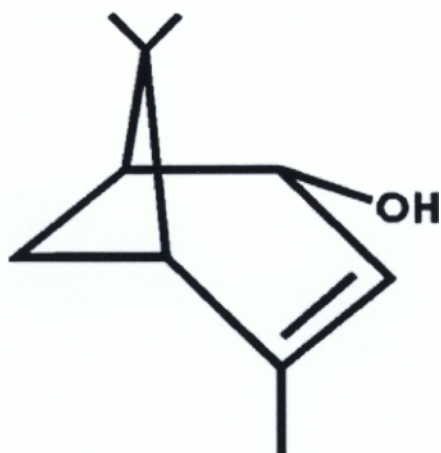

Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕ.Γ.
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

**ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΕΡΟΜΟΝΩΝ
ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ
ΕΝΤΟΜΩΝ -ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΦΥΤΩΝ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ
ΚΟΥΤΣΙΑΝΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ**

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2006

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Επειδή κατά τη διάρκεια της ζωής μας δεν είναι πολλές οι φορές που έχουμε την ευκαιρία να ευχαριστήσουμε όλους αυτούς που μας έχουν στηρίξει μέσα στα χρόνια, η εργασία αυτή δίνει το κατάλληλο βήμα για να εκπληρώσουμε το σκοπό αυτό. Θα ήθελα λοιπόν να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, που στάθηκε στο πλάι μου καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησης μου αλλά και τον επιβλέποντα καθηγητή τον κύριο Ηλιόπουλο Παναγιώτη που με βοήθησε στην ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6

ΧΗΜΙΚΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

ΟΙ ΠΡΩΤΕΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΕΠΑΦΕΣ ΜΕ ΤΑ ΣΗΜΕΙΟΧΗΜΙΚΑ.....	10
ΣΗΜΕΙΟΧΗΜΙΚΑ.....	12

INTRASPECIFIC - ΦΕΡΟΜΟΝΕΣ

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	15
Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΩΝ ΦΕΡΟΜΟΝΩΝ.....	16
ΧΗΜΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΓΝΩΣΤΩΝ ΦΕΡΟΜΟΝΩΝ.....	17
Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΜΙΑΣ ΦΕΡΟΜΟΝΗΣ.....	19
ΠΩΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΟΙ ΦΕΡΟΜΟΝΕΣ ΣΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΕΠΙΔΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ.....	22
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΕΡΟΜΟΝΩΝ.....	24
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΦΕΡΟΜΟΝΩΝ ΣΕ ΟΡΙΣΜΕΝΑ ΕΝΤΟΜΑ.....	29
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	34
ΠΑΓΙΔΕΣ ΦΕΡΟΜΟΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΕΠΙΒΛΑΒΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ.....	35

INTERSPECIFIC – ΑΛΛΗΛΟΧΗΜΙΚΑ

ΑΛΛΟΜΟΝΕΣ.....	40
ΚΑΙΡΟΜΟΝΕΣ.....	41
ΣΥΝΟΜΟΝΕΣ.....	41
ΑΠΝΕΥΜΟΝΕΣ.....	43

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ.....	44
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ INTERNET.....	48

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ

Ο έλεγχος των επιδημικών παραγόντων είναι μια συνεχής, επίπονη και πολλές φορές αναποτελεσματική διαδικασία. Η επιβολή σε εχθρικούς, διαρκώς μεταβαλλόμενους παράγοντες, προϋποθέτει αδιάκοπη έρευνα και καινοτόμα προϊόντα καταπολέμησης. Τέτοια που όχι μόνο να προστατεύουν τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις, αλλά να προστατεύουν και το περιβάλλον, διατηρώντας έτσι την αναγκαία οικολογική ισορροπία.

Στα πλαίσια αυτής της πολιτικής τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μια συστηματική προσπάθεια για την εξεύρεση φυτοπροστατευτικών προϊόντων που δεν θα αφανίζουν ολόκληρους πληθυσμούς εντόμων, αλλά θα αποτρέπουν την ζημιογόνα δράση τους στις καλλιέργειες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με διάφορα χημικά που στοχεύουν όχι στην εξόντωση αλλά στη διατήρηση χαμηλών πληθυσμών επιβλαβών εντόμων. Η έρευνα πάνω στο τρόπο ζωής και τη βιολογία των εντόμων έδειξε ότι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες μετατροπής μιας απλής προσβολής σε μορφή επιδημίας είναι και η επικοινωνία που έχουν ορισμένα είδη εντόμων μεταξύ τους.

Η επικοινωνία αυτή εκτείνεται σε ένα ευρύ φάσμα πληροφοριών που καθορίζουν την διαβίωση, την αναπαραγωγή, την εξεύρεση κατοικίας και μια σειρά άλλων δραστηριοτήτων της καθημερινότητας του εντόμου. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι η παρεμβολή μας σε ορισμένους από αυτούς τους τομείς μπορεί να καθορίσει τον πληθυσμό αλλά και την επικινδυνότητα ενός επιδημικού παράγοντα χωρίς παράλληλα να δημιουργεί οικολογική ανισορροπία. Τα χημικά που κινούνται σε αυτή τη κατεύθυνση καλούνται *χημικά ελέγχου συμπεριφοράς*.

Τα χημικά ελέγχου συμπεριφοράς αποτελούνται από μία κύρια κατηγορία χημικών τα σημειοχημικά. *Τα σημειοχημικά είναι χημικά (σύνθετες χημικές ενώσεις) που μεταβιβάζουν πληροφορίες ανάμεσα στα άτομα.* Αν γνωρίζουμε λοιπόν την σημασία των *σημειοχημικών* μπορούμε να αναπαράγουμε και να χρησιμοποιήσουμε προς όφελος μας τις ουσίες που προειδοποιούν τα έντομα για κίνδυνο ή για την ακαταλληλότητα της τροφής ή ακόμα και για την αναπαραγωγή τους. Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνουμε την απομάκρυνσή τους από τον τόπο της καλλιέργειας μας, την μείωση στην κατανάλωση της τροφής αλλά και την μείωση του ρυθμού της αναπαραγωγής τους.

Η αποτελεσματικότητα των ουσιών αυτών συνυπολογιζομένου και του γεγονότος ότι στην πλειοψηφία τους είναι εντελώς ακίνδυνες για τον άνθρωπο αλλά και το περιβάλλον, τις καθιστούν ιδιαίτερες χρήσιμες και αναντικατάστατες στη μάχη με τους επιδημικούς παράγοντες και δη των πιο ζημιογόνων από αυτούς τα έντομα.

Αν και στο εξωτερικό έχουν γίνει μεγάλα ερευνητικά αλλά και πειραματικά βήματα πάνω σε αυτά τα προϊόντα και ήδη χρησιμοποιούνται από μια μεγάλη γκάμα παραγωγών με εντυπωσιακά αποτελέσματα, εντούτοις στην Ελλάδα (και συγκεκριμένα στον γεωργικό κλάδο) επικρατεί άγνοια για την ύπαρξη πόσο μάλλον για την χρησιμοποίησή τους. Αυτό φέρνει για μια ακόμη φορά το γεωργικό τομέα της χώρας μας στη θέση του θεατή των παγκόσμιων εξελίξεων δυσχεραίνοντας ακόμα περισσότερο την ανταγωνιστικότητα των προϊόντων της Ελληνικής γεωργίας.

Στόχος λοιπόν της εργασίας αυτής αποτελεί η όσο το δυνατό πληρέστερη ενημέρωση πάνω στις σημειοχημικές ενώσεις και στον τρόπο εφαρμογή τους σαν φυτοπροστατευτικά προϊόντα σε μια σύγχρονη γεωργική εκμετάλλευση.

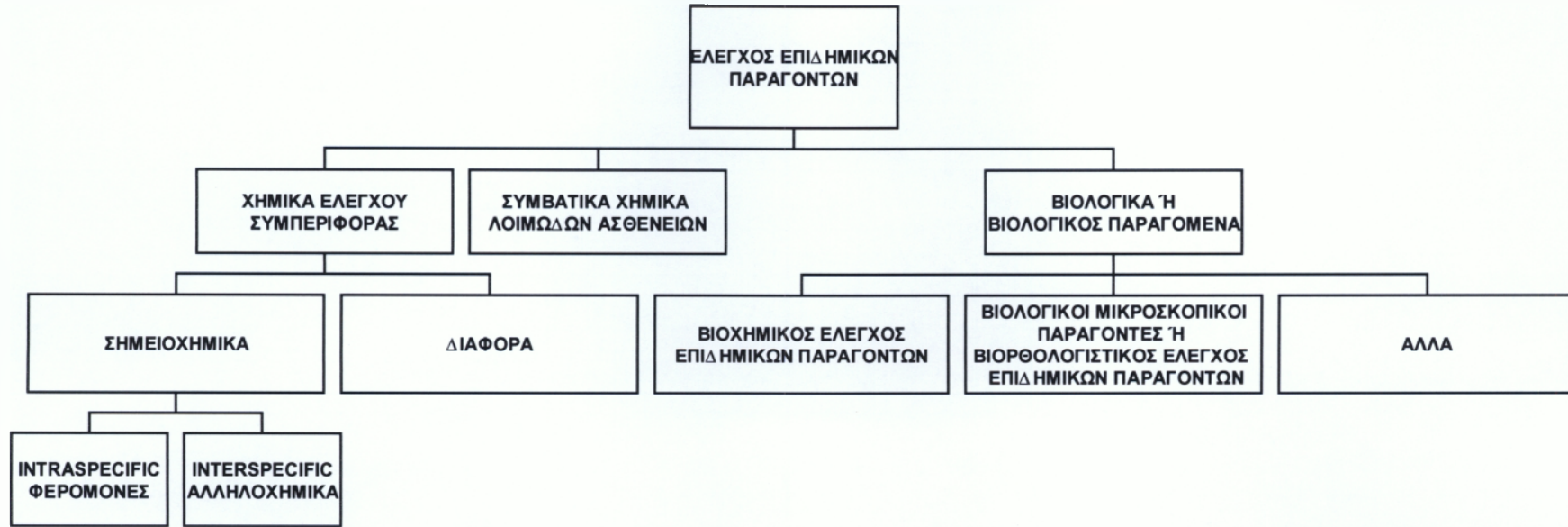
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους πραγματοποιούμε χημικό έλεγχο σε επιβλαβείς παράγοντες. Μια συνοπτική παρουσίαση τους γίνεται στον πίνακα 1.

Όταν αναφέρουμε τον όρο «*χημικός έλεγχος*», οι περισσότεροι άνθρωποι καταλαβαίνουν ότι ο *χημικός έλεγχος* παρασίτων περιλαμβάνει τη χρήση χημικών ουσιών για να σκοτώσει ή να αναστατώσει τον κύκλο ζωής ενός επιβλαβούς εντόμου. Αλλά λίγοι άνθρωποι, έξω από το κύκλο της εντομολογίας, αντιλαμβάνονται την διαφορετικότητα των ενώσεων αυτών, και με πόσο διαφορετικό τρόπο μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Αν και τα συμβατικά εντομοκτόνα, τα δηλητήρια, είναι ακόμα ένα στήριγμα του χημικού ελέγχου, εκτοπίζονται βαθμιαία από τις λιγότερο τοξικές ενώσεις που αναστατώνουν την ανάπτυξη των εντόμων ή τροποποιούν την συμπεριφορά τους. Μερικά από αυτά τα νέα χημικά όπλα είναι πιο ασφαλή για το περιβάλλον από ότι τα περισσότερα συμβατικά εντομοκτόνα και πιο αποτελεσματικά από ότι τα βιολογικά (ή βιολογικώς παραγόμενα).

