



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

“Ανθεκτικότητα εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων στη
φωσφίνη”

Η περίπτωση του *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae)
που προσβάλλει συστατικά ιχθυοτροφών



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

της

Τριανταφυλλιάς Ορφανίδου

Επιβλέπων Καθηγητής

Δημήτριος Σταμόπουλος

Βόλος, 2008



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 7718/1
Ημερ. Εισ.: 12-11-2009
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΙΥΠ
2008
ΟΡΦ

**« Ανθεκτικότητα εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων στη φωσφίνη »
Η περίπτωση του *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae)
που προσβάλλει συστατικά ιχθυοτροφών**

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δημήτριος Σταμόπουλος, Επιβλέπων Καθηγητής.

Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος.

Νικόλαος Παπαδόπουλος, Μέλος.

Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος.

Δημήτριος Βαφείδης, Μέλος.

Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος.



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
2. ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
3. ABSTRACT.....	7
4. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
4.1 Ιχθυοτροφές.....	8
4.2 Βασικά συστατικά ιχθυοτροφών και οι κυριότεροι εχθροί τους.....	9
4.3 Καταπολέμηση επιβλαβών εντόμων.....	11
5. Ανθεκτικότητα εντόμων στα εντομοκτόνα.....	13
5.1 Τύποι ανθεκτικότητας.....	13
5.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη του εθισμού.....	15
5.3 Σημασία και αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας.....	17
6. Το καπνιστικό εντομοκτόνο "ΦΩΣΦΙΝΗ"	19
6.1 Η χρήση καπνιστικών εντομοκτόνων.....	19
6.2 Το καπνιστικό εντομοκτόνο "ΦΩΣΦΙΝΗ".....	20
6.3 Η ανθεκτικότητα των εντόμων στη φωσφίνη	22
7. Το έντομο <i>Lasioderma serricorne</i>	27
7.1 Συστηματική κατάταξη του εντόμου.....	28
7.2 Μορφολογία.....	29
7.3 Βιολογία- Ηθολογία του εντόμου.....	32
7.4 Αντιμετώπιση- Πρόληψη προσβολών των συστατικών των ιχθυοτροφών από το έντομο <i>L. serricorne</i>	35
8. Υλικά και μέθοδοι.....	36
8.1 Προέλευση εντόμων.....	36
8.2 Συνθήκες εκτροφής.....	36
8.3 Πειράματα ανθεκτικότητας.....	37
9. Αποτελέσματα- Συζήτηση.....	43
10. Βιβλιογραφία.....	49

1. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η πραγματοποίηση της πτυχιακής μου εργασίας έγινε με τη σημαντική συμβολή πολλών προσώπων, τα οποία νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω θερμά τις ευχαριστίες μου στον Καθηγητή κ. Δημήτριο Σταμόπουλο για την ανάθεση του θέματος της παρούσας πτυχιακής διατριβής, για τις συμβουλές και τις διορθώσεις στο κείμενο και γενικώς για την αμέριστη βοήθεια του στην ολοκλήρωση της. Επίσης η βοήθεια του στο σχεδιασμό, οργάνωση και εκτέλεση του πειράματος, αλλά και η καθοδήγηση σε ότι αφορούσε το πειραματικό μέρος υπήρξε πολύτιμη και καθοριστική για την επιτυχή διεξαγωγή της διατριβής.

Εκ βαθέων ευχαριστίες εκφράζονται στον Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, κ. Νικόλαο Παπαδόπουλο για την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξη που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής μου διατριβής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζω στον θείο μου Γεωπόνο κ. Γιώργο Παπαδόπουλο, ο οποίος μας προμήθευσε τα ανθεκτικά στελέχη του εντόμου *Lasioderma serricorne* και όλα τα απαιτούμενα υλικά και συσκευές για την μέτρηση της ανθεκτικότητας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που ζει στη Γερμανία, για την συμμετοχή τους σε όλες τις φάσεις των σπουδών μου με αμέριστη ηθική και οικονομική συμπαράσταση που μου προσέφερε.

2. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής διατριβής ήταν να μελετηθεί η ανθεκτικότητα στη "φωσφίνη" του εντόμου *Lasioderma serricorne* (Coleoptera:Anobiidae) που προσβάλλει μια πληθώρα αποθηκευμένων προϊόντων μεταξύ των οποίων και τα βασικότερα συστατικά των ιχθυοτροφών όπως π.χ το σιτάλευρο, το καλαμποκάλευρο, το αλεύρι σόγιας κ.λ.π. Τα ανθεκτικά στελέχη του εντόμου προήλθαν από αποθήκες καπνού της Θεσσαλονίκης όπου παρατηρήθηκαν φαινόμενα εκδήλωσης ανθεκτικότητας του εντόμου μετά από επανειλημμένες εφαρμογές φωσφίνης. Η εκτροφή τους πραγματοποιήθηκε μέσα σε ειδικό επωαστικό κλίβανο προσαρμοσμένο σε άριστες συνθήκες διαβίωσης για το συγκεκριμένο έντομο και για τροφή χρησιμοποιήθηκαν φύλλα καπνού και αλεύρι σίτου με 5% μαγιά μύρας. Η διεξαγωγή των πειραμάτων γινόταν κάθε φορά που συγκεντρωνόταν τουλάχιστον 15-20 ενήλικα άτομα ακολουθώντας το Πρωτόκολλο της εταιρείας Detia Degesch. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 5 πειράματα όπου μετά την έκθεση των εντόμων σε συγκέντρωση 3000 ppm PH₃ διαπιστώθηκε η ανθεκτικότητα τους η οποία επηρεάζεται από ένα πλήθος παραγόντων.

3. ABSTRACT

Our study deals with the resistance to phosphine of *Lasioderma serricornae* (Coleoptera: Anobiidae) an insect well-known for the severe damages that provokes to stored tobacco and to different kinds of seed-flours (maize, wheat, soybean) which are the main ingredients of the fish feed blends.

For the experimental purposes we used 3 strains of the insect collected from tobacco warehouses of the Thessaloniki region. The resistance tests carried out at a room temperature of 25 ± 1 °C by using the “Detia phosphine resistance kit”, a phosphine concentration of 3000 ppm, and an exposure time of 8 min. The obtained results showed a high-level of resistance in all cases examined.

4. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

4.1 Ιχθυοτροφές

Οι υδατοκαλλιέργειες αποτελούν σήμερα τον ταχύτερο αναπτυσσόμενο κλάδο παραγωγής τροφίμων στον κόσμο. Η αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού καθώς και η στροφή του καταναλωτικού κοινού προς την ποιοτική διατροφή, έφεραν τα θαλασσινά εδέσματα στο κέντρο του ενδιαφέροντος.

Η ανάγκη για την κάλυψη της αυξημένης ζήτησης αυτών των προϊόντων οδήγησε στην υπεραλίευση των υδάτινων οικοσυστημάτων με κίνδυνο πολλές φορές την εξαφάνιση ορισμένων υδρόβιων οργανισμών. Ταυτόχρονα η αυξημένη ζήτηση των ανωτέρω προϊόντων δεν καλύφθηκε από την αλιευτική παραγωγή παρά την αυξημένη αλιευτική προσπάθεια. Διαπιστώνεται επομένως ότι η φυσική παραγωγικότητα δεν μπορεί να καλύψει την ζήτηση και ότι μόνη περίπτωση να καλυφθεί κάποτε αυτή, είναι να αναπτυχθεί ο κλάδος των υδατοκαλλιεργειών. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και της τεχνογνωσίας για την εκτροφή και καλλιέργεια υδρόβιων οργανισμών, είναι η μόνη ελπίδα να καλυφθούν οι διατροφικές μας ανάγκες σε ιχθυηρά, να προσφερθούν προϊόντα υψηλής διαιτητικής αξίας σε προσιτό κόστος και να συμβάλει ουσιαστικά στην μείωση της αλιευτικής πίεσης στις θάλασσες και τους ωκεανούς (Κλαουδάτος, 2005).

Συνεπώς, η ιχθυοκαλλιέργεια είναι μια σύγχρονη αναγκαιότητα αλλά και μια ηθική υποχρέωση του ανθρώπου απέναντι στη φύση.

Με την λέξη "Ιχθυοκαλλιέργειες" εννοούμε την εκτροφή υδρόβιων οργανισμών στο υδάτινο περιβάλλον τα οποία παρουσιάζουν οικονομικό ενδιαφέρον για τον άνθρωπο (Κλαουδάτος, 2005).

Τα ψάρια των ιχθυοκαλλιεργειών τρέφονται με τεχνητές ισορροπημένες πλήρεις ιχθυοτροφές που έχουν σύσταση ανάλογη των διατροφικών συνθηθειών του κάθε είδους στη φύση.

Ανήκουν στην κατηγορία των ξηρών τροφών και παράγονται σε 2 μορφές αναλόγως του μεγέθους του εκτρεφόμενου ψαριού: σύμπηκτων (pellets) για τα μεγαλύτερα μεγέθη και κόκκου (granulated meal) για τις μικρές ηλικίες (Πανταζής, 2003).

Η διαδικασία παραγωγής τους περιλαμβάνει την προκατεργασία των ωπών πρώτων υλών που είναι κυρίως ιχθυάλευρα, ιχθυέλαια (fish meal & fish oil) και δημητριακά, την προσθήκη βιταμινών και ιχνοστοιχείων

(απαραίτητων για την φυσιολογική ανάπτυξη των ψαριών) και τέλος την προσθήκη αμύλου (starch) για την συγκόλληση των συστατικών μεταξύ τους (Πανταζής, 2003).

4.2 Βασικά συστατικά ιχθυοτροφών και οι κυριότεροι εχθροί τους

Υπάρχουν τρεις γενικές κατηγορίες ιχθυοτροφών. Η πρώτη ομάδα αποτελείται από συστατικά με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες 20-30%. Αυτή περιέχει ουσίες φυτικής προέλευσης που αποτελούν υποπροϊόντα των βιομηχανιών ζυθοποιίας και ποτοποιίας, αλεύρι από φύτρο σταριού και γλουτένη αραβοσίτου. Η δεύτερη ομάδα αποτελείται από συστατικά με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες 30-50% και περιλαμβάνει τα άλευρα από ελαιούχους σπόρους, το άλευρο από καβούρια και γαλακτοκομικά προϊόντα σε μορφή σκόνης. Η τρίτη ομάδα περιέχει συστατικά με πάνω από 50% περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και περιλαμβάνει ιχθυάλευρα, αιματάλευρα, άλευρα από φτερά, άλευρα από σφάλια, κρεατοστεάλευρα, προϊόντα ζύμης, άλευρα από γαρίδες, άλευρα από υποπροϊόντα πουλερικών, συμπύκνωμα πρωτεΐνης σόγια, γλουτένη σίτου, άλευρα από γλουτένη αραβοσίτου και καζεΐνη (Μεντέ, 2008).

Από τις παραπάνω ομάδες ιχθυοτροφών, τα σημαντικότερα συστατικά φυτικής προέλευσης είναι τα άλευρα από ελαιούχους πλακούντες, σόγιας, βαμβακόσπορου, ελαιοκράμβης, αραχίδας, ηλίανθου, καρύδας, σίτου, αραβοσίτου κ.λ.π. Στην Βόρεια Αμερική, το άλευρο σόγιας είναι η πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενη πρωτεΐνη.

Τα υποπροϊόντα ζυθοποιίας και ποτοποιίας αποτελούν επίσης μια άλλη βασική κατηγορία συστατικών των ιχθυοτροφών φυτικής προέλευσης. Τέτοια είναι η μαγιά μύρας που δρα ως συνδετικό μέσο σε κάποιες τυποποιήσεις, αλλά η χρήση της είναι περιορισμένη λόγω του σχετικά υψηλού κόστους της.

Ακόμα μια ομάδα φυτικών συμπληρωμάτων πρωτεϊνών της διατροφής των ψαριών περιλαμβάνουν τα όσπρια όπως είναι τα μπιζέλια, τα φασόλια και οι φακές.

Μια τελευταία μη συμβατική κατηγορία συστατικών των ιχθυοτροφών είναι το άλευρο από αποξηραμένα έντομα. Σχετικές έρευνες με άλευρα από έντομα έδειξαν ότι έχουν σχετικά υψηλή θρεπτική αξία αλλά δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα η παραγωγή τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις,

συστατικά όπως είναι τα άλευρα από νύμφες και προνύμφες μεταξοσκώληκα, μπορεί μεν να συμφέρουν οικονομικά αλλά υπάρχει περίπτωση να προκαλέσουν βλάβες στα ψάρια, ακόμα και τον θάνατο τους (Μεντέ, 2008).

Οι βλαπτικοί παράγοντες της υγείας των ψαριών ιχθυοκαλλιέργειας σχετίζονται τις περισσότερες φορές με την υγιεινή κατάσταση των ιχθυοτροφών και την περιεκτικότητα του σιτηρεσίου σε ουσίες ή ανεπιθύμητους οργανισμούς που διαταράσσουν με οποιοδήποτε τρόπο την ορμονική ισορροπία των ψαριών. Ένας από τους βασικότερους παράγοντες που προκαλούν σοβαρές ζημιές στην τροφή των ιχθύων είναι τα διάφορα είδη εντόμων που ανήκουν στην τάξη των Κολεοπτέρων και Λεπιδοπτέρων (Πανταζής, 2003).

Τα σημαντικότερα έντομα που προσβάλλουν τα βασικά συστατικά ιχθυοτροφών είναι τα εξής: *Lasioderma serricorne*, *Tribolium confusum*, *Stegobium paniceum*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* και *Anagasta kuehniella*. Σε αυτή την εργασία ασχοληθήκαμε με το έντομο *Lasioderma serricorne*, το οποίο προσβάλλει διάφορα συστατικά ιχθυοτροφών και η αντιμετώπιση του είναι δύσκολη λόγω ανάπτυξης ανθεκτικότητας σε ορισμένα εντομοκτόνα.

