

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΤΜΗΜΑ
ΕΚΔΟΣΕΩΝ & ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ
ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΡΟΝΥΜΦΕΣ ΔΙΠΤΕΡΩΝ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ CULICIDAE

Πτυχιακή εργασία
της σπουδάστριας Ρουστέμη Αθανασία

Καλαμάτα, Μάιος 2010

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ
ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΡΟΝΥΜΦΕΣ ΔΙΠΤΕΡΩΝ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ CULICIDAE**

Πτυχιακή εργασία
της σπουδάστριας Ρουστέμη Αθανασία

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Σταθός Γεώργιος
Επίκουρος Καθηγητής

Καλαμάτα, Μάιος 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στα Εργαστήρια Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομοκτόνων Υγειονομικής Σημασίας του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου. Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τους εξής:

Την Διεύθυνση του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου που μου παρείχε την δυνατότητα να εκπονήσω τη πτυχιακή μου εργασία στο Ινστιτούτο, καθώς επίσης και για τη διάθεση όλων των απαραίτητων υλικών και χώρων για την πραγματοποίηση του θεωρητικού μέρους.

Ευχαριστώ θερμά τον Δρ. Μιχαηλάκη Αντώνη, Ερευνητή του Εργαστηρίου Γ. Εντομολογίας του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου για τις πολύτιμες συμβουλές του και το σχεδιασμό των βιοδοκιμών.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κολιόπουλο Γεώργιο, Γεωπόνου του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου και υπεύθυνο του Εργαστηρίου Εντομοκτόνων Υγειονομικής Σημασίας, για την καθοδήγηση και για παρακολούθηση της πτυχιακής μου μελέτης σε όλα τα στάδια.

Τον Δρ. Σταθά Γεώργιο, Αν. Καθηγητή του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας, για την ανάληψη παρακολούθησης της πτυχιακής μου μελέτης, καθώς και για τις εύστοχες υποδείξεις του και συμβουλές για τη συγγραφή και την τελική παρουσίαση της εργασίας αυτής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Στάθη Ιωάννη, τεχνικό βοηθό του εργαστηρίου, που μου εμπιστεύτηκε την εκτροφή των κουνουπιών *Culex pipiens* biotype *molestus* και μου παραχώρησε το εντομολογικό υλικό που χρειάστηκε για τη διεξαγωγή των πειραμάτων. Χωρίς αυτά τίποτα δεν θα είχε γίνει πράξη.

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	III
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1. ΤΑ ΚΟΥΝΟΥΠΙΑ ΚΑΙ Η ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΟΥΣ ΣΗΜΑΣΙΑ

1.1. Η ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ.....	5
1.2. ΒΙΟΛΟΓΙΑ - ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	8
1.2.1. Ωό.....	10
1.2.2. Προνύμφη.....	11
1.2.3. Νύμφη.....	13
1.2.4. Ακμαίο.....	14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2. ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

2.1. ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ.....	18
2.2.1. Περιορισμός των εστιών ανάπτυξης.....	18
2.1.2. Βιολογική καταπολέμηση.....	19
2.1.3. Χημική καταπολέμηση.....	20
2.2. ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΑΚΜΑΙΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ.....	20
2.2.1. Υπολειμματικοί ψεκασμοί.....	21
2.2.2. Ψεκασμοί ανοικτών χώρων.....	21
2.2.3. Καπνισμοί εσωτερικών χώρων.....	21
2.3. ΑΤΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.....	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

3. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ

3.1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ.....	24
3.2. ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	25
3.3. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	27
3.3.1. Μέτρα για την αποφυγή ή καθυστέρηση της ανάπτυξης ανθεκτικότητας.....	27
3.3.2. Μέτρα για την αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας που έχει ήδη αναπτυχθεί.....	28
3.3.3. Νέες στρατηγικές για την καταπολέμηση της ανθεκτικότητας.....	28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ ΦΕΡΟΜΟΝΕΣ ΕΝΤΟΜΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	32
4.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΕΡΟΜΟΝΩΝ.....	33
4.2.1 Συνάθροιση.....	33
4.2.2 Διασπορά.....	33
4.2.3 Σεξουαλική συμπεριφορά.....	33
4.2.4 Ωτοκία.....	34
4.2.5 Συναγερμός	35
4.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΦΕΡΟΜΟΝΩΝ.....	34
4.4 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΦΕΡΟΜΟΝΩΝ ΓΙΑ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΕΠΙΒΛΑΒΩΝ ΕΙΔΩΝ.....	35
4.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΑΠΟΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΦΕΡΟΜΟΝΩΝ (CONTROLLED RELEASE SYSTEMS-CRSS).....	37
4.5.1 ΟΡΙΣΜΟΣ-ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ.....	37
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ ΒΙΟΔΟΚΙΜΕΣ ΠΡΟΝΥΜΦΟΚΤΟΝΟΥ ΔΡΑΣΗΣ

5.1 ΕΚΤΡΟΦΗ.....	40
5.1.1 Ωά.....	40
5.1.2 Προνύμφες.....	40
5.1.3 Νύμφες.....	41
5.1.4 Ακμαία.....	41
5.2 ΒΙΟΔΟΚΙΜΕΣ ΠΡΟΝΥΜΦΟΚΤΟΝΟΥ ΔΡΑΣΗΣ.....	42
5.2.1 Γενικά.....	42
5.2.2 Περιγραφή βιοδοκιμών.....	44
5.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ ΒΙΟΔΟΚΙΜΕΣ ΠΡΟΣΕΛΚΥΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

6.1 Βιοδοκιμές Φερομόνης (μικροενκαψυλιωμένη).....	47
6.2 Βιοδοκιμές Προνυμφοκτόνων.....	49
6.2.1 Du-Dim.....	49
6.2.2 Spinosad.....	49
6.3 Εφαρμογή της στρατηγικής "Attract and Kill".....	50
6.3.1 Φερομόνη και Du-Dim.....	50
6.3.2 Φερομόνη και Spinosad.....	51
6.4 Συμπεράσματα.....	51

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 53ΣΦΑΛΜΑ! ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΟΡΙΣΤΕΙ ΣΕΛΙΔΟΔΕΙΚΤΗΣ.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα Δίπτερα αποτελούν μια σημαντική τάξη εντόμων, τόσο ως προς τον αριθμό των ειδών που περιλαμβάνουν, όσο και ως προς τη γεωργική και υγειονομική σημασία που παρουσιάζουν τα είδη αυτά. Από υγειονομική άποψη πολλά είναι τα είδη που προκαλούν προβλήματα στους ανθρώπους και τα ζώα είτε άμεσα (νύξη, μύζηση αίματος, κ.α.) είτε έμμεσα (μετάδοση παθογόνων μικροοργανισμών και παρασίτων), επιφέροντας σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις σε τουριστικές, αστικές και αγροτικές περιοχές ιδιαίτερα όταν βρίσκονται σε μεγάλους πληθυσμούς (Εμμανουήλ, 1999).










Τα Δίπτερα ταξινομικά διαιρούνται σε δύο μεγάλες υποτάξεις τα Nematocera και τα Brachycera. Η ονομασία των υποτάξεων οφείλεται στην κατασκευή και μορφολογία των κεραίων. Τα Brachycera, ανάλογα με τον τρόπο ανοίγματος του νυμφικού περιβλήματος κατά την έξοδο του ακμαίου, χωρίζονται σε δύο αθροίσματα τα Cyclorrhapha και στα Orthorrhapha (ΠΙΝΑΚΑΣ Ε.1.). Στο μεν πρώτο, το νυμφικό περίβλημα ανοίγει κυκλικά στο άνω μέρος (ανήκουν οικογένειες με μεγάλο υγειονομικό ενδιαφέρον, όπως Muscidae, Glossinidae, Calliphoridae, Oestridae, κ.α.) και στο δεύτερο δημιουργώντας μια ορθή σχισμή κατά το μήκος του περιβλήματος, σχήματος T (οικογένειες, όπως Tabanidae, Asilidae, κ.α.).

Για την οριοθέτηση του προβλήματος από πρακτική πλευρά, σύμφωνα πάντα με την εντομολογική θεώρηση των επιμέρους ταξινομικών κατηγοριών (οικογένειες, γένη, είδη), τα Δίπτερα υγειονομικής σημασίας εντάσσονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Τα αιμομυζητικά. Η κατηγορία αυτή αποτελεί πιθανόν την σπουδαιότερη από πλευράς επιπτώσεων στον άνθρωπο και στα αγροτικά ζώα ομάδα εντόμων υγειονομικής σημασίας παγκοσμίως.

Η ζημιά που τα έντομα αυτά προκαλούν αναφέρεται: α) στον πόνο που ο ξενιστής αισθάνεται, με έντονα μερικές φορές αλλεργικά συμπτώματα από την συχνά επαναλαμβανόμενη νύξη του δέρματος, β) στην απώλεια αίματος, τόσο κατά την μύζηση όσο και από τις πληγές που δημιουργούνται μετά τη νύξη, γ) στην μετάδοση σοβαρότατων παθογόνων μικροοργανισμών και παρασίτων, δ) στην ενόχληση και ανησυχία που δημιουργεί η παρουσία τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε.1. Σημαντικότερες οικογένειες Διπτέρων υγειονομικής σημασίας.

<u>ΤΑΞΗ</u>	<u>ΥΠΟΤΑΞΕΙΣ</u>	<u>ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ</u>	
DIPTERA	Nematocera	Culicidae	 <i>Culex pipiens</i>
		Psychodidae	 <i>Phlebotomus sp.</i>
		Simuliidae	 <i>Simulium sp.</i>
		Ceratopogonidae	 <i>Culicoides sp.</i>
	Brachycera	Tabanidae ¹	 <i>Hybomitra sp.</i>
		Muscidae	 <i>Musca domestica</i>
		Glossinidae	 <i>Glossina sp.</i>
		Calliphoridae	 <i>Lucilia sp.</i>
		Oestridae	 <i>Hypoderma sp.</i>

¹ Ανήκει στο άθροισμα Orthorrhapha, ενώ οι υπόλοιπες οικογένειες (του πίνακα) που ανήκουν στην υποτάξη Brachycera, ανήκουν στο άθροισμα Cyclorrhapha.

Στα αιμομυζητικά δίπτερα ανήκουν αρκετές οικογένειες με κοινότερες εκείνες των Culicidae (κουνούπια), Tabanidae (ταβάνια), Muscidae (ορισμένα είδη), και εκείνες που περιλαμβάνουν πολύ μικρά έντομα, γνωστά ως «σκνίπες» (Simuliidae, Ceratopogonidae, Psychodidae, Hippoboscidae) (Εμμανουήλ, 1999).

- Τα προκαλούντα «μυϊάσεις». Με τον όρο «μυϊάση» εννοούμε την προσβολή ζώντων σπονδυλωτών ή/και του ανθρώπου με προνύμφες διπτέρων, οι οποίες για ένα χρονικό διάστημα, μικρό ή μεγάλο τρέφονται από νεκρούς ή ζωντανούς ιστούς, εκκρίματα του σώματος ή προσληφθείσες από τα ζώα αυτά ζώα τροφές.

Τα είδη που περιλαμβάνονται στην κατηγορία αυτή των διπτέρων μπορεί να συμπεριφέρονται ως υποχρεωτικά παράσιτα (είδη των γενών *Gasterophilus* της οικογένειας Gasterophilidae, *Hypoderma*, *Oestrus* και *Rhinoestrus* της οικογένειας Oestridae, *Cochliomyia*, *Chrysomyia* της οικογένειας Calliphoridae και *Wohlfahrtia* και *Sarcophaga* της οικογένειας Sarcophagidae) ή ως προαιρετικά (είδη του γένους *Sarcophaga* της οικογένειας Sarcophagidae και είδη των γενών *Calliphora* και *Lucillia* της οικογένειας Calliphoridae).

- Τα μη αιμομυζητικά. Στην κατηγορία αυτή είδη με σημαντικό υγειονομικό ενδιαφέρον είναι σχετικώς λίγα και αφορούν σχεδόν αποκλειστικά την οικογένεια Muscidae (*Musca domestica*, η κοινή οικιακή μύγα, κ.α.).

Υπάρχει όμως και ένας σημαντικός αριθμός οικογενειών που περιλαμβάνουν είδη με πολύ μικρό υγειονομικό ενδιαφέρον, αλλά καθίστανται λίγο έως πολύ ενοχλητικά, λόγω των μεγάλων πληθυσμιακών πυκνοτήτων που μπορεί να αναπτύξουν (Drosophilidae, Chloropidae, Piophilidae, Sepsidae, Psychodidae, Chaoboridae, Anisopodidae, Chironomidae, Phoridae, Ephyaridae και Sphaeroceridae).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΤΑ ΚΟΥΝΟΥΠΙΑ ΚΑΙ Η ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥΣ

1.1. Η ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

Τα κουνούπια ανήκουν στην οικογένεια Culicidae, στην υποτάξη Nematocera και στην τάξη Diptera. Η οικογένεια Culicidae διαιρείται σε τρεις υποοικογένειες τις: Toxorhynchitinae, Anophelinae και Culicinae. Στην πρώτη υπάγεται το γένος *Toxorhynchites*, τα είδη του οποίου δεν είναι αιμομυζητικά, οι δε προνύμφες τους, θεωρούνται ωφέλιμες, ως αρπακτικές άλλων προνυμφών Culicidae. Στα Anophelinae υπάγεται το γένος *Anopheles* πολλά είδη, του οποίου μεταδίδουν την ελονοσία στον άνθρωπο. Ενώ στα Culicinae υπάγονται περισσότερα γένη, των οποίων τα πιο ενδιαφέροντα είναι τα *Aedes*, *Culex*, *Culiceta*, *Psorophora* και *Mansonia* με πολυάριθμα είδη, πολλά από τα οποία είναι φορείς σπουδαίων παθογόνων και παρασίτων (ιών, βακτηρίων, κ.α.) του ανθρώπου (Μπέτζιος, 1989; Πελεκάσης, 1994)).

Μέχρι σήμερα έχουν καταγραφεί περίπου 3.450 είδη κουνουπιών. Απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη όλων των ειδών των κουνουπιών είναι η ύπαρξη, έστω και σε μικρή ποσότητα, στάσιμου ή με μικρή ροή νερού. Κουνούπια έχουν βρεθεί στο Κασμίρ σε υψόμετρο 4.650 m μέχρι και σε βάθος 1.250 m, κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, στα ορυχεία χρυσού στη Νότια Ινδία.

Πολλά είδη κουνουπιών που έχουν τη συνήθεια να μιλούν αίμα από τον άνθρωπο (ανθρωπόφιλα) θεωρούνται σημαντικοί φορείς παθογόνων σοβαρών ασθενειών, όπως της ελονοσίας, του κίτρινου και του δάγγειου πυρετού, των φιλαριάσεων και των εγκεφαλιτιδών. Η ελονοσία μεταδίδεται μόνο από τα ανωφελή κουνούπια, ενώ οι λοιπές ασθένειες μόνο ή κυρίως από τα κοινά (υποοικογένεια Culicinae).

Αρμπολοίμωξη είναι λοίμωξη που μεταβιβάζεται από ζώα στον άνθρωπο ή μεταξύ ανθρώπων, με αιμομυζητικά αρθρόποδα ως ενδιάμεσους ξενιστές (π.χ. ελονοσία).

Ενδιάμεσος ξενιστής μπορεί να είναι ζώο, άνθρωπος ή αρθρόποδο που χρησιμοποιείται ως μέσο μεταφοράς και διασποράς των παθογόνων οργανισμών, χωρίς όμως το παθογόνο να πολλαπλασιάζεται σεξουαλικά.

Υπόδοχο είναι ο ξενιστής (ζώο, άνθρωπος, αρθρόποδο) στον οποίο ο παθογόνος οργανισμός διατηρείται επί μακρό χρονικό διάστημα και θεωρείται μολυσματικός.

Η ελονοσία είναι ανθρωπονόσος με μακρόχρονη ιστορία και ανυπολόγιστες αρνητικές επιπτώσεις στην παγκόσμια δημόσια υγεία. Ακόμη και στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, παρ' όλη την πρόοδο της ιατρικής επιστήμης, η ελονοσία παραμένει μια μάστιγα, που θέτει σε κίνδυνο το 40% του πληθυσμού της γης σε 90 χώρες, με 300-500 εκατομμύρια κλινικές περιπτώσεις και 1,5-2,7 εκατομμύρια θανάτους ετησίως. Μέχρι το 1945, η ελονοσία στην Ελλάδα αποτελούσε τεράστιο πρόβλημα δημόσιας υγείας σε σημείο που να θεωρείται ως η πιο ελονοσιογενής χώρα της Ευρώπης, Βαλκανικής και Μεσογείου (τα περιστατικά της ελονοσίας ετησίως κυμαίνονταν από 1-2 εκατομμύρια, με μέσο όρο 5.000 θανάτους).

Το αποκλειστικό υποδόχο της ελονοσίας είναι ο άνθρωπος. Μεταδίδεται αποκλειστικά με κουνούπια του γένους *Anopheles*. Από τα 422 είδη του γένους *Anopheles*, 14 είδη και υποείδη έχουν καταγραφεί στην ελληνική επικράτεια. Στην Ελλάδα οι κύριοι ξενιστές των πλασμιδίων της ελονοσίας είναι τα είδη (*An. sacharovi*, *An. maculipennis*, *An. superpictus* και *An. hyrcanus*), από τα οποία το πρώτο θεωρείται το πιο σημαντικό.

Οι ιοί που μεταδίδονται από αρθρόποδα είναι γνωστοί ως αρμποιοί (arthropod-borne viruses). Σύμφωνα με τον ορισμό της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας, οι αρμποιοί είναι ιοί που διατηρούνται στη φύση κυρίως με βιολογική μετάδοση από αιμομυζητικά αρθρόποδα μεταξύ σπονδυλωτών – ξενιστών. Ορισμένα είδη κουνουπιών είναι ενδιάμεσοι ξενιστές για τη μετάδοση αρμποιών λοιμώξεων, όπως οι ιοί του κίτρινου και δάγγειου πυρετού, του δυτικού Νείλου και του ιού Sindbis.

Ο ιός του Κίτρινου Πυρετού του γένους *Flavivirus* (οικ. *Flaviridae*) μεταδίδεται με δύο διαφορετικούς κύκλους, τον αστικό και το δασικό. Ο αστικός κύκλος έχει τον άνθρωπο ως υποδόχο και το κουνούπι *Aedes aegypti* ως ενδιάμεσο ξενιστή. Ο δασικός κύκλος έχει υποδόχα πιθήκους και ως

ενδιάμεσους ξενιστές κουνούπια, που ανήκουν στα γένη *Aedes*, *Haemagogus* και *Sabethes*.

Η γεωγραφική κατανομή του κίτρινου πυρετού περιορίζεται σε χώρες της Αφρικής, όπου μεταδίδεται και με τους δύο κύκλους και της Νότιας Αμερικής, όπου μεταδίδεται σχεδόν αποκλειστικά με το δασικό κύκλο. Η μετάδοση του κίτρινου πυρετού με τις παρούσες συνθήκες στην Ελλάδα δεν είναι δυνατή. Ο μοναδικός ενδιάμεσος ξενιστής της λοίμωξης, το είδος *Aedes aegypti*, φαίνεται ότι απουσιάζει από τις αρχές της δεκαετίας του '50, κυρίως ως αποτέλεσμα της ανθελονοσιακής εκστρατείας κατά των ανωφελών με DDT².

