging Infectious Diseases*, 5: 545-556.
51. Hurst, T.P., Brown, M.D. and Kay, B.H. (2004). Laboratory evaluation of the predation efficacy of native Australian fish on *Culex annulirostris* (Diptera:Culicidae). *J Am Mosq Control Assoc*, 20: 286–291.

52. Imbahale, S.S., Mweresa, C.K., Takken, W. and Mukabana, W.R. (2011). Development of environmental tools for anopheline larval control. *Parasit Vectors*, 6.
53. Iwamoto, M. (2003). Transmission of West Nile virus from an organ donor to four transplant recipients. *N Engl J Med*, 348: 2196–203.
54. Karabatsos, N. (1985). International catalogue of arboviruses, including certain other viruses of vertebrates. 3rd edition & Supplements 1986-98. American Society of Tropical Medicine and Hygiene. San Antonio, USA.
55. Karunamoorthi, K. (2011). Vector control: a cornerstone in the malaria elimination campaign. *Clinical Microbiology and Infection*, 17, 1608–1616.
56. Katiyar, D. and Singh, L.K. (2011). Filariasis: Current status, treatment and recent advances in drug development. *Curr Med Chem*, 18: 2174-85.
57. Kaushik, P. and Kaushik, G., (2007). An assessment of structure and toxicity correlation in organochlorine pesticides. *Journal of Hazardous Materials*, 143: 102–111.
58. Kendall, A.W., Kendall, J.r., Ahlstrom, E.H. and Moser, H.G. (1984). Early life history stages of fishes and their characters. *Ontogeny and Systematics of Fishes*, 1: 11–22.
59. Kettle, D.S. (1995). Medical and veterinary entomology. 2nd edition. CAB International. Cambridge, U.K. 725 pp.
60. Klowden, M.J. (1995). Blood, sex, and the mosquito. *Bioscience*, 45: 326-331.
61. Kovac, D. and Yang, C.M. (1996). A new species of *Emesopsis* Uhler, 1893 (Insecta: Hemiptera: Reduviidae) from Peninsular Malaysia, with notes on its biology. *Raffles Bulletin of Zoology*, 43: 453-462.
62. Kramer, V.L., Garcia, R. and Colwell, A.E. (1988). An evaluation of *Gambusia affinis* and *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* as mosquito control agents in California wild rice fields. *J. Am. Mosq. Control Assoc*, 4: 470–478.
63. Kumar, A., Sharma, V.P., Sumodan, P.K. and Thavaselvam, D. (1998). Field trials of biolarvicide *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* strain 164 and the larvivorous fish *Aplocheilus blocki* against *Anopheles stephensi* for malaria control in Goa, India. *J Am Mos Control Assoc*, 14: 457-62.
64. Kumar, R. and Hwang, J.S. (2006). Larvicidal efficiency of aquatic plants: A prospective for mosquito control. *Zool. Stud*, 45: 447-466.