Εφ' όσον η προσβολή της τροφής είναι μεγάλη, προκαλούνται φλεγμονές του δέρματος της στοματικής χώρας καθώς και των βλεννογόνων της ρινός και της στοματοφαρυγγικής κοιλότητας, στη συνέχεια δε αιμορραγική γαστρεντερίτιδα. Τα συμπτώματα αυτά, τα προκαλούν κυρίως οι προνύμφες των παραπάνω εντόμων με τα εκκρίματα τους ή τις τρίχες τους. Συνήθως συναντώνται στις παλαιωμένες και αλλοιωμένες (αλλά όχι όξινες ή ταγγισμένες) ζωοτροφές και ιδιαίτερα στις συμπυκνωμένες καθώς και στα μίγματα τους και δρουν με τοξικούς μεταβολίτες, τους οποίους παράγουν. Εκτός από τα παραπάνω αναφερθέντα, άλλα συμπτώματα είναι ανορεξία, διάρροια και προϊούσα παράλυση που καταλήγει, όταν η χορήγηση είναι παρατεταμένη, στον θάνατο του οργανισμού (Πανταζής, 2003).

4.3 Καταπολέμηση επιβλαβών εντόμων

Για να περιοριστούν οι απώλειες και οι ζημιές σε μια μονάδα παραγωγής ιχθυοτροφών οι οποίες μπορεί να προκληθούν από διάφορα έντομα, σήμερα κυκλοφορούν αρκετά εντομοκτόνα στο εμπόριο από τα οποία άλλα είναι χημικά και άλλα βιολογικά. Ωστόσο η αποτελεσματικότητα ενός εντομοκτόνου που χρησιμοποιείται εναντίον εντόμων που προσβάλλουν αποθηκευμένα τρόφιμα και προϊόντα επηρεάζεται κυρίως από τους παρακάτω παράγοντες (Σταμόπουλος, 2008):

α) Θερμοκρασία

Γενικά, όσο σ' ένα χώρο αυξάνει η θερμοκρασία, τόσο η υπολειμματική δράση του εντομοκτόνου μειώνεται λόγω χημικής διάσπασης της δραστικής ουσίας.

β) Σχετική υγρασία

Υψηλά ποσοστά σχετικής υγρασίας επηρεάζουν αρνητικά την δράση των εντομοτοξικών ουσιών και μερικές φορές αδρανοποιείται τελείως.

γ) Εργασίες καθαρισμού των εγκαταστάσεων

Όταν γίνονται συχνά εργασίες καθαρισμού (σκούπισμα με ηλεκτρικές σκούπες, πλύσιμο δαπέδων και τοίχων) σε εγκαταστάσεις που έχουν εφαρμοστεί εντομοκτόνες ουσίες για προστασία από έντομα, τότε είναι σχεδόν βέβαιη η απομάκρυνση των εφαρμοζόμενων εντομοκτόνων.

δ) Χημικές και φυσικές ιδιότητες των εντομοκτόνων

Κάθε εντομοκτόνο έχει το δικό του φάσμα δράσης, τη δική του τοξικότητα και το δικό του χρόνο υπολειμματικής δράσης.

ε) 'Διαθεσιμότητα' των εντομοκτόνων

Η σκόνη, τα φυτικά υπολείμματα κ.λ.π., εμποδίζουν τις διάφορες εφαρμοζόμενες χημικές ουσίες να έρθουν σε επαφή με τα έντομα.

στ) Επιφάνειες όπου εφαρμόζεται το εντομοκτόνο

Τα υλικά των επιφανειών πάνω στις οποίες εφαρμόζεται ένα εντομοκτόνο, είναι συχνά υπεύθυνα για τη γρήγορη διάσπασή του, ενώ αντίθετα υπάρχουν μερικές περιπτώσεις όπου το υπόστρωμα απορροφά το εντομοκτόνο και το βοηθάει στη σταδιακή διάχυσή του στο χώρο.

ζ) Συχνή χρήση της ίδιας εντομοκτόνου ουσίας

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες με τον οποίο ασχοληθήκαμε στην παρούσα εργασία είναι ο εθισμός των εντόμων λόγω επανειλημμένης χρήσης ενός εντομοκτόνου για μακρύ χρονικό διάστημα.

Κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί ποικίλα εντομοκτόνα για την καταπολέμηση διάφορων προσβολών από έντομα. Ένα από τα σπουδαιότερα και αποτελεσματικότερα καπνιστικά εντομοκτόνα είναι το βρωμιούχο μεθύλιο (CH_3Br) το οποίο έχει την ικανότητα να δρα εναντίον όλων των σταδίων ζωής των αρθροπόδων των αποθηκευμένων προϊόντων. Ωστόσο έχει χαρακτηριστεί ως ουσία που συμβάλει στη καταστροφή του στρώματος του ατμοσφαιρικού όζοντος που "φιλτράρει" την επικίνδυνη υπεριώδη ακτινοβολία και την εμποδίζει να φθάσει στην επιφάνεια της γης. Σήμερα έχει πάψει να χρησιμοποιείται στις ανεπτυγμένες χώρες και ως το 2015 θα απαγορευτεί η εφαρμογή του και στις αναπτυσσόμενες (Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ). Η μοναδική εναλλακτική ουσία που σήμερα αντικαθιστά το CH_3Br είναι το καπνιστικό εντομοκτόνο "φωσφίνη" (Σταμόπουλος, 2008).

5. Ανθεκτικότητα εντόμων στα εντομοκτόνα

5.1 Τύποι ανθεκτικότητας

Εθισμός ή απόκτηση ανθεκτικότητας (resistance) ενός εντόμου σε ένα εντομοκτόνο είναι η ικανότητα του να επιζεί όταν εκτίθεται σε δόση εντομοκτόνου που υπό φυσιολογικές συνθήκες είναι θανατηφόρος για το είδος του. Με άλλα λόγια, το εθισμένο έντομο δεν σκοτώνεται με δόση εντομοκτόνου που θα σκότωνε τους προγόνους του ή που σκοτώνει άτομα μη εθισμένα στο εντομοκτόνο αυτό. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι ο εθισμός των εντόμων σε εντομοκτόνα δεν αφορά άτομα αλλά πληθυσμούς, μικρούς ή μεγάλους. Επίσης δεν δημιουργείται κατά τη διάρκεια της ζωής κάθε εντόμου μετά από επανειλημμένη λήψη υποθανατηφόρων δόσεων. Αντίθετα ο εθισμός είναι κληρονομήσιμος και δημιουργείται με επιλογή των ανθεκτικότερων στο συγκεκριμένο εντομοκτόνο ατόμων που επιζούν μετά από έκθεση του πληθυσμού σε θανατηφόρο δόση και μάλιστα επί σειρά γενεών (Τζανακάκης, 1995).

Η τοξικότητα των εντομοκτόνων ή άλλων φαρμάκων, εκφράζεται διεθνώς από τον όρο LD_{50} ή DL_{50} (Dosis Letalis = θανατηφόρος δόση) και σημαίνει η δόση ενός εντομοκτόνου που σκοτώνει το 50% του εκτιθέμενου πληθυσμού στο συγκεκριμένο εντομοκτόνο και αποτελεί βάση συγκρίσεως της σχετικής τοξικότητας ουσιών, ενώ LD_{95} είναι η δόση ενός εντομοκτόνου που προκαλεί το θάνατο του 95% του υπό απεντόμωση πληθυσμού (Πελεκάσης, 1984).

Ο βαθμός εθισμού διαφέρει μεταξύ φυλών του ίδιου είδους που ζουν σε διαφορετικές περιοχές και που κατά κανόνα έχουν διαφορετικό ιστορικό αναπτύξεως της ανθεκτικότητας. Ο εθισμός θεωρείται μέτριος όταν η LD_{50} ή η LD_{95} της τοξικής ουσίας για τον εθισμένο πληθυσμό είναι 5-10 πλάσια από μη εθισμένο πληθυσμό και ισχυρός όταν η LD_{50} ή η LD_{95} είναι τουλάχιστον 10-100 πλάσια. Ο εθισμός θεωρείται σταθερός όταν διατηρεί την ένταση του επί πολλές γενεές του εντόμου αφού σταματήσει η επίδραση της τοξικής ουσίας, ενώ θεωρείται ασταθής όταν η ένταση του μειώνεται,

και μάλιστα σχετικά γρήγορα, όταν σταματήσει η επίδραση του εντομοκτόνου (Πελεκάσης, 1984).

Τα αίτια της ανθεκτικότητας ενός εντόμου σε ένα εντομοκτόνο μπορεί να αφορούν μια ή περισσότερες φάσεις της διαδρομής του εντομοκτόνου ή των παραγώνων του από τη στιγμή που θα έρθει σε επαφή με κάποια επιφάνεια ή με το ίδιο το έντομο, ώσπου να δράσει στο στόχο ή να απεκκριθεί ή να αποικοδομηθεί. Με βάση το κυριότερο αίτιο, η αντίσταση σε ένα εντομοκτόνο διακρίνεται σε ηθολογική, φυσιολογική και βιοχημική (Τζανακάκης, 1980).

Ο *ηθολογικός εθισμός* οφείλεται σε ιδιαίτερη συμπεριφορά ή συνήθεια των εθισμένων εντόμων, που τα κάνει να μην δέχονται ή έρχονται σε επαφή με θανατηφόρες ποσότητες του εντομοκτόνου. Αυτή η μορφή αντίστασης είναι σπάνια και μικρής εντάσεως που δεν δημιουργεί σοβαρά προβλήματα.

Ο *φυσιολογικός εθισμός* αφορά περιπτώσεις όπως ελάττωση της ταχύτητας της διείσδυσης του εντομοκτόνου στο εσωτερικό του εντόμου ή αύξηση της ταχύτητας απεκκρίσεως του. Η βραδύτητα διείσδυσης δίνει ανθεκτικότητα αν στη συνέχεια υπάρχει κι άλλο αίτιο που συμβάλλει στην περίπτωση. Ακόμα μπορεί να οφείλεται σε μείωση της διεγερτικότητας των νεύρων των εντόμων. Οι περιπτώσεις φυσιολογικής αντίστασης είναι σχετικά περιορισμένες.

Ο *βιοχημικός εθισμός* είναι ο πιο συχνός, ο πιο έντονος και γενικά ο πιο σημαντικός. Οφείλεται σε μεγαλύτερη ποσότητα ενζύμων ή σε πιο δραστικά ένζυμα ή σε αδιαφορία (αδράνεια, ανθεκτικότητα) του στόχου. Βασικό ρόλο παίζουν σε πολλές περιπτώσεις οι οξειδάσες μικτής λειτουργίας (MFO) που προκαλούν υδροξυλιώσεις, εποξειδώσεις, αφαλκυλιώσεις, θειοξειδώσεις, οι υδρολάσες (φωσφατάσες και καρβοξυεστεράσες, κυρίως στα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα), η τρανσφεράση του γλουταθείου και οι αφυδροχλωρινάσες. Είναι ο πιο συχνός τύπος ανθεκτικότητας. Δημιουργείται σχετικά γρήγορα, έχει την μεγαλύτερη ένταση και συνεπώς είναι ο σημαντικότερος από πρακτικής πλευράς.

Ο εθισμός ενός πληθυσμού σε ένα εντομοκτόνο τον κάνει συχνά ανθεκτικό σε μικρότερο συνήθως βαθμό, και σε άλλα εντομοκτόνα συγγενή του. Την ανθεκτικότητα αυτή τη λέμε *έμμεσο εθισμός* (cross resistance), αφού δημιουργείται έμμεσα χωρίς ο συγκεκριμένος πληθυσμός να έχει προηγουμένως εκτεθεί στην ουσία ή τις ουσίες αυτές. Η έκταση και ο βαθμός του έμμεσου εθισμού εξαρτάται από τον μηχανισμό στον οποίο

οφείλεται ο άμεσος εθισμός. Επίσης έμμεσος εθισμός έχει παρατηρηθεί και για μη συγγενικές προς το εντομοκτόνο στο οποίο μια φυλή έχει εθιστεί.

Πολλαπλό εθισμό καλούμε αυτόν που αφορά περισσότερες από μια τοξικές ουσίες, μη συγγενικές μεταξύ τους. Δημιουργείται με επιλογή, κάτω από την επίδραση εντομοκτόνων που ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες και οφείλεται σε διαφορετικούς μηχανισμούς (Τζανακάκης, 1980).

5.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη του εθισμού

Οι βασικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη του εθισμού στα εντομοκτόνα είναι οι γενετικοί, οι βιολογικοί ή βιοτικοί και οι παράγοντες εφαρμογής (Georghiou από Τζανακάκη, 1980).

Στους γενετικούς περιλαμβάνονται: η συχνότητα των αλληλόμορφων γονιδίων ανθεκτικότητας, η αλληλεπίδραση των γονιδίων ανθεκτικότητας (διείσδυση, έκφραση), η παρελθούσα επιλογή από άλλες ουσίες, και ο βαθμός ενοποίησης των γονιδίων ανθεκτικότητας με παράγοντες καταλληλότητας.