Ο ιός του δάγγειου πυρετού του γένους *Flarivirus* έχει υποδόχο τον άνθρωπο και ενδιάμεσους ξενιστές τα είδη κουνουπιών του γένους *Aedes* (*Ae. aegypti*, *Ae. albopictus*, *Ae. polynesiensis*). Το πλέον σημαντικό είδος με ευρεία γεωγραφική κατανομή και στενή σχέση με το αστικό περιβάλλον και τον άνθρωπο είναι το *Aedes aegypti*. Ο δάγγειος πυρετός θεωρείται η πιο σημαντική αρμυποϊκή λοίμωξη του ανθρώπου. Στην Ελλάδα δεν έχει εντοπιστεί για πολλές δεκαετίες, παρ' ότι στην χώρα μας τα έτη 1927-1928 είχε καταγραφεί μια από τις μεγαλύτερες επιδημίες δάγγειου πυρετού με 650.000 κρούσματα και 1.061 θανάτους. Ένα άλλο συγγενές είδος, το *Ae. albopictus*, το οποίο θεωρείται ως ενδιάμεσος ξενιστής του δάγγειου πυρετού έχει εντοπιστεί στην Αλβανία, Ιταλία και Γαλλία τα έτη 1979, 1990 και 1999 αντίστοιχα και πρόσφατα ευρέθηκε και στη χώρα μας στους νομούς Κέρκυρας και Θεσπρωτίας (Βογιατζόγλου – Σαμανίδου, 2005).

Ο ιός του δυτικού Νείλου ανήκει στο γένος *Flarivirus* με υποδόχα τα πτηνά και ενδιάμεσους ξενιστές τα κουνούπια, κυρίως του γένους *Culex* (Campbell et al. 2002). Τα πτηνά διατηρούν τον ιό στο κυκλοφορικό τους σύστημα για αρκετό χρονικό διάστημα (μέχρι και 100 μέρες) και με τη μετανάστευσή τους θεωρούνται υπεύθυνα για τη διασπορά του. Στην Ελλάδα ο ιός του δυτικού Νείλου έχει επισημανθεί από δύο ορολογικές μελέτες που έγιναν στις δεκαετίες του '60 και '70 σε διάφορα μέρη της χώρας (Χανιώτης, 2001).

² Οργανωχλωριωμένο εντομοκτόνο το οποίο έχει απαγορευτεί στη χώρα μας από το 1972 με τις αριθ. 231978/2018/13-3-1972 και 245468/3168/15-4-1972 αποφάσεις του Υπουργού Γεωργίας.

Ο ιός Sindbis, του γένους *Alphavirus* (Togoviridae), ενδημεί στη Μέση Ανατολή, Ευρώπη, Αφρική, Ασία και Αυστραλία, ενώ κλινικές περιπτώσεις που οφείλονται στον ιό έχουν αναφερθεί μόνο για τη Νότια Αφρική και τη Βόρεια Ευρώπη.

Τα κουνούπια του γένους *Aedes* περιλαμβάνουν είδη τα οποία είναι ενδιάμεσοι ξενιστές της φιλαρίωσης και των ιογενών εγκεφαλίτιδων. Ως ενδιάμεσοι ξενιστές της φιλαρίωσης λειτουργούν και ορισμένα είδη του γένους *Culex*.

Εκτός από τη μετάδοση των ανωτέρων ασθενειών, τα κουνούπια είναι δυνατόν να προκαλέσουν σημαντικές οικονομικές απώλειες, μόνο και μόνο με την ενόχληση που προκαλούν, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση τουριστικών, αστικών και αγροτικών περιοχών. Για το λόγο αυτό, σε ορισμένες αναπτυγμένες χώρες (Η.Π.Α., Γερμανία, Γαλλία) έχουν δημιουργηθεί τοπικοί κυρίως οργανισμοί με αποκλειστικό σκοπό την καταπολέμηση των κουνουπιών. Τα τελευταία χρόνια τέτοιοι οργανισμοί έχουν συσταθεί και στην Ελλάδα σε περιοχές, όπου η ενόχληση από τα κουνούπια είχε φτάσει στα όρια της απόγνωσης. Τέτοιες περιοχές είναι ο κάμπος των Σερρών, η πεδιάδα της Θεσσαλονίκης (στις εκβολές των ποταμών Αξιού, Λουδία και Γαλλικού) και η πεδιάδα του Σπερχειού, στις οποίες υπάρχουν εκτεταμένες εκτάσεις ορυζοκαλλιέργειών, που προσφέρουν άριστες συνθήκες για την αναπαραγωγή των κουνουπιών, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται εξαιρετικά μεγάλοι πληθυσμοί τους θερμούς μήνες του έτους.

1.2. ΒΙΟΛΟΓΙΑ - ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

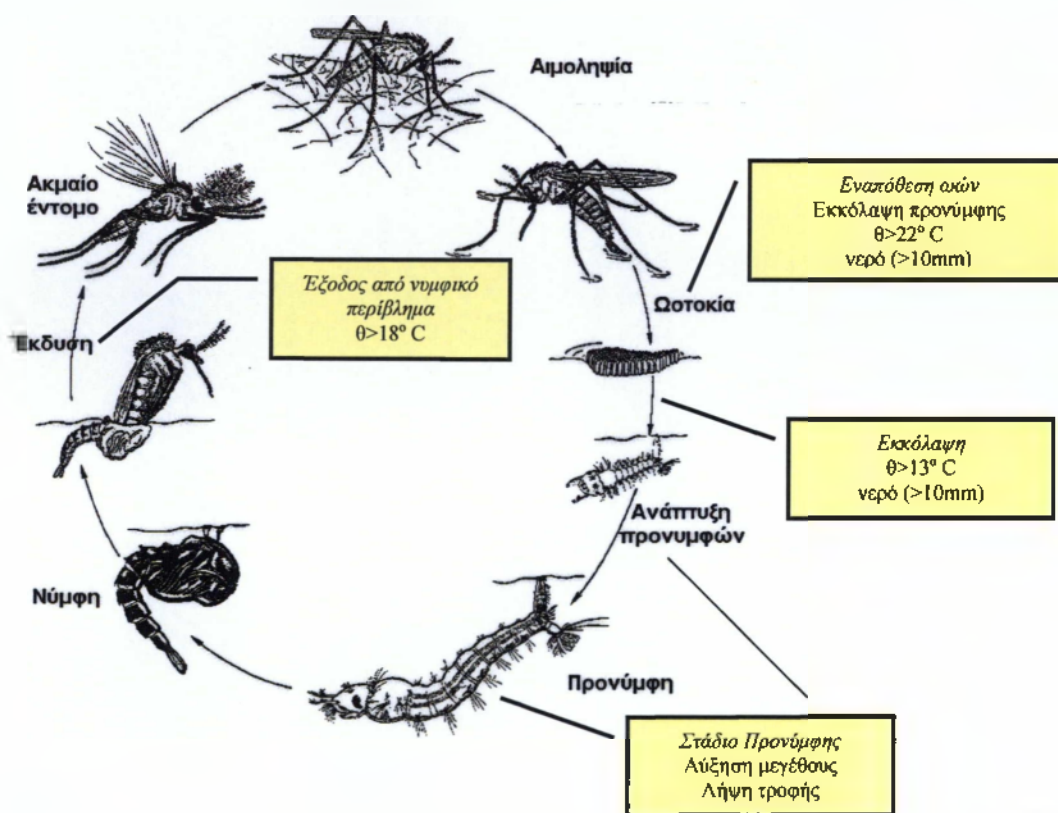
Ο βιολογικός κύκλος του κουνουπιού περιλαμβάνει τα στάδια του ωού, της προνύμφης, της νύμφης και του ακμαίου (ΕΙΚΟΝΑ 1.1.). Το καθένα από τα οποία περιγράφεται παρακάτω.

Τα κουνούπια για την ανάπτυξη τους χρειάζονται υδάτινο περιβάλλον. Κατάλληλα οικοσυστήματα για την ανάπτυξη των κουνουπιών είναι οι λίμνες, τα έλη, οι βάλτοι, οι ορυζώνες, τα τμήματα ποταμών και ρυακιών, οι κοιλότητες των βράχων, των δένδρων και του εδάφους που διατηρούν μικρές ποσότητες νερού. Άλλα σημεία ανάπτυξης είναι οι βόθροι και τα φρεάτια σε πόλεις και χωριά, οι δεξαμενές, οι ποτίστρες κατοικίδιων και παραγωγικών

ζώων, τα μεταλλικά και τα χάρτινα κουτάκια που διατηρούν μικρή ποσότητα νερού, οι γλάστρες, κ.λ.π. (ΕΙΚΟΝΑ 1.2.).

Τα κουνούπια ανάλογα με το είδος παρουσιάζουν αρκετές διαφορές τόσο στο είδος των εστιών ανάπτυξης των ατελών σταδίων, όσο και στην προτίμηση των ξενιστών για τη λήψη αίματος και τις θέσεις διημέρευσης των τέλειων εντόμων. Έτσι, ανάλογα με το είδος των εστιών ανάπτυξης των ατελών σταδίων, διακρίνουμε είδη γλυκών, υφάλμυρων, αλατούχων, στάσιμων, ψυχρών και θερμών νερών.

Ανάλογα με το είδος του ξενιστή που προτιμούν για την αιμοληψία τους, διακρίνουμε είδη ανθρωπόφιλα (είδη με κύριους ξενιστές τους ανθρώπους), ζωόφιλα (κυρίως θηλαστικά), ορνιθοφιλα (πτηνά), ερπετόφιλα (ερπετά), κ.λ.π.



ΕΙΚΟΝΑ 1.1. Βιολογικός κύκλος κουνουπιού.



ΕΙΚΟΝΑ 1.2. Πιθανές εστίες ανάπτυξης ατελών σταδίων κουνουπιών.

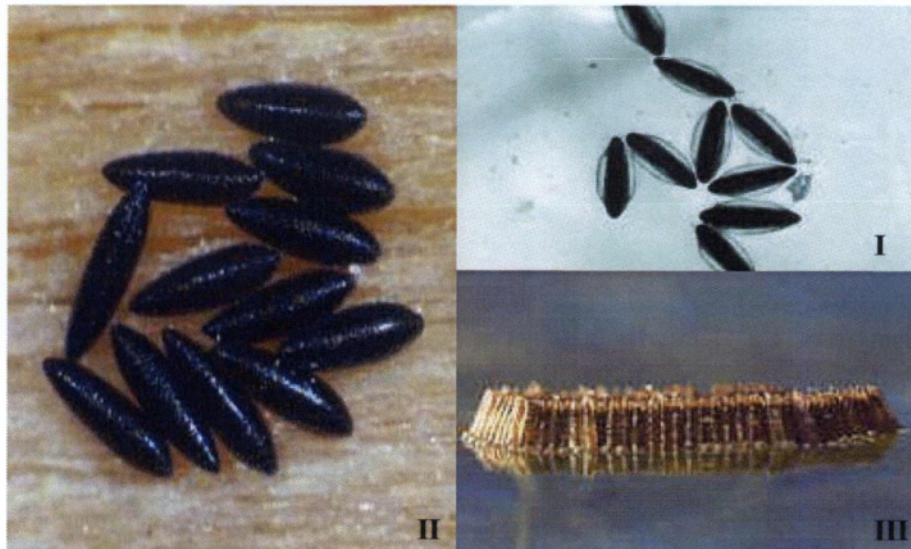
Με βάση τα σημεία όπου αναζητούν τον ξενιστή τους τα διακρίνουμε σε οικοδίαιτα (προτιμούν τα σπίπια για αναζήτηση ξενιστή) ή αγροδίαιτα (τα συναντάμε στην ύπαιθρο), σε ενδόφιλα και εξώφιλα (προτιμούν εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους, αντίστοιχα, για την ανάπαυσή τους μετά την αιμοληψία ή κατά την διάρκεια της ημέρας).

Τέλος, ανάλογα με το μέγεθος του χώρου που χρειάζονται για την πτήση και τη σύζευξη διακρίνονται σε στενόγαμα και ευρύγαμα και με βάση το χρόνο δραστηριοποίησης τους σε νυκτόβια και ημερόβια είδη.

1.2.1. Ωό

Τα ωά των κουνουπιών είναι πολύμορφα και μικροσκοπικά (έως 1 mm). Κατά τη στιγμή της εναπόθεσης τα ωά είναι λευκά ή ανοιχτόχρωμα, αργότερα γίνονται σκοτεινόχρωμα ή μελανά.

Τα είδη του γένους *Anopheles* εναποθέτουν τα ωά τους ένα – ένα στην επιφάνεια του νερού, κάθε ωό έχει ειδικούς σάκους με αέρα στις πλευρές του (τους πλωτήρες), οι οποίοι τα βοηθούν να επιπλέουν. Τα ωά των κουνουπιών του γένους *Culex* και σε ορισμένα άλλα γένη (*Culiseta*, *Mansonia*, κ.α.) είναι ενωμένα σε ομάδες και ονομάζονται «σχεδίες» (egg rafts). Άλλα είδη του γένους *Mansonia* εναποθέτουν τα ωά τους κατά ομάδες κάτω από την υδρόβια βλάστηση. Τα ωά στα γένη *Aedes* και *Psorophora* δεν φέρουν πλωτήρες και συχνά τοποθετούνται στην άκρη υδάτινων συλλογών ή σε πολύ υγρές περιοχές λίγο πέρα από την επιφάνεια του νερού. Από τα ωά αυτά, οι προνύμφες, εκκολάπτονται όταν κατακλυστούν με νερό (ΕΙΚΟΝΑ 1.3.).



ΕΙΚΟΝΑ 1.3. Ωά από διάφορα είδη κουνουπιών (I) με πλωτήρες, (II) ένα-ένα εκτός νερού και (III) σε σχεδία ή egg raft.

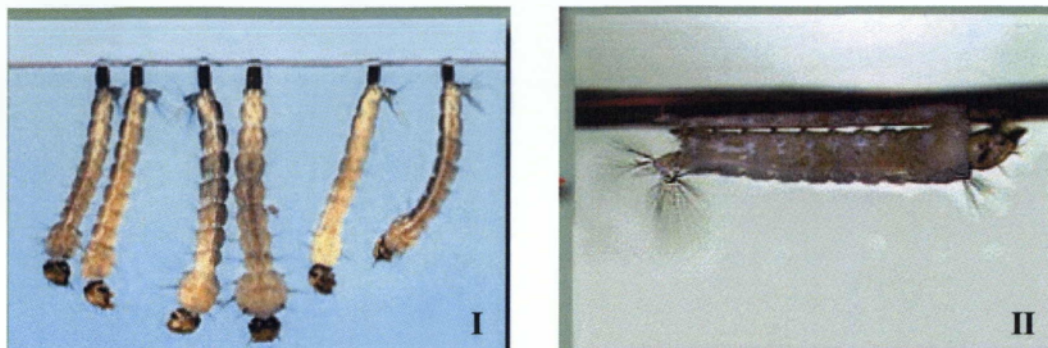
1.2.2. Προνύμφη

Τα ωά των Culicidae συχνά δίδουν προνύμφες εντός 48 ωρών. Οι προνύμφες είναι πάντα υδρόβιες, παρουσιάζουν γρήγορη κίνηση με χαρακτηριστικό στριφογύρισμα της κοιλιάς. Ενδέχεται όμως να κινηθούν αργά εμπρός με την κεφαλή, χρησιμοποιώντας σαν έλικα τις στοματικές ψήκτρες. Οι ίδιες ψήκτρες είναι που οδηγούν το νερό στην στοματική κοιλότητα, προκειμένου οι προνύμφες να τραφούν με άλγη, πρωτόζωα και σωματίδια οργανικής ύλης. Οι προνύμφες είναι το μοναδικό στάδιο στο νερό που τρέφεται και αυξάνεται σε μέγεθος.

Οι προνύμφες όλων των γενών εκτός του γένους *Anopheles* φέρουν στο 8^ο κοιλιακό τμήμα ένα αναπνευστικό σιφώνιο από το οποίο και αναπνέουν. Λόγω της ύπαρξης αυτού του σιφωνίου στο σώμα της, η προνύμφη σχηματίζει γωνία με την επιφάνεια του νερού. Στα είδη του γένους *Anopheles*, όπου το σιφώνιο δεν υπάρχει, το σώμα της προνύμφης παίρνει παράλληλη θέση με την επιφάνεια του νερού (ΕΙΚΟΝΑ 1.4.). Τα κουνούπια που ανήκουν στα γένη *Mansonia* και *Coquillettidia* έχουν σιφώνια με οξύ άκρο, που παρέχουν σ' αυτά την ικανότητα να διατρύπουν τις ρίζες ή τους βλαστούς των υδρόβιων φυτών, από τις οποίες εφοδιάζονται με το αναγκαίο οξυγόνο.

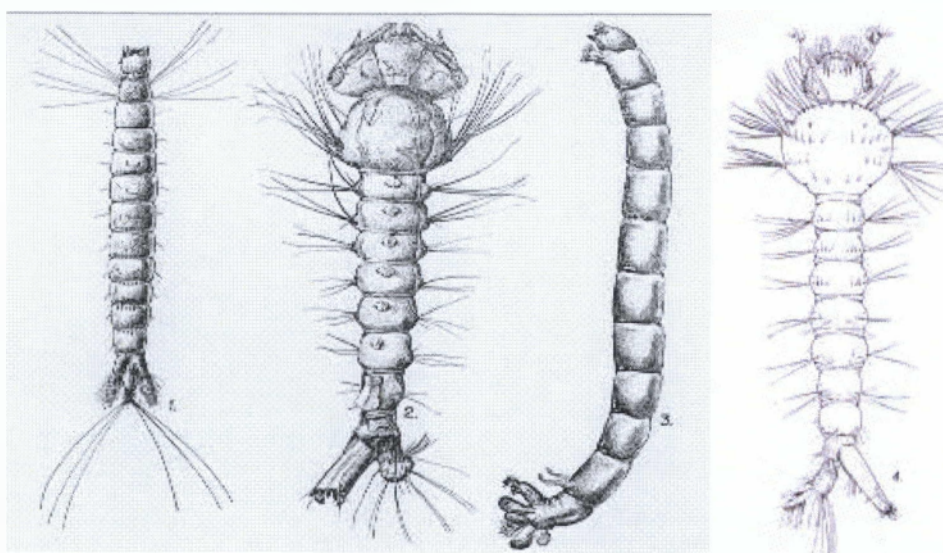
Το προνυμφικό στάδιο (4 ηλικίες) ανάλογα με το είδος, τη θερμοκρασία του νερού, την ποσότητα και ποιότητα της διαθέσιμης τροφής διαρκεί περίπου

7-10 ημέρες, όπου πραγματοποιείται η απόρριψη του εξωτερικού περιβλήματος (έκδυση) και η μεταμόρφωσή της σε νύμφη.