65. Lacey, L.A. and Lacey, C.M. (1990). The medical importance of riceland mosquitoes and their control using alternatives to chemical insecticides. *J. Am. Mos. Control Assoc*, 6: 1–93.
66. Laha, M. and Mattingly, H.T. (2007). Ex situ evaluation of impacts of invasive mosquitofish on the imperiled Barrens topminnow. *Environ Biol Fishes*, 78: 1–11.
67. Laveran, C.L. (1982). Classics in infectious diseases: A newly discovered parasite in the blood of patients suffering from malaria. Parasitic etiology of attacks of malaria: Charles Louis Alphonse Laveran (1845–1922). *Rev Infect Dis*, 4: 908–911.
68. Lehane, M.J. (1991). Biology of blood-sucking insects. Harper Collins Academic. London, UK. 288 pp.
69. Leyse, K.E., Lawler, S.P. and Strange, T. (2004). Effects of an alien fish, *Gambusia affinis*, on an endemic California fairy shrimp, *Linderiella occidentalis*: implications for conservation of diversity in fishless waters. *Biol Conserv*, 118: 57–65.
70. Lim, S., Korakam, P., Osterhaus, A. and Martina, B. (2011). West Nile Virus: Immunity and Pathogenesis. *Viruses*, 3: 811–828.
71. Louca, V., Lucas, M.C., Green, C., Majambere, S., Fillinger, U. and Lindsay, S.W. (2009). Role of fish as predators of mosquito larvae on the floodplain of the Gambia River. *J Med Entomol*, 46: 546–556.
72. Louis, J.P. and Albert, J.P. (1988). Malaria in the Republic of Djibouti. Strategy for control using a biological antilarval campaign: indigenous larvivorous fish (*Aphanius dispar*) and bacterial toxins. *Med Trop*, 48: 127–31.
73. Lundkvist, E., Landin, J., Jackson, M. and Svensson, C. (2003). Diving beetles (Dytiscidae) as predators of mosquito larvae (Culicidae) in field experiments and in laboratory tests of prey preference. *Bulletin of Entomological Research*, 93: 219–226.
74. Maddrell, S.H.P. (1998). Why are there no insects in the open sea. *J Exp Biol*, 201: 2461–2464.
75. Madhu, S.K., Shaukath, A.K. and Vijayan, V.A. (2010). Efficacy of bioactive compounds from *Curcuma aromatica* against mosquito larvae. *Acta Tropica*, 113: 7–11.
76. Malavige, G.N., Fernando, S., Fernando, D.J. and Seneviratne, S.L. (2004). Dengue viral infections. *Postgrad Med J.*, 80: 588–601.

77. Manna, B., Aditya, G. and Banerjee, S. (2008). Vulnerability of the mosquito larvae to the guppies (*Poecilia reticulata*) in the presence of alternative preys. *J Vector Borne Dis*, 45: 200–206.
78. Marten, G.G., Suarez, M.F. and Astaeza, R. (1996). An ecological survey of *Anopheles albimanus* larval habitats in Colombia. *J Vector Ecol*, 21: 122–131.
79. McDowall, R.M. (2000). Biogeography of the southern cool-temperate galaxioid fishes: evidence from metazoan macroparasite fauna. *Journal of Biogeography*, 27(5): 1221-1229.
80. Medical Net, (2004). Overview of West Nile virus before season starts. *Disease/Infection News* 24 April 2004.
81. Menon, P.K.B. and Rajagopalan, P.K. (1977). Mosquito control potential of some species of indigenous fishes in Pondicherry. *Indian J Med Res*, 66: 765-771.
82. Mihou, P. and Michaelakis, A. (2010). Oviposition aggregation pheromone for *Culex* mosquitoes: bioactivity and synthetic approaches *Hellenic Plant Protection Journal*, 3: 33-56.
83. Mike, W. (2004) Cambridge University Press 052154775X - Medical Entomology for Students, Third Edition -. Service Excerpt ISBN-13: 9780521547758.
84. Monath, T.P. (2001). Yellow fever: an update. *Lancet Infect Dis*, 1: 11-20.
85. Morens, D.M. (2009). Dengue fever and dengue hemorrhagic fever. *Pediatr Infect Dis J*, 28: 635-6.
86. Nolan, T., Papathanos, P., Windbichler, N., Magnusson, K., Benton, J., Catteruccia, F. and Crisanti, A. (2011). Developing transgenic; anopheles; mosquitoes for the sterile insect technique. *Genetica*, 139.
87. Novak, R.J. and Lampman, R.L. (2001). Public Health Pesticides: Principles. In *Handbook of Pesticide Toxicology*. Volume 1. 3rd edition. Edited by: Krieger R. New York, Acad. Press: pp. 181-201.
88. Palumbo, E. (2008). Filariasis: diagnosis, treatment and prevention. *Acta Biomed*, 79: 106-109.
89. Pamplona, L.D.C., Alencar, C.H., Lima, J.W.O. and Heukelbach, J. (2009). Reduced oviposition of *Aedes aegypti* gravid females in domestic containers with predatory fish. *Trop Med Int Health*, 14: 1347–1350.
90. Patz, J.A. and Olson, S.H. (2006). Malaria risk and temperature: influences from global climate change and local land use practices. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 103.

