

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**Η Εφαρμογή Μεθόδου Βιοακουστικής στην Φυτοπροστασία**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**  
**Δημόπουλος Αθανάσιος**

Αθήνα 2011

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**Η Εφαρμογή Μεθόδου Βιοακουστικής στην Φυτοπροστασία**

Τριμελής εξεταστική επιτροπή

Εισηγητής:

Μέλη:

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**  
**Δημόπουλος Αθανάσιος**

Αθήνα 2011

Ζήστε σαν να έπρεπε να πεθάνετε γρήγορα.  
Σκεφτείτε σαν να μην έπρεπε να πεθάνετε ποτέ.  
*(G.Almirante)*

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή μελέτη αποτελεί μέρος των υποχρεώσεων των φοιτητών και είναι το επιστέγασμα των σπουδών τους.

Η παρούσα πτυχιακή μελέτη εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Γεωργικής Εντομολογίας του τμήματος Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Μπεννακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου.

Πρωτίστως θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον Δρ. Δημήτριο Κοντοδήμα, Εντομολόγο-Ερευνητή, για την συμβολή του σε όλο το φάσμα της μελέτης, την παροχή βιβλιογραφίας και φωτογραφικού υλικού καθώς και για την αγάπη που μου μετέδωσε για τα έντομα και την φυτοπροστασία με χρήση βιολογικών μεθόδων αντιμετώπισης όπως επίσης και για το παράδειγμα ήθους και εργασίας που αποτελεί για εμένα.

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου Δρ. Γεώργιο Σταθά για την ανάθεση , διόρθωση και εξέταση της πτυχιακής μου εργασίας καθώς και για όσα με δίδαξαν κατά την διάρκεια της φοίτησης μου στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καλαμάτας.

Επίσης την Περιβαλλοντολόγο-Εντομολόγο, φίλη μου, Δρ Μαρτίνου Αγγελική για τις συμβουλές της όσον αφορά την συγγραφή αυτής της μελέτης.

Τέλος να ευχαριστήσω τον κ. Κρεμμυδιώτη Δημήτριο συμφοιτητή μου και καλό φίλο όπως και τον κ. Βασίλη Μπεράτη για τις συνεδρίες ψυχολογικού ελέγχου και κοινωνικής αναζήτησης και γενικότερα όλους τους ανθρώπους που χωρίς την βοήθεια τους δεν θα μπορούσε να είναι εφικτή η ολοκλήρωση των σπουδών μου

Ευχαριστώ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	7
ABSTRACT .....	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1. Γενικώς .....	10
1.2. Η Βιοακουστική .....	11
1.3. Παραγωγή ήχων των εντόμων .....	12
1. 4. Έντομα αποθηκευμένων προϊόντων .....	15
1. 4.1. Γενικώς .....	15
1.4.2. Τα σημαντικότερα είδη .....	16
1.4.3. Παράγοντες προσβολής .....	19
1.4.4. Αντιμετώπιση εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων ...	20
1.4.4.1. Προληπτικά μέτρα κατά την αποθήκευση .....	21
1.4.4.2. Χημικές μέθοδοι αντιμετώπισης .....	21
1.4.4.3. Μηχανικές μέθοδοι αντιμετώπισης .....	22
1.4.4.4. Φυσικές μέθοδοι αντιμετώπισης .....	23
1.4.4.5. Βιοτεχνικές μέθοδοι αντιμετώπισης .....	23
1.4.4.6 Βιολογικές μέθοδοι αντιμετώπισης .....	24
1.4.5. Το <i>Rhyzopertha dominica</i> .....	25
1.4.6. Το <i>Sitophilus oryzae</i> .....	27
1. 5. Τα φοινικοειδή .....	34
1. 5.1. Ο Κανάριος φοίνικας .....	37
1. 5.2. Ο Κρητικός Φοίνικας .....	38
1. 5.3. Η Χουρμαδιά .....	40
1. 5.4. <i>Washingtonia filifera</i> .....	41
1. 5.5. Φοίνικας Ααβόρα .....	41
1. 5.6. Φοίνικας Ντουμ .....	42
1. 5.7. Χαμαίρωπας χαμηλός .....	42
1. 6. Εντομολογικοί εχθροί φοινικοειδών .....	43
1. 6.1. Το <i>Rhynchophorus ferrugineus</i> .....	44
1. 6.2. Μορφολογία του <i>Rhynchophorus ferrugineus</i> .....	47
1.6.3. Αντιμετώπιση του <i>Rhynchophorus ferrugineus</i> .....	51
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	54
2.1. Εκτροφές των κολεοπτέρων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων .....	54
2.2 Συσσκευή ακουστικής ανίχνευσης AED 2000 .....	55