Στους βιολογικούς περιλαμβάνονται αυτοί που ονομάζονται βιοτικοί, όπως τον αριθμό των γενεών κατ' έτος και των σταδίων του βιολογικού κύκλου που υφίστανται την επιλογή, τον αριθμό απογόνων ανά γενεά, την μονογαμικότητα ή πολυγαμικότητα και την παρθενογένεση (που εμποδίζει την ομοζυγωτία και συνεπώς την μεγάλη ανθεκτικότητα) και ηθολογικούς όπως είναι η απομόνωση (η επιλογή γίνεται ευκολότερη), η κινητικότητα, η μετανάστευση, η μονοφαγία (ευνοεί την έντονη επιλογή) ή η πολυφαγία, και η τυχαία επιβίωση (αποφυγή του εντομοκτόνου).

Στους παράγοντες εφαρμογής, αναφέρονται όλοι εκείνοι οι παράγοντες που αφορούν την εντομοκτόνο ουσία, όπως είναι η φύση (δομή) της ουσίας, η συγγένεια της με ουσίες στις οποίες προηγουμένως εκτέθηκε το είδος, η υπολειμματική διάρκεια (μεγάλη διάρκεια ευνοεί τη γρήγορη δημιουργία εθισμού) και το σκεύασμα του εντομοκτόνου (είναι σχετικό και με την υπολειμματική διάρκεια) και όσους παράγοντες αφορούν το έντομο και τον τρόπο εφαρμογής του εντομοκτόνου. Σ' αυτούς τους παράγοντες περιλαμβάνονται: η πυκνότητα του πληθυσμού του εντόμου κατά τον ψεκάσμό, το ποσοστό θανάτου του πληθυσμού, τα στάδια που σκοτώνονται (ο προνυμφικός πληθυσμός είναι πιο απομονωμένος, συνεπώς ο εθισμός θα έρθει γρηγορότερα), ο τρόπος εφαρμογής, η έκταση και η γενικότητα της

εφαρμογής (σε όλη τη περιοχή ή όχι), και η εναλλαγή εφαρμογής σε διαδοχικές γενεές του εντόμου (Georghίου από Τζανακάκη, 1980).

Στον πίνακα 1, περιγράφονται συνοπτικά οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή ανθεκτικότητας σε εντομοκτόνα σε πληθυσμούς υπαίθρου (Georghίου από Τζανακάκη, 1980).

Πίνακας 1

<p>A. Γενετικοί</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Συχνότητα γονιδίων ανθεκτικότητας (A) 2. Αριθμός γονιδίων A 3. Κυριαρχία των γονιδίων A 4. Προηγούμενη επιλογή από άλλα εντομοκτόνα 5. Βαθμός ενοποίησης (συμβιβασιμότητας) των γονιδίων A με παράγοντες καταλληλότητας (fitness)
<p>B. Βιολογικοί/οικολογικοί</p>	<ol style="list-style-type: none"> α. Βιοτικοί <ol style="list-style-type: none"> 1. Αριθμός γενεών κατά έτος 2. Αριθμός απογόνων ανά γενεά 3. Μονογαμικότητα ή πολυγαμικότητα και Παρθενογένεση β. Συμπεριφοράς <ol style="list-style-type: none"> 1. Απομόνωση, κινητικότητα, μετανάστευση (ή διασπορά) 2. Μονοφαγία ή πολυφαγία 3. Τυχαία επιβίωση, καταφύγια
<p>Γ. εφαρμογής (operational)</p>	<ol style="list-style-type: none"> α. Το εντομοκτόνο <ol style="list-style-type: none"> 1. Χημική δομή 2. Σχέση (συγγένεια) με εντομοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν 3. Διάρκεια υπολειμμάτων, σκεύασμα β. Η εφαρμογή του εντομοκτόνου <ol style="list-style-type: none"> 1. Ουδός εφαρμογής (πυκνότητα πληθυσμού κατά την εφαρμογή) 2. Ουδός επιλογής (ποσοστό πληθυσμού που σκοτώνεται) 3. Δόση του εντομοκτόνου 4. Στάδιο (α) του βιολογικού κύκλου που Επιλέγεται 6. Τρόπος εφαρμογής 7. Έκταση της εφαρμογής 8. Εναλλαγή της εφαρμογής (σε διαδοχικές γενεές του εντόμου)

5.3 Σημασία και αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας

Η ανθεκτικότητα των αρθροπόδων σε εντομοκτόνα έχει μεγάλη πρακτική και οικονομική σημασία. Η ζημιά μπορεί να αφορά: 1. Αύξηση του κόστους καταπολέμησης, διότι χρειάζονται πιο συχνές επεμβάσεις ή πιο ακριβά εναλλακτικά εντομοκτόνα. 2. Όταν δεν υπάρχουν εναλλακτικά εντομοκτόνα ή άλλη αποτελεσματική μέθοδος καταπολέμησης, ο άνθρωπος είναι υποχρεωμένος να στραφεί προς άλλη, συνήθως λιγότερο αποδοτική, καλλιέργεια. 3. Οι έρευνες για ανακάλυψη ή σύνθεση νέων εντομοκτόνων είναι αυξημένες και αυτό επιβαρύνει την τιμή των νέων εντομοκτόνων. 4. Το αυξημένο κόστος της γεωργικής παραγωγής λόγω ανθεκτικότητας το πληρώνει τελικά ο καταναλωτής (Τζανακάκης, 1995).

Παρά την σοβαρότητα των δυσκολιών που δημιουργεί η ανθεκτικότητα διάφορων εντόμων στα εντομοκτόνα, η καταπολέμηση τους είναι ακόμα δυνατή στις πλείστες περιπτώσεις, για τα πλείστα είδη, χρειάζεται όμως σύνεση και διαφορετική από την ως τώρα στρατηγική, για να παρατείνουμε τη χρησιμότητα των εντομοκτόνων, δεδομένου ότι είναι περιορισμένες οι δυνατότητες ανακάλυψης ή σύνθεσης νέων εντομοκτόνων με διαφορετικούς από τους ήδη γνωστούς τρόπους τοξικής δράσης.

Για την αντιμετώπιση των δυσκολιών που δημιουργεί η ανθεκτικότητα χρειάζεται αφ' ενός έγκαιρη διάγνωση ώστε να εφαρμοστούν, θεραπευτικά μέτρα και αφ' ετέρου πρόβλεψη ώστε να ληφθούν, έγκαιρα, προληπτικά μέτρα. Τα κυριότερα μέτρα που προτάθηκαν κατά καιρούς και που τα πλείστα συνιστώνται και σήμερα είναι τα εξής:

■ Θεραπευτικά μέτρα (για την αντιμετώπιση ήδη ανθεκτικών πληθυσμών) (Τζανακάκης, 1995):

- ✓ Αύξηση της δόσης του εντομοκτόνου.
- ✓ Αντικατάσταση του εντομοκτόνου με άλλο που ανήκει σε άλλη χημική ομάδα ή που δεν αποδομείται από τον ίδιο μηχανισμό του εντόμου.
- ✓ Προσθήκη συνεργηστικής ουσίας ή ουσιών που ενισχύουν την δραστηριότητα του εντομοκτόνου.
- ✓ Αλλαγή μεθόδου καταπολέμησης, δηλαδή χρησιμοποίηση μη χημικής μεθόδου καταπολέμησης, αν βέβαια υπάρχει για το συγκεκριμένο έντομο.

■ Προληπτικά μέτρα. Στοχεύουν στην αποφυγή ή στην καθυστέρηση δημιουργίας ανθεκτικού πληθυσμού. Συνίσταται στην αποφυγή ή στον περιορισμό ενεργειών που είναι γνωστό ότι ευνοούν την επιλογή ανθεκτικών γενοτύπων. Τα πιο πολλά στοχεύουν στην μείωση της πίεσης επιλογής, που είναι ο κυριότερος από τους παράγοντες που συμβάλλουν στη δημιουργία ανθεκτικότητας (Τζανακάκης, 1995):

- ✍ Περιορισμός του αριθμού των επεμβάσεων στο ελάχιστο δυνατό, δηλαδή αραιές επεμβάσεις.
- ✍ Περιορισμός της δόσης του εντομοκτόνου στην ελάχιστη δυνατή.
- ✍ Επεμβάσεις τοπικά και όχι γενικευμένες.
- ✍ Χρησιμοποίηση εντομοκτόνων με όχι μεγάλη υπολειμματική διάρκεια.
- ✍ Εναλλαγή ή διαδοχή εντομοκτόνων που έχουν διαφορετικό τρόπο δράσης. Η εναλλαγή μπορεί να αφορά διαφορετικά έτη, διαφορετικές γενεές ή διαφορετικά στάδια ζωής του εντόμου (ενήλικο ή προνύμφη).
- ✍ Μίγματα εντομοκτόνων με διαφορετικό τρόπο δράσης.
- ✍ Ενίσχυση των φυσικών εχθρών του εντόμου σε συνδυασμό με χρήση κατάλληλου εντομοκτόνου.

6. Το καπνιστικό εντομοκτόνο "ΦΩΣΦΙΝΗ"

6.1 Η χρήση καπνιστικών εντομοκτόνων

Η χρησιμοποίηση καπνιστικών, είναι μια μέθοδος ευρείας χρήσης που έπαιξε και παίζει σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση εντομολογικών προβλημάτων σε αποθηκευτικούς χώρους καθώς και σε χώρους παρασκευής ή επεξεργασίας φυτικών και ζωικών προϊόντων, κατοικίες, εργοστάσια κλπ. Τα ασφυκτικά εντομοκτόνα εισέρχονται εντός του οργανισμού των εντόμων κυρίως διαμέσου των αναπνευστικών στιγμάτων, και προκαλούν λόγω των τοξικών ατμών τους, την ασφυξία και τον θάνατο των εντόμων (Πελεκάσης, 1984).

Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι εξαπλώνονται πολύ γρήγορα και διεισδύουν σε θέσεις και χώρους όπου άλλοι τρόποι καταπολέμησης είναι πρακτικά αδύνατον να εφαρμοστούν. Τα καπνιστικά, είναι χημικές ουσίες οι οποίες σε δεδομένη θερμοκρασία και πίεση μπορούν να υπάρχουν σε αέριο μορφή και σε συγκεντρώσεις τέτοιες που να είναι θανατηφόρες για ένα δεδομένο οργανισμό όταν εφαρμοσθούν για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα. Εδώ, δεν περιλαμβάνεται η χρησιμοποίηση τοξικών ουσιών με τη μορφή αερολυμάτων (aerosols) γιατί στην περίπτωση αυτή οι τοξικές ουσίες βρίσκονται ως υγρά ή στερεά σωματίδια μέσα στον αέρα και στερούνται μίας βασικής ιδιότητας που έχουν τα καπνιστικά, δηλ. τη μεγάλη διεισδυτικότητα μέσα στο προϊόν ως ξεχωριστά μόρια. Σε αντίθεση με τα καπνιστικά, τα aerosols δεν έχουν μεγάλη διεισδυτικότητα και τα τοξικά τους σωματίδια επικάθονται πάνω στην εξωτερική επιφάνεια των προϊόντων χωρίς να διεισδύουν μέσα σ' αυτά (Σταμόπουλος, 2008).

Η μεταχείριση και χρήση των καπνιστικών θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή, τηρώντας αυστηρά τις οδηγίες χρήσεως και από ειδικευμένο προσωπικό στο οποίο θα διατίθενται όλα τα απαραίτητα μέσα για την ασφάλειά του, καθώς τα πλείστα εντομοκτόνα δημιουργούν σοβαρό κίνδυνο δηλητηρίασης κατά την εφαρμογή τους. Επίσης θα πρέπει να αερίζεται το απεντομωθέν προϊόν σύμφωνα με τις οδηγίες, ώστε να μην μείνουν επικίνδυνα υπολείμματα. Στη χώρα μας δυστυχώς, τόσο στα κρατικά απεντομωτήρια όσο και σε πολλά ιδιωτικά συνεργεία απεντόμωσης, τα μέτρα προστασίας που παίρνονται για το προσωπικό που κάνει τους καπνισμούς, είναι μερικές φορές πλημμελή (Ορφανίδης, από Πελεκάση, 1984).

6.2 Το καπνιστικό εντομοκτόνο "ΦΩΣΦΙΝΗ" (PH₃)

Η φωσφίνη είναι αέριο με χημικό τύπο PH₃, ειδικό βάρος 1,214 και μοριακό βάρος 34,04. Σε κανονικές συνθήκες είναι ένα άχρωμο αέριο, πολύ τοξικό με οσμή "ασετιλίνης" ή σκόρδου. Είναι πολύ πτητικό με υψηλή τάση ατμών. Οι ιδιότητες αυτές, σε συνδυασμό με το χαμηλό μοριακό της βάρος και με ειδικό βάρος που πλησιάζει αυτό του αέρα, ευνοούν την ομοιόμορφη εξάπλωσή της στο χώρο και την εύκολη διείσδυσή της μέσα στα υπό απεντόμωση προϊόντα, είτε αυτά είναι χύμα είτε βρίσκονται συσκευασμένα σε υλικά περατά στα αέρια (χαρτοκιβώτια, σάκοι υφασμάτινοι κ.λ.π.). Ένα από τα βασικά μειονεκτήματα της PH₃ είναι η μεγάλη ευφλεκτότητα της. Παρόλο αυτά, έχει βρεθεί ασφαλής τρόπος χρησιμοποίησής της.

Σήμερα το προϊόν αυτό κυκλοφορεί σε διάφορες μορφές ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται. Αυτές είναι οι εξής: δισκία (tablets) (εικόνα 1), σφαιρίδια (pellets), σακίδια ή φάκελοι (fumigation bags), κουβέρτες (bag blanket), πλακίδια και ταινίες (plates & strips).