91. Petranka, J.W. and Fakhoury, K. (1991). Evidence of a chemically mediated avoidance-response of ovipositing insects to blue-gills and green frog tadpoles. *Copeia*, 1: 234–239.
92. Pitasawat, B., Choochote, W., Tuetum, B., Tippawangkosol, P., Kanjanapothi, D., Jitpakdi, A. and Riyng, D. (2003). Repellency of aromatic turmeric *Curcuma aromatic* under laboratory and field conditions. *Journal of Vector Ecology*, 28: 234–240.
93. Poopathi, S. and Abidha, S. (2010). Mosquitocidal bacterial toxins (*Bacillus sphaericus* and *Bacillus thuringiensis* serovar israelensis): Mode of action, cytopathological effects and mechanism of resistance. *Journal of Physiology and Pathophysiology*, 1(3): 22-38.
94. Pyke, G.H. (2008). Plague minnow or mosquito fish? A review of the biology and impacts of introduced *Gambusia* species. *Ann Rev Ecol Syst*, 39: 171–191.
95. Raghavendra, K., Sharma, P. and Dash, A.P. (2008). Biological control of mosquito populations through frogs: Opportunities & constrains. *Indian J Med Res*, 128: 22-25.
96. Rajnikant, R., Bhatt, R.M., Gupta, D.K., Sharma, R.C., Srivastava, H.C. and Gautam, A.S. (1993). Observations on mosquito breeding in wells and its control. *Indian J. Malariology*, 20: 215–220.
97. Ramaiah, K.D., Das, P.K., Michael, E. and Guyatt, H.L. (2000). The economic burden of lymphatic filariasis in India. *Parasitol. Today*, 16.
98. Ratcliffe, D.A. (1967). Decreasing eggshell weight in certain birds of prey. *Nature*, 215: 208-211.
99. Rattner, B.A. (2009). History of wildlife toxicology. *Ecotoxicology*, 18: 773-83.
100. Reidenbach, K.R., Cook, S., Bertone, M.A., Harbach, R.E., Wiegmann, B.M., Besansky, J. (2009). Phylogenetic analysis and temporal diversification of mosquitoes (Diptera: Culicidae) based on nuclear genes and morphology. *BMC Evol Biol*, 22.
101. Reiter, P. (2010). West Nile virus in Europe: understanding the present to gauge the future. *Euro Surveillance*, 15: 1-7.
102. Rossi, S.L, Ross, T.M. and Evans, J.D. (2011). West Nile Virus. *Clin Lab Med*, 30(1): 47–65.

103. Sabatinelli, G., Blanchy, S., Majori, G. and Papakay, M. (1991). Impact de l'utilisations du poisson larvifère *Poecilia reticulata* sur la transmission du paludisme en RFI des Comores. *Ann. Parasitol. Hum. Comp*, 66: 84–88.
104. Sachs, J. and Malaney, P. (2002). The economic and social burden of malaria. *Nature*, 415.
105. Sagnou, M., Mitsopoulou, K.P., Koliopoulos, G., Pelecanou, M., Couladouros, E.A. and Michaelakis, A. (2012). Evaluation of naturally occurring curcuminoids and related compounds against mosquito larvae. *Acta Tropica*, 123: 190–195.
106. Samanidou-Voyadjoglou, A. and Vakalis, N.C. (2006). Malaria vectors in Greece. In Abstract book of 15th European SOVE Meeting 10-14 April, 2006 Serres, Greece, pp. 47.
107. Sarfarazul, H. and Yadav Rajpal, S. (2011). Geographical distribution and evaluation of mosquito larvivorous potential of *Aphanius dispar* (Rüppell), a native fish of Gujarat. *India J Vector Borne Dis*, 48: 236–240.
108. Schleuter, D. and Eckmann, R. (2008.) Generalist versus specialist: the performances of perch and ruffe in a lake of low productivity. *Ecol Freshw Fish*, 17: 86–99.
109. Shaalan, E., Abdel, S. and Canyon, D. (2009). Aquatic insect predators and mosquito control. *Tropical Biomedicine*, 26: 223–261.
110. Singh, G., Singh, O.P. and Maurya, S. (2002). Chemical and biocidal investigations on essential oils of some Indian *Curcuma* species. *Progress in Crystal Growth and Characterization*, 45: 75–81.
111. Singha, S. and Chandra, G. (2011). Mosquito larvicidal activity of some common spices and vegetable waste on *Culex quinquefasciatus* and *Anopheles stephensi*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 288–293.
112. Stahl, A. (2002). The Health Effects of Pesticides Used for Mosquito Control A Report By: Citizens Campaign for the Environment And Citizens Environmental Research Institute 2002 Copyright CERI.
113. Stav, G., Blaustein, J. and Margalit, G. (2000). Influence of nymphal *Anax imperator* (Odonata: Aeshnidae) on oviposition by the mosquito, *Culiseta longiareolata* (Diptera: Culicidae) and community structure in temporary pools. *J. Vector Ecol*, 25: 190-202.