2.3. Καταγραφή ήχων - Ανάλυση ηχητικής εκπομπής .....	57
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	61
4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	64
5. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	67
Το Οικοσύστημα των Αποθηκών .....	67
Ολοκληρωμένη Προστασία Αποθηκευμένων Γεωργικών Προϊόντων .....	67
Προτάσεις εξάλειψης θορύβου.....	68
Αυτόματη αναγνώριση ομιλίας .....	69
Ηχητικές εκπομπές εντόμων που συγκρίθηκαν με τις ηχογραφήσεις της παρούσας μελέτης.....	71

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης αναπτύχθηκε ένα σύστημα αυτόματης ακουστικής ταυτοποίησης εντομολογικών εχθρών. Ο στόχος του συστήματος είναι η αυτόματη αναγνώριση του είδους μόνο από το ακουστικό σήμα που παράγεται κατά την κίνηση ή τη διατροφή του εντόμου, με χρήση κατάλληλων πεζοηλεκτρικών αισθητήρων που και εκπαιδευόμενων αλγόριθμων αναγνώρισης προτύπων.

Κάνοντας χρήση της υπάρχουσας τεχνογνωσίας στην ώριμη πλέον θεματική περιοχή της αυτόματης αναγνώρισης ομιλίας και ομιλητή διερευνήθηκε η εφαρμογή αυτών των τεχνικών για τον εντοπισμό του εχθρού των φοινικοειδών *Rhynchophorus ferrugineus* σε φοινικόδενδρα και τον εντοπισμό διαφόρων εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων. Συγκεκριμένα, η ταυτοποίηση βασίζεται στην σύγκριση (κάνοντας χρήση στατιστικών μεθόδων) των φασματικών χαρακτηριστικών της ηχογράφησης με τα φασματικά πρότυπα που έχουν εξαχθεί από ηχογραφήσεις *R. ferrugineus* μέσα σε κορμούς φοινικοειδών (ή αντίστοιχα από ηχογραφήσεις *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* μέσα σε αποθηκευμένα σιτηρά). Το τελικό σύστημα παράγει ένα αρχείο με το αναγνωρισμένο είδος και το μέτρο της ασάφειας της αναγνώρισης.

Η μεθοδολογία που θα ακολουθήσουμε για να εξάγουμε τις ακουστικές παραμέτρους που συγκεντρώνουν τις ακουστικές ιδιότητες που διακρίνουν τον προς ανίχνευση εχθρό (*R. ferrugineus*, *S. oryzae* κ.α.) είναι η πιο διαδεδομένη ακουστική παραμετροποίηση στο χώρο της αυτόματης αναγνώρισης ομιλίας και ομιλητή. Λόγω του ότι οι ακουστικές εκπομπές είναι χρονικά μεταβαλλόμενες, μας ενδιαφέρει το περιεχόμενο συχνοτήτων του σήματος και επιλέγουμε τους μετασχηματισμούς Fourier διαδοχικών χρονικά επικαλυπτόμενων πλαισίων σήματος (Short-time Fourier Transform). Οι φασματικοί συντελεστές για κάθε πλαίσιο περνούν μέσα από μια κλίμακα (κλίμακα Mel) που συναθροίζει τους φασματικούς συντελεστές γραμμικά μέχρι το 1 kHz, και λογαριθμικά για τις μεγαλύτερες συχνότητες. Στις εξαχθέντες παραμέτρους εφαρμόζεται ο λογάριθμος ο οποίος συμπιέζει το μεγάλο εύρος του πλάτους των συχνοτήτων. Το τελευταίο στάδιο περιλαμβάνει την επιβολή του διακριτού μετασχηματισμού συνημιτόνου (discrete cosine transform) ο στόχος του οποίου είναι η αποσυσχέτιση των παραμέτρων ώστε το σύστημα αναγνώρισης προτύπων να χρειάζεται λιγότερα δεδομένα για να εκπαιδευτεί.

Κάθε βιολογικό είδος που εκπέμπει ακουστικά σήματα έχει δικό του χαρακτηριστικό ακουστικό γνώρισμα, πράγμα το οποίο σημαίνει πως ο προς ανίχνευση εχθρός (*R. ferrugineus*, *S. oryzae* κ.α.) παράγει ακουστικές παραμέτρους που ακολουθούν μια συγκεκριμένη κατανομή πιθανοτήτων για το είδος. Στην στατιστική και στην αναγνώριση προτύπων το πρόβλημα της προσέγγισης μιας άγνωστης κατανομής μέσω ενός παραμετρικού μοντέλου ονομάζεται εκτίμηση κατανομής πιθανότητας και στην πρόταση η άγνωστη κατανομή του κάθε είδους προσεγγίζεται από μίγμα πολυδιάστατων Γκαουσσιανών κατανομών πιθανότητας (multivariate Gaussian mixture model - GMM). Οι άγνωστοι παράμετροί τους (βάρους κάθε Γκαουσσιανής, μέσος όρος και συνδιασπορές) ρυθμίζονται από