Εικόνα 1: Φωσφίνη με τη μορφή δισκίων (φωτ. *Detia CmbH*)

Σπάνια έχει υπάρξει κάποιο καπνιστικό εντομοκτόνο με τόσα πολλά πλεονεκτήματα και να παραμένει στο εμπόριο για σχεδόν μισό αιώνα. Το καπνιστικό αυτό είναι από τα πιο ευρέως χρησιμοποιημένα καπνογόνα στον κόσμο και εφαρμόζεται τόσο σε προϊόντα (π.χ. καπνός, κάθε είδους σπόροι δημητριακών, άλευρα αυτών, σπόροι ψυχανθών, ελαιούχοι πλακούντες, ξηρά φρούτα και λαχανικά), όσο και σε εγκαταστάσεις όπου αποθηκεύονται ή μεταφέρονται προϊόντα (άδειες αποθήκες, σιλό, αμπάρια πλοίων, μύλοι αλευριού) (Chaudhry, 2000).

Η φωσφίνη είναι ένα δηλητήριο που επιδρά καταστροφικά στον μεταβολισμό των κυττάρων τόσο των αρθρόποδων όσο και άλλων οργανισμών (μαλακίων, ερπετών, πτηνών, θηλαστικών). Η είσοδος στον οργανισμό γίνεται είτε από την αναπνευστική οδό, είτε από το στόμα. Απορρόφηση από το δέρμα δεν έχει παρατηρηθεί. Επίσης, δεν είναι φυτοτοξική, όμως θα πρέπει να αποφεύγεται η απεντόμωση φυτών των οποίων τα κύτταρα βρίσκονται σε σπαργή, (π.χ. λαχανικά και φρούτα).

Το καπνιστικό αυτό είναι ένα χημικό αέριο που είναι φιλικό προς το περιβάλλον. Απομακρύνεται από τα προϊόντα με αερισμό και στη συνέχεια οξειδώνεται σε φωσφορικό οξύ, το οποίο βρίσκεται ελεύθερο στη φύση. Ένα άλλο μειονέκτημα του συγκεκριμένου καπνιστικού είναι ότι ένα μέρος του σκευάσματος δεν αντιδρά και παραμένει ως AIP ή Mg_3P_2 στα προϊόντα. Σε αυτή τη περίπτωση, τέτοιου είδους υπολείμματα θα πρέπει να απομακρύνονται με αναρρόφηση (Σταμόπουλος, 1995).

Έρευνες που έγιναν στη Γερμανία το 1987 (Battelle-Institute for Frankfurt am Main) για λογαριασμό της εταιρίας Detia Degesch GmbH, έδειξαν ότι: "πιθανές" έμμεσες επιδράσεις της PH_3 στο περιβάλλον, π.χ. καταστροφή του όζοντος της στρατόσφαιρας, δεν είναι δυνατή λόγω της μη δυνατότητας εισόδου του αερίου στη στρατόσφαιρα. Αυτό συμβαίνει γιατί η PH_3 αντιδρά έντονα με ελεύθερες ρίζες OH.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που εμφανίστηκε κυρίως λόγω της παρατεταμένης χρήσης της φωσφίνης είναι η ανθεκτικότητα ορισμένων εντόμων στο καπνιστικό αυτό.

6.3 Η ανθεκτικότητα των εντόμων στη φωσφίνη

Η φωσφίνη (PH_3) χρησιμοποιείται εκτενώς για τον άμεσο έλεγχο των προσβολών από έντομα αποθηκευμένων προϊόντων. Ωστόσο ελάχιστα γνωρίζουμε για το μηχανισμό που είναι υπεύθυνος για τον εθισμό των εντόμων σε αυτήν αλλά και για την τοξική της δράση. Έρευνες που έγιναν σχετικά με την τοξική δράση της φωσφίνης στα έντομα έχουν δείξει ότι η αποτελεσματικότητα της, διαφέρει σημαντικά από εκείνη των άλλων καπνιστικών εντομοκτόνων. Συγκεκριμένα, για το καπνιστικό αυτό δεν ισχύει η συνηθισμένη σχέση "δόση καπνιστικού- θνησιμότητα". Δηλαδή, όσο μεγαλύτερη δόση φωσφίνης χρησιμοποιούμε, δεν συνεπάγεται και υψηλότερη θνησιμότητα όπως έδειξαν σχετικά πειράματα που έγιναν με τα έντομα *L. serricorne* (Bont et al, 1969).

Έχει παρατηρηθεί ότι η τοξικότητα της φωσφίνης ενεργεί αργά στα ανθεκτικά έντομα και ότι ο μηχανισμός της αντίστασης ελαττώνεται, με την αύξηση του χρόνου έκθεσης στο συγκεκριμένο καπνιστικό. Σύμφωνα με τον Chaudhry, η στρατηγική που θα πρέπει να ακολουθήσουμε για να επιτευχθεί η μέγιστη αποτελεσματικότητα απεντόμωσης με την φωσφίνη για όλα τα στάδια ζωής των εντόμων, πρέπει να βασίζεται κυρίως στην αύξηση του χρόνου εφαρμογής του καπνιστικού και όχι τόσο στην αύξηση των δόσεων ή των συγκεντρώσεων αυτού. Έτσι, παρόλο τα υψηλά επίπεδα αντίστασης που παρατηρούνται σε ορισμένα είδη εντόμων, ο συνδυασμός βέλτιστων δόσεων της φωσφίνης και επέκτασης του χρόνου εφαρμογής της, μπορεί να φέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Θα πρέπει να λαμβάνεται επίσης υπόψη και ο παράγοντας θερμοκρασία (Chaudhry et al., 2004).

Πράγματι, σε σχετικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για να εξετάσουν την επίδραση των χαμηλών θερμοκρασιών στον ρυθμό αναπνοής των προνυμφών και των ενήλικων ατόμων του *Lasioderma serricorne*, κατεδείχθει ότι η μεταβολή της θερμοκρασίας από τους 25°C στους 5°C είχε σαν συνέπεια την μείωση του ρυθμού αναπνοής και κατ' επέκταση μείωση του ποσοστού λήψης της φωσφίνης. Αξίζει δε να σημειωθεί ότι το ποσοστό μείωσης του ρυθμού αναπνοής, διέφερε μεταξύ των διάφορων σταδίων ζωής του συγκεκριμένου εντόμου. Έτσι, η φωσφίνη είναι λιγότερο τοξική σε έντομα που η αναπνευστική τους δραστηριότητα και η λήψη οξυγόνου είναι περιορισμένη, λόγω επικρατουσών χαμηλών θερμοκρασιών (Hole et al., 1976).

Σε σχετικά πειράματα όπου μελετήθηκε ο βαθμός ανθεκτικότητας στη φωσφίνη διαφόρων ευπαθών και ανθεκτικών στελεχών του *L. serricorne* σε σχέση με την θερμοκρασία, παρατηρήθηκε ότι η πρόσληψη του εντομοκτόνου μειωνόταν με τη μείωση της θερμοκρασίας από τους 25°C στους 5°C. Στα ανθεκτικά στελέχη μάλιστα παρατηρήθηκαν υψηλότερη αναπνευστική δραστηριότητα με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη ικανότητα λήψης φωσφίνης και κατά συνέπεια υψηλότερη θνησιμότητα μετά την έκθεση των εντόμων στο συγκεκριμένο καπνιστικό (Zettler and Keever, 1994).

Στην καθημερινή πρακτική, η εφαρμογή της φωσφίνης συνιστάται μόνο όταν επικρατούν θερμοκρασίες πάνω από 5°C (Degesch America Inc.), ενώ σε ορισμένα κράτη συνιστούν ως ελάχιστη θερμοκρασία εφαρμογής τους 10°C ή ακόμα και τους 15°C.

Το ποσοστό της φωσφίνης που απορροφάται ποικίλλει στα διαφορετικά είδη εντόμων. Ορισμένα έντομα προσλαμβάνουν ικανοποιητική ποσότητα του καπνιστικού αυτού μέσα σε λίγες ώρες ενώ άλλα μέσα σε λίγα λεπτά (Bont *et al*, 1969).

Η πρόσληψη οξυγόνου (αναπνευστική δραστηριότητα) από τα έντομα συνεχίζεται ακόμα για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα και μετά το θάνατο τους. Μετά την έκθεση των εντόμων στο καπνιστικό-φωσφίνη, το μυϊκό τους σύστημα συνεχίζει να έχει σπασμούς για μεγάλη χρονική περίοδο μέχρι η μυϊκή τους ενέργεια να εξαντληθεί. Πρόκειται για την παθητική λήψη της φωσφίνης από τα νεκρά έντομα που μπορεί να διαρκέσει μέχρι και μερικές ώρες. Τα ποσοστά παθητικής απορρόφησης φωσφίνης από τα νεκρά έντομα είναι πολύ μικρότερα από αυτά των ζωντανών, ωστόσο είναι αξιοσημείωτα (Neven, 1998).

Στον πίνακα 2 φαίνονται τα ποσοστά απορρόφησης φωσφίνης από ζωντανά και νεκρά (παθητική απορρόφηση) ενήλικα *Lasioderma serricorne* μετά την έκθεσή τους στο καπνιστικό αυτό, στους 25°C για 5 ώρες και σε συγκέντρωση 200 ppm (Chaudhry *et al.*, 2004).

Πίνακας 2: Πρόσληψη φωσφίνης από ζωντανά και νεκρά ενήλικα *L. serricorne* μετά την έκθεση τους στους 25°C για 5 ώρες και σε συγκέντρωση 200 ppm

<i>Lasioderma serricorne</i>	Ποσότητα προσληφθέντος ³² P (μg)	
	ζωντανά έντομα	νεκρά έντομα
Ευπαθές δείγμα	9,12	2.96
Ανθεκτικό δείγμα	1,16	0,65

Έχει διαπιστωθεί ότι το ποσοστό απορρόφησης φωσφίνης από ζωντανά ανθεκτικά έντομα είναι χαμηλότερο από την παθητική απορρόφηση στα νεκρά έντομα. Έτσι καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι, ο μηχανισμός αντίστασης περιλαμβάνει τον "ενεργό αποκλεισμό" της φωσφίνης (Nakakita and Kuroda, 1986).

Κατά καιρούς έχουν γίνει έρευνες που αφορούσαν τα υψηλά επίπεδα κληρονομικής αντίστασης στη φωσφίνη σε έντομα αποθηκευμένων προϊόντων. Κατόρθωσαν μάλιστα να απομονώσουν τα υπεύθυνα για την ανθεκτικότητα γονίδια. Συγκεκριμένα, προσδιορίστηκαν δύο γεωμετρικά σημεία στον γενετικό χάρτη του *L. serricorne*, που είναι υπεύθυνα για την εκδήλωση υψηλής ανθεκτικότητας. Το ένα παρέχει αντίσταση ~50x στη φωσφίνη, ενώ το άλλο παρέχει ~12,5x αντίσταση. Σε συνδυασμό τα δύο γονίδια ενεργούν συνεργηστικά και παρέχουν ένα επίπεδο αντίστασης ~250x μεγαλύτερο από αυτό των ευαίσθητων στην φωσφίνη ατόμων (Schlipalius *et al.*, 2002).

Έχει παρατηρηθεί επίσης ότι όταν η συχνότητα του γονιδίου που προσδίδει ανθεκτικότητα στα έντομα είναι σχετικά υψηλή, τότε η δυνατότητα αυτών να απορροφούν ποσότητες εντομοκτόνου είναι περιορισμένες (Chaudhry and Price, 1990).

Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες, έχει αποδειχθεί ότι η φωσφίνη προκαλεί ένα είδος "νάρκωσης" σε ορισμένα είδη εντόμων. Αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι ενδεχομένως η ανθεκτικότητα των εντόμων στο εντομοκτόνο να οφείλεται στη σημαντική μείωση της μεταβολικής δραστηριότητας των εντόμων και κατ' επέκταση περιορισμένη ικανότητα

απορρόφησης τοξικών ατμών μέσω της αναπνευστικής οδού (Ayala et al., 2003).

Επίσης, έχει διαπιστωθεί ότι ο εθισμός των εντόμων στη φωσφίνη προκαλείται από μεταβολικά ένζυμα που διασπούν το εντομοκτόνο αποτελεσματικά. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε σε μετάλλαξη δομικών γονιδίων που προκαλούν την παραγωγή νέων (αλλαγμένων) μεταβολικών ενζύμων, είτε σε παραγωγή αυξημένου αριθμού αντιγράφων ενός γονιδίου, άρα αυξημένης γονιδιακής δόσης, με αποτέλεσμα την παραγωγή πολύ μεγαλύτερης ποσότητας ορισμένου ενζύμου (βιοχημική ανθεκτικότητα). Ο εθισμός δηλαδή, οφείλεται είτε σε ποσοτική αλλαγή της δραστηριότητας προϋπαρχόντων αμυντικών ενζύμων του μεταβολισμού, είτε σε ποιοτική αλλαγή του βιοχημικού στόχου του εντομοκτόνου που τον κάνει λιγότερο ευαίσθητο. Στις πλείστες περιπτώσεις τα ένζυμα που παίζουν κύριο ρόλο στην αποδόμηση της φωσφίνης είναι οι οξειδάσες μικτής λειτουργίας που προκαλούν υδροξυλιώσεις και οι υδρολάσες. Η δραστηριότητα των ενζύμων παίζει σπουδαίο ρόλο στην τοξικότητα της φωσφίνης στα έντομα και συγκεκριμένα όσο μεγαλύτερη είναι η δραστηριότητα τους, τόσο μικρότερη είναι η τοξικότητα του εντομοκτόνου (Price et al., 1982).