ΕΙΚΟΝΑ 1.4. Προνύμφες κουνουπιών (I) Το σώμα της προνύμφης σχηματίζει γωνία με την επιφάνεια του νερού (*Culex* ή *Aedes*) και (II) Το σώμα της προνύμφης είναι παράλληλο με την επιφάνεια του νερού (*Anopheles*).

Τα χαρακτηριστικά που ξεχωρίζουν τις προνύμφες των κουνουπιών απ' όλες τις άλλες υδρόβιες προνύμφες άλλων εντόμων είναι η έλλειψη ποδιών (άποδες) και το ότι ο σφαιροειδής τους θώρακας είναι πλατύτερος από το κεφάλι (ΕΙΚΟΝΑ 1.5.).

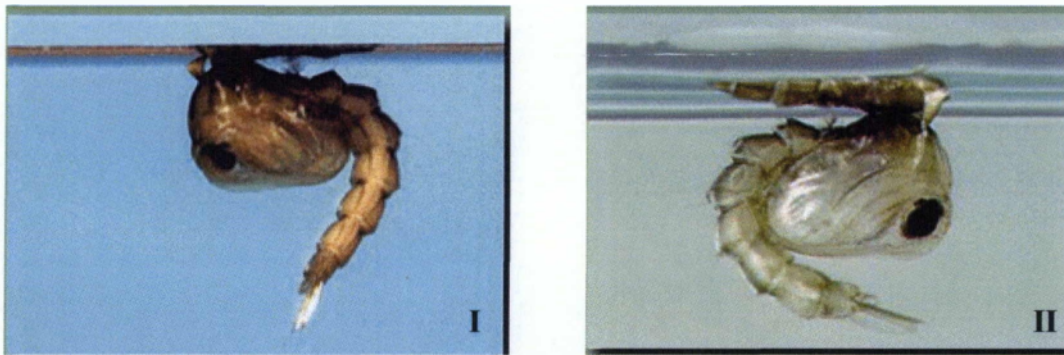


ΕΙΚΟΝΑ 1.5. Υδρόβιες προνύμφες άλλων Διπτέρων: (1) Οικογένεια Dixidae, (2) Οικογένεια Chaoboridae, (3) Οικογένεια Chironomidae και (4) Οικογένεια Culicidae.

1.2.3. Νύμφη

Οι νύμφες είναι χαρακτηριστικά κυρτές (μοιάζουν με κόμμα) και ζουν και αυτές μέσα στο νερό. Επίσης, ένα χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι ότι κινούνται αρκετά ζωηρά, ενώ όταν ενοχληθούν εκτελούν πλήρη αναστροφή.

Κατά το μεγαλύτερο διάστημα παραμένουν στην επιφάνεια του νερού αναπνέοντας με ένα ζεύγος αναπνευστικών χοανοειδών εξαρτημάτων, που βρίσκονται στο άνω μέρος του κεφαλοθώρακα. Στα είδη του γένους *Mansonia* η πρόσληψη του οξυγόνου γίνεται από υδρόβια φυτά (όπως και στο προνυμφικό στάδιο), επί των οποίων προσαρμόζουν τα καταλλήλως διαμορφωμένα αναπνευστικά εξαρτήματα και όχι από την επιφάνεια του νερού (ΕΙΚΟΝΑ 1.6.).

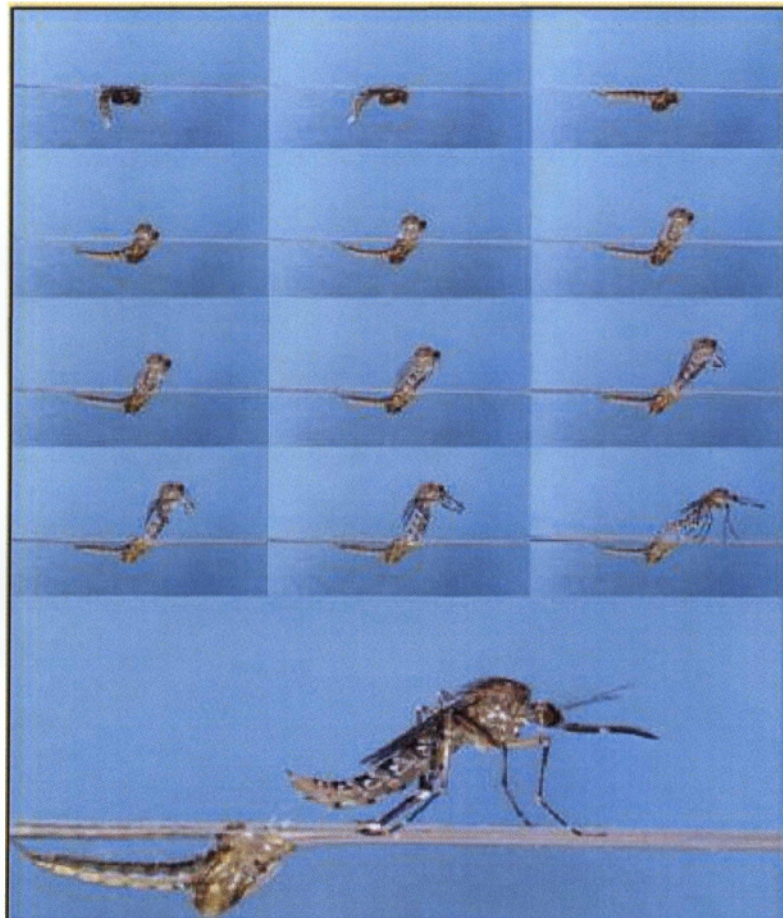


ΕΙΚΟΝΑ 1.6. Νύμφες κουνουπιών: (I) του γένους *Culex* και (II) του γένους *Anopheles*.

Η διάρκεια του νυμφικού σταδίου είναι 1-3 ημέρες, αλλά στο σύντομο αυτό χρονικό διάστημα γίνονται σημαντικές αλλαγές στο εσωτερικό τους με πλήρη αποδόμηση των προνυμφικών ιστών και αναδόμηση του ακμαίου ατόμου (ΕΙΚΟΝΑ 1.7.).

1.2.4. Ακμαίο

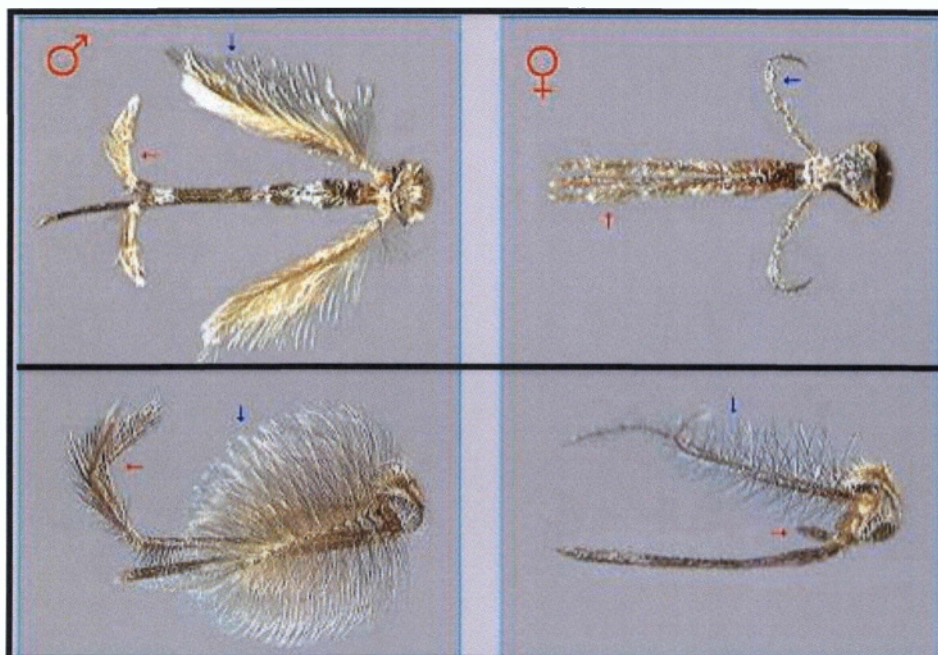
Τα τέλεια έντομα είναι σχετικώς μικρά (μήκος 3-6 mm σπανίως έως 9 mm), με σώμα λεπτό και μακριά πόδια. Η κοιλιά είναι μακριά και λεπτή, οι πτέρυγες λεπτές, διαφανείς με χαρακτηριστική νεύρωση και με λείπια στα νεύρα και στην περιφέρεια, η οποία φέρει σμήριγγες που σχηματίζουν «κροσσό». Οι κεραίες στα αρσενικά είναι περισσότερο πτεροειδείς (φουντωτές), απ' ό τι τα στα θηλυκά. Οι οφθαλμοί είναι καλά ανεπτυγμένοι.



ΕΙΚΟΝΑ 1.7: Η διαδικασία έκδυσης του ακμαίου κουνουπιού. Τα ενήλικα άτομα εξέρχονται πάνω στην επιφάνεια του νερού, σπάζοντας σε καθορισμένο ασθενές σημείο το νυμφικό περίβλημα.

Τα τέλεια άτομα ειδών του γένους *Anopheles* είναι σχετικώς μεγάλου μεγέθους, το σώμα τους σχηματίζει γωνία με την επιφάνεια που κάθονται, έχουν κυκλικό θυρεό και πολύ κυρτή προβοσκίδα με περίπου ισομήκεις γναθικές με αυτή προσακτρίδες και στα δύο φύλλα. Στα περισσότερα είδη των

κοινών κουνουπιών οι προσακτρίδες των θηλυκών ατόμων έχουν μήκος μικρότερο από το μισό του μήκους της προβοσκίδας, αντίθετα στο αρσενικό τα μήκη αυτά είναι περίπου ίδια (ΕΙΚΟΝΑ 1.8.). Ο θυρεός είναι τρίλοβος και το σώμα τους φέρεται παράλληλα με την επιφάνεια στην οποία κάθεται.



ΕΙΚΟΝΑ 1.8. Διαχωρισμός αρσενικού και θηλυκού κουνουπιού: του γένους *Anopheles* (επάνω) και του γένους *Culex* (κάτω).

Τα στοματικά μόρια του θηλυκού είναι νύσσοντος – αίματος μυζητικού τύπου, έχουν τη μορφή μακριάς προβοσκίδας στα πλάγια της οποίας υπάρχουν οι γναθικές προσακτρίδες. Μόνο τα θηλυκά είναι αιμομυζητικά, αφού το αίμα τους είναι απαραίτητο για την ωρίμανση των ωών και συνήθως προηγείται μια τουλάχιστον αιμοληψία πριν από κάθε ωοτοκία.

Η ποσότητα του αίματος που απομυζά ένα θηλυκό κουνούπι κυμαίνεται συνήθως από 2-5 mg. Το κουνούπι του κίτρινου πυρετού (*Ae. aegypti*) είναι ικανό να πάρει 4 mg, πολλά ανωφελή ικανοποιούνται με 1-2,5 mg, ενώ ορισμένα άλλα έχουν χωρητικότητα για 6-10 mg (*Culiseta annulata*, *Culex quinquefasciatus*, *Aedes sollicitans*).

Αμφότερα, θηλυκά και αρσενικά, για τις διάφορες δραστηριότητες που επιπελούν (πτήση, σύζευξη, ωοτοκία, κ.λ.π.) έχουν ανάγκη σακχαρούχων ουσιών ως πηγή ενέργειας. Τέτοιες ουσίες επιζητούν και βρίσκουν στο νέκταρ

των λουλουδιών, στις εκκρίσεις των δένδρων και στα φύλλα των φυτών, στα ώριμα φρούτα και στις εκκρίσεις ορισμένων εντόμων (αφίδες).

Τα είδη των γενών *Anopheles* και *Culex* μετά από μία τελευταία λήψη αίματος διαχειμάζουν ως γονιμοποιημένα θηλυκά σε προφυλαγμένα και θερμά σημεία (σπήλαια, εσωτερικό κατοικιών, στάβλοι, τούνελ, κ.α.). Την επόμενη άνοιξη, με την άνοδο της θερμοκρασίας δραστηριοποιούνται και μετά από μία λήψη αίματος πραγματοποιούν την πρώτη ωοτοκία. Τα περισσότερα είδη του γένους *Aedes* και *Psorophora* διαχειμάζουν ως ωά, υπάρχουν και περιπτώσεις, όπου στο γένος *Mansonia* η διαχείμαση γίνεται στο προνυμφικό στάδιο.



ΕΙΚΟΝΑ 1.9. Πτέρυγα κουνουπιού. Το 3^ο νεύρο της πτέρυγας (κόκκινο βέλος) ανάμεσα σε δύο διακλαδιζόμενα (μπλε βέλος).

Τα κουνούπια είναι ικανά να αναπτύξουν πολύ μεγάλες πληθυσμιακές πυκνότητες. Ένα θηλυκό και ανάλογα με το είδος μπορεί να γεννήσει την πρώτη φορά από 50 έως 500 ωά περίπου. Στις επόμενες γενεές, οι οποίες ενδέχεται να φτάσουν και τις 10, γεννά μικρότερο αριθμό ωών. Εάν θεωρηθεί ότι κάθε φορά γεννά 200 ωά από τα οποία τα 100 θα αναπτυχθούν σε θηλυκά και ότι το χρονικό διάστημα ωό – τέλειο άτομο είναι περίπου 2 βδομάδες, σε 5 γενιές θα αναπτυχθούν 20 εκατομμύρια έντομα. Γίνεται συνεπώς αντιληπτό οι μεγάλες πληθυσμιακές πυκνότητες που αναπτύσσονται, εάν αντί του ενός θηλυκού εντόμου υπολογίσει κανείς ότι σε μια περιοχή υπάρχουν χιλιάδες θηλυκά.

Τα χαρακτηριστικά που ξεχωρίζουν τα τέλεια των κουνουπιών από τα τέλεια των άλλων Δίπτερων, είναι ο συνδυασμός μεγάλης προβοσκίδας, λεπιών στα νεύρα των πτερύγων και χαρακτηριστική διάταξη των νεύρων, όπου στην κορυφή των φτερών καταλήγει ένα απλό νεύρο (3^ο επίμηκες) ανάμεσα σε δύο διακλαδισμένα το 2^ο και το 4^ο (ΕΙΚΟΝΑ 1.9.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

Είναι γνωστό ότι οι εστίες ανάπτυξης των κουνουπιών (έλη, χαντάκια, στάσιμα νερά) συμβαίνει συχνά να είναι οικοσυστήματα μικρής ή μεγάλης οικολογικής αξίας ή να βρίσκονται πολύ κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Για το λόγο αυτό θα πρέπει πάντα να γίνεται προσεκτικός χειρισμός της κατάστασης και η καταπολέμηση να βασίζεται σε συνδυασμό μέτρων και όχι στην εφαρμογή μιας μόνο μεθόδου καταπολέμησης.

Η καταπολέμηση των κουνουπιών θα πρέπει να στηρίζεται κατά κύριο λόγο στην καταπολέμηση των προνυμφών και συμπληρωματικά μόνο να γίνεται καταπολέμηση των τελείων εντόμων, όταν αυτό απαιτείται από τις συνθήκες.

2.1. ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ

2.1.1. Περιορισμός των εστιών ανάπτυξης

Ο περιορισμός των εστιών ανάπτυξης των κουνουπιών είναι ένα από τα σημαντικότερα μέτρα καταπολέμησής τους. Η καταστροφή των εστιών μειώνει την ευχέρεια πολλαπλασιασμού τους και επομένως μειώνει την πυκνότητά τους. Αν και οι εστίες ανάπτυξης των ατελών σταδίων των κουνουπιών διαφέρουν από είδος σε είδος, μπορούμε γενικά να πούμε ότι για τα είδη που αναπτύσσονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις νερών, όπως ποτάμια και αρδευτικά ή αποστραγγιστικά χαντάκια, τα ωά, 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 τα ωά και τις προνύμφες.

Εάν το πρόβλημα είναι μεγάλο θα πρέπει να εξεταστεί η δυνατότητα αποστράγγισης ορισμένων εκτάσεων, ενώ μικρές κοιλότητες του εδάφους θα μπορούσαν να επιχωματωθούν.

Εκτός όμως από την πιο πάνω περίπτωση θα πρέπει να έχουμε υπόψη ότι και μικρές συγκεντρώσεις νερού αποτελούν συχνά σημαντικές εστίες ανάπτυξης κουνουπιών, ιδίως των κοινών. Τέτοιες εστίες είναι το νερό

που συγκεντρώνεται σε βαρέλια ή άλλα δοχεία, σε στέρνες ή ανοικτές δεξαμενές, κάτω από σχάρες συλλογής νερών, σε παλιά ελαστικά αυτοκινήτων και άλλες εστίες που συχνά συμβαίνει να βρίσκονται μέσα στις αστικές περιοχές.

Η καταστροφή, απομάκρυνση ή κάλυψη των εστιών αυτών μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην αντιμετώπιση ορισμένων ειδών κουνουπιών, περιορίζοντας τις εστίες αναπαραγωγής τους. Επίσης οι δεξαμενές νερού που χρησιμοποιούνται για πυρασφάλεια θα μπορούσαν να σκεπαστούν καλά, ώστε να είναι αδύνατη η πρόσβαση των κουνουπιών στο νερό.

2.1.2. Βιολογική καταπολέμηση

Η βιολογική καταπολέμηση των προνυμφών των κουνουπιών γίνεται με εμπλουτισμό των εστιών ανάπτυξής τους με διάφορα είδη προνυμφοφάγων ψαριών, κυριότερο από τα οποία είναι το είδος *Gambusia affinis* και με σκευάσματα του παθογόνου βακίλου *Bacillus thuringiensis var. israelensis* (B.t.i.) ή του *Bacillus sphaericus* (B.s.).

Εντομοκτόνα βιολογικής προέλευσης, με βάση το B.t.i. και το B.s., χρησιμοποιούνται σε πολλές χώρες με επιτυχία για τη μείωση του πληθυσμού των προνυμφών των κουνουπιών.

Το *Gambusia affinis* είναι ένα μικρό ψάρι της οικογένειας Poeciliidae, μήκους 4-6 cm το θηλυκό και 2-3 cm το αρσενικό. Τα ψάρια αυτά είναι ζωοτόκα, πολλαπλασιάζονται γρήγορα και προσαρμόζονται εύκολα σε όλα τα κλίματα και σε νερά διαφορετικής σύνθεσης. Έχουν εισαχθεί στην Ελλάδα από το 1927 και έχουν εγκλιματιστεί επιτυχώς σε όλες σχεδόν τις περιοχές της Χώρας μας. Τα προνυμφοφάγα ψάρια του γένους *Gambusia* τρέφονται με φυτικές και ζωικές ουσίες που βρίσκονται στο νερό, αλλά έχουν ιδιαίτερη προτίμηση στις προνύμφες όλων γενικά των κουνουπιών. Τα *Gambusia* κινούνται στην επιφάνεια του νερού και καταβροχθίζουν πολύ μεγάλο αριθμό προνυμφών. Υπολογίζεται ότι ένα ψάρι μπορεί να καταβροχθίσει 150-200 προνύμφες την ημέρα. Για να δράσει ικανοποιητικά το *Gambusia*, πρέπει η εστία να μην έχει πολύ πυκνή βλάστηση, γιατί τότε παρεμποδίζεται η κίνησή του.