114. Stevenson, M.M. and Riley, E.M. (2004). Innate immunity to malaria. *Nat Rev Immunol*, 4: 169–180.
115. Stolk, Wilma A., de Vlas Sake, J., Habbema, J. and Dik, F. (2005). Advances And Challenges In Predicting The Impact Of Lymphatic Filariasis Elimination Programmes Scientific Working Group, Report on Lymphatic Filariasis, 10–12 May 2005, Geneva, Switzerland.
116. Sutherland, C.J. and Hallett, R. (2009). Detecting malaria parasites outside the blood. *J Infect Dis*, 199: 1561–1563.
117. Taylor, D.S., Ritchie, S.A. and Johnson, E. (1992). The Killifish *Rivulus marmoratus*—a potential biocontrol agent for *Aedes taeniorhynchus* and brackish water *Culex*. *J Am Mosq Control Assoc*, 8: 80–83.
118. Teklehaimanot, A., Kassahun, A. and Fletcher, M. (1993). Using fish against malaria: a local initiative. *World Health Forum*, 14: 176–177.
119. Thavaselvam, D., Kumar, A. and Sumodan, P.K. (1993). Insecticide susceptibility status of *Anopheles stephensi*, *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* in Panaji. *Goa. Indian J. Malariol*, 30: 75–79.
120. Thomas, D.D., Donnelly, C.A., Wood, R.J. and Alpey, L.S. (2000). Insect Population Control Using a Dominant, Repressible, Lethal Genetic System. *Science*, 287(5462): 2474-2476.
121. Tomori, O. (2004). Yellow fever: the recurring plague. *Crit Rev Clin Lab Sci*, 41: 391-427.
122. Vainio, J. and Cutts, F. (1998). Yellow fever. World Health Organization. Geneva. WHO/EPI/GEN/98.11, 87 pp.
123. Van Dam, A.R. and Walton, W.E. (2007). Comparison of mosquito control provided by the arroyo chub (*Gila orcutti*) and the mosquitofish (*Gambusia affinis*). *J Am Mosq Control Assoc*, 23: 430–441.
124. Van den Berg, H. (2009). Global status of ddt and its alternatives for use in vector control to prevent disease. *Environ. Health Perspect*, 117.
125. Victor, T.J., Chandrasekaran, B. and Reuben, R. (1994). Composite fish culture for mosquito control in rice fields in southern India. Southeast Asian. *J. Trop. Med Public Health*, 25: 522–527.
126. Walker, K. (2002). A Review of Control Methods for African Malaria Vectors Activity Report 108 Environmental Health Project Prepared for the Office of

Health, Infectious Diseases and Nutrition, Bureau for Global Health, U.S. Agency for International Development, under EHP Project 26568/CESH.OPR.MAL.LIT.