Όπως αναφέρθηκε *σημειοχημικές ουσίες (Semiochemicals)*, είναι οι σύνθετες χημικές ενώσεις που μεταβιβάζουν πληροφορίες ανάμεσα στα άτομα. Με την αντιστροφή αυτών των χημικών ουσιών εις όφελός μας,

Πίνακας 1. Τρόποι ελέγχου επιδημικών παραγόντων



- ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΗΣ
- ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ
- ΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΕΝΑΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΥΓΩΝ
- ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΣΠΙΤΙΟΥ
- ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
- ΙΧΝΩΝ
- ΑΛΛΟΜΟΝΕΣ
- ΚΑΙΡΟΜΟΝΕΣ
- ΣΥΝΟΜΟΝΕΣ
- ΑΠΝΕΥΜΟΝΕΣ

- ΟΡΜΟΝΕΣ
- ΦΥΣΙΚΑ ΦΥΤΑ
- ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ
- ΕΝΤΟΜΑ

- ΒΑΚΤΗΡΙΑ
- ΜΥΚΗΤΕΣ
- ΠΡΩΤΟΖΩΑ
- ΙΩΣΕΙΣ & ΙΟΙ

- ΑΡΠΑΚΤΙΚΑ ΕΝΤΟΜΩΝ
- ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΠΑΡΑΣΙΤΑ
- ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ

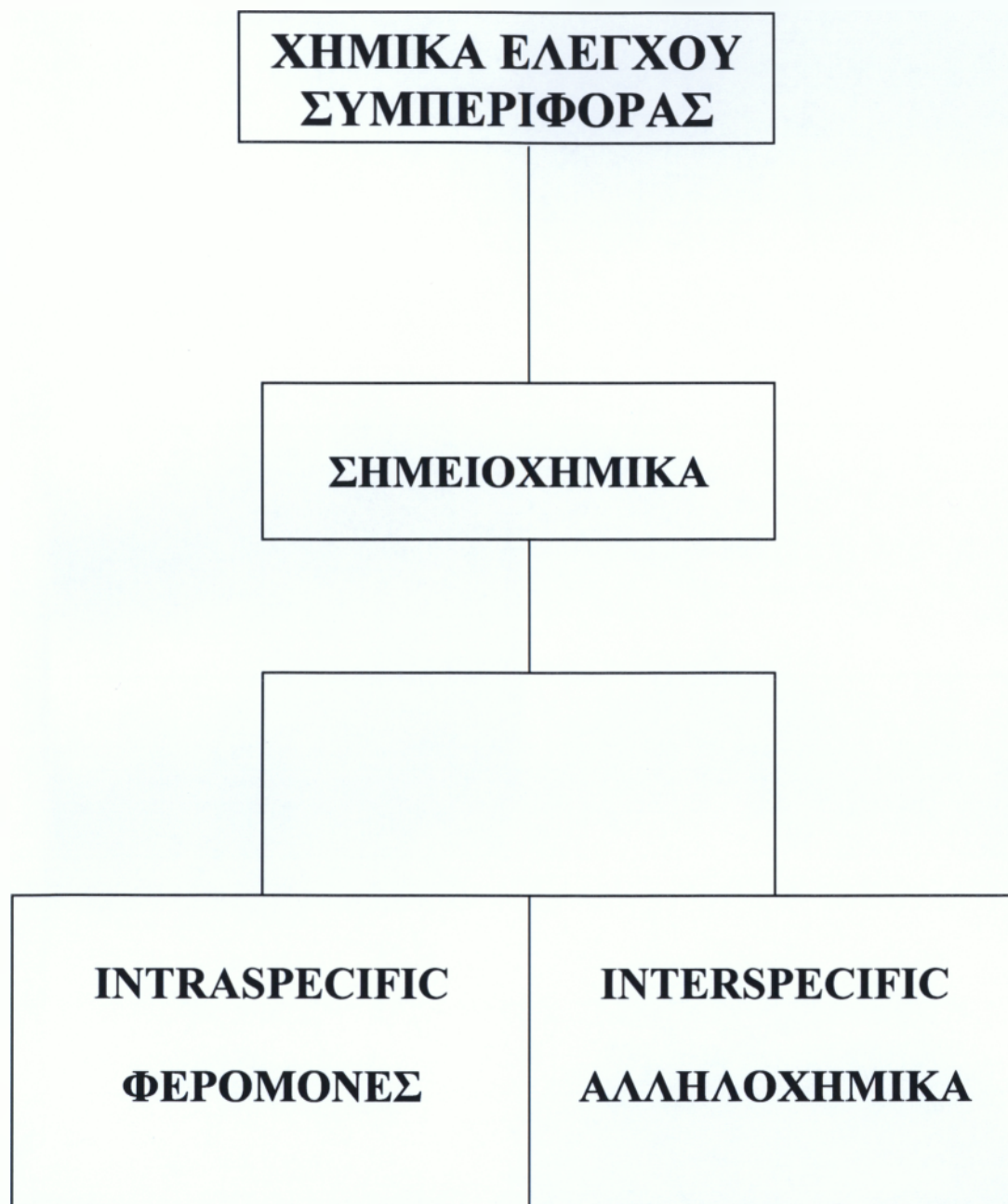
είναι συχνά πιθανό να προσελκυστούν τα παράσιτα στις παγίδες ή τα δολώματά μας, ή να αποκρουσθούν από τα σπίτια μας, τις συγκομιδές μας, ή τα εσωτερικά ζώα μας. Λειτουργικά λοιπόν, μπορούν να έχουν μια ευρεία σειρά δραστηριότητας. Μπορούν να εξυπηρετήσουν ως ελκυστικά (attractants), ή απωθητικά, μπορούν να υποκινήσουν ή να προκαλέσουν την σίτιση, αντίστοιχα την πτήση, ή απλά να επισπεύσουν ή να αναστείλουν την σύζευξη.

Αντίθετα όταν χρησιμοποιούμε συμβατικά χημικά όπλα στοχεύουμε σε μια συγκεκριμένη δράση του εντόμου. Συνέπεια αυτού είναι τα έντομα να προσαρμόζονται γρήγορα, δημιουργώντας αμυντικούς μηχανισμούς, καταφέροντας έτσι με την πάροδο γενεών να μην επηρεάζονται από την ύπαρξη αυτών.

Από την άλλη τα βιοχημικά ή βιολογικά όπλα ναι μεν δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον και δρουν στη βιολογία του εντόμου (άρα σε διάφορες φάσεις του και δύσκολα το έντομο μπορεί να τα ξεπεράσει) αλλά από την άλλη το μεγάλο κόστος, η εξειδίκευση στη χρήση και σε πολλές περιπτώσεις η αναποτελεσματικότητά τους τα διαφοροποιεί σημαντικά από τα χημικά ελέγχου συμπεριφοράς.

Στα παρακάτω κεφάλαια θα γίνει μια παρουσίαση των χημικών ελέγχου συμπεριφοράς, ως προς το ποιες λειτουργίες του εντόμου ελέγχουν, από ποιες κατηγορίες χημικών αποτελούνται και διάφορα παραδείγματα χρησιμοποίησής τους σε γεωργικές εκμεταλλεύσεις.

Πίνακας 2. Κατηγορίες χημικών ελέγχου συμπεριφοράς



ΧΗΜΙΚΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ – ΣΗΜΕΙΟΧΗΜΙΚΑ

ΟΙ ΠΡΩΤΕΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΕΠΑΦΕΣ ΜΕ ΤΑ ΣΗΜΕΙΟΧΗΜΙΚΑ

Η πρώτη ανθρώπινη μη επιστημονική επαφή με τα σημειοχημικά συνέβη πριν από πολλή καιρό. Η πρώτη τάξη τέτοιων ουσιών που αναγνωρίστηκε ήταν οι αλλομόνες. Τα δηλητήρια των υμενοπτέρων πιθανών να ήταν αναγνωρίσιμα από τους πρώτους ανθρώπους, με το να ξεχωρίζουν απλά ότι το τσίμπημα της μέλισσας πονούσε. Οι πρώτοι άνθρωποι επίσης ήταν σε θέση να καταλαβαίνουν και πιο ευφυείς (πονηρές) χημικές άμυνες που χρησιμοποιούνταν από έντομα κυρίως μέσω της οσμής τους, όπως π.χ. τα έντομα Pentatomidae μύριζαν και είχαν άσχημη γεύση. Αυτού του είδους οι παρατηρήσεις διατηρήθηκαν στις παραδόσεις δια μέσου των γενεών, και κρίθηκαν αρκετά σημαντικές ώστε να υπάρχουν και να αποτελούν χαρακτηριστικά διάκρισης στην παραδοσιακή νομενκλατούρα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα ακόλουθα:

1. έντομα που τσιμπούν (sting bugs) – Στην Αγγλία Homoptera: Pentatomidae
2. μύγες που τσιμπούν (stink flies) – Στην Γερμανία Neuroptera: Chrysopidae: Chrysopa
3. έντομα που προκαλούν φλύκταινες (blister beetles) – Στην Αγγλία Coleoptera: Meloida κ.α.

Δεν είναι πάντως γνωστό πότε ήταν η πρώτη φορά που συνειδητοποιήσαμε ότι αυτοί οι μηχανισμοί εξυπηρετούσαν αμυντικούς σκοπούς των εντόμων. Παρ' όλα αυτά η πρώτη επιστημονική καταγραφή γίνεται στο Δαρβίνο, ο οποίος αναφέρεται σε μια εμπειρία που είχε όταν κατά την διάρκεια συλλογής διαφόρων ειδών σκαθαριών, και ενώ τα χέρια του ήταν γεμάτα προσπαθώντας να ελευθερώσει το ένα του χέρι έβαλε ένα σκαθάρι (carabid beetle) στο στόμα του. Η άσχημη μυρωδιά και η απαίσια γεύση του έκαναν μεγάλη εντύπωση στο Δαρβίνο, έτσι ώστε αργότερα έγραψε για τις

αμυντικές δυνατότητες, στο έντυπο για την φυσική επιλογή και επιβίωση του υγιούς (Natural selection and survival of the fit).



Εικ.1 Μία απόδειξη χρήσης σημειοχημικών από τα έντομα αποτελεί και το θηλυκό κουνούπι (κώνωψ ο ανωφελής) που χρησιμοποιεί το CO₂ για να εντοπίσει τα θύματά του.

Ακολουθεί ένα νεκρό διάστημα, αναφορικά με τις ουσίες αυτές όπου δεν προκύπτει καμία αναφορά ή κάποιο πείραμα που να πραγματοποιείται με αυτές τις ουσίες. Έτσι φτάνουμε αισίως στον 20^ο αιώνα και συγκεκριμένα το 1932 όπου ο Beth αναγνωρίζει ότι υπάρχουν χημικά που μεταφέρουν πληροφορίες ανάμεσα στα άτομα. Μάλιστα για τον μηχανισμό αυτό πιστεύεται ότι είναι παρόμοιος με τον τρόπο που οι ορμόνες μεταφέρουν τις πληροφορίες ανάμεσα στα διάφορα μέρη του ίδιου ατόμου. Για ολόκληρη την κατηγορία των σημειοχημικών πρότεινε τον όρο “ektohomones” (εκτορμόνες). Αυτή είναι και η βάση για τα καθορισμένα ονόματα που χρησιμοποιούμε σήμερα στις κατηγορίες των χημικών αυτών. Για να ονομάσει συγκεκριμένες κατηγορίες από τις ουσίες και έχοντας υπόψη τις λειτουργίες τους πρότεινε του ακόλουθους όρους:

- “Homiohormone”
- “Alloiohormone”

- “Blaptones”

Οι αντίστοιχες ονομασίες κατηγοριών σήμερα είναι:

- “Pheromones” στα ελληνικά Φερομόνες
- “Allomones” στα ελληνικά Αλλομόνες
- “Kairomones” στα ελληνικά Καιρομόνες

Από τότε και μέχρι σήμερα έχουμε ανακαλύψει πολλά πράγματα πάνω σε αυτό τον τομέα που δεν αφορούν μόνο τα έντομα αλλά επεκτείνονται και σε ανώτερα όντα ακόμη και στους ανθρώπους. Είναι χαρακτηριστικό ότι υπάρχουν προϊόντα που πραγματεύονται τα σημειοχημικά, ότι προσελκύουν σεξουαλικά αντιθέτου φύλλου άτομα στους ανθρώπους, όμως η αποτελεσματικότητά τους βρίσκεται υπό αμφισβήτηση. (Nordlund, D.A. 1981.),(Millar, J.G. and K.F. Haynes. 1998.)

Παρακάτω θα γίνει αναλυτική παρουσίαση των σημειοχημικών.

ΣΗΜΕΙΟΧΗΜΙΚΑ

Τα σημειοχημικά είναι σύνθετα χημικά, χημικές ενώσεις, που μεταβιβάζουν πληροφορίες ανάμεσα στα άτομα. Τείνουμε να θεωρούμε τα χημικά που μεταδίδονται μέσω του αέρα όταν σκεφτόμαστε τα σημειοχημικά, παρ’ όλα αυτά λειτουργούν και μέσω επαφής. Η πτητικότητα (στην συγκεκριμένη περίπτωση το κατά πόσο εύκολα μπορεί να κυκλοφορήσει στον αέρα και σε μεγαλύτερη έκταση) της ουσίας καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το πώς και πότε θα εντοπιστεί από κάποιο έντομο. Τα χημικά που μεταδίδονται μέσω του αέρα είθισται να αποτελούνται από μακριές ανθρακικές αλυσίδες (συντά 16-24 άτομα άνθρακα) ενώ αυτά της επαφής είναι συνήθως μεγαλύτερα μόρια.