Κατά το παρελθόν, έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για την καταπολέμηση των κουνουπιών και ειδικότερα των ανωφελών που είναι

υπεύθυνα για τη μετάδοση της ελονοσίας, όπου σε αρκετές περιπτώσεις έδωσαν άριστα αποτελέσματα, περιορίζοντας την πυκνότητα των κουνουπιών σε ανεκτά επίπεδα (Becker, 2003).

2.1.3. Χημική καταπολέμηση

Η χρήση βιοκτόνων είναι αποτελεσματικό μέτρο και δίνει άμεσα αποτελέσματα, αλλά θα πρέπει πάντα να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη η χρήση για την οποία προορίζεται το νερό των εστιών.

Σε εστίες που υπάρχουν ψάρια θα πρέπει να εφαρμοστεί η χαμηλότερη δυνατή δόση, ιδίως όταν ψεκάζουμε με πυρεθρινοειδή, τα οποία είναι ιδιαίτερα τοξικά για τα ψάρια.

Για να είναι αποτελεσματικοί οι ψεκασμοί πρέπει οι ψεκαζόμενες εστίες να έχουν μικρή βλάστηση, ενώ για την επιτυχία κάθε προγράμματος αντιμετώπισης κουνουπιών δεν πρέπει να υποβαθμίζεται η σημασία του επίκαιρου των επεμβάσεων. Η ημερομηνία πραγματοποίησης του πρώτου ψεκασμού καθορίζεται, κυρίως από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και του συγκεκριμένου έτους. Για το λόγο αυτό θα πρέπει από νωρίς την άνοιξη να γίνεται διερεύνηση των εστιών ανάπτυξης, για να διαπιστωθεί εάν υπάρχουν προνύμφες κουνουπιών και μόνο τότε να πραγματοποιούνται οι ψεκασμοί.

Η εφαρμογή των βιοκτόνων από εδάφους με μηχανοκίνητο ψεκαστήρα υψηλής πίεσεως δίνει συνήθως καλύτερα αποτελέσματα, γιατί αυτός ο τρόπος εφαρμογής παρέχει την ευχέρεια κατεύθυνσης του εντομοκτόνου στα επιθυμητά σημεία και επιπλέον, λόγω της υψηλής πίεσεως, το ψεκαστικό διάλυμα φθάνει πιο εύκολα στο νερό και αποφεύγεται έτσι η απώλεια από την επικάλυψη μεγάλου μέρους του διαλύματος επάνω στα φυτά (Becker, 2003).

2.2. ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΑΚΜΑΙΩΝ ΚΟΥΝΟΥΠΙΩΝ

Όπως έχει αναφερθεί τα κουνούπια, ανάλογα με το είδος, παρουσιάζουν αρκετές διαφορές ως προς την προτίμηση των ξενιστών και τις θέσεις διημέρευσης των τελείων εντόμων. Η καταπολέμηση των ακμαίων κουνουπιών θα πρέπει να εφαρμόζεται ως συμπλήρωμα της καταπολέμησης των προνυμφών, όταν το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα οξύ και οι συνθήκες το επιβάλλουν.

2.2.1. Υπολειμματικοί ψεκασμοί

Για τη σωστή αντιμετώπιση του προβλήματος θα πρέπει να διενεργηθούν υπολειμματικοί ψεκασμοί σε όλους τους χώρους που διημερεύουν τα τέλεια έντομα. Οι ψεκασμοί αυτοί πρέπει να προηγηθούν των επεμβάσεων κατά των προνυμφών και να επαναληφθούν το φθινόπωρο, όταν τα τέλεια άτομα ετοιμάζονται να διαχειμάσουν. Αυτό θα περιορίσει στο ελάχιστο τον αριθμό των ατόμων που θα δραστηριοποιηθούν την επόμενη άνοιξη. Ένας ενδιάμεσος ψεκασμός τον Ιούνιο θα πρέπει να γίνει μόνο όταν υπάρχει πολύ έντονο πρόβλημα.

Οι υπολειμματικοί ψεκασμοί κατευθύνονται σε εξωτερικές επιφάνειες κτιρίων, σε εσωτερικούς τοίχους καλά αεριζόμενων κτισμάτων, στους παρακείμενους θάμνους ή στα αγριόχορτα (σε ακτίνα 30-45 μέτρων και μέχρι το ύψος του ενός μέτρου) καθώς και γύρω από τις εστίες αναπαραγωγής των κουνουπιών.

2.2.2. Ψεκασμοί ανοικτών χώρων

Στην περίπτωση που το πρόβλημα είναι πολύ μεγάλο θα μπορούσαν, να γίνουν ψεκασμοί ανοικτού χώρου στα μέρη που έχουμε μεγάλες συγκεντρώσεις κουνουπιών. Οι ψεκασμοί αυτοί γίνονται με φορητούς ή μηχανοκίνητους ψεκαστήρες και διακρίνονται σε ψεκασμούς ψυχρού αερολύματος ή θερμού ατμού (η διαφορά των δύο βρίσκεται στον τρόπο, με τον οποίο δημιουργούνται τα σταγονίδια). Στις περιπτώσεις αυτές οι ψεκασμοί επαναλαμβάνονται κάθε 7-10 ημέρες, ανάλογα με την πυκνότητα των εντόμων.

Είναι ευνόητο, ότι η εφαρμογή των εντομοκτόνων θα πρέπει να γίνεται από ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό και ότι πάντα θα τηρούνται πιστά οι οδηγίες χρήσεως του συγκεκριμένου σκευάσματος, ενώ θα λαμβάνονται όλες οι προφυλάξεις που αναγράφονται στην ετικέτα.

2.2.3. Καπνισμοί εσωτερικών χώρων

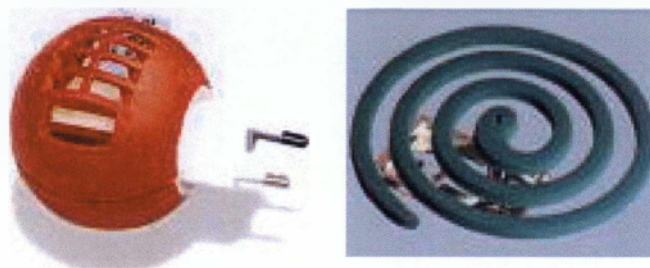
Γίνεται με διάχυση στον αέρα πτητικών βιοκτόνων και έχει ως αποτέλεσμα την απώθηση περισσότερο παρά τη θανάτωση των κουνουπιών.

Για τον καπνισμό χρησιμοποιούνται πτητικά βιοκτόνα, όπως φυσικές πυρεθρίνες και συνθετικά πυρεθροειδή, σε τρεις κυρίως μορφές σκευασμάτων: καπνογόνες σπείρες, ηλεκτροθερμενόμενα πλακίδια και υγρά. Η δραστική ουσία απελευθερώνεται έπειτα από θέρμανση και η διάρκεια δράσης τους διαρκεί όσο η καύση τους, δηλαδή 6-8 ώρες.

2.3. ΑΤΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η χρησιμοποίηση των διαφόρων μέσων ατομικής προστασίας αποτελεί ένα σημαντικό δείκτη της έντασης της όχλησης, ενώ η μείωση της εφαρμογής τους αποτελεί δείκτη αποτελεσματικότητας των προγραμμάτων καταπολέμησης κουνουπιών. Η ατομική προστασία επιτυγχάνεται είτε με μηχανική προστασία του χώρου διαβίωσης (λεπτά πλέγματα σε πόρτες και παράθυρα, κουνουπιέρες κ.λ.π.), είτε με τη χρήση απωθητικών ουσιών.

Τα πιο κοινά μέσα που χρησιμοποιούν σήμερα οι άνθρωποι για να προστατεύονται από τα κουνούπια σε υπαίθριους χώρους είναι τα εντομοαπωθητικά που εφαρμόζονται απευθείας πάνω στο δέρμα και τα σπιράλ.



ΕΙΚΟΝΑ 2.1. Τα απωθητικά ρεύματος, το DEET και το εντομοαπωθητικό τύπου σπιράλ αποτελούν μερικές από τις πιο γνωστές μεθόδους μείωσης της όχλησης των κουνουπιών. Ο καπνός του τελευταίου ενοχοποιείται για την παραγωγή υψηλών συγκεντρώσεων πτητικών οργανικών ενώσεων, όπως π.χ. το βενζόλιο, ένα νευροτοξικό αλλά καρκινογόνο συστατικό, το οποίο έχει επίδραση στο μυελό των οστών μετά από μακροχρόνια έκθεση.

Τα περισσότερα εντομοαπωθητικά επάλειψης που χρησιμοποιούνται σήμερα περιέχουν μία συνθετική ουσία, που είναι ευρέως γνωστή με το όνομα DEET (N,N-diethyl-3-methylbenzamide). Η ουσία αυτή είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, αποτρέποντας τα τσιμπήματα από μια πληθώρα εντόμων όπως κουνούπια, μύγες, ψύλλοι και τσιμπούρια. Τα εντομοαπωθητικά τύπου

σπιράλ («φιδάκια») περιέχουν εντομοκτόνα από πυρεθρίνες σε ποσοστό 0,3-0,4% κατά βάρος, ενώ τα υπόλοιπα συστατικά τους είναι ουσίες που έχουν την ιδιότητα να καίγονται αργά και χωρίς φλόγα δημιουργώντας καπνό. Παρά το γεγονός ότι οι φυτικές πυρεθρίνες είναι σχετικά μη τοξικές για τον άνθρωπο, οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από τη καύση των υπολοίπων συστατικών (>99% του προϊόντος), δεν έχουν ακόμα διευκρινιστεί (ΕΙΚΟΝΑ 2.1.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ

3.1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων και των βιοκτόνων είναι η ανάπτυξη ανθεκτικότητας των καταπολεμούμενων οργανισμών στις ουσίες που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπισή τους. Η ανθεκτικότητα αναπτύσσεται σ' όλους τους ζωικούς οργανισμούς, κυρίως όμως εμφανίζεται πιο έντονα στα έντομα και τα ακάρεα (γεωργικής ή υγειονομικής σημασίας).

Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι στη συνέχεια θα χρησιμοποιείται ο όρος "παρασιτοκτόνα" για να εκφράσει όλες τις ουσίες ή τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση των αρθροπόδων γεωργικής ή υγειονομικής σημασίας, είτε αυτά θεωρούνται "φυτοπροστατευτικά προϊόντα", όπως ορίζονται από την οδηγία 91/414/EEC της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είτε ονομάζονται "βιοκτόνα" βάσει της οδηγίας 98/8/EC.

Η πρώτη περίπτωση ανθεκτικότητας διαπιστώθηκε το 1905 στο San Jose, ενώ έως το 1945 που άρχισε και η εφαρμογή των νέων συνθετικών εντομοκτόνων, είχε διαπιστωθεί ανθεκτικότητα σε 12 περίπου είδη εντόμων και ακάρεων (κυρίως σε αρσενικούχες και κυανιούχες ενώσεις). Σήμερα, περιπτώσεις ανθεκτικότητας έχουν αναφερθεί σε όλες σχεδόν τις ομάδες εντομοκτόνων (κυκλοδιένια, καρβαμιδικά, οργανοφωσφορικά, πυρεθρινοειδή και στο *Bacillus thuringiensis*) μετά από 2 μέχρι 20 έτη εφαρμογής τους.

Τα έντομα υγειονομικής σημασίας ήταν από τα πρώτα στα οποία διαπιστώθηκε η ανθεκτικότητα και δημιούργησε σοβαρά προβλήματα κυρίως με την ανθεκτικότητα της οικιακής μύγας και ορισμένων ειδών κουνουπιών στο οργανοχλωριωμένο εκλεκτικό εντομοκτόνο DDT κατά τη δεκαετία του '50 στη Σουηδία, τη Γερμανία, τις Η.Π.Α. και σε χώρες του τρίτου κόσμου. Ο ρυθμός αύξησης των ειδών είναι υψηλός, συγκεκριμένα από 2 είδη που ήταν το 1946 αυξήθηκε σε 150 το 1980 και 198 το 1990. Από τα 198 αυτά είδη τα 114 είναι είδη κουνουπιών.

Τα στοιχεία αυτά αφορούν είδη στα οποία η ανθεκτικότητα έχει αποδειχθεί πειραματικά, έπειτα από σχετική έρευνα και ως εκ τούτου

θεωρείται βέβαιο ότι στην πραγματικότητα τα είδη που έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα είναι πολύ περισσότερα από τα καταγεγραμμένα.

Ανθεκτικότητα (resistance) ονομάζεται η ικανότητα ορισμένων ατόμων ενός πληθυσμού κάποιου είδους εντόμου, να αντέχει (να επιζεί) σε δόσεις μιας τοξικής ουσίας, οι οποίες είναι θανατηφόρες για την πλειονότητα των ατόμων ενός κανονικού πληθυσμού του ίδιου είδους.

Όταν αναφέρεται ότι ένα είδος έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα σε ένα ή περισσότερα παρασιτοκτόνα ή ομάδες παρασιτοκτόνων, δεν σημαίνει ότι όλοι οι πληθυσμοί του είδους αυτού έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα, αλλά ότι το φαινόμενο έχει διαπιστωθεί τουλάχιστον σε ένα πληθυσμό του είδους, σε κάποια περιοχή της γης. Η ανάπτυξη όμως ανθεκτικότητας σε έναν πληθυσμό, φανερώνει ότι υπάρχουν οι προϋποθέσεις για την ανάπτυξη της ανθεκτικότητας και σε άλλους πληθυσμούς του ίδιου είδους, γεγονός το οποίο και συμβαίνει κατά κανόνα, όπως αποδεικνύουν σχετικά στοιχεία.

3.2. ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Όταν εφαρμόζουμε ένα παρασιτοκτόνο για την καταπολέμηση ενός πληθυσμού κάποιου αρθροπόδου, παρατηρούμε ότι η αύξηση της δόσης μέχρι ένα ορισμένο σημείο δεν προκαλεί θνησιμότητα στα άτομα του πληθυσμού. Από το σημείο αυτό και πέρα, κάθε αύξηση της δόσης προκαλεί προοδευτική αύξηση της θνησιμότητας μεταξύ των ατόμων του πληθυσμού έως ότου φτάσει στο επίπεδο του 100%.

Οι οριακές τιμές των δόσεων που προσδιορίζουν το εύρος μέσα στο οποίο εμφανίζεται η τοξική επίδραση συγκεκριμένου παρασιτοκτόνου στα άτομα του πληθυσμού (ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής του), είναι ως ένα σημείο σταθερές για όλους τους πληθυσμούς του είδους. Το εύρος αυτό ονομάζεται επίπεδο ευαισθησίας του είδους στο παρασιτοκτόνο. Βέβαια, παρουσιάζεται κάποια διακύμανση ανάλογα με τη φυλή, την ηλικία των ατόμων, την τροφική τους κατάσταση, τις κλιματολογικές συνθήκες ή και άλλους παράγοντες.

Όταν σε μετρήσεις ευαισθησίας σε κάποιο παρασιτοκτόνο, διαφόρων γενεών ενός αρθροπόδου, εμφανίζεται μετατόπιση του επιπέδου ευαισθησίας

σε υψηλότερες δόσεις ή παρατηρείται αλλαγή του εύρους ευαισθησίας, τότε λέμε ότι έχουμε ανάπτυξη ανθεκτικότητας στο συγκεκριμένο πληθυσμό.

Η ανθεκτικότητα θεωρείται μέτρια όταν η LD_{50} (η θανατηφόρος δόση για το 50% ενός πληθυσμού) ή η LD_{95} (η θανατηφόρος δόση για το 95% ενός πληθυσμού) της τοξικής ουσίας για τον ανθεκτικό πληθυσμό είναι 5-10 μεγαλύτερη από εκείνη του ευαίσθητου (μη ανθεκτικού) πληθυσμού ενώ θεωρείται ισχυρή ή μεγάλη όταν η LD_{50} ή η LD_{95} είναι μεγαλύτερη 10-100 φορές.

Στην πράξη συνήθως η ανθεκτικότητα γίνεται αντιληπτή όταν το 10% του πληθυσμού είναι πλέον ανθεκτικό και τις περισσότερες φορές εκδηλώνεται με την ανάγκη χρησιμοποίησης όλο και μεγαλύτερων δόσεων, για να πετύχουμε στην καταπολέμηση το ίδιο με πριν αποτέλεσμα.

Οι δυσμενείς επιπτώσεις από την ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε ένα πληθυσμό αρθοπόδων που θέλουμε να καταπολεμήσουμε είναι:

- Οι τοξικολογικές επιπτώσεις, δηλαδή η αύξηση των υπολειμμάτων των παρασιτοκτόνων στα γεωργικά προϊόντα και οι κίνδυνοι δηλητηριάσεων ως συνέπεια της αύξησης των δόσεων και του αριθμού των επεμβάσεων για την αντιμετώπιση των εχθρών των καλλιεργειών.

- Οι οικολογικές επιπτώσεις, που είναι επακόλουθο της ρύπανσης του περιβάλλοντος με μεγαλύτερα ποσά τοξικών ουσιών καθώς και τον αυξημένο κίνδυνο μείωσης του πληθυσμού των ωφέλιμων ειδών, ως αποτέλεσμα και πάλι της εφαρμογής υψηλότερων δόσεων και περισσότερων επεμβάσεων.

- Ανάγκη εξεύρεσης νέων μεθόδων καταπολέμησης οι οποίες συνήθως απαιτούν ειδική εκπαίδευση των ενδιαφερομένων, επιφέρουν αλλαγές στο είδος και τον τύπο των καλλιεργειών ή ακόμη αλλάζουν και τον τύπο της οικονομικής δραστηριότητας (γεωργικής, τουριστικής) μιας περιοχής.

- Οικονομικές επιπτώσεις οι οποίες είναι φυσικό επακόλουθο τόσο των υπόλοιπων επιπτώσεων όσο και της ανάγκης για περισσότερη έρευνα για την ανακάλυψη νέων μέσων και μεθόδων καταπολέμησης.

Ενδεικτικά σημειώνουμε ότι, ενώ το 1956 η πιθανότητα ανακάλυψης ενός νέου παρασιτοκτόνου ήταν 1:5000 εξεταζόμενες ουσίες, με κόστος των σχετικών ερευνών 1,2 εκατομμύρια δολάρια, το 1975 τα αντίστοιχα ποσά ήταν 1:15000 και το κόστος 13 εκατομμύρια δολάρια και το 1990 η πιθανότητα ήταν μικρότερη από 1:25000, απαιτούνται 7 περίπου χρόνια μελετών πριν

εμφανιστεί το νέο παρασιτοκτόνο στην αγορά και το συνολικό κόστος πλησιάζει τα 50 εκατομμύρια δολάρια.

Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι οι εταιρείες παραγωγής φυτοπροστατευτικών προϊόντων να διστάζουν πια να επενδύσουν στην ανάπτυξη νέων παρασιτοκτόνων και διαγράφεται έτσι στον ορίζοντα ο κίνδυνος μείωσης του οπλοστασίου μας εναντίον των εχθρών των καλλιεργειών και των αρθροπόδων υγειονομικής σημασίας.