127. Walton, W.E. (2007). Larvivorous fish including *Gambusia*. *J Am Mosq Control Assoc*, 23: 184–220.

128. Wang, C.H. (1998). Laboratory comparative evaluation of larvivorous fishes as dengue fever vector control agents. *Chin. J. Publ. Hlth.* (Taipei), 17: 458-467.

129. WHO, (2001). WHO recommended strategies for the prevention and control of communicable diseases. World Health Organization. Geneva. WHO/CDS/SMT/2001.13, 189 pp.

130. Wilder-Smith, A., Chen, L.H., Massad, E. and Wilson, M.E. (2009). Threat of dengue to blood safety in dengue-endemic countries. *Emerging Infectious Diseases*, 15: 8-11.

131. Wilke, A., de Castro Gomes, A., Natal, D. and Marrelli, M. (2009). Control of vector populations using genetically modified mosquitoes. *Rev. Saúde Pública*, 43(5).

132. World Health Organization WHO World malaria report, (2010).

133. World Health Organization WHO, (2000). Strengthening implementation of the global strategy for dengue fever/dengue haemorrhagic fever prevention and control. Report of the Informal Consultation, 18–20 October 1999 WHO, Geneva.

134. World Health Organization WHO, (2004). The vector-borne human infections of Europe. Their distribution and burden on public health. Edited by N. G. Gratz. World Health Organization, Regional Office for Europe. 154 pp.

135. World Health Organization WHO, (2009). World health statistics 2009. World Health Organization. Geneva. 149 pp.

136. World Health Organization: Ritter, L., Solomon, K.R., Forget, J., Stemeroff, M., O'Leary, C.: "A review of selected persistent organic pollutants DDT - Aldrin - Dieldrin - Endrin - Chlordane - Heptachlor - Hexachlorobenzene - Mirex - Toxaphene - Polychlorinated biphenyls - Dioxins and Furans" (December 1995).

137. Yanovisk, S.P. (2001). The macrofauna of water-filled tree holes on Barro Colorado Island, Panama. *Biotropica*, 33(1): 110-120.

138. Yuval, B. and Bouskila, A. (1993). Temporal dynamics of mating and predation in mosquito swarms. *Oecologia*, 95, 65-69.

139. Zeldenryk, M., Gray, M., Speare, R., Gordon, S. and Melrose, W. (2011). The Emerging Story of Disability Associated with Lymphatic Filariasis: A Critical Review *PLoS Negl Trop Dis*, 5.

140. Zgomba, M. and Petric, D. (2008). Risk assessment and management of mosquito-borne diseases in the European region. In Proceedings of the Sixth International Conference on Urban Pests, W. H. Robinson and D. Bajomi [ed.]. OOK-Press Kft., Hungary, pp. 29-39.

141. Zhu, J., Zeng, X., O'Neal, M., Schultz, G., Tucker, B., Coats, J. and Bartholomay, (2008). Mosquito larvicidal activity of botanical-based mosquito repellents. *J. Am. Mosq. Contr. Assoc.*, 24: 161-168.

142. Zuharah, W.F. and Lester, P.J. (2010). Can adults of the New Zealand mosquito *Culex pervigilans* (Bergorth) detect the presence of a key predator in larval habitats? *Journal of Vector Ecology*, 35(1):100–105.