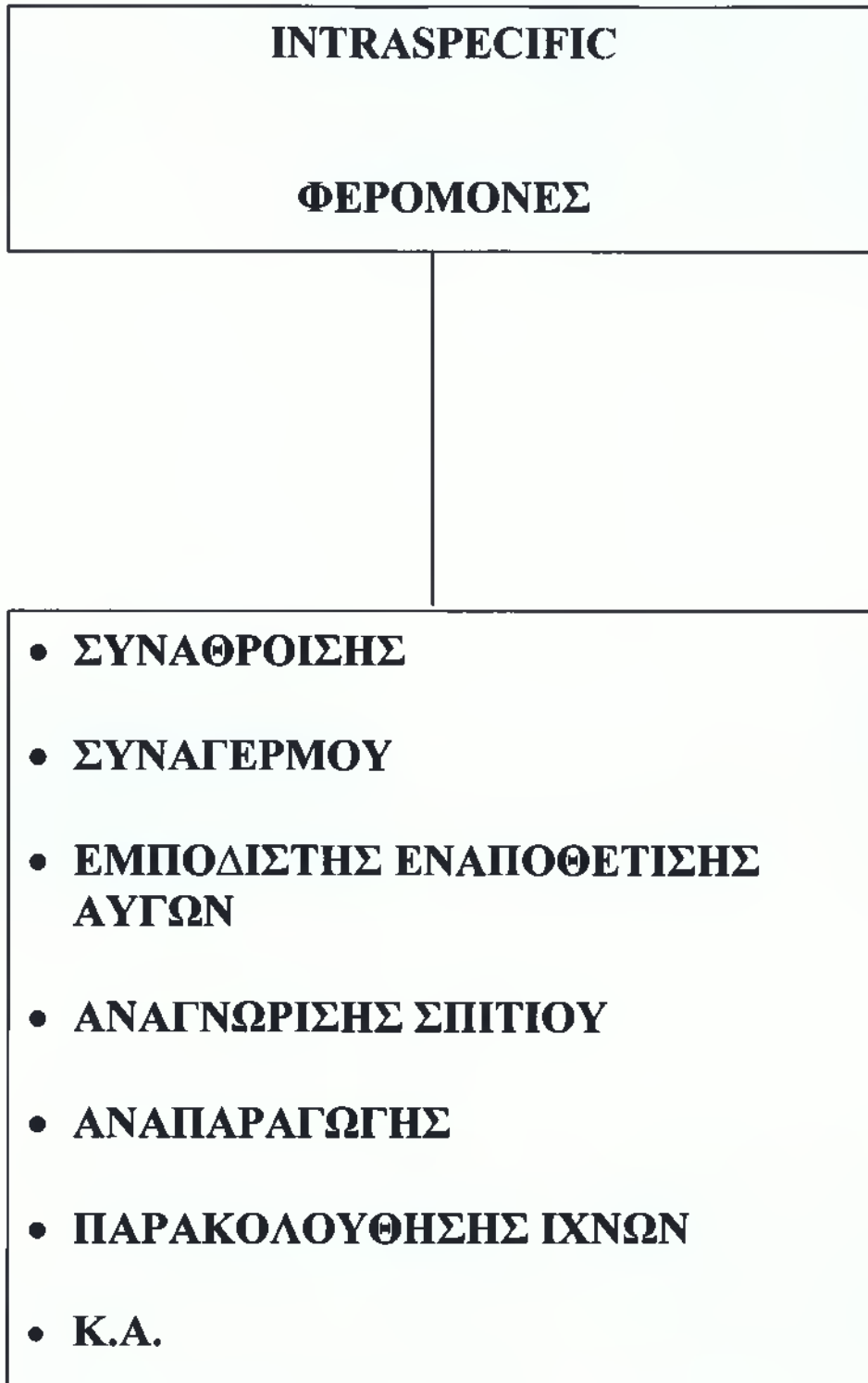
Τα σημειοχημικά υποδιαιρούνται σε δύο κύριες κατηγορίες τα αλληλοχημικά και τις φερομόνες αναλόγως αν οι αλληλεπιδράσεις (οι πληροφορίες που μεταβιβάζονται) αφορούν τα έντομα με το περιβάλλον ή αν αφορούν τα έντομα μεταξύ τους. Επειδή δεν υπάρχει ελληνική ορολογία και χάριν συντομίας για τις συγκεκριμένες κατηγορίες θα χρησιμοποιούμε τους αγγλικούς όρους “interspecific”

και “intraspecific” αντίστοιχα. Τα αλληλοχημικά λοιπόν είναι χημικά πολύ σημαντικά για τα άτομα τους είδους αλλά προέρχονται από πηγές διαφορετικών ειδών.

Τα αλληλοχημικά χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες αναλόγως με το αν η απάντηση του δέκτη είναι ευνοϊκή για αυτόν που την εκπέμπει και όχι για αυτόν που την δέχεται (δέκτη). Σε αυτή την περίπτωση τα χημικά ανήκουν στην κατηγορία των αλλομονών (allomonones). Εάν είναι ευνοϊκή για τον δέκτη και όχι για τον αποστολέα ανήκουν στις καιρομόνες (kaiomonones), και τέλος αν είναι ευνοϊκή και για τον δέκτη αλλά και τον αποστολέα τότε ανήκουν στην κατηγορία των συνομονών (synomonones). Από μόνες τους οι ονομασίες αλληλοχημικά και φερομόνες δεν μπορούν να μας δώσουν επακριβώς την λειτουργία της χημικής ουσίας γι’ αυτό είναι πιο λειτουργικό να αναφερόμαστε στα χημικά με διάφορους όρους όπως αρεστά (αυτά που αρέσουν στα έντομα), προσελκυστικά, απωθητικά, εμποδιστικά, ερεθιστικά και άλλους περιγραφικούς όρους. Αυτοί οι όροι μπορούν να μας δείξουν τι συμπεριφορά εμπεριέχεται για παράδειγμα αν θα χορηγήσουμε στα έντομα χημικά που προκαλούν ερεθισμό ή χημικά που κάνουν το έντομο να θέλει να πετάξει.

Από την άλλη οι φερομόνες διοχετεύονται από ένα άτομο ενός είδους για να προκαλέσει μια συγκεκριμένη αντίδραση σε ένα άλλο μέλος ή μέλη του ίδιου είδους. Οι φερομόνες μπορούν να διαχωριστούν περαιτέρω με βάση την πράξη για την οποία θέλουν να ενημερώσουν τα άλλα μέλη όπως συναγερμού, συνάθροισης ή ακόμα και φερομόνες ζευγαρώματος κ.α. Να αναφέρουμε εδώ ότι οι φερομόνες ζευγαρώματος έχουν και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον και χρησιμοποιούνται κατά κόρων σαν όπλο για τον έλεγχο επιδημικών παραγόντων. Επειδή λοιπόν οι φερομόνες είναι οι σημαντικότερες χημικές ουσίες θα δώσουμε μεγαλύτερη έμφαση σε αυτές, και συγκεκριμένα ποιες δραστηριότητες των εντόμων ελέγχουν, διάφορα παραδείγματα φερομονών στα έντομα και τέλος πως τις χρησιμοποιούμε στη γεωργική πράξη.
(Anonymous. 1981.)

Πίνακας 3 Κατηγορίες Φερομονών



INTRASPECIFIC – ΦΕΡΟΜΟΝΕΣ

Ιστορική Αναδρομή

Φερομόνες είναι τα σύνθετα χημικά που παράγονται από ένα άτομο του είδους, λαμβάνονται από ένα άλλο του ίδιου είδους και προκαλούν μια καθορισμένη συμπεριφορά, ή φυσιολογική αντίδραση, στον παραλήπτη.

Η ύπαρξη των φερομονών είναι γνωστή εδώ και αιώνες, όπως ήδη προαναφέρθηκε το τσίμπημα της μέλισσας και συγκεκριμένα όταν ένα σμήνος επιτίθεται, προκαλείται από την ύπαρξη των ουσιών αυτών. Η ιδέα ότι χημική επικοινωνία μπορεί να υπάρξει μεταξύ ατόμων του ίδιου είδους αναπτύχθηκε στα τα τέλη του 17^{ου} αιώνα. Η πρώτη απόδειξη που υποστήριζε την υπόθεση αυτή διατυπώθηκε από ένα Γάλλο ιερέα τον Henri Fabre, ο οποίος είχε σαν εμμονή το να μεγαλώνει πεταλούδες και να παρατηρεί την βιολογία τους. Ο Fabre έδειξε ότι το όργανο όσφρησης στις πεταλούδες ήταν οι κεραίες, και ότι τα αρσενικά έλκονται από τα θηλυκά για αναπαραγωγή όταν οι πεταλούδες βρίσκονται στο στάδιο όπου μπορούν να πετάξουν. Στα 1930 στην Τσεχοσλοβακία θηλυκά, ενός είδους εντόμου που προσβάλλει φρούτα, χρησιμοποιήθηκαν ως δόλωμα για να παγιδευτούν αρσενικά σε μια προσπάθεια να ελεγχθεί η ύπαρξη του επιδημικού αυτού παράγοντα και στη συνέχεια να καταπολεμηθεί.

Οι φερομόνες ήταν οι πρώτες σημειοχημικές ουσίες που ανακαλύφθηκαν επιστημονικά. Ο Butenandt (1939) ήταν ο πρώτος που δημοσίευσε προκαταρκτικές χημικές αναλύσεις της bombykol από τις μελέτες του σε silk moth, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). Η πρόοδος ήταν πολύ αργή λόγω του 2^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου και της μεταπολεμικής περιόδου ανασύνταξης, αλλά περίπου το 1950 αυτή η περιοχή έρευνας άρχισε να φτάνει σε αποτελέσματα αφού απομονώθηκε και αναγνωρίστηκε η bombykol. Οι Karlson και Butenandt δημιούργησαν τον όρο «φερομόνη» το 1959. Η δομή και η λειτουργία της bombykol επιβεβαιώθηκε με την σύνθεση της ουσίας (Butenandt and Hecker 1961). Αυτό έγινε και το πρότυπο για τις ορμόνες αναπαραγωγής.

Οι τεχνολογικές πρόοδοι όπως ο χρωματογράφος αερίου, χρωματογράφος μαζικού σπεκτροφωτόμετρο αερίου και ακόμα πιο πρόσφατες συσκευές διευκόλυναν πολύ τις μελέτες πάνω στα σημειοχημικά. Η ανακάλυψη και απομόνωση

των ενεργών ενώσεων πήρε 22 έτη με την ουσία bombykol ενώ αυτό μπορεί να γίνει τώρα σε μερικές ώρες. Έτσι ενώ μέχρι το 1965 είχαν αναγνωριστεί 3 φερομόνες, 20 μέχρι το 1970, 40 μέχρι το 1975, και 100 μέχρι το 1978, σήμερα έχουμε αναγνωρίσει πάνω από 1000 φερομόνες μιας ποικιλίας ειδών που εκτείνεται από τα έντομα, τις αράχνες, τα ψάρια, τα αμφίβια, τα ερπετά μέχρι και τα ανώτερα θηλαστικά. Αξίζει να σημειωθεί ότι μόνο στα πουλιά δεν έχουν βρεθεί φερομόνες. (Brooks, T. W. 1980.) (Brooks, T.W. Doane, C.C., Staten, R. T. 1979.)

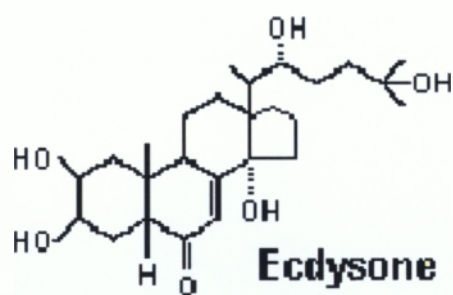
Η Χημεία των Φερομονών

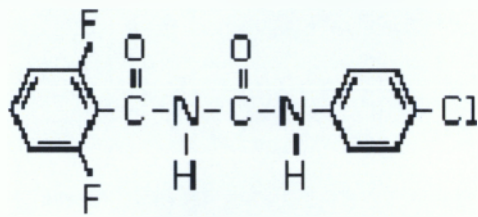
Οι φερομόνες είναι μίγματα δύο ή περισσότερων χημικών ενώσεων οι οποίες όμως χρειάζεται να είναι επακριβώς αναμειγμένες για να είναι βιολογικά ενεργές. Κατά κύριο λόγο τις συναντάμε σαν ασετύνες, αλκοόλες ή αλδεΐδες. Είναι συνήθως πτητικά χημικά σύνθετα και συνήθως μεταφέρονται μέσω του αέρα. Επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις είναι υψηλής πτητικότητας τα μηνύματα μπορούν να διαδοθούν άμεσα και σε μεγάλες αποστάσεις. Από την άλλη πλευρά οι φερομόνες εξαρτώνται και από πολλούς εξωγενείς παράγοντες όπως ο άνεμος ο οποίος μπορεί να διαταράξει την ακολουθία των σιγιάλων. Μπορούν όμως να μεταφερθούν και δια μέσου φυσικής επαφής. Πρόσφατα ανακαλύφθηκε ότι χρησιμοποιούνται και από οργανισμούς του νερού. Η πτητικότητα δεν παίζει βέβαια σημαντικό ρόλο σ' αυτή την περίπτωση καθώς βρισκόμαστε κάτω από το νερό, αλλά έχει μεγάλη σημασία η διαλυτότητα του νερού, αν πρόκειται οι φερομόνες να εξαπλωθούν σε μεγάλες αποστάσεις.

Είναι συνήθως χαμηλών ενεργειακών απαιτήσεων σύνθετα, δηλαδή μπορούν να συντεθούν από οργανισμούς με χαμηλά ενεργειακά κόστη. Στα έντομα οι φερομόνες εντοπίζονται από τις κεραίες της κεφαλής τους. Τα σήματα μπορεί να είναι ενεργά στο να προσελκύσουν άλλα έντομα που βρίσκονται πολύ μακριά και είναι πολύ επίμονα αφού μπορεί να παραμείνουν ενεργά σε ένα μέρος για πολλές ημέρες. Η μεγάλης διάρκειας φερομόνες επιτρέπουν στο να σημειωθούν τα όρια της περιοχής τους ή για την πηγή ύπαρξης τροφών. Άλλα σήματα είναι βραχείας διάρκειας ζωής

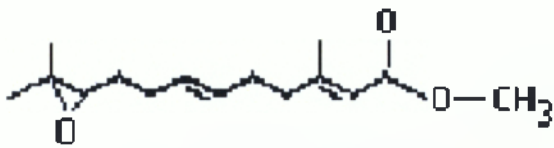
και σκοπεύουν στο να παρέχουν ένα άμεσο μήνυμα, όπως ένας άμεσος κίνδυνος ή μια μικρή περίοδος αναπαραγωγικής δραστηριότητας. Διαφορετικές φερομόνες χρησιμοποιούνται για να μεταδοθούν κάθε φορά διαφορετικές πληροφορίες. (Cardi, R. T. 1984.)