3.3. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ανθεκτικότητας έχει μεγάλη σημασία η ανίχνευσή της στον πληθυσμό του αρθροπόδου που θέλουμε να καταπολεμήσουμε σε όσο το δυνατό πρώιμο στάδιο. Αυτό έχει μεγάλη αξία για να καταστεί δυνατή η έγκαιρη λήψη των απαραίτητων μέτρων για την αποφυγή της παραπέρα ανάπτυξής της.

Παράλληλα θα πρέπει να είμαστε προσεκτικοί και να μην αποδίδουμε σε ανάπτυξη ανθεκτικότητας κάθε αποτυχία καταπολέμησης ή κάθε έξαρση του πληθυσμού των ανεπιθύμητων αρθροπόδων που μπορεί να συμβεί μετά από μια εφαρμογή παρασιτοκτόνου. Η αποτυχία στην καταπολέμηση μπορεί να οφείλεται σε άσχετους λόγους, όπως σκεύασμα κακής ποιότητας, λανθασμένος υπολογισμός της δόσης, κακή εφαρμογή, κ.λ.π.

Για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης πρέπει να εξετάσουμε τα μέτρα που μπορούμε ή επιβάλλεται να πάρουμε για να αποφύγουμε, να καθυστερήσουμε ή να αντιμετωπίσουμε την ανάπτυξη της ανθεκτικότητας³.

3.3.1. Μέτρα για την αποφυγή ή καθυστέρηση της ανάπτυξης ανθεκτικότητας

Τα μέτρα αυτά έχουν σκοπό να διατηρήσουν τα γονίδια ευαισθησίας που υπάρχουν σε ένα πληθυσμό, μέσα σε κάποια όρια που θα επιτρέπουν τη

³ Για την πρόληψη ή τον περιορισμό φαινομένων ανθεκτικότητας στα νέα μόρια, έχει ιδιαίτερη σημασία η εκτίμηση του κινδύνου ανάπτυξης ανθεκτικότητας πριν τη χορήγηση έγκρισης κυκλοφορίας τους και η επιβολή σχετικών περιορισμών στη χρήση τους, καθώς και η τακτική παρακολούθηση των αγρών (monitoring) για έγκαιρη διάγνωση τυχόν ανθεκτικών πληθυσμών και η άμεση εφαρμογή των κατάλληλων στρατηγικών για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Τα μέτρα αυτά προβλέπονται και από την ισχύουσα σήμερα και στη Χώρα μας κοινοτική νομοθεσία (Οδ. 91/414/ΕΟΚ).

συνέχιση της χρησιμοποίησης χημικών παρασιτοκτόνων της ίδιας ομάδας. Τέτοια μέτρα είναι:

- Μείωση του αριθμού των επεμβάσεων με χημικά παρασιτοκτόνα.
- Αποφυγή εφαρμογής παρασιτοκτόνων σε μεγάλες εκτάσεις.
- Χρησιμοποίηση παρασιτοκτόνων με μικρή υπολειμματική ενέργεια.
- Οι δόσεις να είναι οι χαμηλότερες δυνατές (οπρωσδήποτε κάτω από το

LD₁₀₀ του ευαίσθητου πληθυσμού).

➤ Εναλλαγή παρασιτοκτόνων με διαφορετικό τρόπο δράσης ή/και χρησιμοποίηση μειγμάτων παρασιτοκτόνων.

- Να προτιμούνται ακμαιοκτόνα σκευάσματα παρά προνυμφοκτόνα.
- Προστασία και ενίσχυση των φυσικών εχθρών.

3.3.2. Μέτρα για την αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας που έχει ήδη αναπτυχθεί

Τα κυριότερα που εφαρμόζονται είναι:

- Χρησιμοποίηση παρασιτοκτόνων με διαφορετικό τρόπο δράσης.
- Χρησιμοποίηση συνεργιστικών ουσιών για να αυξήσουμε την

αποτελεσματικότητα των χρησιμοποιούμενων δραστικών ουσιών.

➤ Χρησιμοποίηση διαφορετικής μεθόδου καταπολέμησης, εκτός της χημικής, εφόσον βέβαια υπάρχει για το συγκεκριμένο είδος.

➤ Αν η ανθεκτικότητα είναι ακόμη σε χαμηλά επίπεδα, μπορούμε να εφαρμόσουμε αρκετά υψηλότερες δόσεις παρασιτοκτόνου, ώστε να υπερνικηθούν οι αμυντικοί μηχανισμοί του αρθρόποδου και να θανατωθούν τα "εν δυνάμει" ανθεκτικά άτομα.

➤ Εφαρμόζοντας πολλαπλή επίθεση με μείγματα ουσιών ή εναλλαγή παρασιτοκτόνων με διαφορετικό τρόπο δράσης.

3.3.3. Νέες στρατηγικές για την καταπολέμηση της ανθεκτικότητας⁴

Για να περιορίσουμε τους κινδύνους που προκύπτουν από την ανθεκτικότητα, πρέπει να προσανατολιζόμαστε στην εφαρμογή προγραμμάτων ολοκληρωμένου χειρισμού του κάθε προβλήματος. Εφόσον

⁴ Για τη μελέτη και την παροχή βοήθειας για την αντιμετώπιση του φαινομένου της ανθεκτικότητας έχουν συσταθεί δύο διεθνείς επιτροπές: Η FRAC (Fungicides Resistance Action Committee) και η IRAC (Insecticide Resistance Action Committee).

στις μέρες μας η χρήση των χημικών παρασιτοκτόνων είναι αναπόφευκτη, τόσο για τις αναπτυγμένες όσο και για τις αναπτυσσόμενες χώρες, θα πρέπει προκειμένου να περιορίσουμε τους κινδύνους που προκύπτουν από την ανθεκτικότητα, να προσανατολιζόμαστε στην εφαρμογή προγραμμάτων ολοκληρωμένου χειρισμού του κάθε προβλήματος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση των νέων μεθόδων καταπολέμησης σε συνδυασμό με τις ήδη υπάρχουσες και τον περιορισμό της χημικής καταπολέμησης στον απολύτως αναγκαίο αριθμό επεμβάσεων. Τα ολοκληρωμένα προγράμματα καταπολέμησης (integrated pest management - IPM) έχουν σαν κύριο στόχο τη μείωση των πληθυσμών των κουνουπιών κάτω του ορίου ανεκτικότητας και προσβολής από πλευρά όχλησης και υγειονομικής σημασίας αντίστοιχα.

Η πιο αποτελεσματική μέθοδος χημικής καταπολέμησης των κουνουπιών είναι η προνυμφοκτονία. Οι βιότοποι των προνυμφών των κουνουπιών κατατάσσονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες: τον αστικό, τον περιαστικό, τον αγροτικό και το φυσικό περιβάλλον. Για κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες εστιών αναπαραγωγής κουνουπιών απαιτείται ξεχωριστός σχεδιασμός και διαφορετική οργάνωση προκειμένου να επιτευχθεί το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα.

Το παραπάνω πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση των νέων μεθόδων καταπολέμησης σε συνδυασμό με τις ήδη υπάρχουσες και τελικώς τον περιορισμό της χημικής καταπολέμησης στον απολύτως αναγκαίο αριθμό επεμβάσεων. Σήμερα, έχουμε τη δυνατότητα αντικατάστασης των επικίνδυνων χημικών ουσιών με λιγότερο τοξικά χημικά ή βιολογικά μέσα, τα οποία δρουν αποκλειστικά εναντίον του συγκεκριμένου είδος που θέλουμε να καταπολεμήσουμε και όχι εναντίον άλλων, πιθανώς ωφέλιμων, οργανισμών.

Σήμερα έχουμε τη δυνατότητα αντικατάστασης των επικίνδυνων χημικών ουσιών με λιγότερο τοξικά χημικά ή βιολογικά μέσα, τα οποία δρουν αποκλειστικά εναντίον του συγκεκριμένου είδος που θέλουμε να καταπολεμήσουμε και όχι εναντίον άλλων, πιθανώς ωφέλιμων οργανισμών.

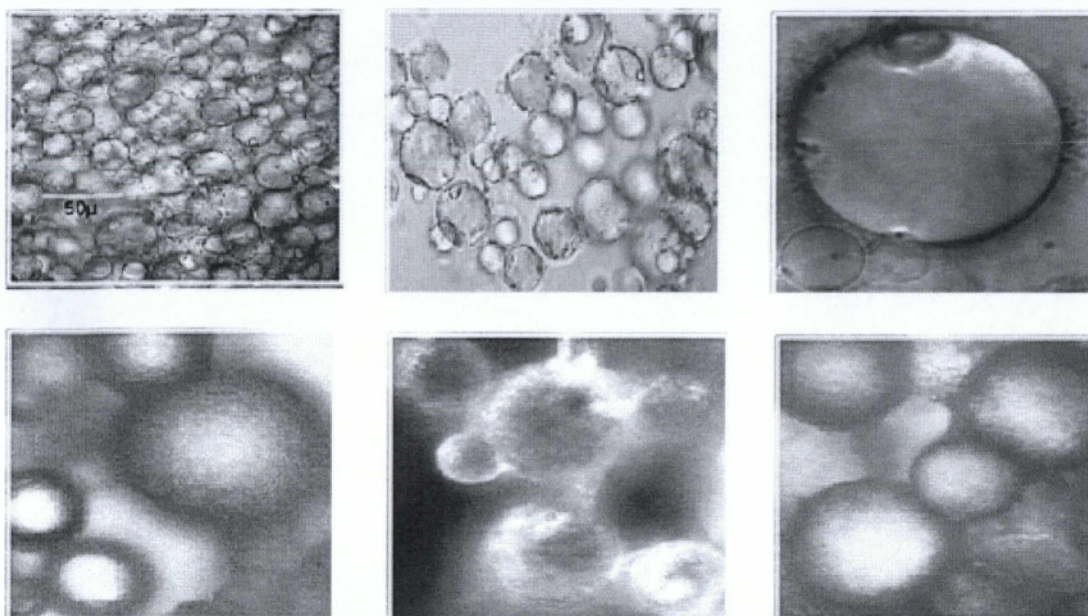
Η στρατηγική της «Προσέλκυσης και Εξολόθρευσης» ("Attract and Kill") αποτελεί μία νέα εναλλακτική μέθοδο καταπολέμησης εντόμων. Σύμφωνα με τη στρατηγική αυτή γίνεται χρήση χημικών ουσιών με σκοπό την προσέλκυση των εντόμων στο σημείο που βρίσκεται εστιασμένο το εντομοκτόνο. Στα πλαίσια της νέας αυτής στρατηγικής γίνεται εφαρμογή σημειοχημικών, δηλαδή

χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία οργανισμών που ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικά είδη και ονομάζονται αντίστοιχα φερομόνες και αλληλοχημικά. Το κυριότερο πλεονέκτημα των παραπάνω ενώσεων είναι η ελαχιστοποίηση της χρήσης χημικών σκευασμάτων καθώς και έκθεσης σε αυτά οργανισμών μη στόχων. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα (που αναλόγως την περίπτωση μπορεί να είναι και μειονέκτημα) είναι η μεγάλη εξειδίκευση ως προς τον οργανισμό στόχο ακόμη και σε επίπεδο είδους (Stetter and Folker, 2000). Η υψηλή πτητική φύση των ενώσεων αυτών όμως, απαιτεί τη δημιουργία σταθερών συστημάτων αποδέσμευσής τους.

Η μέθοδος αυτή θα μπορούσε να έχει πολλές εφαρμογές όπως τον έλεγχο της παρουσίας ορισμένων σημαντικών ειδών κουνουπιών, την εκτίμηση πληθυσμών τους, καθώς και την εποχιακή διακύμανσή τους (monitoring). Το σύστημα αυτό μπορεί να αποτελέσει τη βάση για ένα «Σύστημα Συναγερμού Παρουσίας Συγκεκριμένων Ειδών Κουνουπιών» που είναι γνωστά ως φορείς επικίνδυνων ασθενειών για τον άνθρωπο και για διάφορα αγροτικά ζώα.

Μία επιπλέον εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι ότι μετά τη προσέλκυση δύναται να επιτευχθεί ταυτόχρονη θανάτωση κουνουπιών στο στάδιο της προνύμφης με τη χρήση οποιουδήποτε, εμπορικά διαθέσιμου, προνυμφοκτόνου. Χαρακτηριστικό της μεθόδου αυτής είναι το γεγονός ότι η τελική ποσότητα που απαιτείται είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με την αντίστοιχη της κλασικής χημικής καταπολέμησης. Αυτό συμβαίνει αφενός εξαιτίας της σημειακής χρήσης χημικών, μόνο στους προκαθορισμένους χώρους και αφετέρου επειδή γίνεται καταπολέμηση των κουνουπιών στο ευαίσθητο στάδιο της προνύμφης. Η υψηλή πτητική φύση των ενώσεων αυτών όμως, απαιτεί τη δημιουργία σταθερών συστημάτων αποδέσμευσής τους. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν μικροκάψουλες πολυουρίας τύπου oil-in-water⁵ (χρήση μικροενκαψυλιωμένης φερομόνης ωοθεσίας) (Εικόνα 3.1).

⁵ Οι μικροκάψουλες πολυουρίας τύπου oil-in-water ανήκουν στη κατηγορία των Συστημάτων Ελεγχόμενης Αποδέσμευσης (Control Release Systems-CRSs) και η παρασκευή τους επιτυγχάνεται με τη μέθοδο του διεπιφανειακού πολυμερισμού.



Εικόνα 3.1.

Μικροκάψουλες διεσπαρμένες σε νερό, όπως παρατηρήθηκαν από το οπτικό μικροσκόπιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΦΕΡΟΜΟΝΕΣ ΕΝΤΟΜΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα έντομα όπως και άλλα ζώα παράγουν ορισμένες ουσίες οι οποίες ελευθερώνονται στην επιφάνεια του σώματος τους ή στο περιβάλλον και προκαλούν χαρακτηριστικές αντιδράσεις συμπεριφοράς ή φυσιολογίας σε άλλα άτομα του ίδιου κατά κανόνα είδους. Οι φερομόνες είναι χημικοί αγγελιοφόροι (χημικά μέσα επικοινωνίας) μεταξύ δύο ή περισσότερων ατόμων του ίδιου κατά κανόνα είδους⁶. Οι φερομόνες λοιπόν δρουν σε άτομα άλλα από το άτομα που τις παράγει. Μπορεί να δρουν σε άτομα του ίδιου φύλου, του άλλου φύλου ή και των δύο φύλων, της ίδιας κοινωνικής τάξεως, μορφής. Ορισμένες επιδρούν σε ορισμένο βαθμό και σε άτομα άλλων ειδών συνήθως συγγενών προς το είδος που τις παράγει ή ειδών που ζούν στο ίδιο περιβάλλον.

Τα έντομα όπως και τα λοιπά ζώα, αντιδρούν στο χημικό τους περιβάλλον ή άμεσα ή με καθυστέρηση. Στις άμεσες αντιδράσεις, οι οποίες και αφορούν κυρίως τη συμπεριφορά του εντόμου, περιλαμβάνονται εκδηλώσεις λόγω διεγέρσεως των εξωτερικών αισθητηρίων οργάνων του. Εμφανείς εκδηλώσεις λόγω τέτοιας διεγέρσεως είναι η έναρξη και η λήξη της μετακινήσεως, βρώσεως, ερωτικής εκδηλώσεως, συζεύξεως, ωτοκίας και αμυντικές ενέργειες. Στις καθυστερημένες αντιδράσεις, οι οποίες και αφορούν κυρίως αλλαγές των φυσιολογικών λειτουργιών του εντόμου, περιλαμβάνονται συμπτώματα τοξικότητας, ανάπτυξης, αλλαγές ορμονικής φύσεως και η φυλετική ή αναπαραγωγική διαφοροποίηση. Και υπό την επίδραση φερομονών οι αντιδράσεις μπορεί να είναι άμεσες ή καθυστερημένες. Το άτομο-δέκτης του φερομονικού ερεθίσματος ή παρουσιάζει άμεση εκδήλωση συμπεριφοράς ή υφίσταται μακροχρόνια αλλαγή της φυσιολογίας του. Αντίστοιχα, οι φερομόνες διακρίνονται σε άμεσου δράσεως και σε φυσιολογικής δράσεως. Όμως ορισμένες φερομόνες φαίνεται να επηρεάζουν

⁶ Σημειοχημικά: χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία οργανισμών που ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικά είδη και ονομάζονται αντίστοιχα φερομόνες και αλληλοχημικά. Στη παρούσα εργασία θα μας απασχολήσουν μόνο οι φερομόνες.

την ανάπτυξη ορισμένων εντόμων κατά τρόπο όμοιο με των ορμονών, φαίνεται ότι κατά κανόνα δρουν στα αισθητήρια όργανα των εντόμων.