τα ακουστικά πρότυπα της ηχογραφημένης βάσης για το κάθε είδος. Το GMM εκπαιδεύεται με τον αλγόριθμο μεγιστοποίησης προσδοκίας - (Expectation Maximization - EM) για να μεγιστοποιήσει την πιθανοφάνεια (likelihood) των ακουστικών παραμέτρων της ηχογραφημένης βάσης εκπαίδευσης. Υπάρχουν δύο λόγοι για τη χρησιμοποίηση ενός GMM ως αντιπροσώπου της κατανομής των φασματικών παραμέτρων. Ο πρώτος είναι ότι κάθε Γκαουσιανή κατανομή από το μίγμα που συγκροτεί ένα GMM, προσαρμόζεται ώστε να αντιπροσωπεύει κάποιο μέρος του φάσματος που αντιπροσωπεύει ένα ακουστικό χαρακτηριστικό (ηχηρό, άηχο, μετάβαση). Ο δεύτερος είναι ότι ένα GMM είναι ικανό να προσεγγίζει μια οποιαδήποτε πιθανοτική κατανομή όταν υπάρχουν αρκετά ακουστικά δεδομένα για να το εκπαιδεύσουν.

Κατά τη διαδικασία της ταυτοποίησης ενός φοινικοειδούς (ή μιας ποσότητας σιτηρών) για το εάν φέρουν προσβολή ή όχι, 'δοκιμάζουμε' τις ακουστικές παραμέτρους με ποια πιθανότητα παράγονται από το κάθε GMM. Υπάρχει ένα GMM που αντιπροσωπεύει τον εχθρό και ένα που αντιπροσωπεύει τους θορύβους μέσα στα υγιή φοινικόδενδρα ή τις απρόσβλητες παρτίδες σιτηρών (background noise model). Το κάθε GMM έχοντας ως είσοδο τις ακουστικές παραμέτρους του προς ανίχνευση φοινικοειδούς (ή ποσότητας σιτηρών) παράγει μια πιθανότητα να τις έχει δημιουργήσει. Όσο πιο πολύ ταιριάζουν οι ακουστικές παράμετροι του προς ανίχνευση δείγματος (φοινικοειδές ή ποσότητα σιτηρών) με τις ακουστικές παραμέτρους με τις οποίες έχει εκπαιδευτεί κάθε GMM, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα που παράγει το συγκεκριμένο GMM. Το πρότυπο που παράγει τη μέγιστη πιθανότητα προσδίδει την ταυτότητα υγιές ή επιμολυσμένο.

Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ταυτοποίηση ηχογραφήσεων σε ποσοστό 99.1% για το *R. ferrugineus* και 100% για τους εχθρούς των αποθηκευμένων προϊόντων.



## ABSTRACT

The present work reports research efforts toward development and evaluation of a unified framework for automatic bioacoustic recognition of specific insect pests. Our approach is based on capturing and automatically recognizing the acoustic emission resulting from typical behaviors, e.g., locomotion and feeding, of the target pests. After acquisition the signals are amplified, filtered, parameterized, and classified by advanced machine learning methods on a portable computer. Specifically, we investigate an advanced signal parameterization scheme that relies on variable size signal segmentation. The feature vector computed for each segment of the signal is composed of the dominant harmonic, which carry information about the periodicity of the signal, and the cepstral coefficients, which carry information about the relative distribution of energy among the different spectral sub-bands. This parameterization offers a reliable representation of both the acoustic emissions of the pests of interest and the interferences from the environment. We illustrate the practical significance of our methodology on specific cases: 1) on a devastating pest for palm plantations, *Rhynchophorus ferrugineus* and 2) on stored product pests (*Sitophilus oryzae*, *Rhyopertha dominica* etc). The proposed approach led to detection results, reaching 99.1% on recordings of *R. ferrugineus* and 100% for stored product pests.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Γενικώς

Πάνω στον πλανήτη μας , έχουν εντοπιστεί και καταγραφεί πάνω από 900.000 είδη εντόμων και εικάζεται ότι υπάρχει δεκαπλάσιος αριθμός που δεν έχει, ακόμα, καταγραφεί. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, τα έντομα, να αποτελούν το μεγαλύτερο και πολυπληθέστερο οικοσύνολο στη γη.