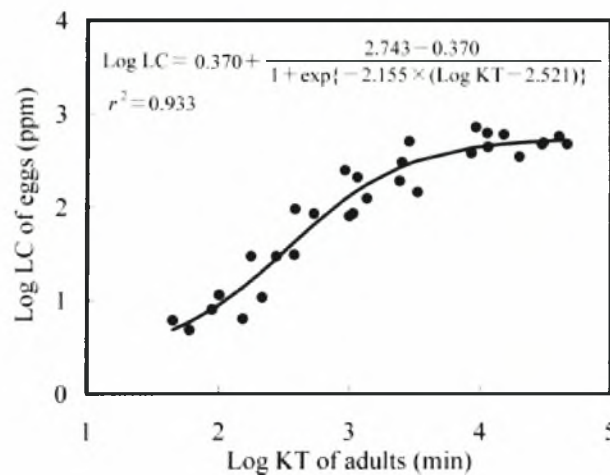
Μια άλλη έρευνα που έγινε από τον Masatoshi Hori και τον Yoshihiro Kasaishi πάνω στην δραστηριότητα της φωσφίνης, απέδειξαν ότι οι χρόνοι κατάρριψης (knock-down) του *Lasioderma serricorne* και το ποσοστό θνησιμότητας των ενήλικων εντόμων που εκτίθενται στη φωσφίνη σχετίζονται απόλυτα μεταξύ τους. Σύμφωνα με τους παραπάνω επιστήμονες, για την επιτυχή απεντόμωση, θα πρέπει να μελετηθεί επίσης και ο βαθμός ευαισθησίας των αυγών στο συγκεκριμένο εντομοκτόνο, αφού τα αυγά των περισσότερων εντόμων είναι πιο ανθεκτικά στη φωσφίνη σε σύγκριση με τα υπόλοιπα στάδια ζωής τους. Συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι υπάρχει υψηλή συσχέτιση ($r^2 = 0,933$) μεταξύ του logLC (θανατηφόρου συγκέντρωσης) των αυγών και του logKT (χρόνου knock-down) των ενήλικων εντόμων. Η σχέση αυτή φαίνεται από την ακόλουθη λογαριθμική εξίσωση (Hori and Kasaishi, 2005):

$$\log LC = 0,370 + (2,743 - 0,370) / [1 + \exp\{-2,155 \times (\log KT - 2,521)\}]$$

Αν αντικαταστήσουμε στον παραπάνω τύπο, την τιμή του log KT_{99,9}, θα πάρουμε ικανοποιητικές πληροφορίες για τον προσδιορισμό της κατάλληλης

δόσης της φωσφίνης ούτως ώστε η απεντόμωση να είναι αποτελεσματική (Hori and Kasaishi, 2005).

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η σχέση μεταξύ του χρόνου κατάρριψης (KT) των ενήλικων *Lasioderma serricorne* και της θανατηφόρου δόσης της φωσφίνης (LC) για τα αυγά του είδους αυτού. Στον άξονα x και στον άξονα y , βλέπουμε τις τιμές του $\log KT_{50}$ και του $\log LC_{50}$, αντίστοιχα. Για την εύρεση του χρόνου knock-down, τα ενήλικα σκαθάρια εκτέθηκαν σε συγκέντρωση 300 ppm φωσφίνης στους $25 \pm 1^\circ C$ και σε σχετική υγρασία 60% (Hori and Kasaishi, 2005).



Εικόνα 2: Σχέση μεταξύ του χρόνου κατάρριψης (KT) των ενήλικων *Lasioderma serricorne* και της θανατηφόρου δόσης της φωσφίνης (LC) για τα αυγά του είδους αυτού (Hori and Kasaishi, 2005).

Άλλοι παράγοντες που εμπλέκονται στο φαινόμενο της εμφάνισης ανθεκτικότητας είναι η έλλειψη κατάλληλου εκπαιδευμένου προσωπικού, η μη ορθολογική χρήση καθώς και η επαναλαμβανόμενη χρήση της φωσφίνης. Η αντίσταση των εντόμων στη φωσφίνη έχει παρατηρηθεί σε τουλάχιστον 11 είδη αποθηκευμένων εντόμων σε 45 χώρες και ο αριθμός τους συνεχώς αυξάνεται. Ένα από αυτά τα έντομα είναι το *Lasioderma serricorne* που προκαλεί σοβαρές απώλειες σε αποθηκευμένα προϊόντα και τρόφιμα (Price, 1984).

7. Το έντομο *Lasioderma serricorne*

Προκειμένου να εξετάσουμε στο εργαστήριο την ύπαρξη ή μη ανθεκτικότητας σε ένα έντομο γνωστό για την απόκτηση αντίστασης στο καπνιστικό εντομοκτόνο, φωσφίνη, χρησιμοποιήσαμε μοντέλο μελέτης το έντομο *Lasioderma serricorne*.

Το *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) κοινώς "σκαθάρι του καπνού", είναι έντομο κοσμοπολίτικο το οποίο προσβάλλει μεγάλο αριθμό προϊόντων μεταξύ των οποίων τον αποθηκευμένο καπνό αλλά και σπόρους και άλευρα πολλών δημητριακών ή/και ψυχανθών που αποτελούν τα κυριότερα συστατικά των ιχθυοτροφών. Πρωτοεμφανίστηκε στην Αμερική, ενώ έχει βρεθεί εκτός από τα αποθηκευμένα και αποξηραμένα προϊόντα, και σε στεγνό ρετσίνι στον τάφο του Τουταγχαμών (1332-1322 π.Χ.) αλλά και στα πρόσθετα υλικά (γεμίσματα) της μούμιας του βασιλιά Ραμσή (1279-1213 π.Χ.) (Steffan, 1982).

Για την αντιμετώπιση του εν λόγω εντόμου χρησιμοποιείται εδώ και χρόνια η φωσφίνη, ενώ παλαιότερα γινόταν απεντόμωση με την χρήση του Dichlorvos (DDVP) και του βρωμιούχου μεθυλίου (CH_3Br) των οποίων η εφαρμογή απαγορεύτηκε κυρίως λόγω της υψηλής τοξικότητας τους (Παπαδοπούλου, 2001).



7.1 Συστηματική κατάταξη του εντόμου

Το όνομα του εντόμου *Lasioderma serricorne*, δόθηκε από τον Fabricius το 1792, στην Αμερική. Η ονομασία του γένους (*Lasioderma*) προέρχεται από την αρχαία Ελληνική λέξη "λάσιος- ία- ιον" που σημαίνει δασύτριχος- τριχωτός, από το γεγονός ότι φέρει μικρές- πυκνές τρίχες στα έλυτρα του. Η συστηματική θέση του Ολομετάβολου αυτού εντόμου σήμερα, έχει ως ακολούθως:



Βασίλειο	<i>Animalia</i>
Φύλο	<i>Arthropoda</i>
Υπόφυλο	<i>Mandibulata</i>
Κλάση	<i>Insecta (Hexapoda)</i>
Τάξη	<i>Coleoptera</i>
Υπόταξη	<i>Polyphaga</i>
Υπεροικογένεια	<i>Bostrychoidea</i>
Οικογένεια	<i>Anobiidae</i>
Υποοικογένεια	<i>Xyletininae</i>
Γένος	<i>Lasioderma (Stephens)</i>
Είδος	<i>L. serricorne (Fabricius)</i>

Γεωγραφική κατανομή: Το συναντούμε σε όλα σχεδόν τα μέρη της γης και ιδιαίτερα στα πιο ζεστά. Τα όρια θερμοκρασίας όπου αυτό αναπτύσσεται είναι 15° - 34° και τα αντίστοιχα της σχετικής υγρασίας 35% - 90% (Σταμόπουλος, 2008).

7.2 Μορφολογία

Το *Lasioderma serricorne* ή γνωστό ως σκαθάρι του καπνού ή των τσιγάρων, έχει περιγραφεί από πολλούς επιστήμονες μορφολογικά σε όλα τα στάδια του βιολογικού του κύκλου. Παρακάτω δίνονται συνοπτικά, τα βασικότερα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων σταδίων ανάπτυξης του.

Αβγό: Το αβγό (εικόνα 3) συνήθως έχει μήκος 0,4 έως 0,5 χιλιοστά, σχήμα ωοειδές, ελλειπτικό. Έχει χρώμα λευκό αδιαφανές που σκουραίνει πριν την εκκόλαψη. Στην κορυφή του ενός πόλου γύρω από την μικροπύλη φέρει πολλά μαστοειδή εξογκώματα (Koehler, 2005).



Εικόνα 3: Αβγά του *Lasioderma serricorne* πάνω σε φύλλα καπνού
(φωτ. Δ. Σταμόπουλος)

Προνύμφη: Η προνύμφη (εικόνα 4) έχει μήκος σώματος από 1 περίπου χιλιοστό στην πρώτη προνυμφική ηλικία έως και 4,5 χιλιοστά στην τέταρτη προνυμφική ηλικία. Έχει χρώμα κιτρινόλευκο και είναι καλυμμένη με ξανθές τρίχες εκτός της πρώτης προνυμφικής ηλικίας που είναι σχεδόν διαφανής. Με την πάροδο της ηλικίας το σώμα ρυτιδούται και σκληραίνει το δέρματιο. Είναι ευκέφαλη με στοματικά μόρια μασητικού τύπου. Το πρώτο θωρακικό τμήμα είναι ανασηκωμένο γύρω από την κεφαλή. Το τελευταίο κοιλιακό τμήμα είναι στρογγυλεμένο στο άκρο. Είναι ολιγόποδη με τρία ζεύγη θωρακικών ποδιών (Cabrera, 2006).



Εικόνα 4: Προνύμφες του *Lasioderma serricorne* (photo by Cabrera, 2006).

Νύμφη: Η νύμφη (εικόνα 5) η οποία συνήθως βρίσκεται σε βομβύκιο νύμφωσης, είναι χρώματος λευκού, το οποίο με την πάροδο του χρόνου μεταβάλλεται σε κιτρινωπό, όταν πλησιάζει προς την ενηλικίωση (Cabrera, 2006).



Εικόνα 5: Ενήλικα *Lasioderma serricorne* σε φύλλα καπνού (φωτ. Δ. Σταμόπουλος)

Ακμαίο: Το ενήλικο (εικόνα 6) έχει μήκος 2-4 χιλιοστά και χρώμα ομοιόμορφο ερυθροκάστανο έως βαθύ καστανό. Σε κάτοψη το σώμα είναι ελλειπτικό ή ωσειδές και φαίνονται μόνο το πρόνωτο και τα έλυτρα. Σε πλάγια όψη, το πρόσθιο μέρος του σώματος είναι χαρακτηριστικά κυρτό, κυρίως το πρόνωτο που σκεπάζει την κεφαλή. Οι κεραίες είναι πριονωτές από όπου πήρε και το όνομα *serricorne*. Τα έλυτρα και το πρόνωτο έχουν κοντές, λεπτές, καστανές τρίχες και είναι χωρίς σαφείς αυλακώσεις, και είναι λεία. Έχουν την ικανότητα να πετούν και να μεταφέρονται μακριά, πράγμα που τα διευκολύνει στην εύρεση τροφής. Τα στοματικά τους μόρια είναι μασητικού τύπου (Cabrera, 2006).



Εικόνα 6: Ενήλικο *Lasioderma serricorne* (photo by Steve Jacobs, 2006).

7.3 Βιολογία- Ηθολογία του εντόμου

Το σκαθάρι του καπνού έχει τρεις γενιές το χρόνο στην Ελλάδα, ενώ σε άλλες χώρες αυτό ποικίλλει. Η διάρκεια του βιολογικού του κύκλου επηρεάζεται κυρίως από την θερμοκρασία, τον τύπο τροφής και λιγότερο από την υγρασία. Είναι περισσότερο ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες παρά στις χαμηλές (Εθνικός Οργανισμός Καπνού, 1985). Έχει παρατηρηθεί επίσης ότι το *Lasioderma serricorne* μπορεί να ωοτοκεί ακόμα και σε θερμοκρασία 43°C, ενώ κάθε δραστηριότητα του αναστέλλεται σε θερμοκρασία χαμηλότερη των 15 °C (Πελεκάσης, 1984). Ωστόσο μια συνεχής θερμοκρασία στους 40°C είναι θανατηφόρος για κάθε στάδιο της ζωής του εντόμου. Θεωρείται εύρυγρο έντομο, δίνοντας ένα εύρος σχετικής υγρασίας 35-95%. Το στάδιο της νύμφης επηρεάζεται ελάχιστα ή καθόλου από την υγρασία, ενώ αντίθετα οι προνύμφες και η επώαση των αβγών, επηρεάζονται σημαντικά (Powell, 1931). Το optimum ανάπτυξής του είναι σε θερμοκρασία 30°C και σε σχετική υγρασία 70-80%. Επομένως, το έντομο αυτό θεωρητικά δεν μπορεί να προκαλέσει ιδιαίτερα προβλήματα σε αποθηκευτικούς χώρους όταν εκεί επικρατούν θερμοκρασίες < 18°- 20° ή > 34°C. Πράγματι, οι προνύμφες του εντόμου μεταξύ 15.5° - 19.5° καθίστανται ανενεργές, ενώ κάτω από αυτές εισέρχονται σε λήθαργο (Σταμόπουλος, 2008).

Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου σε αλεύρι πλήρους αλέσεως και σε 30°C και σχετική υγρασία 70% κυμαίνεται από 26-30 ημέρες και το ποσοστό επιβίωσης 100% ενώ κάτω από τις ίδιες συνθήκες σε αποθηκευμένο καπνό η διάρκεια ζωής του κυμαίνεται 46-69 ημέρες. Το μήκος της ζωής του ακμαίου συνήθως κυμαίνεται από 2-7 εβδομάδες (Σταματίνης, 1935).