Χημικοί Τύποι Γνωστών Φερομονών

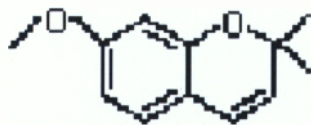




Diflubenzuron



Juvenile hormone

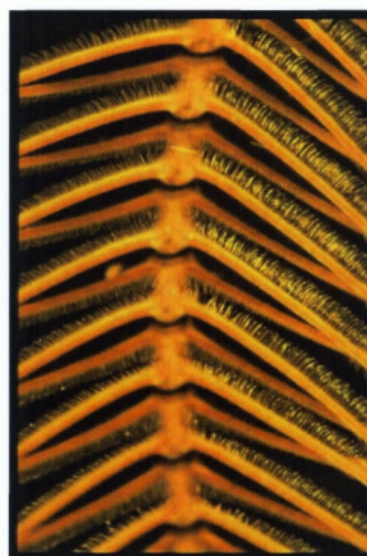


Precocene-1

Η Διαδικασία Αναγνώρισης μιας Φερομόνης

Η διαδικασία αναγνώρισης μιας φερομόνης ποικίλει ανάλογα με το είδος που τη χρησιμοποιεί αλλά και την ίδια τη σύσταση της φερομόνης. Παρακάτω θα περιγράψουμε συνοπτικά τη διαδικασία αναγνώρισης για ένα είδος moth και για μια φερομόνη αναπαραγωγής.

- Πρώτα αφαιρούμε τους αδένες από το θηλυκό που υποθέτουμε ότι παράγουν την ζητούμενη φερομόνη.
- Κατόπιν εκθέτουμε το αρσενικό στην παραγόμενη ουσία (οσμή) και παρατηρούμε τις αντιδράσεις του.
- Εν συνεχεία εκθέτουμε και την κεραία του αρσενικού στην εξαγωγή ουσία (οσμή) και εφ' όσον έχουμε κάποια αντίδραση προχωρούμε στο επόμενο βήμα.



*Εικ. 2 & 3 Μια κοντινή εικόνα του εντόμου *Attacus atlas* το οποίο είναι χαρακτηριστικό για τις μεγάλες κεραίες του. Μεγέθυνση της κεραίας του, από τις οποίες τα έντομα λαμβάνουν τα σημειοχημικά σήματα*

- Έπειτα διοχετεύουμε μια παραγόμενη από το θηλυκό ουσία (οσμή) στον χρωματογράφο αερίου, μια μηχανή που έχει την δυνατότητα να επεξεργάζεται το δείγμα και να το αποδομεί σε χωριστές χημικές ενώσεις, οι οποίες μετά σε συχνότητα δευτερολέπτων ή λεπτού στέλνονται κατευθείαν στην κεραία.

Η κεραία του εντόμου είναι πολύ πιο ευαίσθητη ακόμη και από την πιο ανεπτυγμένη ανθρώπινη μηχανή. Μετρώντας το τρέχον φορτίο της κεραίας ενώ είναι εκτεθειμένη στα συστατικά που εξέρχονται από το χρωματογράφο αερίου μπορούμε να προσδιορίσουμε ποιο χημικό συστατικό είναι βιολογικά ενεργό. Αυτά τα χημικά σύνθετα μπορούν να αναγνωριστούν αν μαζί με το χρωματογράφο συνδυάσουμε μια άλλη μηχανή τον «μαζικό ανιχνευτή επιλεγμένων συστατικών».



Εικ.4 & 5 Το σπεκτροφωτόμετρο αερίου είναι ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για την απομόνωση και αναγνώριση των ουσιών αυτών

Όταν μετρηθεί ολόκληρη η κεραία λαμβάνουμε σήματα από 10.000 μέχρι και 100.000 διεγερμένων νευρικών κυττάρων ταυτόχρονα. Πολλά από αυτά τα κύτταρα αντιδρούν σε ουσίες που αφορούν το φαγητό, τον άνεμο, την υγρασία κτλ. Ακουμπώντας ένα λεπτό ηλεκτρόδιο στην κεραία ή απλά κόβοντας την άκρη από μία τρίχα της κεραίας μπορούμε να μετρήσουμε ένα απλό δέκτη. Αυτό ονομάζεται καταγραφή ενός απλού κυττάρου. Τεστάροντας έπειτα συνθετικά χημικά σύνθετα μπορούμε να υποθέσουμε τις υποψήφιες φερομόνες, που συνήθως είναι αλκοόλες, αλδεϋδες ή ακετύλες, και να διαπιστώσουμε ποιες είναι βιολογικά ενεργές στο συγκεκριμένο είδος.

- Όταν θεωρήσουμε ότι βρήκαμε τα πιθανά συστατικά της φερομόνης παρασκευάζουμε πολλά συνθετικά μείγματα με διαφορετικές αναλογίες και ποσότητες. Τέλος τεστάρουμε τα σύνθετα μας σε ένα πειραματικό τούνελ. Σε αυτή την πλαστική κατασκευή τοποθετούμε στη μία άκρη του το χημικό μας σύνθετο ενώ μέσα στο τούνελ υπάρχει ένα συνεχές ρεύμα αέρα.

Στη συνέχεια αφήνουμε το αρσενικό έντομο στην αντίθετη άκρη αντίθετα στο ρεύμα αέρα. Εάν το μείγμα είναι το ιδανικό το αρσενικό το αντιλαμβάνεται και πετάει αντίθετα στον άνεμο προκειμένου να φτάσει στο δόλωμα.



Εικ. 6 & 7 Το τούνελ ανέμου και πως προσελκύει η φερομόνη ένα αρσενικό άτομο λεπιδοπτέρου

- Το τελευταίο βήμα είναι να δοκιμάσουμε τα δολώματά μας στη φύση τοποθετώντας το σύνθετο σε κολλώδεις χάρτινες παγίδες και να διαπιστώσουμε αν μπορούν να προσελκύσουν και να παγιδεύσουν τα αρσενικά.

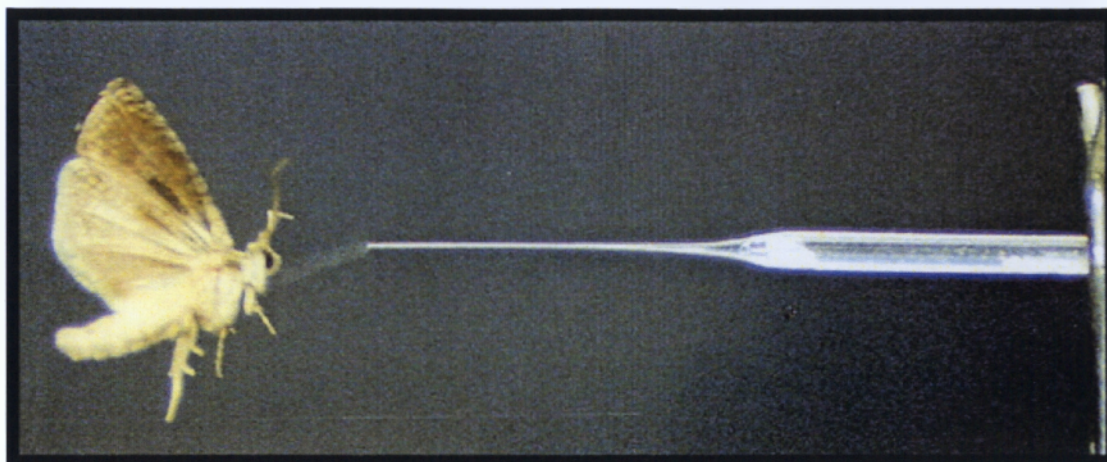
Πως Χρησιμοποιούνται οι Φερομόνες στον Έλεγχο Επιδημικών Παραγόντων

Υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες χρήσης των φερομονών στον έλεγχο επιδημικών παραγόντων. Η πιο σημαντική κατηγορία από αυτές είναι η παρακολούθηση ενός πληθυσμού από έντομα για να εξακριβωθεί εάν είναι παρόν ή απών από μια συγκεκριμένη περιοχή ή αν υπάρχουν αρκετά έντομα έτσι ώστε να δικαιολογείται μία δαπανηρή μέθοδος εξόντωσης που σαφώς ανεβάζει το κόστος παραγωγής. Αυτή η μέθοδος παρακολούθησης είναι το κλειδί για τον έλεγχο επιδημικών παραγόντων. Η παρακολούθηση χρησιμοποιείται ευρέως και για τον έλεγχο οικόσιτων εντόμων, όπως οι κατσαρίδες ή ακόμη για τον έλεγχο σε κέντρα αποθήκευσης σιταριού, ή σε κέντρα διανομής, ή τέλος για την παγκόσμια παρακολούθηση και διάδοση συγκεκριμένων κύριων ειδών εντόμων όπως τα *gypsy moth*, *Medfly* και *Japanese beetle*.

Μια δεύτερη κύρια κατηγορία χρήσης φερομονών είναι η μαζική παγίδευση εντόμων για να αποσυρθούν μεγάλοι αριθμοί επιβλαβών οργανισμών οι οποίοι αναπαράγονται και τρέφονται. Οι μαζικές μειώσεις του πληθυσμού των εντόμων τελικά αποσκοπούν στο να προστατευθούν οι πηγές τις οποίες χρησιμοποιεί ο άνθρωπος όπως το φαί και οι πρώτες ύλες. Η μαζική παγίδευση εφαρμόστηκε αρχικά πειραματικά στα σκαθάρια και έχει φέρει αποτελέσματα σε χιλιάδες έντομα τα οποία προσελκύονται από αυτήν τραβώντας τους πληθυσμούς μακριά κυρίως απ' τα δένδρα. Ο τρόπος αυτός της καταπολέμησης έχει επίσης εφαρμοστεί ενάντια στο έντομο *codling moth*, το οποίο είναι επιβλαβές παρασιτικό στα μήλα.

Η κύρια αρχή στην χρήση φερομονών ζευγαρώματος σε έντομα είναι να προσελκυστούν έντομα στις παγίδες για τον εντοπισμό την παρακολούθηση και την εξολόθρευση. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι τα αρσενικά που ανταποκρίνονται στις φερομόνες ζευγαρώματος που παράγονται από τα θηλυκά. Παγίδες δολώματα είναι σχεδιασμένα για να παράγουν επακριβώς τη συχνότητα αλλά και το είδος των χημικών συνθέτων που εκπέμπουν κατά το κάλεσμα τα θηλυκά. Μία ιδανική παγίδα δόλωμα θα έπρεπε να παράγει και να απελευθερώνει αργά και επακριβώς τις φερομόνες και όχι άμεσα το σύνολο ,ή αλλοιωμένες μετά από ένα χρονικό διάστημα. Επίσης το σχέδιο και το υλικό από το οποίο αποτελείται η παγίδα παίζει πολύ

σημαντικό ρόλο αλλά γι αυτό θα αναφερθούμε στα επόμενα κεφάλαια. (Anonymous, 1995.)



Εικ.8 Το αρσενικό άτομο ενώ πλησιάζει σε μια φερομόνη που του διοχετεύουμε από ειδικό όργανο

Η τρίτη κύρια κατηγορία εφαρμογής των φερομονών είναι η παρεμβολή – σύγχυση στο ζευγάρωμα των πληθυσμών των εντόμων. Αυτό βρίσκει καλλίτερη ανταπόκριση σε μεγάλης γεωργικής σημασίας επιβλαβή έντομα όπως τα moths. Σε αυτή την περίπτωση συνθετικές φερομόνες εμβαπτίζονται σε καρπούς και οι λανθασμένες εκκρίσεις τους προσελκύουν τα αρσενικά μακριά απ' τα θηλυκά ενώ αυτά περιμένουν να ζευγαρώσουν. Αυτό προκαλεί μείωση της αναπαραγωγής και ελαττώνει τον πληθυσμό των παρασίτων. Σε μερικές περιπτώσεις το αποτέλεσμα ήταν τόσο μεγάλο που τα παράσιτα τοπικά εξαφανίστηκαν εντελώς. Στη θεωρία υπάρχουν δύο τρόποι αποπροσανατολισμού του ζευγαρώματος α) να ακολουθήσουν τα έντομα παραπλανητικά ίχνη, β) να δημιουργήσουμε σύγχυση. Για να έχουμε αποτέλεσμα έτσι ώστε να ακολουθηθούν λανθασμένα ίχνη προϋποθέτεται η ύπαρξη πολύ περισσότερων πηγών φερομονών από ότι ο ανάλογος αριθμός θηλυκών που υπάρχει στην γεωργική εκμετάλλευση. Οι πιθανότητες τα αρσενικά σ' αυτή την περίπτωση να εντοπίσουν τα θηλυκά ίχνη μειώνεται σε πολύ μεγάλο βαθμό. Ακόμα και αν τελικώς εντοπισθούν τα θηλυκά η αναζήτηση θα έχει απορροφήσει την ενέργεια που είχαν τα αρσενικά για να ζευγαρώσουν.