Το ζήτημα της αντιμετώπισης των παρασίτων αποτελεί ένα μεγάλο και σημαντικό κεφάλαιο της επιστήμης που αποκαλούμε Βιολογία. Αφορά δε και επηρεάζει άμεσα ζωτικούς τομείς ενασχόλησης των ανθρώπων ενός τόπου, όπως είναι η γεωργία, η ανθοκομία και η κηπουτική. Το πρόβλημα παρουσιάζεται κυρίως σε φυτά, άνθη, δέντρα αλλά και τους καρπούς αυτών, σε μορφή αποθηκευμένων προϊόντων, όπου ορισμένα έντομα μπορούν να βρουν καταφύγιο, να τραφούν και να αναπαραχθούν, βλάπτοντας, όμως, ανεπανόρθωτα τους οργανισμούς στους οποίους παρασιτούν.

Επιστήμονες, ανά τον κόσμο, που έχουν ασχοληθεί με το συγκεκριμένο πρόβλημα, έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η ανίχνευση και η παρακολούθηση αυτών των επιβλαβών εντόμων είναι σημαντική για ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης παρασίτων (Hagstrum et al 1996). Τα έντομα αναγνωρίζονται κυρίως από το σχήμα τους και από τον ήχο που εκπέμπουν, τα οποία αποτελούν βασικά γνωρίσματα για κάθε είδος. Η ανίχνευση και η αναγνώριση του είδους του κάθε εντόμου, συνήθως, γίνεται χειρωνακτικά, με τη χρήση μεθόδων παγίδευσης και παρακολούθησης. Η τοποθέτηση παγίδων μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την χωροταξική κατανομή πληθυσμών σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Παρόλα αυτά η χρήση των προαναφερθέντων μεθόδων έχει περιοριστεί εξ αιτίας του χρόνου και της προσπάθειας που απαιτείται για τη προσέγγιση των παγίδων, την χειρωνακτική επιθεώρηση των περιεχομένων τους και την δημιουργία μιας ακριβής βάσης δεδομένων χωροταξικής ανάλυσης. Η αξιοσημείωτη πρόοδος που έχει σημειωθεί τα τελευταία χρόνια στην τεχνολογία των ηλεκτρονικών υπολογιστών, καθώς και στις τεχνικές επεξεργασίας σήματος και αναγνώρισης προτύπων, έχει δημιουργήσει τις

κατάλληλες συνθήκες για τη δημιουργία ενός αυτόματου, ηλεκτρονικού συστήματος ανίχνευσης και αναγνώρισης ειδών.

Η βασική ιδέα της συγκεκριμένης εφαρμογής, βασίζεται στο γεγονός ότι η ακουστική εκπομπή ενός εντόμου συνίσταται από επαναλαμβανόμενα πρότυπα (μοτίβα), τα οποία είναι μοναδικά για κάθε είδος. Εκμεταλλευόμενοι τις αρχές και τις μεθόδους των συστημάτων αναγνώρισης ομιλίας και επιβεβαίωσης ομιλητή, στην παρούσα εργασία, επιχειρούμε να αναπτύξουμε ένα σύστημα ανίχνευσης και επιβεβαίωσης βιοακουστικού σήματος. Ο στόχος ενός τέτοιου συστήματος, στην περίπτωση μας, είναι διπλός. Αφ' ενός ζητούμε να ανιχνεύεται η ύπαρξη ή μη του εντόμου, μέσα στο φοίνικα ή το αποθηκευμένο προϊόν, αφ' εταίρου, να αναγνωρίζουμε το έντομο ανάμεσα σε άλλα, λιγότερο επιβλαβή, που πιθανόν να παρασιτούν στην ίδια περιοχή.

## **1.2. Η Βιοακουστική**

Η Βιοακουστική είναι ένας σύγχρονος κλάδος της Επιστήμης Βιολογίας. Δανειζόμενη μεθόδους της Φυσικής μελετά τους ήχους που παράγουν οι ζωικοί οργανισμοί. Η κατανόηση του τρόπου παραγωγής τους, των χαρακτηριστικών και κυρίως της βιολογικής σημασίας τους είναι οι βασικοί στόχοι της Βιοακουστικής.

Τα ζώα, σε ολόκληρο τον πλανήτη, επικοινωνούν μεταξύ τους εκπέμποντας ήχους – φωνήσεις. Χερσαία ζώα, αμφίβια, υδρόβια, πουλιά, κητοειδή και έντομα παράγουν ήχους που χαρακτηρίζουν το είδος τους. Αυτή η πληθώρα των ήχων παρέχει από μόνη της μία πηγή πληροφόρησης, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξερευνηθεί η πολυμορφία των φωνήσεων και της επικοινωνίας μεταξύ των εκάστοτε ειδών. Αυτή τη δραστηριότητα των ειδών εκμεταλλεύεται η Βιοακουστική, με σκοπό τη μελέτη της συμπεριφοράς των ζώων και γενικότερα την παρακολούθηση των ειδών που απειλούνται με εξαφάνιση, καθώς και την παρακολούθηση παρασιτικών εντόμων που προκαλούν σοβαρές καταστροφές σε καλλιέργειες και προϊόντα και άλλα.