Στην Ελλάδα, τα ενήλικα της πρώτης γενιάς εμφανίζονται τέλη Μαΐου- αρχές Ιουνίου, της δεύτερης τέλη Ιουλίου- αρχές Αυγούστου και της τρίτης κατά τα τέλη Σεπτεμβρίου- Οκτωβρίου (Καπνολογικό Ινστιτούτο Ελλάδας, 1996). Το έντομο αυτό διαχειμάζει ως προνύμφη σε κατάσταση νάρκης και επαναρχίζει τη διατροφή και τη δραστηριότητα του όταν η θερμοκρασία φτάσει τους 18°C (Μάιος- Νοέμβριος) (Howe, 1957).

Τα ενήλικα θηλυκά γεννούν 45 έως 120 αβγά στις πτυχώσεις των τροφίμων και η επώαση τους ολοκληρώνεται μετά από περίπου 6-10 μέρες (Anonymous, 2007). Από τα εκκολαφθέντα αβγά, βγαίνουν οι προνύμφες οι οποίες περνούν από 4-6 στάδια και έπειτα από 5 εβδομάδες, χτίζουν ένα

προστατευτικό κουκούλι από τα κομμάτια των τροφίμων και των θρυμμάτων τους μέσα στο οποίο συμβαίνει η διαδικασία της νύμφωσης (Eisenman, 2005).



Εικόνα 7:, Νύμφη, ενήλικο και προνύμφη του *Lasioderma serricorne* (Clemson university Dep't. of Entomology)

Στο τελευταίο στάδιο του βιολογικού του κύκλου γίνεται η μεταμόρφωση της νύμφης σε ενήλικο άτομο όπου με τις κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες και ανάλογα με την διαθέσιμη τροφή επαναλαμβάνεται ο κύκλος ζωής τους (Mahroof and Phillips, 2008).

Αποτελεί κυρίως πρόβλημα στον αποθηκευμένο καπνό και τα προϊόντα του (τσιγάρα, πούρα, κομμένος καπνός, ταμπάκο) (εικόνα 8). Επίσης προσβάλλει σπόρους, προϊόντα σπόρων, ελαιούχους πλακούντες, ξηρά φρούτα, ρύζι, ζυμαρικά, πίτυρα, μπισκότα και άλλα ξηρά γλυκίσματα, μπαχαρικά, υφάσματα, γουναρικά κ.α. Επίσης προσβάλλει μαγιά μύρας, όλων των ειδών τα άλευρα και αλλά συστατικά που αποτελούν πρώτες ύλες για την παρασκευή ιχθυοτροφών (Lyon, 2000).



Εικόνα 8: Προσβολές τσιγάρων και πούρων από *Lasioderma serricorne* (φωτ. Δ. Σταμόπουλος)

Όλη η ζημιά που προκαλεί το συγκεκριμένο έντομο προέρχεται από την τροφική δραστηριότητα των προνυμφών. Αυτές έχουν την ικανότητα να εισχωρούν μέσα στις συσκευασίες των προϊόντων, να τρέφονται με το περιεχόμενο τους και να αφήνουν πίσω τους μια λεπτή σκούρα σκόνη (τα περιττώματα) (Lyon, 2000).

7.4 Αντιμετώπιση- Πρόληψη προσβολών των συστατικών των ιχθυοτροφών από το έντομο *L. serricorne*

Για την πρόληψη προσβολής των ιχθυοτροφών από το *L. serricorne* συνιστώνται μέτρα υγιεινής χώρου (καθαριότητα του χώρου αποθήκευσης, ιδίως στις χαραμάδες), απολύμανση των περιτυλιγμάτων των δεμάτων όπου περιέχονται τα προϊόντα, αποφυγή αποθήκευσης στον ίδιο χώρο προϊόντων ή σπόρων που προσβάλλονται από αυτό το έντομο και γίνονται έτσι πηγές μόλυνσης. Επίσης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται πλέγματα ή σίτες με μικρές οπές στα παράθυρα και τις πόρτες, ώστε να μην μπορούν τα ενήλικα να εισέλθουν στους χώρους αποθήκευσης (Υπουργείο Γεωργίας, 1985).

Το πρόβλημα της προσβολής των συστατικών των ιχθυοτροφών από τα *Lasioderma serricorne*, είναι αρκετά σοβαρό και η αντιμετώπιση τους κρίνεται τελείως απαραίτητη και αναγκαία, καθώς το κόστος παρασκευής των ιχθυοτροφών είναι αρκετά υψηλό και κάθε προσβολή φέρει μεγάλη ζημιά στους ιχθυοκαλλιεργητές αλλά και στις βιομηχανίες και στους εμπόρους ιχθυοτροφών. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού απαιτείται ειδική ομάδα, κατάλληλα εκπαιδευμένη, η οποία να ακολουθεί πιστά ένα πρόγραμμα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης των προσβολών, που περιλαμβάνει μια σειρά μέτρων, όπως μηχανικά, φυσικά, χημικά και βιολογικά. Ανεξάρτητα, όμως, από τα οποιαδήποτε τύπου μέτρα ελέγχου, η δημιουργία ενός υγιεινού περιβάλλοντος πρέπει να είναι ο αρχικός σκοπός όλων των προγραμμάτων ελέγχου σε όλες τις θέσεις αποθήκευσης και επεξεργασίας των ιχθυοτροφών (Arbogast, et al., 2003).

Για την σύλληψη των ενηλίκων χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται παγίδες διαφόρων τύπων. Ωστόσο για την καταπολέμηση τους, χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς διάφορα εντομοκτόνα (βρωμιούχο μεθύλιο, υδροκυάνιο) τα οποία αργότερα κρίθηκαν επικίνδυνα τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον άνθρωπο. Σήμερα, χρησιμοποιείται το ασφυκτικό εντομοκτόνο φωσφίνη το οποίο παρόλη την υψηλή αποτελεσματικότητα που έδινε τα πρώτα χρόνια, παρουσίασε προβλήματα ανθεκτικότητας. Ως τώρα, δεν έχει βρεθεί ένα εντομοκτόνο με τα πλεονεκτήματα που έχει η φωσφίνη, που να μπορεί να την αντικαταστήσει πλήρως και να αντιμετωπιστεί εν τέλει το πρόβλημα της ανθεκτικότητας (Arbogast et al., 2003).

8. Υλικά και μέθοδοι

8.1 Προέλευση εντόμων

Η διεξαγωγή των πειραμάτων για την απόδειξη της ύπαρξης ή μη ανθεκτικότητας των εντόμων *Lasioderma serricorne*, έγινε στο εργαστήριο Ζωολογίας και Υδρόβιας Εντομολογίας του Τμήματος Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και υδάτινου περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Τα στελέχη που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση των πειραμάτων, προέρχονταν από τρεις διαφορετικές καπναποθήκες της Βορείου Ελλάδας (Diamon 1, Diamon 2, Exelca).

8.2 Συνθήκες εκτροφής

Αρχικά, έγινε η απομόνωση των διάφορων σταδίων του εντόμου (ενήλικα, νύμφες, προνύμφες και αβγά) από κάθε δείγμα προσβεβλημένου καπνού και έπειτα αυτά μεταφέρθηκαν σε τρυβλία όπου τοποθετήσαμε κομμάτια καπνού ως τροφή, ενώ σε άλλα τοποθετήσαμε αλεύρι με 5% μαγιά μύρας.



(α)



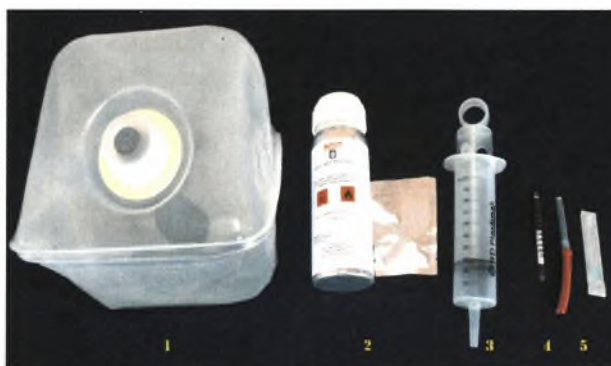
(β)

Εικόνα 9: Εκτροφή του *Lasioderma serricorne* (α) σε καπνό (photo by Koehler), (β) σε αλεύρι (photo by Jarino Holopainen)

Η εκτροφή του εντόμου έγινε μέσα σε επωαστικούς κλιβάνους στους οποίους επικρατούσαν οι εξής συνθήκες: θερμοκρασία= $28 \pm 0,5$ °C, RH= 85 ± 5 % και συνεχές σκοτάδι.

8.3 Πειράματα ανθεκτικότητας

Για την εκτέλεση των πειραμάτων ανθεκτικότητας χρησιμοποιήθηκε το ειδικό "Phosphine Resistance Test kit" της εταιρίας Detia Degesch και ακολουθήθηκαν πιστά οι οδηγίες χρήσης όπως αυτές περιγράφονται στο σχετικό φυλλάδιο οδηγιών χρήσης της εταιρείας.



Εικόνα 10: Διάταξη για την διαπίστωση ανθεκτικότητας στη PH_3 (Detia: Phosphine Resistance Test Kit): (1) πλαστικό δοχείο 5 l, (2) δοχείο που περιέχει σε αλουμινένια φακελάκια τα δισκία της PH_3 , (3) σύριγγα των 100 ml, (4) γυάλινος σωλήνας μέτρησης της συγκέντρωσης PH_3 , (5) βελόνες με ελαστικό σωλήνα-προέκταση (φωτ. Δ. Σταμόπουλος)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ

Το πειραματικό πρωτόκολλο (σύμφωνα με την εταιρεία Detia Degesch) συνίσταται στα εξής:

1. Προσθήκη δυο σφαιριδίων Mg_3P_2 στο πλαστικό δοχείο 5 l (εικ. 10-1) στο οποίο είχαν προστεθεί προηγουμένως 50cc νερού.
2. Αναμονή 5 λεπτών για την πλήρη παραγωγή PH_3 .
3. Μέτρηση της επιτευχθείσας συγκέντρωσης της PH_3 με τη βοήθεια γυάλινων μετρητών (εικ. 10-4).
4. Αναρρόφηση με ειδική σύριγγα (εικ. 10-3) ποσότητας του αερίου που να αντιστοιχεί σε 3000 ppm. Προηγουμένως μέσα στη σύριγγα είχαν τοποθετηθεί 15-20 ενήλικα *Lasioderma serricorne*.

5. Έκθεση των εντόμων στην φωσφίνη για 8 λεπτά.
6. Το στέλεχος θεωρείται ανθεκτικό, στην περίπτωση που μετά την λήξη της εφαρμογής της φωσφίνης και για μια συγκέντρωση εντομοκτόνου τουλάχιστον 3000 ppm, υπάρχουν ζωντανά έντομα.
7. Κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, οι χρήστες θα πρέπει να χρησιμοποιούν μάσκες με ειδικά φίλτρα (Εικ. 11 (α)).
8. Μετά από το πέρας κάθε πειράματος απαραίτητος είναι ο αερισμός της αίθουσας όπου πραγματοποιείται, ώστε να απομακρυνθούν οι επικίνδυνες συγκεντρώσεις του αερίου στο περιβάλλον.

Εικόνα 11



(α)



(β)

Εικόνα 11: (α) Φωσφίνη με τη μορφή δισκίων (β) μάσκες με ειδικό κάνιστρο (φωτ. Detia CmbH)

ΔΙΕΞΑΧΘΕΝΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Συνολικά διεξήχθησαν έξι πειράματα ανθεκτικότητας του *Lasioderma serricorne*. Αυτά είναι τα εξής:

1. Δοκιμή ανθεκτικότητας με στελέχη προέλευσης από την εταιρεία Exelca

Το πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκε στις 28.11.2007 σε 20 ενήλικα *Lasioderma serricorne* της εταιρείας Exelca και σε θερμοκρασία χώρου $25\pm 1^{\circ}\text{C}$. Η συγκέντρωση της PH_3 που επιτεύχθηκε μέσα στο πλαστικό δοχείο ήταν 4000 ppm ενώ στη σύριγγα αναρροφήθηκαν 75 ml PH_3 και 25 ml ατμοσφαιρικού αέρα. Έτσι, η τελική επιτευχθείσα συγκέντρωση της PH_3 μέσα στη σύριγγα που περιείχε τα ενήλικα έντομα ήταν 3000 ppm και η έκθεση τους διήρκησε 8 min. Μετά το πέρας της έκθεσης το ποσοστό ζωντανών ατόμων ήταν 90% και γι' αυτό το εξετασθέν στέλεχος *Lasioderma serricorne* χαρακτηρίστηκε ως πολύ ανθεκτικό.

2. Δοκιμή ανθεκτικότητας με στελέχη προέλευσης από την εταιρεία Diamon 1

Στις 28.11.2007 πραγματοποιήθηκε πείραμα σε 15 ενήλικα *Lasioderma serricorne* της εταιρείας Diamon 1 και σε θερμοκρασία χώρου $25\pm 1^{\circ}\text{C}$. Η συγκέντρωση της PH_3 που επιτεύχθηκε μέσα στο πλαστικό δοχείο ήταν 4500ppm, ενώ στη σύριγγα αναρροφήθηκαν 66.7 ml PH_3 και 33.3 ml ατμοσφαιρικού αέρα. Έτσι, η επιτευχθείσα συγκέντρωση της PH_3 μέσα στη σύριγγα που περιείχε τα ενήλικα έντομα ήταν 3000 ppm και η έκθεση τους διήρκησε 8 min.. Το ποσοστό ζωντανών ατόμων που καταγράφηκε μετά το πέρας του πειράματος ήταν 100% και γι' αυτό το εξετασθέν στέλεχος *Lasioderma serricorne* χαρακτηρίστηκε ως εξαιρετικά ανθεκτικό.