Για τον έλεγχο λοιπόν των επιδημικών παραγόντων όπως γίνεται αντιληπτό κυρίως χρησιμοποιούμε φερομόνες ζευγαρώματος. Υπάρχει όμως μια πλειάδα κατηγοριών από ουσίες φερομονών που και αυτές είναι χρήσιμες στην προσπάθεια

για καταπολέμηση επιβλαβών εντόμων. Οι κυριότερες κατηγορίες αναφέρονται παρακάτω. (Chen, X., L. Gottlieb, and J.G.Millar, 2000)

Κατηγορίες Φερομονών

- Φερομόνες ζευγαρώματος-αναπαραγωγής (sex pheromones)

Οι φερομόνες αυτού του είδους μπορούν να παραχθούν και από τα δύο φύλα αν και κυρίως και πιο συχνά παράγονται απ' τα θηλυκά για να προσελκύσουν τα αρσενικά. Οι χρήσεις όσον αφορά τον έλεγχο επιδημικών παραγόντων αποσκοπούν: στο δελεασμό των πληθυσμών των εντόμων για να μπορούν να παρακολουθηθούν με ευκολία ή για να προσδιοριστούν οι ενεργές τους περίοδοι (περίοδοι όπου είναι σεξουαλικά ενεργά)(αφορά πολλά έντομα, κυρίως των οικογενειών Λεπιδόπτερων, Δίπτερων και Κολεόπτερων), ή να τα δελεάσουν ώστε να προσελκύσουν άτομα του ενός φύλου σε παγίδες για να μειώσουν το ζευγάρισμα (κυρίως Λεπιδόπτερα, μερικά Κολεόπτερα και ειδικά Scolytidae και εντόμων που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα), ενώ η μαζική χρήση αποσκοπεί στο να παρενοχλήσουν το κάλεσμα για ζευγάρισμα και την αναγνώριση (κυρίως Λεπιδόπτερα).

Οι φερομόνες ζευγαρώματος είναι οι περισσότερο χρησιμοποιήσιμες σημειοχημικές ουσίες στον έλεγχο των επιδημικών παραγόντων. Η συνέχεια και η αλληλοκάλυψη στις μεθόδους ελέγχου μας παρουσιάζει άλλη μια περίπτωση τεχνολογικής υπερτερότητας σε σχέση με άλλες μεθόδους αλλά και μας ανοίγει νέους δρόμους στην μάχη με τα επιβλαβή έντομα. Όπως προόδευσαν οι ανακαλύψεις στην χημική αναγνώριση έτσι υπήρξαν και αλματώδη βήματα στον τομέα της χημικής σύνθεσης, της μαζικής παραγωγής και της δημιουργίας φόρμουλας για ελεγχόμενη απελευθέρωση των ουσιών αυτών στο περιβάλλον. Απειροελάχιστες ποσότητες φερομόνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ένα πρόγραμμα ελέγχου. Σταδιακώς αυξανόμενες ποσότητες χρειάζονται καθώς κατευθυνόμαστε στην μαζική παγίδευση και την παρεμβολή μας στην επικοινωνία του πληθυσμού των εντόμων. Κάθε βήμα σε αυτήν την πρόοδο εμπεριέχει μία ολοκληρωμένη επιδημική διαχείριση με την

συνεχή βελτίωση των τεχνικών ελέγχου και των μηχανισμών ή προσφέροντας καινούργιες μη εντομοκτόνες (τοξικές) μέθοδοι ελέγχου.

Παραδείγματα:

1. Codling moth, *Laspeyresia* (= *Cydia*) *pomonella* (Linnaeus), φερομόνη: codlemone or codlure
2. Gypsy moth, *Lymantria dispar* (Linnaeus), φερομόνη: disparlure or gyplure
3. Pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders), φερομόνη: gossyplure
4. Japanese beetle, *Popillia japonica* (Newman), φερομόνη: japlure
5. Boll weevil, *Anthonomus grandis* (Boheman), φερομόνη: grandlure

Η codling moth, *L. pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae), είναι ένα τέλειο παράδειγμα για να τονίσουμε πώς από ένα στάδιο ελέγχου, απλά διοχετεύοντας μεγαλύτερες ποσότητες μπορούμε να φτάσουμε στο επόμενο. Ο έλεγχος δια μέσου των φερομονών ξεκίνησε τη δεκαετία του 70, οι προσπάθειες για μαζική παγίδευση τη δεκαετία του 80 και η σύγχυση στο ζευγάρι των εντόμων τη δεκαετία του 90. (Carde, R.T, Minks, A.K. 1995.)

• Φερομόνες συνάθροισης (aggregation pheromones)

Αυτού του είδους οι φερομόνες είναι παρόμοιες με τις φερομόνες ζευγαρώματος στο γεγονός ότι ελκύουν πολύ συγκεκριμένα έντομα αλλά σε αντίθεση με τις προηγούμενες προσελκύουν άτομα και από τα δύο φύλα. Είναι κυρίως γνωστές από τα σκαθάρια (Coleoptera: Scolytidae) που χρησιμοποιούν μαζικές επιθέσεις για να υπερνικήσουν τους αμυντικούς μηχανισμούς ενός δένδρου που δέχεται την επιδρομή τους. Αυτό είναι καλλίτερα γνωστό από τα είδη των εντόμων *Dendroctonus*, *Scolytus* και *Ips*. Οι χρήσεις για τον έλεγχο επιδημικών παραγόντων εκτείνονται από την παρακολούθηση, στην παγίδευση και στην σύγχυση των εντόμων.

Παραδείγματα:

1. Southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis*, φερομόνη: frontalin
2. Spruce beetle, *D. rufipennis*, φερομόνη: frontalin

3. Western pine beetle, *D. brevicomis* LeConte, brevicomin, verbenone, φερομόνη: transverbenone
4. European elm bark beetle, *Scolytus multistriatus*, φερομόνη: multilure

- Φερομόνες απώθησης (Anti-aggregation pheromones)

Αυτές είναι γνωστές από τις μαζικές επιθέσεις των σκαθαριών και χρησιμεύουν στο να αποφεύγεται ο υπερπληθυσμός από έντομα στο δένδρο που προσβάλλεται από αυτά. Ο ρόλος τους στον έλεγχο των επιδημικών παραγόντων είναι κυρίως απωθητικός.

Παραδείγματα:

1. Spruce beetle, *Dendroctonus rufipennis*, φερομόνη: MCH

- Φερομόνες συναγερμού (alarm pheromones)

Πολλά έντομα που δημιουργούν αγέλες, απελευθερώνουν τις συγκεκριμένες φερομόνες όταν δέχονται επίθεση από ένα αρπακτικό ή παράσιτο για να προειδοποιήσουν τα υπόλοιπα μέλη για τον κίνδυνο. Η απάντηση των υπολοίπων μελών ποικίλει ανάμεσα στα είδη και συνήθως θέτουν σε εφαρμογή τους αμυντικούς μηχανισμούς και τις δυνατότητες διαφυγής τους. Δεν γνωρίζουμε επακριβώς την χρήση τους σαν χημικά ελέγχουν επιδημικών παραγόντων αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως απωθητικά. (Lebedeva, N.E., M.Z. Vosyliene, L.A. Petrauskiene, T.V. Golovkina. 1995)

- Φερομόνες που επιδρούν σε διατροφικές δραστηριότητες (epidietic pheromones)

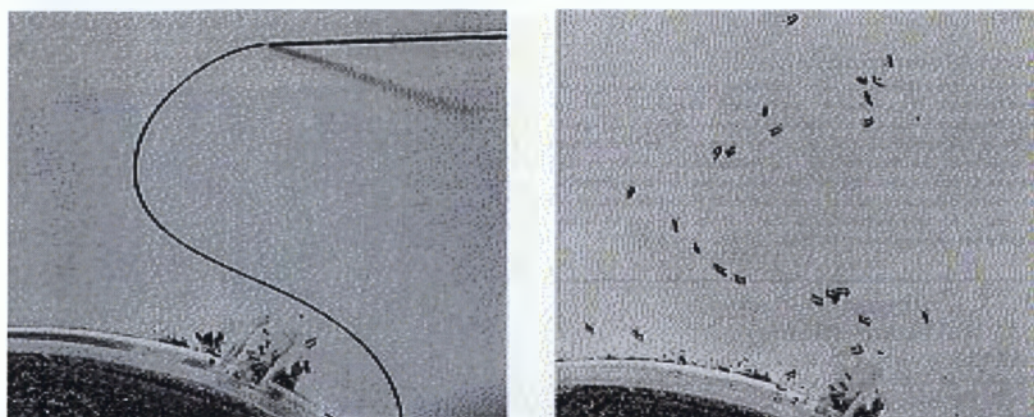
Μία γκάμα εντόμων αφήνουν τα σημάδια τους σε συγκεκριμένα μέρη για να βοηθηθούν στην συνέχεια να τα εντοπίσουν όταν θα χρειαστεί περισσότερη εξερεύνηση. Αυτό είναι σύνθητες φαινόμενο σε παρασιτικά αυγών σφήκας τα οποία

είναι υποχρεωτικά παράσιτα π.χ. *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae). Ανάμεσα στα οικόσιτα έντομα απαντάται στις μύγες των φρούτων fruit flies (Diptera: tephritidae: *Rhagoletis dacus* / *bactrocera* spp.) και σε μερικά λεπιδόπτερα.

Είναι πολύ σημαντικές, στους φυσικούς πληθυσμούς αυτών των ειδών, οι επιπτώσεις που έχουν οι ουσίες αυτές παρότι μοιάζουν να είναι εφήμερες και δεν γνωρίζουμε επακριβώς την χρήση τους στον έλεγχο επιδημικών παραγόντων. Εν τούτοις μπορούν να χρησιμεύσουν ως απωθητικά.

- Φερομόνες ιχνών (trail pheromones)

Συγκεκριμένα έντομα καθώς επιστρέφουν στην φωλιά τους με φαγητό αφήνουν στο έδαφος φερομόνη ιχνών. Αυτού του είδους η ελκυστική ουσία οδηγεί τα υπόλοιπα έντομα στο φαί. Έτσι συνεχώς ανανεώνεται στο έδαφος και παραμένει ισχυρή εφόσον υπάρχει διαθέσιμο φαί. Όταν οι προμήθειες αρχίζουν να σώνονται οι φερομόνες ιχνών τείνουν να εξαλειφθούν. Αυτές οι ουσίες εξατμίζονται πολύ γρήγορα έτσι ώστε τα υπόλοιπα έντομα να σταματήσουν να πηγαίνουν στην περιοχή του παλιού φαγητού και να μη μπερδεύονται με καινούργια σημάδια από νέες πηγές.



Εικ.9 & 10 Στις παραπάνω φωτογραφίες βλέπουμε τα εντοπωσιακά αποτελέσματα χρήσης ορμονών ιχνών. Στη πρώτη βλέπουμε τα σημεία στα οποία ελευθερώνουμε την φερομόνη, ενώ στη δεύτερη το πόσο πιστά την ακολουθούν τα έντομα

- Διάφορες φερομόνες που βρίσκουμε σε οργανισμούς στη φύση (other pheromones)

Οι βασίλισσες των μελισσών περνούν ολόκληρη την ζωή τους περικυκλωμένες από αναρίθμητες εργάτριες μέλισσες. Οι εργάτριες προσελκύονται απ' αυτήν, από μία φερομόνη που απελευθερώνει από τους σιαγόνες της. Αυτή η φερομόνη είναι ένα μίγμα από υδατώδη λιπαρά οξέα.

Πολλά είδη αραχνών κυνηγούν αποκλειστικά moths από συγκεκριμένα είδη και μόνο τα αρσενικά. Μελέτες πάνω σε ένα συγκεκριμένο είδος αράχνης *Mastophora cornigera* μας έδειξαν ότι απελευθερώνουν ένα μίγμα από πτητικά σύνθετα που μιμούνται τις φερομόνες ζευγαρώματος που εκλύουν τα θηλυκά του είδους. Τα αρσενικά moths πετούν προς αυτήν με αποτέλεσμα να παγιδεύονται από την αράχνη και να εξολοθρεύονται.

Τον ίδιο ακριβώς μηχανισμό έχει και μία αυστραλιανή ορχιδέα που τρέφεται από ένα συγκεκριμένο είδος σφήκας που αντιγράφει την φερομόνη ζευγαρώματος από την οποία οι θηλυκές σφήκες προσελκύουν τις αρσενικές. (Peteraitis R. 1990)

Παραδείγματα Χρήσης Φερομονών σε Ορισμένα Έντομα

1. Boll weevil *Anthrenus grandis*



Εικ. 11 Το επιβλαβές έντομο Anthrenus grandis

Αυτό το έντομο ήταν πρωταρχικά ζημιογόνο στο μετάξι από τότε που ανακαλύφθηκε η ζημιογόνος δράση του στην Αμερική το 1892. Αμέτρητες μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο του εντόμου αλλά η ιδέα του να εξοντωθεί εντελώς εύρισκε πάντα φανατικούς υποστηρικτές. Μόλις στις αρχές της δεκαετίας του 60 ανακαλύφθηκε ότι το αρσενικό παράγει μία φερομόνη ζευγαρώματος η οποία είναι ελκυστική για τα θηλυκά. Αυτή η φερομόνη μπορούσε να χρησιμοποιηθεί επίσης και σαν φερομόνη συνάθροισης και για τα δυο φύλα. Τα τέσσερα συνθετικά μέρη της φερομόνης ανακαλύφθηκαν και συντέθηκαν στο τέλος της δεκαετίας του 60 με την επωνυμία grandlure. Φόρμουλες που χρησιμοποιήθηκαν ως ελκυστικά σε παγίδες δολώματα έκαναν δυνατή την παρακολούθηση σε όλη την έκταση στην οποία εγένετο η καλλιέργεια μεταξιού.