Επίσης η βιοακουστική μπορεί να είναι ένα πολύ χρήσιμο όργανο όσον αφορά την περιβαλλοντική εκπαίδευση. Η αποτελεσματική εφαρμογή της βιοακουστικής είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την τεχνολογική ανάπτυξη διότι αυτή η επιστήμη

απαιτεί την χρήση πολύπλοκων καταγραφών ήχου (sound recorders), μικροφώνων και υπολογιστικών προγραμμάτων καλής ποιότητας. Οι βιοακουστικές μελέτες έχουν εφαρμοσθεί σε πολλά είδη ζώων όπως τα πουλιά, τα αμφίβια, τα θηλαστικά, τα έντομα και τα ερπετά. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι από την ηχητική εκπομπή των νυχτερίδων ή των αρουραίων, γίνεται πιθανός ο εντοπισμός τους, δεδομένου ότι τα είδη αυτά ζουν από τη φύση τους στο σκοτάδι. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται ηχοεντοπισμός (echo localization). Αυτός ο τρόπος εντοπισμού έχει επίσης εφαρμογή στα κητοειδή όσον αφορά την αναγνώριση και κατανόηση του πολυσύνθετου τρόπου επικοινωνίας τους. Σχετικά με τα πουλιά, εξαιτίας του ποικίλου τρόπου φώνησης που χρησιμοποιούν, η βιοακουστική θέτει τα θεμέλια για την εκ βαθέων γνώση των δραστηριοτήτων, της συμπεριφοράς και της επικοινωνίας τους. Η γραφική αναπαράσταση του ήχου που παράγει το κάθε είδος, με ειδικά προγράμματα, αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την ταυτοποίηση των ειδών εξαιτίας του γεγονότος ότι η διαφορετικότητα των ακουστικών εκπομπών των διαφόρων ειδών, η οποία δε γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο αυτί, γίνεται αντιληπτή, με αυτόν τον τρόπο.