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Ανώνυμος, (ΚΕΝΤΡΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΝΟΣΗΜΑΤΩΝ) (ΚΕΕΛΠΝΟ) ΕΚΘΕΣΗ ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΤΗΡΗΣΗΣ Λοίμωξη από τον ιό του Δυτικού Νείλου στην Ελλάδα http://www.keelpno.gr/Portals/0/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%B1/%CE%99%CF%8C%CF%82%20%CE%94%CF%85%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D%20%CE%9D%CE%B5%CE%AF%CE%BB%CE%BF%CF%85/Report%202011_WNV_GR_final_07-5-2012.pdf
2. Ανώνυμος, (ΚΕΝΤΡΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΝΟΣΗΜΑΤΩΝ) (ΚΕΕΛΠΝΟ) ΕΚΘΕΣΗ ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΤΗΡΗΣΗΣ Ελονοσία στην Ελλάδα, περίοδος 2012 (01/01/2012 έως 03/09/2012) http://www.keelpno.gr/Portals/0/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%B1/%CE%95%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CF%83%CE%AF%CE%B1/%CE%88%CE%BA%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%B7%202012/2anafora_elonosia_04_09_2012.pdf
3. Ανώνυμος, (ΚΕΝΤΡΟ ΕΛΕΓΧΟΥ & ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΝΟΣΗΜΑΤΩΝ) (ΚΕΕΛΠΝΟ) Ελονοσία (Malaria) Συχνές Ερωτήσεις και Απαντήσεις για το Κοινό Σεπτέμβριος 2011 http://www.keelpno.gr/Portals/0/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%B1/%CE%95%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CF%83%CE%AF%CE%B1/malaria_faqs.pdf

4. Παπαδάκης, Α.Μ. (1956). Παρασιτολογία, Αθήνα: 768 – 778, 785 – 787, 794 – 851, 858 – 861, 868 – 880.
5. Σαββοπούλου - Σουλτάνη Ματθίλδη, Ανδρεάδης Στέφανος, Σουλτάνη - Ζουρουλίδη Χριστίνα (2011). Έντομα & αλλά αρθρόποδα υγειονομικής σημασίας Θεσσαλονίκη 2011 ISBN: 978-960-89158-8-6.
6. Χανιώτης, Β.Ν. (1999). Αρθρόποδα και Δημόσια Υγεία. Λοιμώξεις, Αλλεργίες, Εξωπαρασιτισμός. Αθήνα.

Ηλεκτρονικές πηγές

1. <http://www.mosquitoes.org/LifeCycle.html>
2. <http://www.cdc.gov/malaria/about/biology/index.html>
3. <http://www.cdc.gov/dengue/epidemiology/index.html>
4. http://wdfw.wa.gov/ais/gambusia_affinis/
5. <http://www.seriouslyfish.com/species/poecilia-reticulata/>
6. <http://www.sciencephoto.com/media/370305/enlarge>
7. http://www.aquariumphoto.dk/aphanius_dispar_dispar.htm
8. <http://www.killi.co.uk/speciesProfile/Aplocheilus/blockii/>
9. <http://www.aqua-magica.com/aplocheilus-lineatus.html>
10. <http://en.bdfish.org/2010/02/giant-gourami-colisa-fasciatus/>
11. http://aquaworld.netfirms.com/Labyrinthfish/Colisa/colisa_lalia.htm
12. <http://en.bdfish.org/2011/01/eleven-vulnerable-fish-bangladesh-chalan-beel/>
13. <http://www.seriouslyfish.com/species/danio-rerio/>
14. <http://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?SpeciesID=315>
15. <http://www.wetwebmedia.com/fwsubwebindex/belonids.htm>
16. <http://www.aqua-fish.net/show.php?h=goldfish1>
17. <http://www.aquatext.com/images/fish%20etc/mossambic.htm>
18. http://el.erd.usace.army.mil/ansrp/ANSIS/html/oreochromis_niloticus_nile_tilapia.htm
19. http://entnemdept.ufl.edu/creatures/aquatic/aedes_aegypti11.htm
20. http://impact-malaria.com/web/malaria_training/morphology_taxonomy/anopheles_larvae_pupae
21. <http://www.ento.okstate.edu/mosquito/biology.html>
22. <http://www.keelpno.gr/Portals/0/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%B1/%CE%99%CF%8C%CF%82%20%CE%94%CF%85%CF%84%CE>

%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D%20%CE%9D%CE%B5%CE%AF%CE%BB%
CE%BF%CF%85/%CE%95%CE%B2%CE%B4%CE%BF%CE%BC%CE%B1%CE
%B4%CE%B9%CE%B1%CE%AF%CE%B5%CF%82%202012/Report_WNV_GR_
2012_08_17.pdf

23. <http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/Actinopterygii/>