Το 1978 άρχισε ένα καινοτομικό πρόγραμμα για την καταπολέμηση του εντόμου το οποίο συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Τα βασικά μέρη του προγράμματος είναι:

- Για τον έλεγχο κατά την διάρκεια της καλλιέργειας χρησιμοποιούνται εντομοκτόνα
- Μείωση της αναπαραγωγικής δραστηριότητας και έλεγχός της στην αρχή και το τέλος της περιόδου για να μειωθεί ο αριθμός των εντόμων που εισέρχονται στα χωράφια μεταξιού στις αρχές της άνοιξης
- Καταμέτρηση και παρακολούθηση με φερομόνες σε παγίδες δολώματα
- Σε όλη την έκταση εφαρμογή εντομοκτόνων με την πρώτη άνθιση μπουμπουκιού την άνοιξη.

Μέχρι και σήμερα τα συγκεκριμένα έντομα έχουν ελαττωθεί κατά πολύ στην ζώνη καλλιέργειας μεταξιού και παρόμοια προγράμματα αρχίζουν να εφαρμόζονται και στις υπόλοιπες πολιτείες της Αμερικής. (Dent, D. 1993.)(Dickerson, W.A.,R.L. Ridgeway, and F.R.PLANER. 1987.)

2. *Pink bollworm* *Pectinophora gossypiella*



Εικ.12 Το έντομο Pectinophora gossypiella

Οι προσπάθειες για τον έλεγχο του συγκεκριμένου εντόμου έγιναν στις αρχές της δεκαετίας του 70 κυρίως με την μέθοδο της συγχύσεως της αναπαραγωγής με την φερομόνη ζευγαρώματος hexalure. Η ανακάλυψη της συγκεκριμένης φερομόνης το 1973 οδήγησε στην επιτυχημένη εμπορική της φόρμουλα το 1978. Η συγκεκριμένη φόρμουλα χρησιμοποιείται σε μια μεγάλη γκάμα φυτοπροστατευτικών προϊόντων που εκτείνεται από μικροκάψουλες, συνθετικά υλικά μέχρι και αέρια σπρέι. Όλα αυτά τα προϊόντα πρέπει να εφαρμόζονται όταν κάνει την εμφάνισή του το πρώτο μπουμπούκι στοχεύοντας στην καταπολέμηση των εντόμων που διαχειμάζουν. Ο πληθυσμός τους αυτή την περίοδο είναι ο μικρότερος που υπάρχει καθ' όλη την διάρκεια του έτους και κάνει εφικτή την εξάλειψή τους. Εκτός από την Αμερική, συγκεκριμένα προγράμματα εφαρμόζονται με επιτυχία στην Ινδία, το Πακιστάν και με εντυπωσιακά αποτελέσματα στην Αίγυπτο.(Baker, T. C.,R. T. Staten, and H.M.Flint. 1991.)

3. Spruce Bark Beetle Ips typographus L.

Μία πολύ ενδιαφέρουσα επίδειξη ελέγχου επιδημικών παραγόντων με σημειοχημικές ουσίες πραγματοποιήθηκε στην Νορβηγία στο συγκεκριμένο είδος

σκαθαριού. Το ανωτέρω είδος που προσβάλλει τα δάση είχε μεγάλη εξάπλωση στα τέλη της δεκαετίας του 70 και τις αρχές της δεκαετίας του 80 όταν και προκάλεσε εκτεταμένες ζημιές σκοτώνοντας εκατομμύρια Spruce trees. Η αποτελούμενη από τρία ξεχωριστά μέρη σύνθετη φερομόνη που ανακαλύφθηκε το 1977, χρησιμοποιήθηκε σε 600.000 παγίδες κατά την διάρκεια ενός προγράμματος χρηματοδοτούμενου από τη κυβέρνηση και στο οποίο συμμετείχαν 40.000 ιδιοκτήτες δασικών εκτάσεων. Η φερομόνη συνάθροισης προσέλκυσε και τα δύο φύλα του εντόμου εγκλωβίζοντάς τα στην παγίδα η οποία είχε την μορφή κουφάλας δένδρου. Η συγκεκριμένη παγίδα είχε την δυνατότητα να συγκεντρώσει χιλιάδες σκαθάκια ενώ περιείχε μόλις 1.580 mg ενεργών συστατικών και με διάρκεια ζωής πάνω από δύο μήνες. Οι παγίδες αυτές σε συνδυασμό με άλλες παραδοσιακές μεθόδους καταπολέμησης τέτοιων προσβολών έχουν να επιδείξουν σημαντικά επιτεύγματα. Το 1980 παραδείγματος χάριν εκτιμάται ότι παγιδεύτηκαν περί τα 4.500.000 σκαθάκια.

Με τη χρήση λοιπόν των φερομονών κατορθώθηκε η μείωση του πληθυσμού αυτών των εντόμων σε επίπεδα που να μην αποτελούν κίνδυνο για τα υγιή δένδρα. Το πρόγραμμα βεβαίως συνεχίζεται μέχρι σήμερα. (Birgersson, G., Schlyter, F., J., and Bergstrom, G. 1984.)

4. Codling Moth Cydia pomonella L.

Το συγκεκριμένο έντομο είναι ένα από τα πιο καταστρεπτικά έντομα που προσβάλλουν τα μηλοειδή φρούτα σε όλο τον κόσμο. Είναι υπεύθυνα για την χρησιμοποίηση των περισσότερων αερίων εντομοκτόνων στις περισσότερες χώρες. Συγκεκριμένα περί τις 2.000.000 λίρες ξοδεύονται μόνο στις βορειοδυτικές πολιτείες της Αμερικής. Αν συμπεριλάβουμε και το γεγονός ότι αυτά έχουν αναπτύξει αμυντικούς μηχανισμούς στην κύρια δηλητηριώδη ουσία των εντομοκτόνων, το Guthion, συνειδητοποιούμε το τεράστιο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι αγρότες καθώς είναι υποχρεωμένοι να χρησιμοποιούν 5-6 ψεκασμούς αντί για 1-2 το χρόνο. Το 1994 άρχισαν να εφαρμόζονται νέες μέθοδοι καταπολέμησης με την χρηματοδότηση του Αμερικάνικου υπουργείου Γεωργίας που συμπεριλάμβανε και την χρήση φερομονών σύγχυσης. Τα αποτελέσματα και σ' αυτήν την περίπτωση κρίνονται επιτυχημένα αφού η μείωση των εξόδων στην καταπολέμηση του εντόμου ήταν μεγάλη.

5. Tomato Pinworm *Keiferia lycopersicella* (Walshingham)

Στον έλεγχο αυτού του εντόμου, το οποίο είναι ένας από τους πιο επικίνδυνους εχθρούς της τομάτας, έχουν παίξει σπουδαίο ρόλο οι φερομόνες. Η λάρβα του επιτίθεται στα φύλλα, αλλά μεγαλύτερη οικονομική επίπτωση υπάρχει όταν εισέρχεται μέσα στον καρπό. Η ανάπτυξη προγράμματος ελέγχου με την χρησιμοποίηση φερομόνης αναπαραγωγής ξεκίνησε το 1979 αμέσως μετά την αναγνώριση της φερομόνης 96:4 από το E και Z-4-tridecenyl acetate. Η πρώτη επιτυχής φόρμουλα με μορφή συνθετικής ίνας πραγματοποιήθηκε στο Μεξικό. Η εμπορική χρήση της συγκεκριμένης φερομόνης αυξήθηκε κατά πολύ κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 80 όταν το συγκεκριμένο έντομο έγινε πολύ ανθεκτικό στα εντομοκτόνα.

Τα προβλήματα με την χρήση εντομοκτόνων ήταν διάφορα όπως: ο έλεγχος έγινε πιο ακριβός καθώς όλο και περισσότεροι συνδυασμοί εντομοκτόνων χρησιμοποιήθηκαν για την καταπολέμησή του, η χρήση των δηλητηρίων υπονόμωσε την ποιότητα του προϊόντος και τέλος ότι συχνά ξεσπούσανε δευτερογενείς επιδημίες από την συνεχή εφαρμογή του.

Μέχρι το τέλος της δεκαετίας οι παραγωγοί σε όλο το Μεξικό χρησιμοποιούσαν προγράμματα ελέγχου επιδημικών παραγόντων με χρήση φερομόνων σύγχυσης ζευγαρώματος. Η συγκεκριμένη φερομόνη είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική καθώς χρησιμοποιείται και σε εκτεταμένες προσβολές του ανωτέρω εντόμου. Τα περισσότερα προγράμματα ξεκινούν όταν ο οργανισμός είναι στο κατώτερό του επίπεδο. Επιπρόσθετα είναι δυνατή η χρησιμοποίηση παγίδων δολωμάτων για τον έλεγχο της πληθυσμιακής κατάστασης και του κύκλου ζωής του. (Jenkins, J.W., C.C. Doane, D.J. Schuster, J.R. McLaughlin and M.J. Jimenez. 1991.)

6. European Corn Borer *Oestrinia nubilalis* (Hobner)

Είναι ένα σημαντικό ζημιογόνο έντομο του καλαμποκιού και των λαχανικών στις ανατολικές πολιτείες της Αμερικής. Έχει δύο γενεές το χρόνο γεγονός που αυξάνει κατά πολύ τον πληθυσμό του και μας δίνει την δυνατότητα να επέμβουμε

καταλυτικά μόνο στην πρώτη γενεά. Η συγκεκριμένη φερομόνη αποτελεί μίγμα δύο ουσιών και ανακαλύφθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 70. Ενδιαφέρον είναι ότι υπάρχουν τρία διαφορετικά είδη του συγκεκριμένου εντόμου και η διαφορά της φερομόνης στο σινιάλο τους είναι μόνο δύο ισομερή.

Οι παγίδες φερομόνης χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των πληθυσμών και έχουν την δυνατότητα να αιχμαλωτίζουν επτά φορές περισσότερα έντομα από ότι οι παγίδες φτερών στις οποίες αυτά προσκολλούν. Το μόνο μειονέκτημα στη χρήση φερομονών είναι ότι για μεγάλες εκτάσεις πρέπει να χρησιμοποιήσουμε διαφορετικού είδους παγίδες. Εντούτοις σε συνδυασμό με τα εντομοκτόνα έχουν αποδειχθεί ιδιαιτέρως αποτελεσματικά.

Ερευνητικό Έργο στην Ελλάδα

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα προαναφερθέντα παραδείγματα, η αναγνώριση φερομονών και η επιτυχής ενσωμάτωσή τους σε προγράμματα ελέγχου επιδημικών παραγόντων, δεν απαιτεί ιδιαίτερη τεχνολογική κάλυψη, εν αντιθέσει ερευνητικό έργο αλλά προ πάντων επιστημονική και κοινωνική βούληση.

Στην Ελλάδα δεν έχει υπάρξει κάποιο πρόγραμμα επιδημικού ελέγχου που να συμπεριλαμβάνει ουσίες όπως οι φερομόνες αλλά και το ερευνητικό έργο στον τομέα αυτό είναι ιδιαιτέρως φτωχό.

Η μόνη αξιοσημείωτη επιστημονική έρευνα έχει πραγματοποιηθεί από το εθνικό επιστημονικό κέντρο του Δημόκριτου (National Center for Scientific Research Demokritos). Η ερευνητική ομάδα του Δημοκρίτου είχε ως ενδιαφέροντα:

- 1) Την απομόνωση και τον προσδιορισμό της δομής βιολογικά ενεργών φυσικών προϊόντων γεωργικού και φαρμακευτικού ενδιαφέροντος.
- 2) Την ανάπτυξη τεχνολογίας τυποποίησης φερομονών και μεθόδων φιλικών στο περιβάλλον για την αντιμετώπιση επιβλαβών εντόμων.

- 3) Και τέλος την μελέτη των μοριακών μηχανισμών χημικής επικοινωνίας και όσφρησης των εντόμων και ειδικότερα στο έντομο *Sesamia monagrioides*.