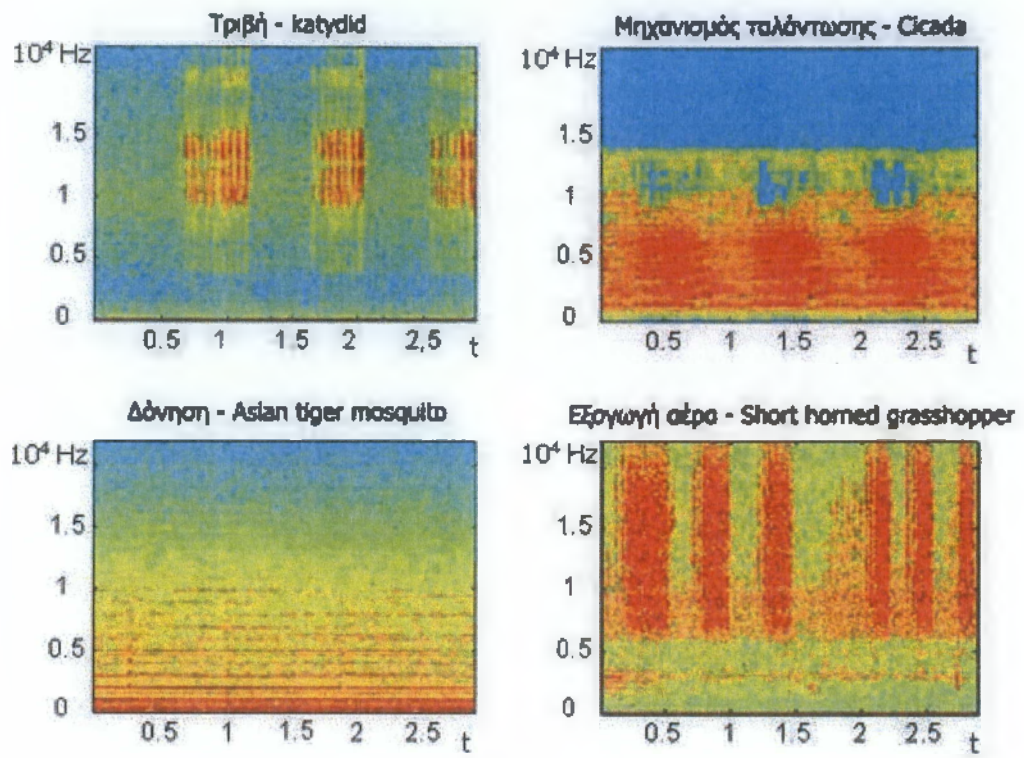
### **1.3. Παράγωγή ήχων των εντόμων**

Έχει παρατηρηθεί ένας συγκεκριμένος αριθμός τρόπων συμπεριφοράς οι οποίοι συνδέονται με την παραγωγή ήχων στα έντομα. Ο πρώτος τρόπος περιλαμβάνει εκείνες τις περιπτώσεις όπου: i) τα έντομα παράγουν ήχους με σκοπό να προσεγγίσουν τα θηλυκά κοντά τους, ii) να ζητήσουν από τα θηλυκά να δώσουν το στίγμα τους προς εντοπισμό από την ακουστική τους εκπομπή ή iii) να καλέσουν σε σύναξη τα υπόλοιπα έντομα. Ο δεύτερος τρόπος συμπεριφοράς αποτελείται από εκείνες τις περιπτώσεις όπου: i) ο ήχος παράγεται ως αντίδραση στην παρουσία ή στην δραστηριότητα άλλων οργανισμών: συγκεκριμένα, αρσενικά, θηλυκά ή μη ώριμα έντομα, παράγουν ακουστικές εκπομπές προκειμένου να δηλώσουν την ενόχλησή τους ή να προειδοποιήσουν άλλα έντομα για κίνδυνο, ii) ένα αρσενικό έντομο μπορεί να χρησιμοποιήσει το τραγούδι του προκειμένου να ενημερώσει τα υπόλοιπα αρσενικά ότι έχει την περιοχή υπό την επίβλεψη του και iii) ένα θηλυκό παράγει ακουστική εκπομπή κατά την παρουσία ενός αρσενικού, του ίδιου είδους.

Έκτος από την παραγωγή ήχου ως μέσο επικοινωνίας, ο ήχος μπορεί να παράγεται μη επιτηδευμένα ως αποτέλεσμα της σίτισης του εντόμου, της πτήσης του

ή της μετακίνησής του. Ο μηχανισμός παραγωγής του ήχου στα έντομα μπορεί να συμπτυχθεί ως εξής: Η συστολή των μυών οδηγεί σε δόνηση του μηχανισμού παραγωγής ήχου και τελικά στην εξαγωγή του ήχου και στην εκπομπή του. Οι ήχοι παράγονται από τα έντομα με πέντε διαφορετικούς τρόπους (Εικ. 1):

- **Τριβή:** Η τριβή ανάμεσα σε δύο μέρη του σώματος, συνήθως ακούγεται σαν τερέπισμα (π.χ. γρύλος, ακρίδα, κατσαρίδα, σκαθάρι, σκώρος, πεταλούδα, μυρμήγκι, προνύμφη σκαθαριού κ.α.)
- **Κρούση:** Χτυπώντας κάποιο σημείο του σώματος όπως είναι τα πόδια (π.χ. ακρίδα), η άκρη της κοιλιάς (π.χ. κατσαρίδα) ή το κεφάλι (π.χ. σκαθάρι), ακούγεται συνήθως σαν ένας συνεχής χτύπος.
- **Δόνηση:** Η ταλάντωση μερών του σώματος όπως τα φτερά που συνήθως ακούγεται σαν βόμβος ή υπόκωφο βουητό δονώντας κάποια μέρη του σώματος στον αέρα. (π.χ. μέλισσες, σφήκες, κουνούπια, μύγες, κ.λ.π. )
- **Μηχανισμός ταλάντωσης:** Η γρήγορη συστολή και διαστολή των δονούμενων μυών (δονούμενες μεμβράνες που μοιάζουν με τύμπανα). Συνήθως ακούγεται σαν ένας συνεχής ήχος που αποτελείται από “clicks” (τζιτζίκια).
- **Εξαγωγή αέρα:** Η διαδικασία κατά την οποία το έντομο εξάγει αέρα ή υγρό από το σώμα του. Συνήθως ακούγεται σαν σφύριγμα (π.χ. ακρίδες).