3. Δοκιμή ανθεκτικότητας με στελέχη προέλευσης από την εταιρεία Diamon 2

Το πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκε στις 11.12.2007 σε 20 ενήλικα *Lasioderma serricorne* της εταιρείας Diamon 2 και σε θερμοκρασία χώρου $25\pm 1^{\circ}\text{C}$. Η συγκέντρωση της PH_3 που επιτεύχθηκε μέσα στο πλαστικό δοχείο ήταν 4500ppm ενώ στη σύριγγα αναρροφήθηκαν 66.7 ml PH_3 και 33.3 ml ατμοσφαιρικού αέρα. Έτσι, η τελική συγκέντρωση της PH_3 μέσα στη σύριγγα που περιείχε τα ενήλικα έντομα ήταν 3000 ppm και η έκθεση τους διήρκησε 8 min (σύμφωνα με την εταιρεία Detia Degesch). Και σε αυτό το πείραμα, δεν παρατηρήθηκε καθόλου θνησιμότητα (0% mortality) και γι' αυτό το εξετασθέν στέλεχος *Lasioderma serricorne* χαρακτηρίζεται ως εξαιρετικά ανθεκτικό.

4. Δοκιμή με αυξανόμενες συγκεντρώσεις PH_3 σε στελέχη της εταιρείας Diamon 2

Το πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκε στις 15.2.2008 σε 49 ενήλικα *Lasioderma serricorne* της εταιρείας Diamon 2 και σε θερμοκρασία χώρου $20\pm 1^{\circ}\text{C}$. Εννιά από τα έντομα, χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες και παρέμειναν ζωντανά από την έναρξη ως την ολοκλήρωση του πειράματος. Τα υπόλοιπα 40, χωρίστηκαν σε 4 ομάδες των 10 ατόμων. Σε κάθε ομάδα εφαρμόστηκε διαφορετική συγκέντρωση PH_3 . Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκαν συγκεντρώσεις φωσφίνης των 3000ppm, 3200ppm, 3400ppm και των 3500ppm. Τα αποτελέσματα μετά την έκθεση κάθε ομάδας στη φωσφίνη για 8 λεπτά, φαίνονται στο πίνακα 3.

Πίνακας 3: Ανθεκτικότητα του *Lasioderma serricorne* προέλευσης Diamon 2 σε διαφορετικές συγκεντρώσεις PH_3

Συγκέντρωση PH_3 (ppm)	Ποσοστό επιβίωσης
3000	100%
3200	100%
3400	100%
3500	80%

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα το εξετασθέν στέλεχος *Lasioderma serricornis* χαρακτηρίζεται ως εξαιρετικά ανθεκτικό και μόνο σε συγκεντρώσεις πάνω από 3500ppm παρατηρείται μια ελάχιστη μείωση στο ποσοστό επιβίωσης.

5. Δοκιμή με ενήλικα F₂ γενιάς στελεχών της εταιρείας Diamon 2 που είχαν εκτραφεί σε αλεύρι σίτου με 5% μαγιά μύρας

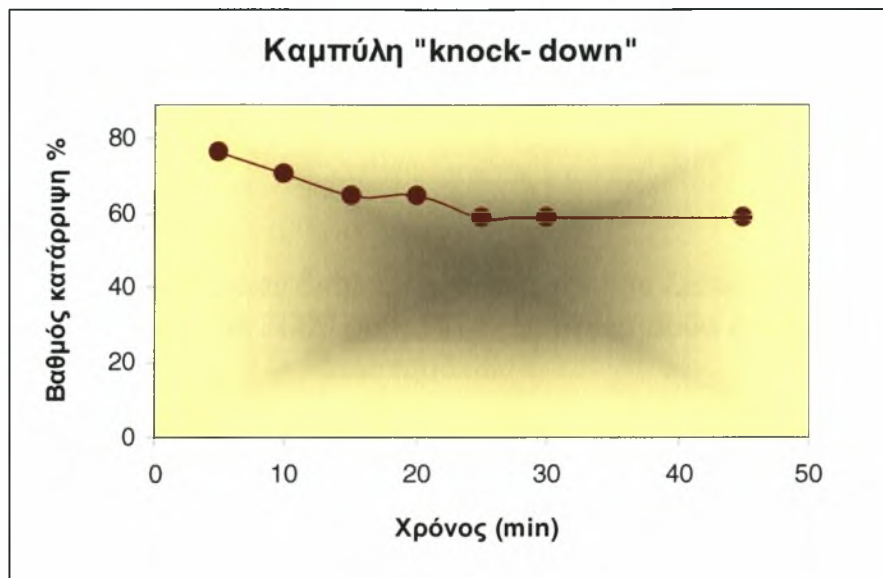
Στις 26.06.2008 πραγματοποιήθηκε πείραμα σε 17 ενήλικα *Lasioderma serricornis* της εταιρείας Diamon 2 και σε θερμοκρασία χώρου 27±1°C. Η συγκέντρωση PH₃ που επιτεύχθηκε μέσα στο πλαστικό δοχείο ήταν 3250ppm ενώ στη σύριγγα αναρροφήθηκαν 92.3 ml PH₃ και 7.7 ml ατμοσφαιρικού αέρα. Έτσι, η επιτευχθείσα συγκέντρωση PH₃ μέσα στη σύριγγα που περιείχε τα ενήλικα έντομα ήταν 3000 ppm και η έκθεση τους διήρκησε 8 min.

Μετά την λήξη της έκθεσης των εντόμων στο καπνιστικό εντομοκτόνο, παρατηρήθηκαν τα ποσοστά επιβίωσης για τα πρώτα 45 λεπτά. Τα αποτελέσματα αυτά φαίνονται στον πίνακα 4 και στο διάγραμμα 1

Πίνακας 4: Ποσοστό επιβίωσης του *Lasioderma serricornis* μετά την πάροδο διάφορων χρονικών διαστημάτων από την έκθεση του σε 3000 ppm PH₃

Χρόνος που παρήλθε μετά την έκθεση των <i>L. serricornis</i> στη PH ₃ (min)	Ποσοστό επιβίωσης
5	23.5%
10	29.4%
15	35.3%
20	35.3%
25	41.2%
30	41.2%
45	41.2%

Διάγραμμα 1: Ποσοστό κατάρριψης των *Lasioderma serricorne* μετά την λήξη της έκθεσης τους σε 3000ppm φωσφίνης σε σχέση με το χρόνο



6. Παράλληλη δοκιμή ανθεκτικότητας με ενήλικα *Sitophilus granarius*

Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων ανθεκτικότητας με το *L. serricorne*, θελήσαμε να δοκιμάσουμε επίσης την ύπαρξη ή μη ανθεκτικότητας ενός άλλου κολεοπτέρου που προσβάλλει αποθηκευμένα προϊόντα, του *Sitophilus granarius*. Το πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκε στις 11.12.2007 σε 20 ενήλικα και σε θερμοκρασία χώρου $25\pm 1^{\circ}\text{C}$. Η συγκέντρωση της PH_3 που επιτεύχθηκε μέσα στο πλαστικό δοχείο ήταν 4500ppm, ενώ στη σύριγγα αναρροφήθηκαν 66.7 ml PH_3 και 33.3 ml ατμοσφαιρικού αέρα. Έτσι, η επιτευχθείσα συγκέντρωση PH_3 μέσα στη σύριγγα που περιείχε τα ενήλικα έντομα ήταν 3000 ppm και η έκθεση τους διήρκεσε 12 min (σύμφωνα με την εταιρεία Detia Degesch). Το ποσοστό θνησιμότητας που σημειώθηκε ήταν 100% και γι' αυτό το εξετασθέν στέλεχος *S. granarius* χαρακτηρίζεται ως μη ανθεκτικό.

9. Αποτελέσματα- Συζήτηση

Συγκεντρωτικά, τα αποτελέσματα όλων των παραπάνω πειραμάτων που αφορούσαν το *L. serricorne*, εμφανίζονται στους πίνακες 5, 6 και 7.

Πίνακας 5: Ποσοστά επιβίωσης των διαφόρων στελεχών του *Lasioderma serricorne* μετά την λήξη της έκθεσης τους σε 3000 ppm PH₃ και την πάροδο διαφόρων χρονικών διαστημάτων

Χρόνος που παρήλθε μετά την έκθεση των εντόμων στη PH ₃	Ποσοστά επιβίωσης των <i>L. serricorne</i>		
	Exelca	Diamon 1	Diamon 2
10 min	90%	100%	100%
20 min	90%	100%	100%
12 hours	90%	100%	100%
24 hours	90%	100%	100%

Πίνακας 6: Ποσοστά επιβίωσης της F₂ γενεάς του *L. serricorne* (προέλευσης Diamon 2-5^{ov} πειράματος) μετά την λήξη της έκθεσης τους σε 3000 ppm PH₃ και την πάροδο διαφόρων χρονικών διαστημάτων

Χρόνος που παρήλθε μετά την έκθεση των εντόμων στη PH ₃	Ποσοστά επιβίωσης των <i>L. serricorne</i>
	Diamon 2
10 min	29.4%
20 min	35.3%
12 hours	41.2%
24 hours	41.2%

Πίνακας 7: Επιβίωση του *Lasioderma serricorne* (προέλευσης Diamon 2- 4^{ου} πειράματος) μετά την έκθεσή του σε διάφορες συγκεντρώσεις PH₃

Χρόνος που παρήλθε μετά την έκθεση των εντόμων στη PH ₃	Εφαρμοσμένες συγκεντρώσεις PH ₃			
	3000ppm	3200ppm	3400ppm	3500ppm
10 min	100%	100%	100%	80%
20 min	100%	100%	100%	80%
12 hours	100%	100%	100%	80%
24 hours	100%	100%	100%	80%

Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν ότι τα συγκεκριμένα στελέχη του *Lasioderma serricorne* έχουν αποκτήσει ανθεκτικότητα στη φωσφίνη, αφού σύμφωνα με την εταιρεία Detia Degesch, εάν μετά την πάροδο 8 λεπτών έκθεσης σε συγκέντρωση 3000 ppm, υπάρχουν ζωντανά έντομα, τότε το στέλεχος θεωρείται ανθεκτικό.

Στο 5^ο πείραμα (ενήλικα F₂ γενιάς στελεχών της εταιρείας Diamon 2 που είχαν εκτραφεί σε αλεύρι σίτου με 5% μαγιά μύρας) επίσης παρατηρείται ότι η PH₃ προκαλεί ένα είδος "νάρκωσης" (Ayala et al., 2003) στο *Lasioderma serricorne* κατά την οποία η μεταβολική δραστηριότητα των εντόμων μειώνεται σημαντικά. Συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι αμέσως μετά την λήξη της εφαρμογής της φωσφίνης στα έντομα, το ποσοστό knock- down (φαινομενικά) είναι σχετικά υψηλό ενδεχομένως λόγω του φαινομένου της "νάρκωσης". Όταν όμως η "νάρκωση" τερματιστεί, μετά από κάποιο χρονικό διάστημα από την εφαρμογή του εντομοκτόνου, το ποσοστό knock- down των εντόμων μειώνεται σταδιακά με την διέλευση του χρόνου καθώς η μεταβολική τους δραστηριότητα αυξάνεται. Αυτό φαίνεται και στην καμπύλη θνησιμότητας του διαγράμματος 1.

Σε αυτή την εργασία αφού αποδείξαμε την ύπαρξη ανθεκτικότητας του εντόμου *Lasioderma serricorne* στην φωσφίνη, καταλήξαμε και στο ότι ένα πλήθος παραγόντων όπως είναι η θερμοκρασία, το είδος της τροφής των εντόμων, η συγκέντρωση του εντομοκτόνου και λιγότερα η σχετική υγρασία, επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του καπνιστικού αυτού.

Ως εναλλακτική λύση αντιμετώπισης της ανθεκτικότητας του *L.serricorne* στη φωσφίνη, προτείνονται τα εξής:

1. Περιορισμός του αριθμού των επεμβάσεων στο ελάχιστο δυνατό, δηλαδή αραιές επεμβάσεις.
2. Περιορισμός της δόσης του εντομοκτόνου στην ελάχιστη δυνατή.
3. Επέκταση του χρόνου εφαρμογής του εντομοκτόνου.
4. Επεμβάσεις τοπικά και όχι γενικευμένες.
5. Εναλλαγή ή διαδοχή εντομοκτόνων που έχουν διαφορετικό τρόπο δράσης. Η εναλλαγή μπορεί να αφορά διαφορετικά έτη, διαφορετικές γενεές ή διαφορετικά στάδια ζωής του εντόμου (ενήλικο ή προνύμφη).
6. Μείγματα εντομοκτόνων με διαφορετικό τρόπο δράσης.

Παρόλες τις διάφορες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί πάνω στο μηχανισμό της αντίστασης της φωσφίνης, δεν έχει βρεθεί ακριβής επίλυση του προβλήματος αυτού αλλά ούτε κάποιο άλλο εντομοκτόνο που να μπορεί να αντικαταστήσει πλήρως την χρήση της. Ωστόσο ο δρόμος για την εύρεση νέων μεθόδων απεντόμωσης έχει ήδη ανοίξει. Σήμερα δοκιμάζονται διάφορες εντομοκτόνες ουσίες που αφενός επιδιώκεται να έχουν υψηλή εντομοτοξικότητα και αφετέρου να παρουσιάζουν όσο το δυνατόν χαμηλή τοξικότητα για τον καταναλωτή.