4.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΕΡΟΜΟΝΩΝ

Η λέξη «φερομόνη» προέρχεται από τις λέξεις «φέρειν» και «ορμή» δηλαδή προκαλώ διέγερση. Ένα πτητικό χημικό σήμα μπορεί να μεταφέρεται με την πνοή του αέρα ή με ένα υδατικό ρεύμα, για να μεταδώσει το μήνυμά του σε κάποια μεταγενέστερη χρονική στιγμή και σε απόσταση από την πηγή του. Οι εκδηλώσεις των εντόμων στις οποίες οι φερομόνες παίζουν σημαντικό ρόλο είναι πολλές και ποικίλες και μπορούμε να τις κατατάξουμε σε λίγες ή πολλές κατηγορίες (Τζανακάκης, 1977). Με βάση τις εκδηλώσεις ή αντιδράσεις στις φερομόνες είναι η παρακάτω κατάταξη:

4.2.1 Συνάθροιση (προσέλκυση και/η λήξη μετακινήσεως)

- Ίχνηθέτηση οδού ή διαδρομής (επίγειας ή εναέριας)
- Ίχνηθέτηση εξερευνητικής διαδρομής
- Ίχνηθέτηση διαδρομής προς σημείο όπου ή ανάγκη το καλεί
- Ίχνηθέτηση καταφυγίου η φωλιάς

4.2.2 Διασπορά (τάξη και κίνηση μακριά από την πηγή)

- Αποτροπή ωτοκίας που καταλήγει σε ομοιόμορφοι κατανομή αυγών
- Αποτροπή της 1^{ης} ή 2^{ης} συζεύξεως που στην πρώτη περίπτωση την ελκύει το θηλυκό , στη 2^η το αρσενικό
- Διάλυση συγκεντρώσεων μετά από ενόχληση και εκδίωξη αρπακτικών
- Προστασία νεογέννητων αυγών

4.2.3 Σεξουαλική (γενετήσια) συμπεριφορά

- Προσέλκυση του άλλου φύλου και αναλόγως συγκεντρώσεως , διέγερση προς σύζευξη
- Επιβράδυνση μετακινήσεως του θηλυκού

4.2.4 Ωοτοκία

- Προσέλκυση άλλων θηλυκών σε θέση κατάλληλη για ωοτοκία
- Παρότρυνση άλλων θηλυκών να ωοτοκήσουν

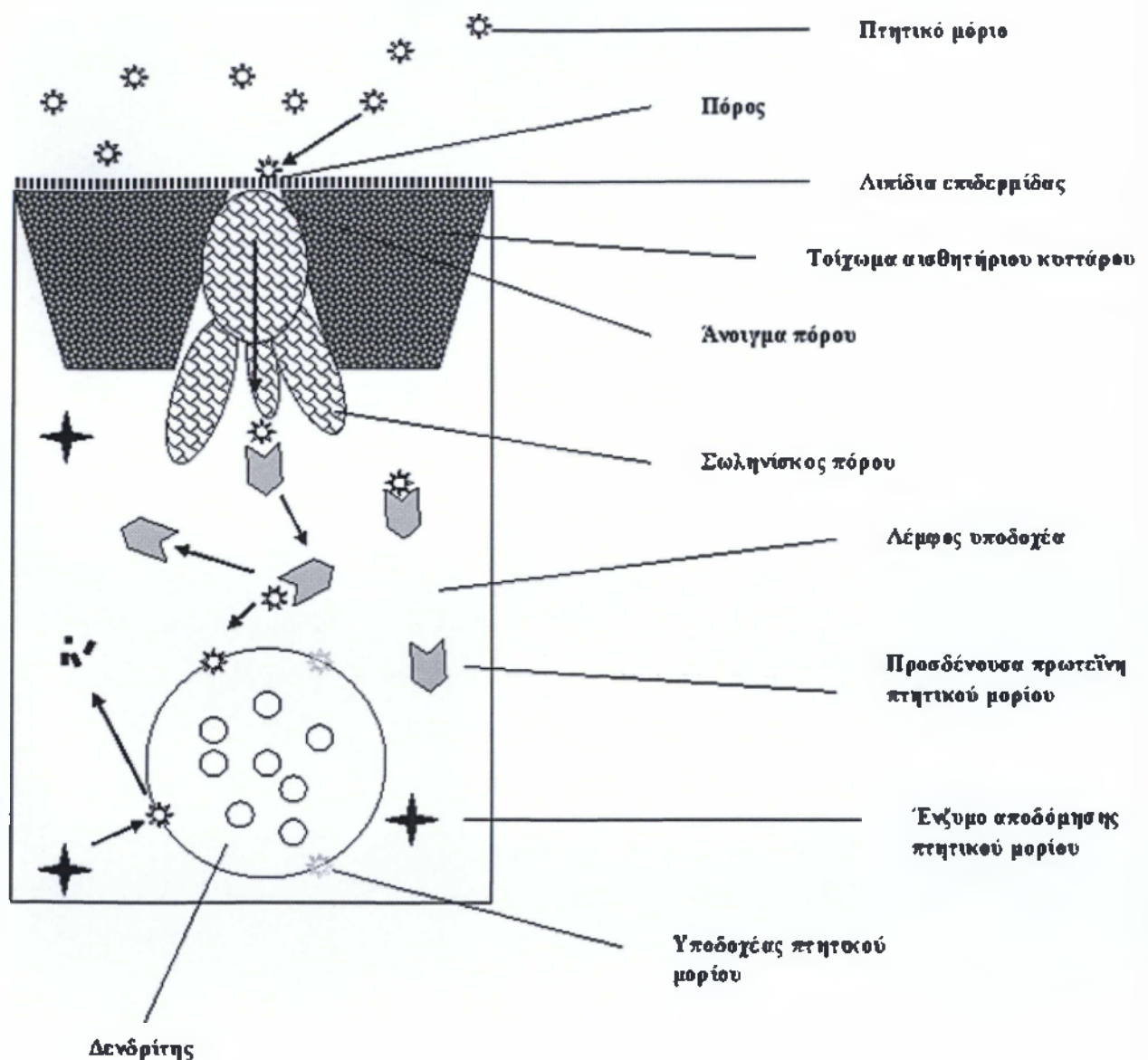
4.2.5 Συναγερμός (επαγρύπνηση)

- Προσέλκυση προς την πηγή
- Διασπορά
- Επιθετική διάθεση (η επίθεση κατά εχθρού)
- Ίχνηθέτηση του εχθρού (π.χ. στις μέλισσες)
- Εκδίωξη εχθρού ή ακινητοποίηση του (ταυτόχρονα με ένα των ανωτέρων

4.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΦΕΡΟΜΟΝΩΝ

Τα έντομα αντιλαμβάνονται τις φερομόνες με τα αισθητήρια όργανα της οσφρήσεως ή της γεύσεως. Τα αισθητήρια όργανα της οσφρήσεως βρίσκονται στις κεραίες και στις προσακτρίδες. Τα αισθητήρια που δέχονται τις σεξουαλικές ελκυστικές φερομόνες βρίσκονται στις κεραίες και ως προς την μορφή είναι διαφόρων τύπων. Στις κεραίες ορισμένων ειδών, τα αισθητήρια όργανα με τα οποία το έντομο αντιλαμβάνεται τις φερομόνες είναι πολύ περισσότερα από το σύνολο των άλλων αισθητηρίων οσφρήσεως.

Το πτητικό μόριο δεσμεύεται στην επιφάνεια του αισθητήριου κυττάρου και μέσω διάχυσης εισέρχεται στο εσωτερικό του πόρου και στους σωληνίσκους του. Ακολουθεί η ένωση του με την προσδένουσα πρωτεΐνη η οποία και το μεταφέρει στον κατάλληλο υποδοχέα που βρίσκεται πάνω στον δενδρίτη. Η αποδόμηση του πτητικού μορίου γίνεται στο τέλος από ειδικά ένζυμα αποδόμησης (Charman, 2008).



Σχήμα 1. Προτεινόμενη διαγραμματική απεικόνιση της διαδικασίας όσφρησης στα έντομα.

4.4 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΦΕΡΟΜΟΝΩΝ ΓΙΑ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΕΠΙΒΛΑΒΩΝ ΕΙΔΩΝ

Οι ελκυστικές φερομόνες έχουν μέχρι σήμερα χρησιμοποιηθεί πειραματικά ή και στην πράξη κατά τη διαδικασία προστασίας της γεωργικής και δασικής παραγωγής από επιβλαβή είδη εντόμων και ακάρεων. Οι ελκυστικές φερομόνες είναι χρήσιμες για τη διαπίστωση νέων μικρών

αποικιών, για το καθορισμό της εποχής εμφάνισης και παρουσίας των ενήλικων μιας γενεάς και της πυκνότητας του πληθυσμού τους και για την καταπολέμηση με μαζική παγίδευση, με συνδυασμό φερομόνης και εντομοκτόνου ή εντομοστερωτικού, με δημιουργία φυτών-παγίδων και με παρεμπόδιση της συναντήσεως των δύο φύλων. Ελκυστικές φερομόνες χρησιμοποιούνται και για την μέτρηση της αποκρουστικότητας ορισμένων ουσιών για έντομα, δηλαδή κατά τη διαδικασία επιλογής αποκρουστικών ουσιών. Οι ελκυστικές φερομόνες χρησιμοποιούνται είτε μέσα σε ειδικές παγίδες, είτε εκτός παγίδων.

Ουσίες μη φερομονικές αλλά με μεγάλη ελκυστικότητα για ορισμένα επιζήμια είδη εντόμων αποδείχτηκαν ανεκτίμητης αξίας για την καταπολέμηση ή την εξόντωση των εντόμων αυτών. Ορισμένες φερομόνες με μεγάλη ελκυστικότητα θεωρείται ότι μπορεί να δώσουν ανάλογα αποτελέσματα και για αφανισμό πληθυσμών, αλλά κυρίως για περιορισμό πληθυσμών σε επίπεδα που θεωρούνται ανεκτά. Οι ελκυστικές φερομόνες, λόγω ακριβώς της σχετικά μεγάλης εκλεκτικότητας τους, που περιορίζεται στο ελάχιστο ανεπιθύμητες παρενέργειες στο περιβάλλον, έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον των ειδικών και άρχισαν ήδη να δίνουν ενθαρρυντικά αποτελέσματα σε ορισμένες περιπτώσεις άμεσης καταπολεμήσεως, ακόμα όμως στο πειραματικό στάδιο. Τα πιο ενθαρρυντικά αποτελέσματα για καταπολέμηση εντόμων έχουν δώσει οι σεξουαλικές ελκυστικές φερομόνες και ιδιαίτερα σε είδη της τάξεως Λεπιδόπτερα. Η καταπολέμηση μπορεί να έχει ως αντικειμενικό σκοπό τον περιορισμό του πληθυσμού σε επίπεδα κάτω του ορίου ανεκτής πυκνότητας, την εξόντωση του πληθυσμού, τη δημιουργία προστατευτικής ζώνης για παρεμπόδιση εξαπλώσεως σε νέες περιοχές ή και τον περιορισμό της εκτάσεως μιας κηλίδας. Στις πιο πολλές επιτυχείς εφαρμογές των ελκυστικών φερομόνων στην όλη προσπάθεια του ανθρώπου να καταπολεμήσει επιζήμια έντομα, οι φερομόνες βοήθησαν έμμεσα. Υπήρξαν δηλαδή τα μέσα με τα οποία μπορέσαμε να προσδιορίσουμε την ανάγκη ή μη της καταπολεμήσεως των εντόμων με κάποιο άλλο μέσο (χημικό, φυσικό, βιολογικό) και τον κατάλληλο χρόνο, ώστε το αποτέλεσμα να είναι και καλύτερο και οικονομικότερο.

4.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΑΠΟΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΦΕΡΟΜΟΝΩΝ (CONTROLLED RELEASE SYSTEMS-CRSS)

4.5.1 ΟΡΙΣΜΟΣ-ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Ελεγχόμενη αποδέσμευση μπορεί να οριστεί η μέθοδος με την οποία ενεργά συστατικά γίνονται διαθέσιμα, με ορισμένο ρυθμό και διάρκεια, σ' ένα συγκεκριμένο αποδέκτη. Αποτελεί μια καινούργια και πολλά υποσχόμενη μέθοδο στον τομέα εφαρμογής αγροχημικών, φαρμάκων αλλά και αρωμάτων (Kenawy, 1992). Με τις παραδοσιακές μεθόδους εφαρμογής, όπως είναι τα αγροχημικά και λόγω κλιματολογικών συνθηκών, μόλις το 10% των δρώντων συστατικών φθάνει στον αρχικό τους στόχο. Το γεγονός αυτό καθιστά επιτακτική την ανάγκη διαδοχικών εφαρμογών των δραστικών ενώσεων σε μεγάλες κατά κανόνα ποσότητες, με ανεπιθύμητες συνέπειες τη μόλυνση των υδάτων, τη διασπορά επικίνδυνων, τοξικών ενώσεων στο περιβάλλον καθώς και τη βλάβη οργανισμών μη στόχων.

Η μέθοδος της ελεγχόμενης αποδέσμευσης πλεονεκτεί σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους καταπολέμησης (Kenawy, 1998) παρέχοντας: α) συνεχή και σταθερή ποσότητα δρώντος συστατικού, β) οικονομία στη χρήση του μια και οι δόσεις που απαιτούνται είναι σημαντικά μικρότερες των παραδοσιακών μεθόδων, γ) μείωση της απώλειας των δραστικών ενώσεων αλλά και μείωση του κινδύνου από τη χρήση των εύφλεκτων αερίων κολλοειδών, που κατά κανόνα χρησιμοποιούνται στους ψεκασμούς (aerosols), δ) ευκολία χρήσης και επικάλυψης ενοχλητικών ή/και επικίνδυνων οσμών, ε) μείωση της φυτοτοξικότητας, αφού μικρότερες ποσότητες εντομοκτόνων διαλύονται στο έδαφος, στ) αποφυγή της περιβαντολογικής ρύπανσης, ζ) παράταση της δραστηριότητας των ενεργών ουσιών και προστασία τους από τις περιβαντολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία κ.α.) και τέλος η) προστασία των οργανισμών που είναι μη στόχοι (non target).

Παρόλο ότι τα πλεονεκτήματα της μεθόδου ελεγχόμενης αποδέσμευσης δραστικών συστατικών είναι εντυπωσιακά, το κόστος των παρασκευαστικών μεθόδων σε συνδυασμό με την επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τα αδρανή πολυμερικά υλικά, τα οποία μεταφέρουν τις ενεργές ουσίες, αποτελούν τα σημαντικότερα μειονεκτήματα. Το γεγονός όμως ότι δεν

απαιτούνται διαδοχικές και επαναλαμβανόμενες εφαρμογές αντισταθμίζει το μειονέκτημα του κόστους, ενώ οι επιβάρυνση του περιβάλλοντος, λόγω συσσώρευσης πολυμερικών υλικών, περιορίζεται με την χρήση βιοαποικοδομήσιμων υλικών με ενίοτε ευεργετικά για το έδαφος προϊόντα αποικοδόμησης (Akelah et al. 1992; Akelah et al. 1993). Τέλος ο εγκλεισμός μεγάλων ποσοτήτων ενεργών συστατικών σε μικρά πολυμερικά σκευάσματα μειώνει σημαντικά την περιβαντολλογική επιβάρυνση, ενώ αυξάνει την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΒΙΟΔΟΚΙΜΕΣ ΠΡΟΝΥΜΦΟΚΤΟΝΟΥ

ΔΡΑΣΗΣ

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Εντομοκτόνων Υγειονομικής Σημασίας του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου. Οι προνύμφες που χρησιμοποιήθηκαν στις βιοδοκιμές προέρχονταν από τις εκτροφές του εργαστηρίου και ήταν του είδους *Culex pipiens* biotype *molestus*.

Η εφαρμογή ακετυλιωμένων παραγώγων της σικονίνης και της αλκαννίνης ως προνυμφοκτόνα αποτελεί πρωτοπορία αφού δεν υπάρχει καμία παρόμοια βιβλιογραφική αναφορά.

5.1 ΕΚΤΡΟΦΗ

Τα κουνούπια διατηρούνται σε συνθήκες και περιβάλλον που ενδείκνυται για την καλύτερη ανάπτυξή τους. Η θερμοκρασία του χώρου είναι 23 ± 2 °C, η φωτοπερίοδος 17L:7D και η σχετική υγρασία $75\pm 5\%$. Οι συνθήκες αυτές διατηρούνται στα επίπεδα που προαναφέρθηκαν καθ' όλη την διάρκεια του έτους.

Η διαδικασία της εκτροφής ανά στάδιο περιγράφεται συνοπτικά στη συνέχεια.

5.1.1 Ωά

Τα ωά των κουνουπιών του είδους *Cx. pipiens* τοποθετούνται σε λεκάνες διαμέτρου 28 cm με λίγη τροφή για να εκκολαφθούν και να εμφανιστούν οι νέες προνύμφες. Η επώαση των ωών διαρκεί 2–3 ημέρες.

5.1.2. Προνύμφες

Η εκτροφή των προνυμφών γίνεται σε εμαγιέ λεκάνες διαμέτρου 28 cm και ανοικτού χρώματος για την εύκολη διάκρισή τους (ΕΙΚΟΝΑ 5.1.).



Εικόνα 5.1. Λεκάνες εκτροφής προνυμφών κουνουπιών.

Η τροφή που τους παρέχεται για την σωστή ανάπτυξή τους είναι αποξηραμένο ψωμί και ζύμη ώστε να εξασφαλίζονται οι απαραίτητες ποσότητες σε υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και μέταλλα (Bentley, 1989). Η χορήγηση τροφής στις προνύμφες γίνεται κάθε μέρα.

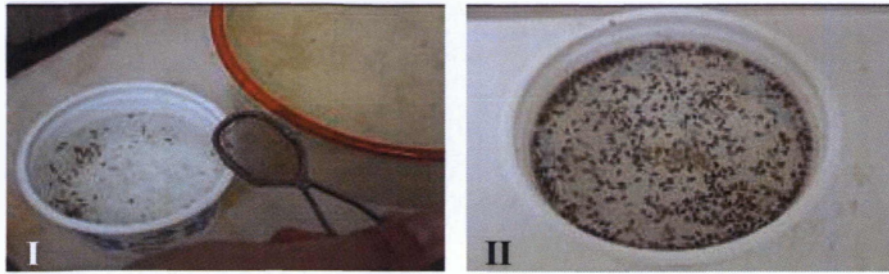
Ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση του προνυμφικού σταδίου κυμαίνεται από 7-10 μέρες, ανάλογα με τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας και τη διαθεσιμότητα τροφής.

5.1.3. Νύμφες

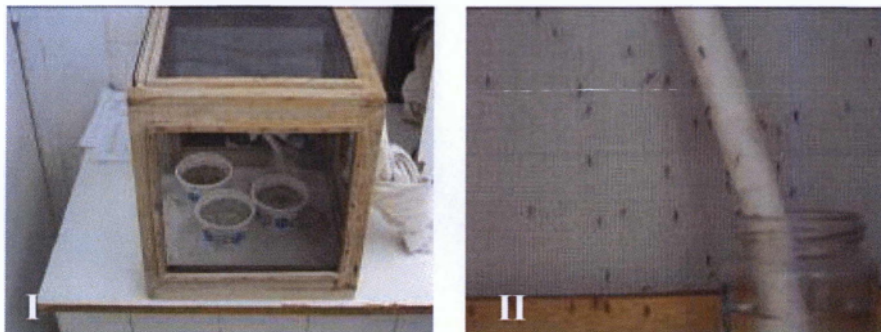
Όταν ολοκληρωθεί το προνυμφικό στάδιο, οι προνύμφες μεταμορφώνονται σε νύμφες. Οι νύμφες συλλέγονται με ειδικούς συλλέκτες από τις λεκάνες εκτροφής σε πλαστικά κύπελλα διαμέτρου 8 cm (ΕΙΚΟΝΑ 5.2.) και τοποθετούνται στους κλωβούς για το τελικό στάδιο της αλλαγής τους σε τέλεια έντομα, που είναι το πιο σημαντικό και το πιο δύσκολο για όλα τα κουνούπια (ΕΙΚΟΝΑ 5.3.). Η συχνότητα συλλογής νυμφών είναι κάθε δύο ημέρες. Το νυμφικό στάδιο διαρκεί περίπου 3 – 4 ημέρες.

5.1.4. Ακμαία

Τα ακμαία τρέφονται με διάλυμα νερού και ζάχαρης, το οποίο τοποθετείται μέσα στον κάθε κλωβό σε ένα μικρό γυάλινο δοχείο μαζί με μια κατασκευή σαν φηίλι από διηθητικό χαρτί και βαμβάκι, για την ευκολότερη λήψη του διαλύματος από τα έντομα (ΕΙΚΟΝΑ 5.3.). Δύο τέτοια διαλύματα είναι τοποθετημένα στον κλωβό και αντικαθιστώνται από καινούρια κάθε 4 μέρες.



ΕΙΚΟΝΑ 5.2. Συλλογή νυμφών από τη λεκάνη εκτροφής και (II) τοποθέτηση αυτών σε πλαστικό κύπελλο.