Τα αποτελέσματα του ερευνητικού αυτού προγράμματος έχουν ήδη δημοσιευτεί κυρίως όσον αφορά τον τρίτο στόχο που είχε και την μεγαλύτερη επιτυχία. (Από <http://bio.demokritos.gr/annual2k/greek/program2c2k.htm>)

Παγίδες Φερομονών για τον Έλεγχο Επιβλαβών Εντόμων

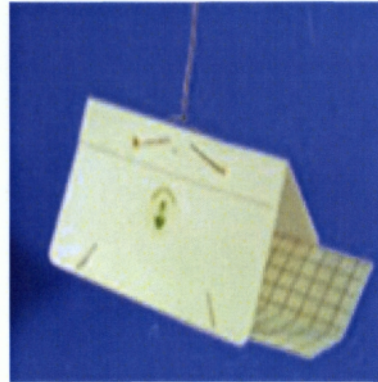
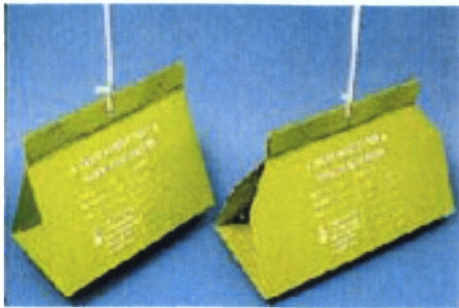
Υπάρχουν πολλών διαφορετικών ειδών παγίδες που χρησιμοποιούν τις φερομόνες για την προσέλκυση των εντόμων και οι οποίες ποικίλουν ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο τις χρησιμοποιούμε. Παρακάτω θα παραθέσουμε συνοπτικά τους κυριότερους τύπους παγίδων για την ύπαιθρο, τα θερμοκήπια, καθώς και κάποιες εξειδικευμένες παγίδες για συγκεκριμένα είδη εντόμων.

Παγίδες Φερομονών

- 1) Delta Traps

Ονομάζονται έτσι επειδή έχουν το σχήμα του ελληνικού αλφάβητου Δ, εικ.13 & 14. Χρησιμοποιείται κυρίως για την παγίδευση είδη moth (Λεπιδόπτερα) χάρη στο κολλώδες εσωτερικό της. Κατάλληλη και για έλεγχο σε προγράμματα ελέγχου επιδημικών παραγόντων. Είναι ιδιαίτερα δημοφιλής για τον έλεγχο του επιβλαβούς εντόμου Gypsy Moth αλλά και πολλών άλλων.

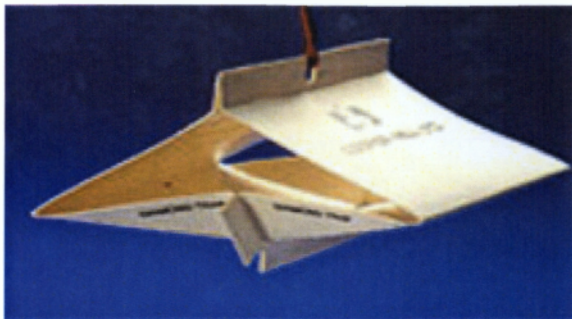
]



Εικ. 13 & 14 Οι παγίδες Delta με το χαρακτηριστικό σχήμα

2) Diamond Traps

Ένα άλλο είδος παγίδων με σχήμα διαμαντιού. Το σχήμα της επιτρέπει την γρήγορη αντικατάσταση του δολώματος και επίσης μπορεί να προσαρμοστεί για θετικά αποτελέσματα σε ένα μεγάλο εύρος ειδών εντόμων.



Εικ. 15 Μια παγίδα Diamond

3) Panel Trap

Μια μεγάλη σε σχήμα επιφάνεια σε συνδυασμό με τον μηχανισμό που ελευθερώνει την φερομόνη προσέλκυσης είναι ιδανική για είδη ιπτάμενων σκαθαριών αλλά και για κάποια είδη που προσβάλλουν δενδροκομικές καλλιέργειες.



Εικ. 16 Η παγίδα Panel προσαρμοσμένη σε κορμό δένδρου

4) Rhagoletis Trap

Μια εξειδικευμένη παγίδα ειδικά για το επιβλαβές έντομο *Rhagoletis pomonella*. Το συγκεκριμένο έντομο προσβάλλει τις καλλιέργειες μήλων, είναι ιδανικό σαν προειδοποιητικό σύστημα για να αντιλαμβάνονται οι παραγωγοί αν έχουν προσβληθεί οι καλλιέργειες τους. Στη συγκεκριμένη περίπτωση εκτός από την φερομόνη σπουδαίο ρόλο παίζει και το κίτρινο χρώμα της παγίδας.



Εικ. 17 Η εξειδικευμένη παγίδα Rhagoletis Trap

5) Unitrap

Η πιο αποτελεσματική παγίδα ενάντια στα είδη moth (Λεπιδόπτερα). Είναι κατασκευασμένη από πλαστικό ιδανική για πολλές χρήσεις, για προγράμματα ελέγχου αλλά και για να παγιδεύει τεράστιους αριθμούς εντόμων χάρη στο σχήμα της. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολλές σεζόν, καθώς επίσης προσφέρουν και συνεχές έλεγχο.



Εικ. 18 & 19 Οι παγίδες Unitrap από σκληρό υλικό για πολυετή συνεχείς χρήση και παγίδευση πολλών εντόμων

6) Vapor Trap

Μια κολλώδες ταινία, χρησιμοποιείται για παγίδες που δεν έχουν κολλώδες υλικό για να παγιδεύονται άμεσα τα έντομα αλλά και να αποφεύγονται οι αποδράσεις.



Εικ. 20 Οι ταινίες Vapor

7) Wing Trap

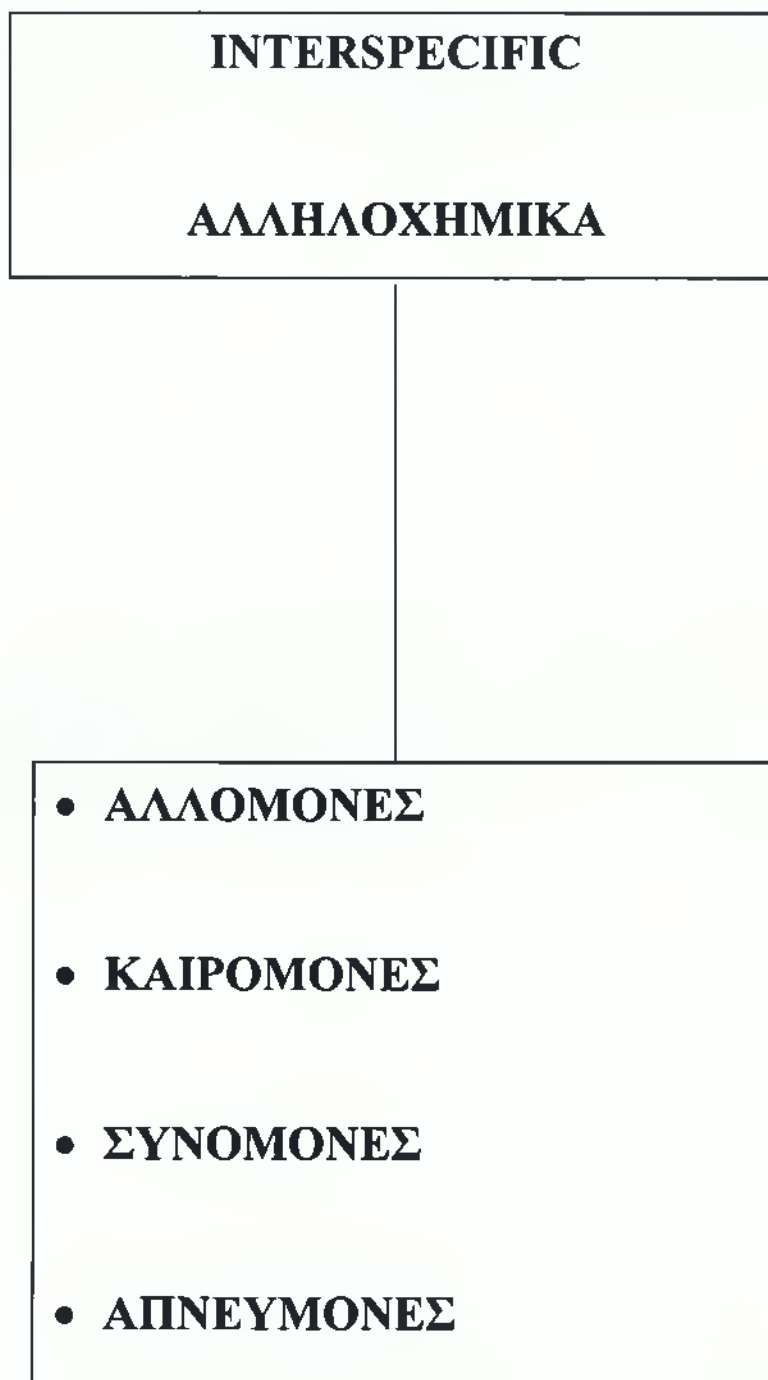
Επίσης για την παγίδευση Λεπδοπτέρων είναι οι πιο δημοφιλές για καλλιέργειες σιτηρών. Οι παγίδες αυτές έχουν κολλώδη πάτο για να παγιδεύει τα έντομα.



Εικ. 21 & 22 Οι παγίδες Wing

(Lewes,T. 1975.)

Πίνακας 4. Κατηγορίες αλληλοχημικών



INTERSPECIFIC –ΑΛΛΗΛΟΧΗΜΙΚΑ

Τα αλληλοχημικά είναι η άλλη κατηγορία σημειοχημικών που όπως αναφέραμε περιλαμβάνουν τις χημικές ουσίες που αλληλεπιδρούν μεταξύ εντόμων διαφορετικών ειδών αλλά και μεταξύ φυτών και εντόμων. Οι κυριότερες κατηγορίες τους αναλύονται παρακάτω.

Αλλομόνες

Οι αλλομόνες είναι interspecific χημικοί αγγελιοφόροι που ωφελούν τον αποστολέα.

Είναι συνήθως αμυντικοί μηχανισμοί και λειτουργούν ως απωθητικά/εμποδιστικά για την διατροφή. Τυπικά παραδείγματα αποτελούν τα ενήλικα πράσινα πτερωτά του γένους *Chrysopa*. Άλλα αμυντικά σύνθετα είναι λιγότερο πτητικά και χρησιμοποιούνται διαφορετικά όπως π.χ. η σφήκα *Mischocyttarus drewseni*, η οποία εναποθέτει μία μεγάλη έκκριση στον κορμό της φωλιάς για να απωθήσει τα έντομα. Παρομοίως μερικά έντομα έχουν σταγόνες από υγρό στις μεταξωτές ίνες που στηρίζουν τα αυγά και πάλι ως μέσο εκδίωξης των αρπακτικών.

Οι εκκρίσεις των φυτών που αποσκοπούν στο να καταστρέψουν το μεταβολισμό των φυτοφάγων που τρέφονται από αυτά συμπεριλαμβάνονται σ' αυτήν την κατηγορία. Οι χημικοί αμυντικοί μηχανισμοί των φυτών είναι χρήσιμοι στον επιδημικό έλεγχο όπως επίσης σε προγράμματα για την ανάπτυξη ποικιλιών φυτών που χρησιμοποιούνται σαν αντιβιοτικά και γενικότερα για φαρμακευτική χρήση.

Μια μικρότερη συνήθης μορφή των αλλομονών την συναντά κανείς σε μερικές περιπτώσεις χημικής μίμησης. Ένα διάσημο παράδειγμα αποτελεί η αράχνη *bola* που μιμείται την φερομένη ζευγαρώματος από τις θηλυκές *moths* προσελκύοντας τα αρσενικά σε πεδίο όπου μπορούν να αιχμαλωτιστούν και να φαγωθούν απ' αυτήν. Ο τρίτος τύπος της αλλομόνης χρησιμοποιείται για την παραπλάνηση αρπακτικών. Έχει αναφερθεί σε μικρά ζώφια και στην *Lomamyia latipennis* Carpenter (Neuroptera: Berothidae) Σ' αυτήν την περίπτωση η νευρόπτερη λάρβα χρησιμοποιεί ένα χημικό αέρος για να παραλύσει τον τερμίτη -λεία πριν αυτός τραφεί με πολύ μεγαλύτερα έντομα απ' αυτήν.

Καιρομόνες

Οι καιρομόνες (Brown et al. 1977) είναι interspecific χημικοί αγγελιοφόροι από τους οποίους επωφελείται ο δέκτης.

Υπάρχουν σε πολλές μορφές και μπορούν να λειτουργήσουν σε πολλά στάδια στην εξεύρεση κατοικίας καθώς επίσης και στην συχνότητα στην οποία γίνονται ευπρόσδεκτοι στην κατοικία. Παραδείγματα ανάμεσα στα εντομοφάγα συμπεριλαμβάνουν τις περιπτώσεις που συμμετέχει το έντομο *Chrysoperla plorabunda* Fitch (Neuroptera:Chrysopidae), και στα παρασιτικά σφηκών *Cardiochiles nigriceps* (Hymenoptera:Braconidae). Πολλά φυτοφάγα έντομα χρησιμοποιούν τις καιρομόνες για να εντοπίσουν το φυτό που θα τα φιλοξενήσει. Σε μερικές περιπτώσεις το συνθετικό μπορεί να εξυπηρετεί διαφορετικούς ρόλους σε διαφορετικές σχέσεις. Οι φερομόνες συνάθροισης των σκαθαριών αποκαλύπτονται σαν καιρομόνες από ορισμένους τύπους αρπακτικών σαν μέσο εντοπισμού του θύματος.

Τα φυτά που παράγουν καιρομόνες μπορεί να χρησιμοποιηθούν σαν ελκυστικά για να παρασύρουν τα φυτοφάγα έντομα. Τα έντομα που παράγουν καιρομόνες χρησιμοποιούνται σαν ελκυστικά των φυσικών τους εχθρών ή για να αυξήσουν την ένταση της αναζήτησης τροφής τους. Τα αέρια που χρησιμοποιούμε στα φαγητά και προσελκύουν το έντομο *C. plorabunda* είναι ένα από αυτά τα παραδείγματα.