Το Spinosad π.χ. ανήκει σε μια νέα ομάδα εντομοκτόνων το οποίο έχει βιολογική προέλευση. Οι δραστικές ουσίες (spinosyn A και spinosyn D) είναι προϊόντα μεταβολισμού ενός σπάνιου βακτηρίου του εδάφους που ανήκει στους ακτινομύκητες, του *Saccharopolyspora spinosa*. Το Spinosad προκαλεί σε σύντομο χρονικό διάστημα μια έντονη και συνεχή υπερδιέγερση του νευρικού συστήματος των εντόμων που οδηγεί στην

εξάντληση και τελικά το θάνατο ο οποίος επισυμβαίνει συνήθως σε 1-2 ημέρες μετά την είσοδο στον οργανισμό του εντόμου (Σταμόπουλος, 2008).

Η εντομοκτόνος δράση του Spinosad (τεχνικό spinosad, TS) μελετήθηκε κυρίως σε πειράματα που έγιναν πάνω στα έντομα *L. serricorne*. Ο Michel P. Blanc και η ομάδα του απέδειξαν ότι με το spinosad μπορεί να επιτευχθεί 100% έλεγχος των προσβολών από επιβλαβή έντομα, όταν εφαρμοστεί σε συγκέντρωση TS, 50 mg kg^{-1} και σχεδόν πλήρης έλεγχος (90-95%) σε 10 mg kg^{-1} (Blanc et al., 2000).

Μια νέα συνεργηστική της φωσφίνης ουσία, το DEM (glutathione depletor diethyl maleate), έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να προκαλέσει σχεδόν τον διπλασιασμό της θνησιμότητας των εντόμων όταν εφαρμόζεται μαζί με φωσφίνη συγκέντρωσης 70 ppm. Αν και ακόμα βρίσκονται σε ερευνητικό στάδιο θεωρείται ότι μπορεί να αποτελέσει μια από τις αποτελεσματικότερες εναλλακτικές λύσεις της φωσφίνης (Valmas and Ebert, 2006).

Τα τελευταία χρόνια άρχισαν να χρησιμοποιείται ευρύτατα για την απεντόμωση αποθηκευμένων προϊόντων, χώρων αποθήκευσης και επεξεργασίας το βιολογικό εντομοκτόνο *Bacillus thuringiensis*. Το βακτήριο αυτό, ανήκει στα κρυσταλλοφόρα βακτήρια και αποτελεί μέρος της φυσικής μικροχλωρίδας του αποθηκευμένου καπνού τα οποία κινδυνεύουν από το έντομο *L. serricorne*. Είναι περιβαλλοντικά παραδεκτό και τοξικό για τα έντομα. Ωστόσο έχει αναπτυχθεί ανθεκτικότητα σε ορισμένα έντομα, όμως αν χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με κάποιο χημικό εντομοκτόνο όπως είναι η φωσφίνη, μπορεί να φέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα (Kaelin et al., 1994).

Άλλη μια εναλλακτική προς τα συνθετικά εντομοκτόνα λύση, είναι η "γη των διατόμων". Η γη διατόμων είναι κοιτάσματα απολιθωμένων διατόμων (μονοκύτταρα φύκη) που αποτελούνται κυρίως από οξειδία μετάλλων, στάχτη και πυρίτιο. Ανάλογα με το βαθμό αλέσεως του αρχικού υλικού, της λεπτότητας των "κόκκων" και της καθαρότητας της, έχει πολλές χρήσεις ως πρόσθετο π.χ. σε οδοντόπαστες, πούρα, πλαστικά κ.α. Οι μικροσκοπικοί "κόκκοι" μετά την άλεση του ορυκτού έχουν μέγεθος που κυμαίνεται μεταξύ 5-20μ, έχουν ακανόνιστο σχήμα και γενικώς εξαιρετικά ανώμαλη επιφάνεια. Τα χαρακτηριστικά αυτά σε συνδυασμό με την υδρόφοβη συμπεριφορά του, το καθιστούν ιδανικό για την καταπολέμηση αρθροπόδων. Ο τρόπος δράσεως είναι απόλυτα μηχανικός. Καθώς τα αρθρόποδα κινούνται στο περιβάλλον όπου έχει εφαρμοστεί η γη των διατόμων, τα μικροσκοπικά σωματίδια της "ζύνουν" και καταστρέφουν το

προστατευτικό κηρώδες επίστρωμα της εξωτερικής επιφάνειας του, με αποτέλεσμα το αρθρόποδο να πεθάνει από αφυδάτωση. Ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος, απαιτούνται διαφορετικές δόσεις εφαρμογής ώστε να επιτευχθούν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η γη των διατόμων μπορεί να συνδυαστεί επίσης και με άλλες μεθόδους, όπως: υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες, φωσφίνη κ.λ.π.

Υπάρχουν κι άλλες ουσίες οι οποίες μπορούν να συνδυαστούν με την χρήση της φωσφίνης αλλά καμία δεν μπορεί να προσφέρει από μόνη της ικανοποιητική προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων σε ευρεία κλίμακα. Οι τεχνικές αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθούν μόνο ως συμπληρωματικές της χημικής καταπολέμησης σε ένα πρόγραμμα ολοκληρωμένης καταπολέμησης (Σταμόπουλος, 2008).



10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Anonymous. "*Lasioderma serricorne*". Wikipedia com. 16 August 2007. Wikipedia Foundation. 18 August 2007 <http://en.wikipedia.org/wiki/Lasioderma_serricorne>.

Arbogast, R. T., Kendra, P. E., Chini, S. R., 2003. *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae)- Spatial relationship between trap catch and distance from an infested product. Florida Entomologist 86(4), 22-26.

Ayala Jorge, Dowdy, K. Alan, Beeman, W. Richard, and Kun Yan Zhul, 2003. Encoding Cytochrome c Oxidase Subunit Va From the Lesser Grain Borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). Archives of Insect Biochemistry and Physiology 54, 47-54.

Bennett M. Stuart. *Lasioderma serricorne* (Cigarette or Tobacco Beetle). 2003. University of Florida. 2003 <<http://www.the-piedpiper.co.uk/th7.htm>>.

Blanc, P. Michel, Panighini Cecile, Gadani Ferruccio and Rossi Luca, 2000. Activity of spinosad on stored-tobacco insects and persistence on cured tobacco strips. *Pest Management Science* 60, 1091-1098

Bond, E. J., Robinson, J. R. and Buckland, C. T., 1969. The Toxic Action of Phosphine - Absorption and Symptoms of Poisoning in Insects. *Journal of Stored Products Research* 5, 289-298.

Cabrera, J. Brian, 2007. Stored Product Pests. University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences - Department of Entomology and Nematology, EENY-227, 427-440.

Chaudhry, M.Q., 2000. Phosphine resistance: A growing threat to an ideal fumigant. *Pesticide Outlook* June 2000, 88-91.

Chaudhry, M. Q., Bell H.A., Savvidou N., MacNicoll A.D., 2004. Effect of low temperatures on the rate of respiration and uptake of phosphine in different life stages of the cigarette beetle *Lasioderma serricorne* (F.). Journal of Stored Products Research 40, 125–134.

Chaudhry, M.Q., Price, N. R., 1990. Insect mortality at doses of phosphine which produce equal-uptake in susceptible and resistant strains of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), Journal of Stored Product Research 26(2), 101–107.

Εθνικός Οργανισμός Καπνού- Καπνολογικό Ινστιτούτο- Δράμα, 1985. Ο καπνός και η καλλιέργεια του (Ανατολικά καπνά). Υπουργείο Γεωργίας, σελ. 62.

Eisenman W. Sasha, 2005. Preservation of Herbarium Specimens. Rutgers University, 206- 221.

Hole, B.D., Bell C.H., Mills K.A., Goodship G., 1976. The toxicity of phosphine to all developmental stages of thirteen species of stored-product beetles. Journal of Stored Products Research 12, 235–244.

Hori Masatoshi and Kasaishi Yoshihiro, 2005. Estimation of the phosphine resistance level of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae), by the knockdown time of adult. Appl. Entomol. Zool. 40 (4), 557–561.

Howe, R.W., 1957. A laboratory study of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F.) (Col., Anobiidae) with a critical review of the literature on its biology. Bulletin of Entomological Research 48, 9-56.

Jacobs Steve, 2003. Cigarette Beetle *Lasioderma serricorne* (Fabricius). Entomological Notes- Department of Entomology. College of Agricultural Sciences, 12-28.

Kaelin Pascale, Morel Pascale and Gadani Ferruccio, 1994. Isolation of *Bacillus thuringiensis* from Stored Tobacco and *Lasioderma serricorne* (F.). Applied Environmental Microbiology 60, 19-25.

Καπνολογικό Ινστιτούτο Ελλάδας, 1996. Οδηγός καλλιέργειας καπνού. Ανατολικά- Virginia- Burley. Ε.Ο.Κ. Δράμα, σελ. 223.

Κλαουδάτος Σπύρος, 2005. Υδατοκαλλιέργειες 1. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Βόλος, σελ. 182.

Koehler, P. G., 2005. Cigarette Beetle, *Lasioderma serricorne* (Coleoptera, Anobiidae). University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences, 157-191.

Lyon, F. William. Cigarette and Drugstore beetles. 2000. Ohio State University Extension Fact Sheet- Entomology. 2000 <<http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/2000/2083.html>>.

Makarov K.V. “*Lasioderma serricorne* F. (Anobiidae) - Atlas of beetles of Russia”. Beetles (Coleoptera) and Coleopterologists. 2008 <<http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/eng/lasserkm.htm>>.

Mahroof, M. Rizana and Phillips W. Thomas, 2008. Life history parameters of *Lasioderma serricorne* (F.) as influenced by food sources. Journal of Stored Products Research 44, 219–226.

Μεντέ Ε., 2008. Τεχνολογία ιχθυοτροφών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Βόλος, σελ. 89.

Nakakita, H. and Kuroda, J., 1986. Differences in phosphine uptake between susceptible and resistant strains of insects. J. Pestic.Sci. 11, 21–26.

Neven, L.G., 1998. Respiratory response of fifth-instar codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) to rapidly changing temperatures. Journal of Economic Entomology 91, 302–308.

Πανταζής, Π. Α., 2003. Διατροφή- φυσιολογία θρέψης υδρόβιων ζωικών οργανισμών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Βόλος, σελ. 151.

Παπαδοπούλου, Χ. Σμαραγδή, 2001. Συμβολή στη μελέτη της βιολογίας και ηθολογίας του *Lasioderma serricorne* Fabricious (Coleoptera: Anobiidae) σε αποθηκευμένο καπνό στη βόρεια Ελλάδα και αντιμετώπιση του με χρήση διάφορων τύπων παγίδων. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών - Διδακτορική διατριβή, Αθήνα.

Papadopoulou S. C., 2004. Experimental verification of *Lasioderma serricorne* (F.) pupa development threshold previously defined using the thermal constant equation $K=D(T-t)$. J Pest Sci. 77, 137–138.

Πελεκάσης, Ε.Δ., 1984. Μαθήματα γεωργικής εντομολογίας, Ειδική εντομολογία, Τόμος Β', Αθήνα, σελ. 554.

Pant N.C. and Fraenkel G. 1953. Studies on the symbiotic yeast of two insect species, *Lasioderma serricorne* F. and *Stegobium paniceum* L. Department of Zoology and Applied Entomology, Imperial College of Science and Technology, London, England, 23, 92- 108.

Powell, T.E., 1931. An Ecological Study of the Tobacco Beetle, *Lasioderma serricorne* Fabr., with special reference to its life history and control. Ecological Monography 1, 333-393.

Price, N. R., 1984. Active exclusion of phosphine as a mechanism of resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera:Bostrychidae). Journal of Stored Product Research 20, 163–168.

Price, R. Nicholas, Mills, A.Kenneth and Humphries, A. Lesley, 1982. Phoshine toxicity and catalpas activity in susceptible and resistant strains of the lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica*). Comp. Biochem. Physiol. Vol. 73, Printed in Great Britain, 411-413.

Schlipalius, I. David, Cheng Qiang, Reilly, E. B. Paul, Collins, J. Patrick and Ebert, R. Paul, 2002. Genetic Linkage Analysis of the Lesser Grain Borer *Rhyzopertha dominica*. Identifies Two Loci That Confer High-Level Resistance to the Fumigant Phosphine. Genetics Society of America, 773-782.

Σταματίνης, Ν.Χ., 1935. Οι εχθροί του καπνού εις τας αποθήκας *Ephestia ellutella* (H.) και *Lasioderma serricorne* (F.). Η βιολογία και μέσα καταπολεμήσεως τούτων. Καπνολογικό Ινστιτούτο της Ελλάδας 4, σελ. 391.

Σταμόπουλος, Δ.Κ., 1995. Έντομα αποθηκών, μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών. Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ. 249.

Σταμόπουλος, Δ.Κ., 2008. Εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων, μουσείων και κατοικιών. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος, σελ. 239.

Steffan, J. R., 1982. L' entomofaune de la momie de Ramese II. *Annales de la Societe Entomologique de France* 18, 531-537.

Τζανακάκης, Ε. Μίνως, 1980. Μαθήματα εφαρμοσμένης εντομολογίας. Τόμοι Α' & Β', Εκδ. Ζήτη Ο.Ε., Θεσσαλονίκη, σελ. 341, 613.

Τζανακάκης, Ε. Μίνως, 1995. Εντομολογία. Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και περιοδικών, Θεσσαλονίκη, σελ. 501.

Valmas Nicholas, Ebert, R. Paul, 2006. Comparative toxicity of fumigants and a Phosphine synergist using a novel containment chamber for the safe generation of concentrated phosphine gas. University of Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, 201- 204.

Zettler, J.L., Keever, D.W., 1994. Phosphine resistance in cigarette beetle (Coleoptera: Anobiidae) associated with tobacco storage in the southeastern United States. *Journal of Economic Entomology* 87, 546–550.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000102059