ΕΙΚΟΝΑ 5.3. (I) Κλωβός εκτροφής ακμαίων και τοποθέτησης νυμφών και (II) Διάλυμα νερού και ζάχαρης για την τροφή των ακμαίων μέσα στον κλωβό.

5.2. ΒΙΟΔΟΚΙΜΕΣ ΠΡΟΝΥΜΦΟΚΤΟΝΟΥ ΔΡΑΣΗΣ

5.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ως υποψήφια προνυμφοκτόνα επιλέχθηκαν δύο ευρέως διαδεδομένα προνυμφοκτόνα.

Το πρώτο ήταν το Du-Dim (δραστική diflubenzuron) ως αντιπρόσωπος της κατηγορίας των εντομοκτόνων που ανήκουν στην κατηγορία των ρυθμιστών ανάπτυξης των εντόμων.

Το δεύτερο προνυμφοκτόνο ανήκει στη κατηγορία των νευροτοξικών εντομοκτόνων που παράγονται από μύκητα και ονομάζεται Spinosad. Το spinosad ανήκει στη κατηγορία των νευροτοξικών εντομοκτόνων. Είναι ένα μείγμα των spinosyns A και D τα οποία είναι τετρακυκλικά μακρολίδια που παράγονται από τον ακτινομύκητα *Saccharopolyspora spinosa* Mertz & Yao. Το spinosad είναι κυρίως εντομοκτόνο στομάχου, αλλά διαθέτει και δράση εξ' επαφής και είναι ιδιαίτερα δραστικό σε έντομα οικογενειών των Λεπιδοπτερών, Δίπτερων, Κολεόπτερων, μυρμηγκιών και τερμιτών. Είναι ένα νευροτοξικό με ένα νέο μηχανισμό δράσης: στοχεύει το νικοτινικό ακετυλοχολινικό υποδοχέα (nicotinic acetylcholine receptor) και κυρίως τον υποδοχέα GABA⁽⁷⁾. Διαθέτει μέτρια τοξικότητα απέναντι στα ψάρια και πολύ χαμηλή τοξικότητα σε πουλιά και θηλαστικά. Οι εφαρμοστές των ολοκληρωμένων προγραμμάτων καταπολέμησης το έχουν αποδεχτεί ως ένα από τα νέα βιοορθολογικά εντομοκτόνα (biorational pesticide) (Thompson et al. 2002).

Με σκοπό την αξιολόγηση της δραστικότητας ως προνυμφοκτόνων κουνουπιών των κύριων συστατικών που περιέχονται στα αιθέρια έλαια, πραγματοποιήθηκε μια σειρά από βιοδοκιμές με πρότυπα μόρια. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκε-προσδιορίστηκε η δράση τους σε ποικίλες αναλογίες.

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε εργαστήριο χώρο του Μπενάκειο Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου κατάλληλο για την εκτέλεση των βιοδοκιμών με προνύμφες του είδους *Cx. p. molestus*. Ο χώρος αυτός ήταν απαλλαγμένος από βιοκτόνα, χωρίς ρεύματα αέρα και απότομες αλλαγές θερμοκρασίας, ενώ η θέση εκτέλεσης των βιοδοκιμών δεν βρισκόταν κάτω από την άμεση επίδραση των ηλιακών ακτινών. Όλα τα σκεύη που χρησιμοποιήθηκαν για τα πειράματα είχαν πλυθεί και ξεπλυθεί πολύ προσεκτικά για να μην υπάρχουν υπολείμματα απορρυπαντικών και είχαν ξεπλυθεί με ακετόνη τουλάχιστον τρεις φορές. Τέλος, πριν από τη χρησιμοποίησή τους όλα τα σκεύη αποστειρώθηκαν σε κλίβανο.

Επειδή οι βιοδοκιμές αναφέρονται στη μελέτη της μεταβολής της θνησιμότητας σε σχέση με το χρόνο, εφαρμόστηκε μια δόση (προτεινόμενη

⁽⁷⁾ Επηρεάζει μία πρωτεΐνη στη νευρική ίνα που ονομάζεται GABA [γ -αμινο-βουτυρικό οξύ (γ -amino butyric acid)] και αποτελεί τη δίοδο για τα ιόντα χλωρίου. Συνήθως αυτή η πρωτεΐνη σχηματίζει μία δίοδο μέσα στο νεύρο προκειμένου να μεταδοθεί ο νευρικός παλμός.

από την παρασκευάστρια εταιρεία). Σε όλες τις βιοδοκιμές των προνυμφοκτόνων χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες νερό βρύσης (Michaelakis et al, 2005; Michaelakis et al, 2007).

Για κάθε πείραμα μετρήθηκε η θνησιμότητα σε διαφορετικές χρονικές στιγμές με στόχο να υπολογιστεί ο χρόνος που απαιτείτε προκειμένου το ποσοστό θνησιμότητας να είναι 50% του αρχικού πληθυσμού. Στη συνέχεια με τη βοήθεια στατιστικού πακέτου υπολογίστηκαν οι δείκτες LT_{50} και LT_{90} . Όσο μικρότερος είναι ο δείκτης LT_{50} τόσο λιγότερος χρόνος απαιτείται προκειμένου να επιτευχθεί το ίδιο αποτέλεσμα τοξικότητας.

5.2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΙΟΔΟΚΙΜΩΝ

Οι βιοδοκιμές πραγματοποιήθηκαν με βάση τη μέθοδο που προτείνει η Παγκόσμια Οργάνισμός Υγείας (WHO) και περιγράφεται στο WHO/VBC/81.807 με κάποιες τροποποιήσεις ή παραδοχές.

Αναλυτικότερα σε γυάλινα ποτήρια ζέσεως χωρητικότητας 250 ml περίπου τοποθετήθηκαν 200 ml νερού. Σε κάθε ποτήρι τοποθετήθηκαν 20 προνύμφες κουνουπιών, ανεπτυγμένες τρίτου ή νεαρές τέταρτου σταδίου. Στην συνέχεια προστέθηκε η αντίστοιχη δόση βιοκτόνου (προτεινόμενη δόση κατασκευάστριας εταιρείας, πέντε επαναλήψεις).

Για την αξιολόγηση των σκευασμάτων η κάθε βιοδοκιμή περιλάμβανε διαφόρων ηλικιών διαλύματα από το εκάστοτε εντομοκτόνο. Αναλυτικότερα για το Du-Dim μετρήθηκαν οι ηλικίες (ημερών) 0, 2, 6, 8, 16, 30 και 38 και για το Spinosad 0, 2, 6, 8, 20, 27.

Η αποθήκευση των διαλυμάτων γινόταν στον ίδιο χώρο που λάμβαναν χώρα οι βιοδοκιμές. Οι συνθήκες του χώρου αυτού ήταν 20 ± 2 °C, 80 ± 2 % σχετική υγρασία και φωτοπερίοδο 14:10 (Φ:Σ). Επειδή παρατηρούνταν μικρή εξάτμιση νερού, αποφασίστηκε η προσθήκη νερού κάθε 3 ημέρες (ίδια πάντα συνολική ποσότητα νερού).

Μετά το πέρας δύο ημερών, από την προσθήκη των προνυμφών, άρχιζε η προσθήκη τροφής. 1 mL από διάλυμα τροφής για νεογέννητα ψάρια (baby fish food solution) δινόταν κάθε δύο μέρες. Για κάθε βιοδοκιμή έγιναν πέντε επαναλήψεις και ως μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε νερό βρύσης.

Σε κάθε βιοδοκιμή έγινε καταγραφή των χρόνων όπου παρατηρούνταν νεκρές προνύμφες και έως ότου τελικά θανατώνονταν όλες. Η αξιολόγηση των

υποψηφίων εντομοκτόνων έγινε με βάση τη συνολική τους χρονική διάρκεια και τη θνησιμότητα (όσο λιγότερο χρόνος τόσο καλύτερο θεωρείται το εντομοκτόνο) που προκαλούσαν συναρτήσει της ηλικίας τους.

5.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στον Πίνακα 1 φαίνονται τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις χρόνου για κάθε σκεύασμα. Οι τιμές για το LT_{50} είναι εκφρασμένες σε ημέρες και για τα δύο σκευάσματα. Στην περίπτωση του Spinosad εκφράστηκαν και σε ώρες λόγω της πολύ γρήγορης δράσης που παρατηρήθηκε.

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα γίνεται αντιληπτό ότι και τα δύο σκευάσματα είναι εξίσου αποτελεσματικά αφού κατάφεραν να θανατώσουν όλες τις προνύμφες χωρίς να παρατηρηθεί έξοδος ακμαίου.

Σχετικά με το Du-Dim παρατηρούμε ότι όταν αρχικά διαλύουμε την ταμπλέτα στο νερό (2 πρώτες ημέρες) ο χρόνος που απαιτείται να δράσει είναι μεγαλύτερος σε σχέση με τα αντίστοιχα διαλύματα μεγαλύτερης ηλικίας. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η χρησιμοποίηση του συγκεκριμένου σκευάσματος πιθανόν να αύξανε τη δράση του εφόσον νωρίτερα διαλύαμε την ταμπλέτα στο νερό και στη συνέχεια την εφαρμόζαμε. Γενικότερα, από τη συνάρτηση του χρόνου δράσης και της θνησιμότητας γίνεται αντιληπτό ότι η σωστή διάλυση του προϊόντος αυξάνει τη δράση του.

Στην περίπτωση του Spinosad η συνάρτηση του χρόνου δράσης και θνησιμότητας δεν ακολουθεί το ίδιο πλαίσιο δράσης όπως στην περίπτωση του Du-Dim. Στο συγκεκριμένο σκεύασμα παρατηρούμε ότι έχει σχεδόν άμεση δράση τις πρώτες ημέρες δημιουργίας του διαλύματος (δράση εντός λίγων ωρών). Μεγαλύτερης ηλικίας διαλύματα αύξησαν το χρόνο δράσης αλλά παρόλ' αυτά παρέμειναν εξίσου αποτελεσματικά. Χαρακτηριστικό είναι ότι διάλυμα ηλικίας μηδέν (άμεση παρασκευή και χρήση) έχει δείκτη LT_{50} περίπου 1,5 ώρες ενώ για το αντίστοιχο διάλυμα ηλικίας 27 ημερών η τιμή είναι περίπου στις 5 ημέρες.

Και τα δύο σκευάσματα αποδείχτηκαν να είναι εξίσου σημαντικά για χρήση ενάντια σε προνύμφες κουνουπιών σε βάθος χρόνου από την ημέρα παρασκευής τους (παλαίωση διαλύματος με δραστική).

Πίνακας 1. Αποτελέσματα μετρήσεων χρόνου και θνησιμότητας για κάθε σκεύασμα.

Treatment	Age (days)	LT ₅₀ (days)*			LT ₉₀ (days)*			Slope
		Τιμή	min	max	Τιμή	min	max	
Du-Dim	0	12,8	11,06	15	33,55	25,87	51,74	3.06±0.19**
Du-Dim	2	11,56	10,93	12,18	25,2	23,37	27,5	3.76±0.16**
Du-Dim	6	4,06	3,47	4,65	11,81	10,15	14,22	2.76±0.15**
Du-Dim	8	1,44	0,72	2,23	9,16	5,92	18,04	1.59±0.10**
Du-Dim	16	1,72	1,14	2,22	7,96	6,42	10,98	1.92±0.27**
Du-Dim	30	2,77	2,39	3,16	6,97	5,95	8,52	3.20±0.21**
Du-Dim	38	9,69	7,6	11,85	22,72	17,7	34,73	3.46±0.15**
(days)								
Spinosad	0	0,06	0,05	0,06	0,13	0,11	0,14	3.79±0.21
Spinosad	2	0,15	0,13	0,18	1,18	0,90	1,63	1.43±0.074
Spinosad	6	0,86	0,64	1,12	7,94	5,31	14,10	1.33±0.09**
Spinosad	8	0,98	0,56	1,73	14,31	6,34	59,16	1.099±0.068**
Spinosad	20	2,36	2,16	2,58	6,35	5,58	7,43	1,47 ±0,089**
Spinosad	27	4,81	4,39	5,25	10,38	9,10	12,32	3,83 ±0,26**
(hours)*								
Spinosad	0	1,4	1,3	1,5	3,0	2,7	3,4	3.79±0.21
Spinosad	2	3,6	3,1	4,2	28,4	21,7	39,1	1.43±0.074
Spinosad	6	20,7	15,5	26,8	190,4	127,5	338,3	1.33±0.09**
Spinosad	8	23,4	13,5	41,6	343,5	152,1	1419,8	1.099±0.068**
Spinosad	20	56,8	51,9	62,0	152,5	133,8	178,2	1,47 ±0,089**
Spinosad	27	115,4	105,5	126,0	249,1	218,4	295,7	3,83 ±0,26**

*Οι τιμές LT εκφράζονται σε χρόνο (ημέρες ή ώρες) και θεωρούνται σημαντικά διαφορετικές όταν για το 95% δεν υπάρχει αλληλοεπικάλυψη

**Εφόσον η καλή προσαρμογή των δοκιμών (goodness-of-fit test) είναι σημαντική (P<0.15), ένας ετερογενής παράγοντας (heterogeneity factor) χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των ορίων εμπιστοσύνης (c.i.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΒΙΟΔΟΚΙΜΕΣ ΠΡΟΣΕΛΚΥΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

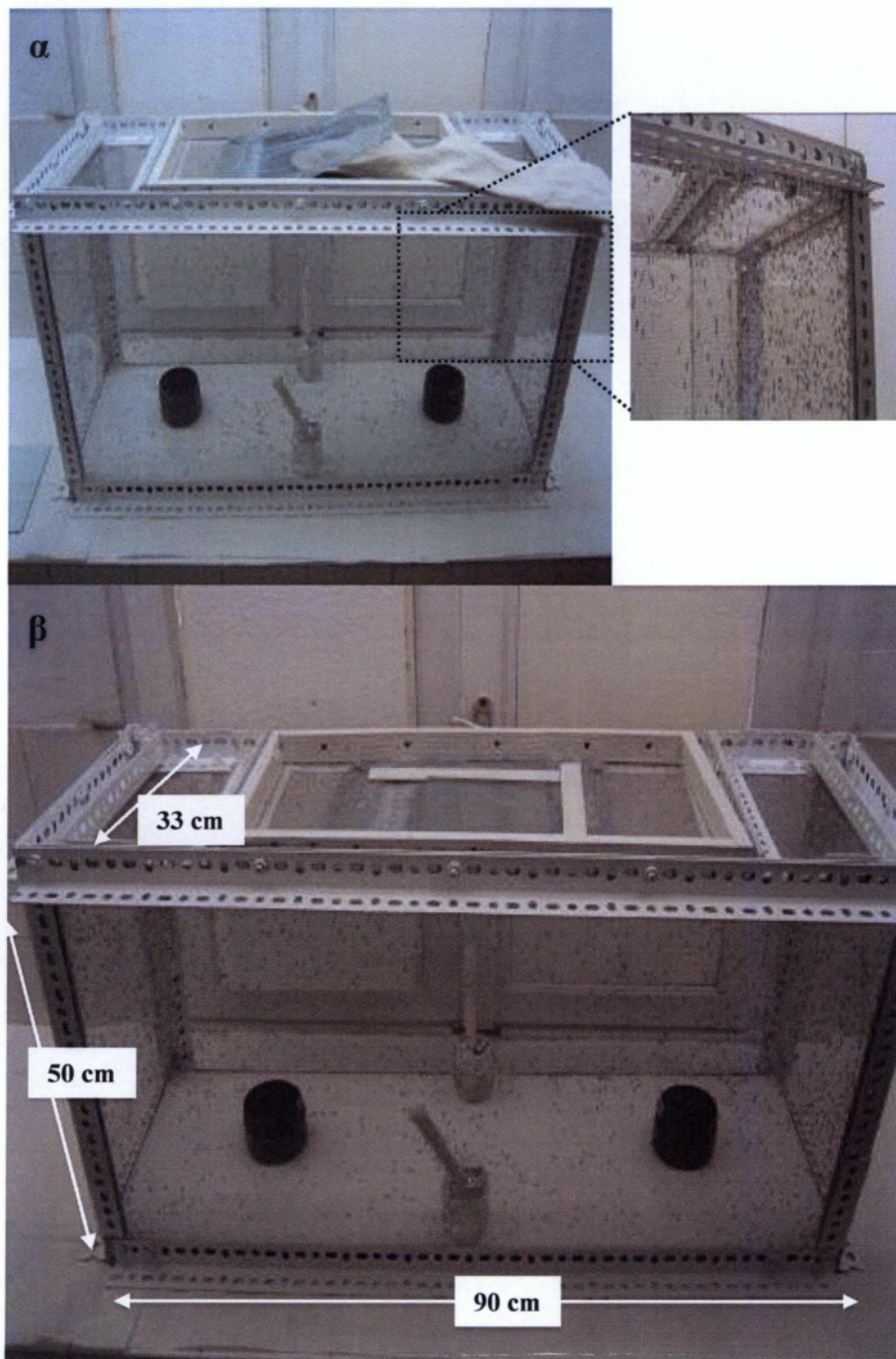
6.1. Βιοδοκιμές Φερομόνης (μικροενκαψυλιωμένη)

Στην **Εικόνα 6.1** φαίνεται ο νέος κλωβός που κατασκευάστηκε για τις ανάγκες της βιοδοκιμής αυτής. Αποτελείται μόνο από σιδερένιες επιφάνειες (ακμές) και όλες οι πλευρές είναι καλυμμένες με σίτα. Στο επάνω μέρος του τοποθετήθηκε ένα τελάρο με μία τρύπα στην οποία προσαρμόζεται ένα υφασμάτινο «μανίκι» προκειμένου να γίνονται όλες οι εργασίες στο εσωτερικό του κλωβού (τοποθέτηση διαλύματος ζάχαρης, τοποθέτηση δοχείων, είσοδος του πληθυσμού των κουνουπιών, κτλ) χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος να ελευθερωθούν κουνούπια. Το υφασμάτινο «μανίκι» απομακρύνονταν μετά τους χειρισμούς ώστε να μην επηρεάζει το πείραμα ή ν' απορροφά τη φερομόνη. Οι διαστάσεις του ήταν 90 cm μήκος, 50 cm ύψος και 33 cm βάθος, συνολικού όγκου 148,5 L.

Χρησιμοποιήθηκαν γυάλινα μαύρα δοχεία διαστάσεων 7,5 cm διάμετρος x 6 cm ύψος με 200 ml νερού. Τα δύο δοχεία βρίσκονταν σε απόσταση 70 cm, εκ των οποίων μόνο το ένα περιείχε τις μικροκάψουλες.