Συνομόνες

Οι συνομόνες (Nordlund and Lewis 1976) είναι χημικά που λειτουργούν ανάμεσα στα είδη και ωφελούν ταυτόχρονα και τον αποστολέα και τον παραλήπτη.

Αυτού του είδους οι ουσίες βρίσκουν εφαρμογή σε κοινωνίες που συνεργάζονται. Αυτή η κατηγορία είναι αντίστροφη και πολύπλοκη. Τέτοιες συνεργασίες είθισται να αποτελούνται από δύο ή τρία είδη.

Τα φυτά είναι οι πηγές για τις πιο γνωστές συνομόνες. Ανάμεσα στις αλληλεπιδράσεις δύο ειδών καλλίτερα γνωστές είναι αυτές μεταξύ εύοσμων φυτών

που προσελκύουν έντομα που γονιμοποιούν φυτά. Ο γονιμοποιητής χρειάζεται φαγητό ή άλλες πηγές ενώ αντίστοιχα το φυτό γονιμοποιείται.

Τα φυτά συχνά παράγουν συνομόνες που λειτουργούν και σε συνεργασίες τριών διαφορετικών ειδών. Τέτοιου είδους συνομόνες είναι οι πιο κοινές. Μπορεί να είναι τα ίδια σύνθετα που χρησιμεύουν σαν καιρομόνες για τα φυτοφάγα να επιτεθούν ή να είναι διαφορετικές. Η ουσία Sinigrin είναι γνωστό ότι προσελκύει το έντομο *Brevicoryne brassicae* Linnaeus, και το παράσιτο *Diaeretiella rapae* Mc Intosh (Hymenoptera: Braconidae). Η χημική ουσία Caryophyllene λειτουργεί σαν συνομόνη στο να προσελκύει το έντομο *C. plorabunda* σε φυτά μεταξιού. Το αποτέλεσμα είναι πολύ δυνατότερο όταν συνδυάζεται με την καιρομόνη indole acetaldehyde από την διάσπαση της ουσίας tryptophan στο μελόσταγμα των αφίδων.

Σε μερικές περιπτώσεις ,φυτά παράγουν τις συνομόνες μόνο όταν είναι τραυματισμένα. Η περίπτωση του εντόμου *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) και του παράσιτού του *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera : Braconidae) μας υποδεικνύουν αυτές. Οι σύνθετες χημικές ουσίες που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση των φυτών με άλλους οργανισμούς όπως οι γαιοσκώληκες καθώς εκείνοι τρέφονται αποφέρουν μία επηρεαζόμενη συνομόνη (Μία συνομόνη που παράγεται από το φυτό υποκινούμενη από τους γαιοσκώληκες). Αυτό το φαινόμενο ανακαλύφθηκε πρόσφατα, αλλά είναι πολύ πιθανό να απαντάται συχνά. Άλλες μορφές παρακινούμενων αμυνών είναι σύνηθες στα φυτά. Είναι πιθανή η αύξηση ορισμένων συνομομών όπως είναι επίσης πιθανό να δημιουργήσουμε φυτά που να παράγουν περισσότερες συνομόνες, που θα χρησιμοποιήσουμε στον έλεγχο επιδημικών παραγόντων.

Μερικές ελάχιστα γνωστές συνομόνες λειτουργούν ανάμεσα σε δύο είδη εντόμων. Ένα γνωστό παράδειγμα αφορά δύο είδη σκαθαριών που επιτίθενται στα πεύκα το *Ips paraconfusus* και το *I. pini*. Το αρσενικό (*I. paraconfusus*) παράγει μία φερομόνη συνάθροισης η οποία είναι ένα μίγμα από cis-verbenone, ipsenol και ipsdienol. Το αρσενικό (*I. pini*) αντίστοιχα cis-verbenone, ipsdienol και linalool. Το ipsenol μειώνει την προσελκυστική ικανότητα της φερομόνης του *I. paraconfusus* σε σχέση με το *I. pini* ενώ το linalool έχει την ακριβώς αντίθετη λειτουργία βοηθώντας έτσι τα δύο είδη στο να αποφεύγουν ανταγωνιστικές καταστάσεις.

Απνευμόνες

Οι απνευμόνες είναι χημικά που παράγονται από ένα μη ζώντα οργανισμό και ωφελούν τον παραλήπτη.

Τα παραδείγματα σ' αυτήν την περίπτωση είναι σπάνια. Οι Thorpe και Jones το 1937 ανέφεραν ότι το έντομο *Venturia canescens* (Hymenoptera:Ichneumonidae) ελκύεται από το αλεύρι ανεξαρτήτως αν ο οικοδεσπότης, η μεσογειακή moth των λουλουδιών *Ehpestia kuhniella* (Lepidoptera:Pyralidae) είναι ή δεν είναι παρούσα. Παρομοίως μερικά παράσιτα μυγών συμπεριλαμβανομένου το *Alysia manducator* και το *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera:Braconidae και Pteromalidae) έλκονται από το κρέας ανεξαρτήτως αν αυτό έχει μολυνθεί από την λάρβα της μύγας (Laing 1937). Ο όρος απνευμόνη δημιουργήθηκε από τους Nordlund και Lewis το 1976.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ

Η χρήση των σημειοχημικών, συμπεριλαμβανομένου και των φερομονών, τα οποία τροποποιούν την συμπεριφορά των εντόμων είναι ένας τομέας ο οποίος δεν έχει εξολοκλήρου ανακαλυφθεί και ερευνάτε ακόμα. Η επαγρύπνηση που οφείλουμε να βρισκόμαστε για διάφορους περιβαλλοντολογικούς κινδύνους σε συνδυασμό με τα καταστρεπτικά αποτελέσματα των εντομοκτόνων στη φύση, οδήγησαν στο να έχουν παρθεί μέτρα για την μείωση της χρησιμοποίησής τους. Το κόστος για την έρευνα και παραγωγή νέων εντομοκτόνων είναι τις περισσότερες φορές δυσβάστακτο για τις εταιρείες αλλά και για την αγορά των από τους παραγωγούς. Αυτά τα προβλήματα οδήγησαν τις έρευνες σε νέες μεθόδους ελέγχου των επιδημικών παραγόντων. Οι φερομόνες και άλλα χημικά έλεγχου της συμπεριφοράς που βρίσκονται στο περιβάλλον, όχι μόνο δεν είναι τοξικά αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ευκολία και οικονομικά από τους παραγωγούς.

Θλιβερό γεγονός αποτελεί για τη χώρα μας ότι για την καταπολέμηση επιδημιών δεν υπάρχει συγκεκριμένη γεωργική πολιτική και οι παραγωγοί είναι αναγκασμένοι να στρέφονται σε ισχυρότατα εντομοκτόνα –δηλητήρια όχι μόνο διαταράσσοντας την απαιτούμενη οικολογική ισορροπία, αλλά συγχρόνως θέτοντας σε κίνδυνο τους ίδιους τους εαυτούς τους και τους καταναλωτές. Σε αντίθεση με μας στο εξωτερικό και συγκεκριμένα στις Η.Π.Α. το έτος 2000 η χρήση των σημειοχημικών σε προγράμματα ελέγχου επιδημικών παραγόντων έφτανε το 75%.

Η αναγνώριση λοιπόν ότι εναλλακτικές μέθοδοι στον έλεγχο των εντόμων οφείλουν να εφαρμοστούν, πρέπει να γίνει άμεσα και να υπάρξουν νέα επιδοτούμενα προγράμματα καταπολέμησης που να εξοικειώνουν τους Έλληνες παραγωγούς με αυτές τις τεχνολογίες. Γιατί είναι έγκλημα να καταστρέφουμε το περιβάλλον ενώ υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι πιο συμβατοί με τη φύση, όπως επίσης είναι έγκλημα να έχουμε την δυνατότητα να παράγουμε ανταγωνιστικά αγροτικά προϊόντα και να μην δίνουμε στους αγρότες μας αυτή την ευκαιρία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anonymous. 1981. Semiochemicals :their role in pest control. Nordlund, D. A., Jones, R.L. and Lewis. 306 p.
- Anonymous. 1995. The crisis in IPM: Is there a solution to the gap between theory and practice? Symposium Proceedings, Entomological Society of America. J. Agric. Entomol. 12:169-240.
- Baker, T. C.,R. T. Staten, and H.M.Flint. 1991.Use of pink bollworm pheromone in the southwestern United States. In behavior Modifying Chemicals for Insect Management. Ridgeway, R.L., R.M. Silverstein, and M.N. Inscoe. Pp. 417-436.
- Birgersson, G., Schlyter, F., J., and Bergstom, G. 1984. Quantitative Variation of pheromone components in the spruce bark beetle *Ips typographus* from different attack phases. J. Chem. Ecol. 10:1029-1055.
- Brooks, T. W. 1980. Controlled vapor release from hollow fibers:Theory and applications with insect pheromones. Controlled Release Technologies:METHODS, Theory, and Application. Vol. II. CRC Press. Pp.165-193.
- Brooks, T.W. Doane, C.C., Staten, R. T. 1979. Experience with the first commercial pheromone communication disruptive for suppression of an agricultural pest. In:Chemical Ecology:Odour Communication in Animals, Ed. F.J.Ritter.pp 375-388.
- Browne, L.E.,Wood, D.L.,Bedard, W.D.,Silverstein, R.M., and West,J.R. 1979. Quantitative estimatew of th Western pine beetle attractive pheromone components,exobrevicomin, frontalin, and myrcene in nature.J.Chem. Ecol. 5:397-414.
- Byers, J.A. 1987b. Sex-specific responses to aggregation pheromone:Regulation of colonization density by the bark beetle *Ips paraconfusus*. J.Chem. Ecol. 9:129-142.

Carde, R.T., Minks, A.K. 1995. Control of moth pests by mating disruption: Successes and constraints. *Ann. Rev. Entomol.* 40:559-585.

Cardi, R. T. 1984. Chemo-orientation in flying insects. *Chemical Ecology of Insects*. Chapman and Hall. Pp. 111-124.

Chen, X., L. Gottlieb, and J.G. Millar, 2000. Stereoselective synthesis of the sex pheromone components of the southern green stink bug *Nezara viridula* L. and the green stink bug *Acrosternum hilare*. *Synthesis*, 269-272.

Dent, D. 1993. Integrated insect pest management. In *Insect Pest Management*. Dent, D. CAB International. pp 439-533.

Dickerson, W.A., R.L. Ridgeway, and F.R. PLANER. 1987. Southeastern boll weevil eradication program, improved pheromone traps, and program status. *Proc. Beltwide Cotton Research and Production Conference, National Cotton Council*. pp 335-337.

Gaston, L.K., Shorey, H.H., Saario, L.A. 1967. Insect population control by the use of sex pheromone to inhibit orientation between sexes. *Nature* 213:1155

Jenkins, J.W., C.C. Doane, D.J. Schuster, J.R. McLaughlin and M.J. Jimenez. 1991. Development and commercial applications of sex pheromone for control of the tomato pinworm. In *Behavior Modifying Chemicals for Insect Management*. Ridgeway, R.L., R.M. Silverstein, and M.N. Inscoe. Marcel Dekker. Pp. 269-280.

Lebedeva, N.E., M.Z. Vosyliene, L.A. Petrauskiene, T.V. Golovkina. Alarm substances in rainbow trout: original and physiological effects. pp. 61-64.

Lewes, T. 1975. Feasibility of using pheromone monitoring traps. *Ann. Appl. Biol.* 80:257-274.

McNaily, P.S. and Barne, M.M. 1981. Effects of codling moth pheromone trap placement, orientation and density on trap catches. *Environ. Entomol.* 10: 22-26.

Millar, J.G. and K.F. Haynes. 1998. *Methods in Chemical Ecology*. Volumes 1 and 2. Kluwer. N.Y.

Nordlund, D.A. 1981. *Semiochemicals: a review of terminology. Semiochemicals, Their Role in Pest Control*. John Wiley and Sons, pp.13-23.

Peteraitis R. Modification of deposition of odor molecules on chemoreceptors of worker honey bee (*Apis mellifera* L.) antenna by antennal movements. Pp.47-50.

Prestwich, G.D. and Blomquist. 1987. *Pheromone Biochemistry*. Academic Press.

Roelofs, W.L. 1979. *Establishing Efficacy of Sex Attractants and Disruptants for Insect Control*. Entomological Society of America. Pp.99.

Villars, F.M.H., and Benedek, G.B. 1974. *Physics with Illustrative Examples from Medicine and Biology*, Vol 2. Addison-Wesley. pp. 66-92.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ INTERNET

Aesio, Rutgers.edu

Cals.Arizona.edu

www.entomology.ucr.edu

www.beyonddiscovery.org

www.bookrags.com

www.coopermill.com

www.geocities.com

www.impworld.umn.edu/chapters

www.innovationsreport.de

www.insectslimited.com

www.ncsu.edu

www.pheromone.ekol.lu.se/pheromones.html

www.roberth.u-net.com

www.si.edu/resource/fag/nmnh/buginfo/pheromones.htm

www.trifolio-m.de/Pheromones/general/general.html

www.utsouthwestern.edu

www.vsv.slu.se

www.wcrl.ars.usda.gov