**Εικ.1. Φασματογραφήματα φωνήσεων εντόμων**

## 1. 4. Έντομα αποθηκευμένων προϊόντων

### 1. 4.1. Γενικώς

Με την αύξηση του πληθυσμού της γης παρουσιάζεται στο προσκήνιο ολόένα και πιο έντονο το πρόβλημα της διατροφής του ανθρώπου, με την έρευνα να στέφεται πλέον πέρα από την προσπάθεια για αύξηση και βελτίωση των γεωργικών προϊόντων, αλλά και στην διακίνηση και αποθήκευσή τους, με όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες και ζημιές από έντομα και άλλες παθήσεις ή ασθένειες. Το πρόβλημα όμως ξεκίνησε από την ανάγκη του ανθρώπου να αποθηκεύσει περισσότερη τροφή από αυτή που χρειάζεται για να τραφεί προκειμένου να την αποθηκεύσει για το χειμώνα ή για να την ανταλλάξει με άλλα τρόφιμα ή αγαθά. Και τότε η παρουσία των εντόμων και η προσβολή τους στα αποθηκευμένα προϊόντα ήταν πολύ έντονη όπως και όταν άνοιξαν τα απέραντα λιβάδια της Βορείου Αμερικής και αναπτύχθηκε το μεγάλο εξαγωγικό εμπόριο των σιτηρών. Μάλιστα πριν από κάποιες δεκαετίες έλεγαν ότι ακόμα και στα προηγμένα κράτη της Αγγλίας οι προσβολές από έντομα στα σιτηρά, τον καπνό και το κακάο, θεωρούνταν αναπόφευκτες και κατά κάποιο τρόπο φυσική συνέπεια καθώς υπήρχε η δοξασία ότι τα προϊόντα «γεννούσαν» την προσβολή και το φαινόμενο καλυπτόταν νομικώς ως «εγγενής ανωμαλία» των προϊόντων. Σύμφωνα με υπολογισμούς του F.A.O. (Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών), οι απώλειες σε έτοιμο προϊόν κατά την αποθήκευση ανέρχονται στο 17% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής (10% από έντομα και 7% από ακάρεα, τρωκτικά και ασθένειες). Οι ποσότητες που καταναλίσκονται από τα έντομα στις αποθήκες και τις καλλιέργειες μόνο των σιτηρών θα μπορούσαν να αποτρέψουν λιμούς που σχεδόν μόνιμα απειλούν τις περισσότερες χώρες της Αφρικής και της Ασίας. Είναι γνωστό ότι τα τέλεια των Κολεοπτέρων και οι προνύμφες των Λεπιδοπτέρων καταναλώνουν σε μια εβδομάδα προϊόν ανώτερο ή πολλαπλάσιο του βάρους τους. Για παράδειγμα, μια προνύμφη *Ephestia* sp. κατατρώγει φυτόρα 50 περίπου σπόρων μέχρι την νύμφωση της.

“Έντομο αποθηκών” θεωρείται κάθε είδος εντόμου που προσβάλλει και ζημιώνει αμέσως ένα προϊόν και μπορεί να αναπτυχθεί και να αναπαραχθεί σε μία αποθήκη ή χώρο που φιλοξενεί για αρκετό χρονικό διάστημα γεωργικά προϊόντα ή τρόφιμα. Υπάρχουν έντομα τα οποία δεν τρέφονται από αυτά αλλά από διάφορους μύκητες, τα αρπακτικά και τα παράσιτα των εντόμων και άλλων αρthropόδων στους

ίδιους χώρους. Αυτά τα έντομα θεωρούνται χρήσιμοι δείκτες για προσβεβλημένα προϊόντα ή προϊόντα που βρίσκονται σε κακή κατάσταση καθώς η παρουσία τους και μόνο υποβιβάζει την ποιότητα των τροφίμων.

Κοινό χαρακτηριστικό των περισσότερων εντόμων που σχετίζονται με τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα και τρόφιμα είναι η ευρεία γεωγραφική τους εξάπλωση. Είναι άλλωστε γεγονός ότι ακόμα και τα έντομα τα οποία έχουν χάσει την ικανότητά τους να πετούν είναι μεγάλοι ταξιδιώτες καθώς μπορούν να βρεθούν χιλιόμετρα μακριά και να ταξιδέψουν σε όλον τον κόσμο με την βοήθεια του ανθρώπου. Τον ρόλο του μεταφορέα αναλαμβάνει το διεθνές εμπόριο, δηλαδή τα αμπάρια των πλοίων, τα containers, τα βαγόνια των τραινών, τα αεροπλάνα κ.τ.λ. και μάλιστα τις περισσότερες φορές μεταφέρονται αφού ήδη έχουν προσβάλει τα προϊόντα πριν ακόμα και από την φόρτωση. Άλλωστε μέσα στους μεγάλους σωρούς οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας δεν αλλάζουν γρήγορα με αποτέλεσμα τα έντομα να απολαμβάνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα το μικροκλίμα που τα ευνοεί ακόμα και σε καινούριο περιβάλλον στον τόπο του προορισμού τους . (Μπουχέλος, 1996).