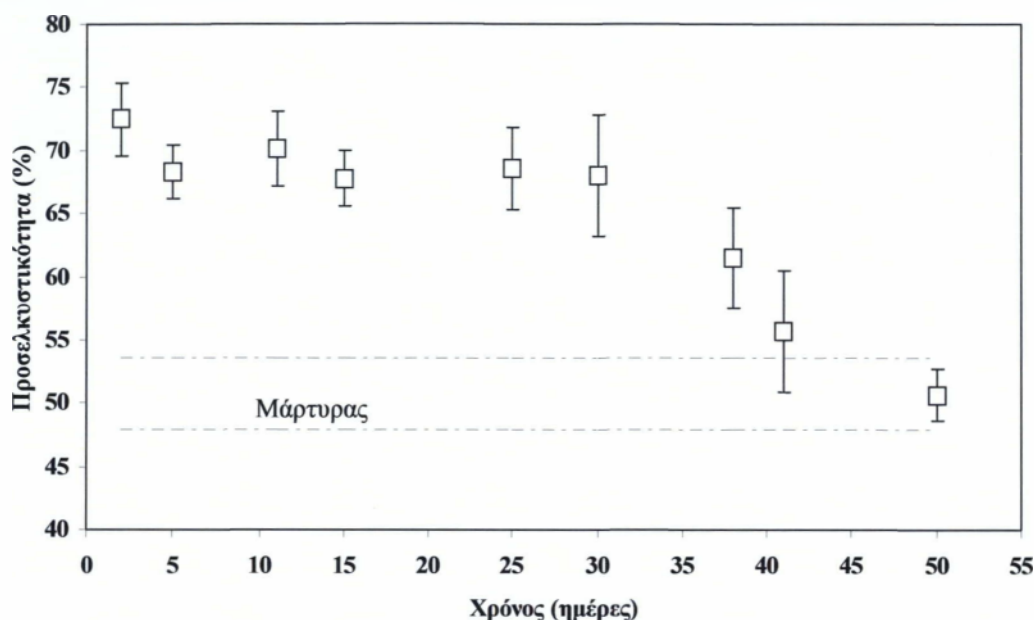
Στους κλωβούς προϋπήρχαν κουνούπια του είδους *Cx. p. biotype molestus* και των δύο φύλλων ηλικίας 2-3 ημερών χωρίς την ύπαρξη δοχείων με νερό (θέσεις ωοθεσίας). Οι συνθήκες του πειράματος ήταν ίδιες με εκείνες που εφαρμόζονται στην εκτροφή του πληθυσμού.

Τα αποτελέσματα της βιοδοκιμής απεικονίζονται γραφικά στο **Γράφημα 6.1**. Εκτός των ποσοστών της προσελκυστικότητας (μέσος όρος τριών μετρήσεων \pm SE) εμφανίζονται επίσης τα όρια του μάρτυρα (μέσος όρος \pm SE) καθώς και η προσελκυστικότητα των μικροκαψουλών με φερομόνη (Μιχαηλάκης, 2006).



Εικόνα 6.1. Εικόνα του νέου κλωβού πειραματισμού α) όταν είναι τοποθετημένο και β) χωρίς το υφασμάτινο «μανίκι».

Γράφημα 6.1. Αποτελέσματα από τις μετρήσεις της προσελκυστικότητας συναρτήσει του χρόνου (για δόση 300 mg ανά κλωβό). Οι οριζόντιες διακεκομμένες γραμμές αντιπροσωπεύουν τα όρια της προσελκυστικότητας του μάρτυρα (μέσος όρος \pm SE).



6.2 Βιοδοκιμές Προνυμφοκτόνων

Για τη παρούσα βιοδοκιμή εφαρμόστηκε η ίδια πειραματική διαδικασία με την 6.1. Πιο συγκεκριμένα, αντί για σκέτο νερό χρησιμοποιήσαμε υδατικό διάλυμα του προνυμφοκτόνου. Η δόση που χρησιμοποιήθηκε είναι η ίδια με εκείνη των βιοδοκιμών προνυμφοκτονίας (προτεινόμενη δόση εμπορικού σκευάσματος). Στο δοχείο μάρτυρα υπήρχε μόνο υδατικό διάλυμα προνυμφοκτόνου. Πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις και τα αποτελέσματα προσελκυστικότητας συγκρίθηκαν με εκείνα της φερομόνης.

6.2.1 *Du-Dim*

Η παρούσα βιοδοκιμή δεν έδειξε καμία σημαντική διαφορά μεταξύ του δοχείου μάρτυρα και του δοχείου με το προνυμφοκτόνο. Η συνολική συμπεριφορά προσέλκυσης ακμαίων θηλυκών (προκειμένου να γεννήσουν) ήταν παρόμοια με εκείνη του μάρτυρα (δύο δοχεία με νερό).

6.2.2 *Spinosad*

Ομοίως, η παρούσα βιοδοκιμή δεν έδειξε καμία σημαντική διαφορά μεταξύ του δοχείου μάρτυρα και του δοχείου με το προνυμφοκτόνο. Η συνολική συμπεριφορά προσέλκυσης ακμαίων θηλυκών (προκειμένου να γεννήσουν) ήταν παρόμοια με εκείνη του μάρτυρα (δύο δοχεία με νερό).

6.3 Εφαρμογή της στρατηγικής "Attract and Kill"

Αποτελεί μία νέα εναλλακτική μέθοδο καταπολέμησης εντόμων. Σύμφωνα με τη στρατηγική αυτή γίνεται χρήση χημικών ουσιών με σκοπό την προσέλκυση των εντόμων στο σημείο που βρίσκεται εστιασμένο το εντομοκτόνο. Στα πλαίσια της νέας αυτής στρατηγικής γίνεται εφαρμογή σημειοχημικών, δηλαδή χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία οργανισμών που ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικά είδη και ονομάζονται αντίστοιχα φερομόνες και αλληλοχημικά. Το κυριότερο πλεονέκτημα των παραπάνω ενώσεων είναι η ελαχιστοποίηση της χρήσης χημικών σκευασμάτων καθώς και έκθεσης σε αυτά οργανισμών μη στόχων. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα (που αναλόγως την περίπτωση μπορεί να είναι και μειονέκτημα) είναι η μεγάλη εξειδίκευση ως προς τον οργανισμό στόχο ακόμη και σε επίπεδο είδους (Michaelakis et al, 2005; Michaelakis et al, 2007). Η υψηλή πτητική φύση των ενώσεων αυτών είναι το βασικότερο μειονέκτημα για την απευθείας εφαρμογή τους και απαιτεί τη δημιουργία σταθερών συστημάτων αποδέσμευσής τους.

Για τη παρούσα βιοδοκιμή εφαρμόστηκε η ίδια πειραματική διαδικασία με την 6.1. Η μόνη διαφορά είναι ότι στα δοχεία δοκιμής εκτός από το φακελάκι με τις μικροκάψουλες (300 mg ανά κλωβό) υπήρχε και το προνυμφοκτόνο. Πιο συγκεκριμένα, αντί για σκέτο νερό χρησιμοποιήσαμε υδατικό διάλυμα του προνυμφοκτόνου. Η δόση που χρησιμοποιήθηκε είναι η ίδια με εκείνη των βιοδοκιμών προνυμφοκτονίας (προτεινόμενη δόση εμπορικού σκευάσματος). Στο δοχείο μάρτυρα υπήρχε μόνο υδατικό διάλυμα προνυμφοκτόνου. Πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις και τα αποτελέσματα προσελκυστικότητας συγκρίθηκαν με εκείνα της φερομόνης.

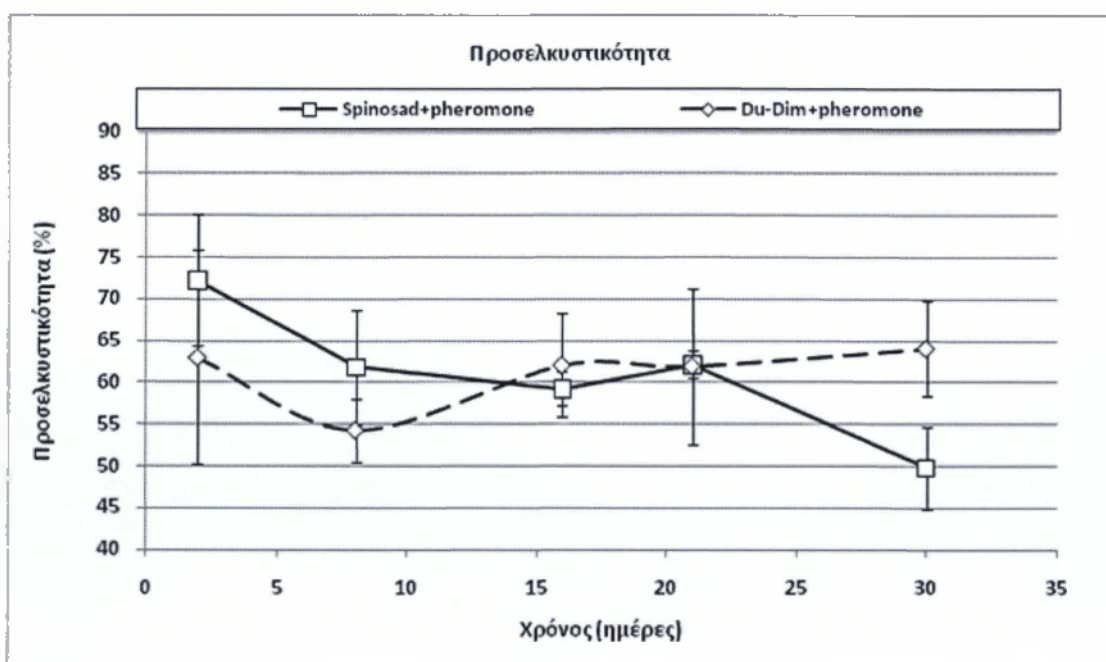
6.3.1 Φερομόνη και Du-Dim

Τα αποτελέσματα της βιοδοκιμής φαίνονται στο παρακάτω γράφημα (6.2). Στο συγκεκριμένο γράφημα απεικονίζεται η προσελκυστικότητα

(εναπόθεση ωών) συναρτήσει της ηλικίας της μικροενκαψυλιωμένης φερομόνης και του σκευάσματος.

6.3.2 Φερομόνη και Spinosad

Ομοίως, τα αποτελέσματα της βιοδοκιμής φαίνονται στο παρακάτω γράφημα (6.2). Στο συγκεκριμένο γράφημα απεικονίζεται η προσελκυστικότητα (εναπόθεση ωών) συναρτήσει της ηλικίας της μικροενκαψυλιωμένης φερομόνης και του σκευάσματος.



Γράφημα 6.2. Αποτελέσματα από τις μετρήσεις της προσελκυστικότητας (συναρτήσει του χρόνου). Βιοδοκιμές συνδυασμού της φερομόνης (μικροενκαψυλιωμένη) με τα δύο βιοκτόνα.

6.4 Συμπεράσματα

Μελετήθηκε η χρήση βιοδραστικών μορίων με τη φερομόνη. Η επιλογή τους είναι βασικός παράγοντας αφού ο ρυθμός και η δυνατότητα αποδέσμευσής τους εξαρτάται από το μέγεθος των μορίων, από την πτητικότητα τους και φυσικά τη συνάφειά τους με το εξωτερικό περιβάλλον.

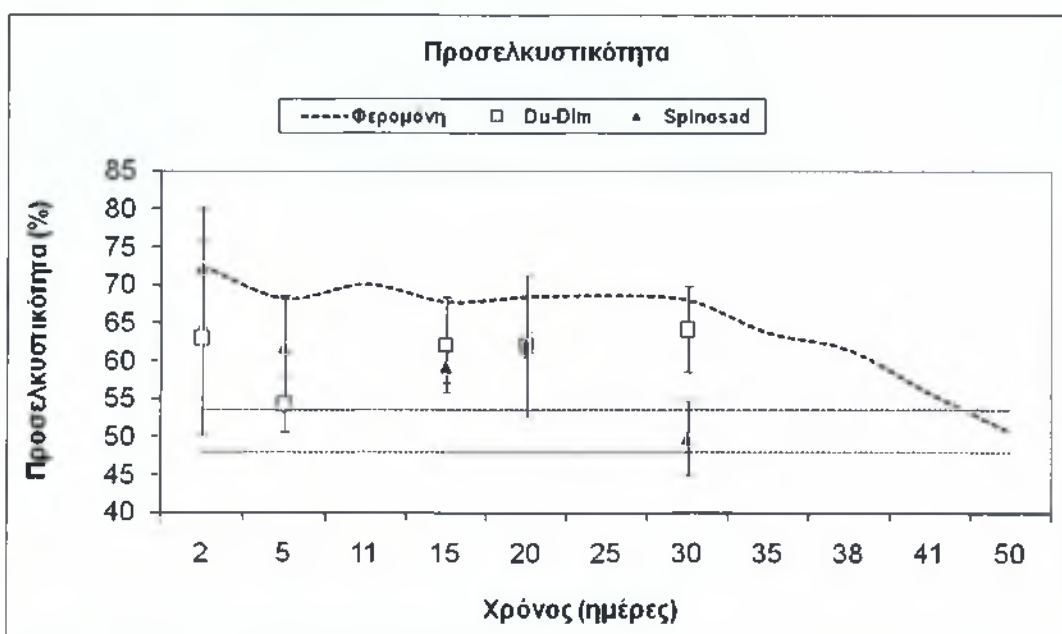
Προηγούμενα πειράματα έδειξαν ότι με τη βοήθεια μικροκαψουλών πολυουρίας τύπου oil-in-water, η φερομόνη εμφάνισε χρονική διάρκεια δράσης περισσότερο από 30 ημέρες. Δηλαδή, για χρονικό διάστημα περισσότερο από ένα μήνα η φερομόνη μπορεί να προσελκύει

γονιμοποιημένα θηλυκά κουνούπια σε ποσοστό περίπου $68,53 \pm 0,93$ (μέσος όρος των μετρήσεων \pm SE από την 5η έως την 30η ημέρα).

Στην παρούσα εργασία έγινε ο συνδυασμός μικροκαψουλών φερομόνης με ένα εμπορικό σκεύασμα με προνυμφοκτόνο δράση. Η συνδυαστική τους δράση έδωσε τα επιθυμητά αποτελέσματα αφού η προνυμφοκτόνο δράση τους παρέμεινε αποτελεσματική για αρκετά μεγάλο διάστημα (περίπου 30 ημέρες).

Πιο συγκεκριμένα έχουμε ότι α) η παρουσία του προνυμφοκτόνου δεν επηρέασε σημαντικά την προσελκυστική ικανότητα των μικροκαψουλών και β) για όλο το χρονικό διάστημα παρατηρήθηκε 100 % θνησιμότητα και στα δύο δοχεία (δοκιμής και μάρτυρα).

Τα διάφορα προνυμφοκτόνα είναι χημικά σκευάσματα και εγκυμονούν διάφορους κινδύνους στο περιβάλλον κατά την εφαρμογή του. Εντούτοις, με τη μέθοδο αυτή γίνεται χρήση εστιασμένης και αρκετά μικρότερης ποσότητας σε σχέση με τις κλασικές μεθόδους καταπολέμησης.



Γράφημα 6.3. Αποτελέσματα από τις μετρήσεις της προσελκυστικότητας (συναρτήσει του χρόνου). Βιοδοκιμές συνδυασμού της φερομόνης (μικροενκαψυλιωμένη) με τα δύο βιοκτόνα συγκριτικά με τα αποτελέσματα προσελκυστικότητας των μικροκαψουλών φερομόνης [διακεκομμένη γραμμή (- -)].

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Akelah, A.; Kenawy, E.R.; Sherrington, D.C. *Eur. Polym. J.* **1992**, *28*, 453-463.
- Akelah, A.; Kenawy, E.R.; Sherrington, D.C. *Eur. Polym. J.* **1993**, *29*, 1041-1045.
- Becker, N.; Petric, D.; Zgomba, M.; Boase, C.; Dahl, C.; Lane, J.; Kaiser, A. *Mosquitoes and their control*; Kluwer Academic/Plenum Publishers: New York, 2003.
- Campbell, G.L.; Marfin, A.A.; Lanciotti, R.S.; Gubler, D.J. West Nile Virus. *Lancet Infect. Dis.* **2002**, *2*, 519-529
- Chapman, R.F. *The Insects. Structure and Function*; 4th ed; Cambridge University Press: Cambridge, 1998.
- Kenawy, E.R. *J.M.S.-Rev. Macromol. Chem. Phys.* **1998**, *C38*, 365-390.
- Kenawy, E.-R. Recent advances in controlled release of Agrochemicals. *J.M.S.-Rev. Macromol. Chem. Phys.* **1998**, *C38*, 365-390.
- Michaelakis, A.; Mihou, A.P.; Couladouros, E.A.; Zounos, A.K.; Koliopoulos, G. Oviposition Responses of *Culex pipiens* to a Synthetic Racemic *Culex quinquefasciatus* Oviposition Aggregation Pheromone. *J. Agric. Food Chem.* **2005**, *53*, 5225-5229.
- A. Michaelakis, A. P. Mihou, G. Koliopoulos and E. A. Couladouros. Attract-and-kill strategy. Laboratory studies on hatched larvae of *Culex pipiens*. *Pest Manag. Sci.* **2007**, *63*, 954-959.
- Stetter, J.; Folker, L. Innovation in Crop Protection: Trends in Research (Review). *Angew. Chem. Int. Ed.* **2000**, *39*, 1724-1744.
- Thompson, G.D.; Dutton, R.; Sparks, T.C. Spinosad - a case study: an example from a natural products discovery programme. *Pest Manag. Sci.* **2002**, *56*, 696-702.

WHO. *Instruction for determining the susceptibility or resistance of mosquito larvae to insecticides. Mimeographed document.* WHO/VBC/75.583; World Health Organization, 1975.

WHO. *Instructions for determining the susceptibility or resistance of mosquito larvae to insecticides.* Vol. WHO/VBC/81.807; World Health Organization: Geneva, 1981.

Βογιατζόγλου-Σαμανιδου, Α.; Πατσούλα, Ε.; Σπανάκος, Γ.; Βακάλης, Ν. *Εισαγόμενα είδη κουνουπιών (Diptera: Culicidae) στην Ελλάδα. Δυνητικές επιπτώσεις στη Δημόσια Υγεία.* 11ο Πανελλήνιο Εντομολογικό Συνέδριο. 2005. Καρδίτσα 11-14 Οκτωβρίου 2005.

Εμμανουήλ, Ν.Γ. 1999. *Δίπτερα υγειονομικής σημασίας. Αναγνώριση, βιολογία, οικονομική σημασία, αντιμετώπιση.* Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. 91 σελ.

Μιχαηλάκης, Α. 2006. *Σύνθεση και χαρακτηρισμός βιοδραστικών φυσικών προϊόντων με εφαρμογή στη γεωργία. Διδακτορική διατριβή.* Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Μπέτζιος, Χ.Β. 1989. *Αρθρόποδα υγειονομικής σημασίας. Μορφολογία, βιολογία, οικολογία, υγειονομική σημασία, καταπολέμηση.* 260 σελ.

Πελεκάσης, Κ.Ε.Δ. 1994. *Μαθήματα γεωργικής εντομολογίας. Τόμος Α .* Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. 357 σελ.

Τζανακάκης, Μ.Ε. 1977. *Οι ελκυστικές φερομόνες των εντόμων και η χρησιμότητά τους για την καταπολέμηση επιβλαβών ειδών.* Εκδόσεις Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη

Χανιώτης, Ν.Β. 2001. *Αρθρόποδα και δημόσια υγεία. Λοιμώξεις, αλλεργίες, εξωπαρασιτισμός;* Εκδόσεις Zymel: Αθήνα