#### 1.4.2. Τα σημαντικότερα είδη

##### ΤΑΞΗ COLEOPTERA

###### ➤ Οικογένεια **Curculionidae**

***Sitophilus granarius* (L.)** κν. «σκαθάρι του σιταριού»: Προσβάλει τους ξηρούς σπόρους των δημητριακών (σιτάρι, ρύζι, βρώμη, κριθάρι, σόργο, σίκαλη, αραβόσιτο) και σπανιότερα προσβάλει τα όσπρια (ρεβίθια).

***Sitophilus oryzae* (L.)** κν. «σκαθάρι του ρυζιού» : Προσβάλει το ρύζι και τους σπόρους των δημητριακών ενώ λιγότερο συχνά αλευρώδη προϊόντα, βαμβακόσπορο, όσπρια, ξηρούς καρπούς, ζωοτροφές κ.α.

***Sitophilus zeamais* Motschulsky**: Προσβάλει σπόρους δημητριακών. Έχει καταγραφεί στις περισσότερες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδος και την Κρήτη (Αθανασίου και Μπουχέλος, 1999).

###### ➤ Οικογένεια **Tenebrionidae**

***Tribolium confusum* Jacquelin du Val** κν. «σκαθάρι ή ψείρα των αλεύρων»: Προσβάλει όλα τα είδη σπόρων (σιτηρά, όσπρια), άλευρα, πίτυρα, ελαιώδεις σπόρους και πλακούντες (ζωοτροφές), μπαχαρικά και μεγάλη ποικιλία ξηρών φυτικών υλών (ρίζες, φρούτα, καρπούς).

***Tribolium castaneum* Herbst** κν. «σκούρο σκαθάρι των αλεύρων» : Οι προσβολές του είναι όμοιες με αυτές του *T. confusum*. Επίσης έχει παρατηρηθεί να προσβάλει και βαμβακόσπορο.



*Tenebrio molitor* L. κν. «μεγάλο σκαθάρι των αλεύρων»: Προσβάλλει άλευρα πίτυρα, σιτηρά, νεκρά έντομα και άλλες ζωικές και φυτικές ύλες.

➤ Οικογένεια **Ostomidae (=Trogositidae)**

*Tenebroides mauritanicus* L. κν. «σκαθάρι των σπόρων»: Η προνύμφη προσβάλλει σπόρους σιτηρών ήδη προσβεβλημένους από *Sitophilus* ή *Sitotroga*, άλευρα, πίτυρα, παξιμάδια, βαμβακόσπορο κ.α. Το τέλειο έντομο τρέφεται από άλλα έντομα αποθηκών (σαρκοφάγο).

➤ Οικογένεια **Cucujidae**

*Oryzaephilus surinamensis* L. κν. «οδοντωτό σκαθάρι των σπόρων»: Προσβάλλει σπόρους σιτηρών, σταφίδα, είδη διατροφής (ψωμί, ζυμαρικά, μπισκότα, ξηρούς καρπούς), ελαιούχους σπόρους, ξηρά όσπρια, κακάο, καφέ, αποξηραμένα φυτά, πάντοτε σε συνεργασία με άλλα επιζήμια σε αυτά έντομα.

*Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) κν. «σιταρόψειρα»: Προσβάλλει σπόρους σιτηρών. Σε αποθήκες υπερέχει σε πληθυσμό ενώ σε αλευρόμυλους υπερέχει το συγγενές *Cryptolestes turcicus* (Grouvelle) (Coleoptera: Cucujidae).

➤ Οικογένεια **Bostrychidae**

*Rhyzopertha dominica* F. κν. «σκαθάρι του ρυζιού»: Είναι το πολυπληθέστερο έντομο αποθηκών σε αποθηκευμένο ρύζι και σιτάρι στην Ελλάδα. Προσβάλλει επίσης κριθάρι, αραβόσιτο, μπισκότα και άλλα προϊόντα αλεύρου.

➤ Οικογένεια **Anobiidae**

*Lasioderma serricorne* F. κν. «σκαθάρι ή ψείρα του ξηρού καπνού»: Είναι ο κύριος εχθρός του αποθηκευμένου καπνού. Έχει τεράστια ποικιλία τροφικών προτιμήσεων όπως τσιγάρα, πούρα, κακάο, σοκολάτα, μπαχαρικά, ζυμαρικά, αρωματικά φυτά, έντομα και φυτά σε συλλογές, ξηρές οπώρες, ελαιώδεις σπόρους και πλακούντες, χαρούπια, όσπρια, αυτοφυή φυτά στην ύπαιθρο κ.α.

➤ Οικογένεια **Nitidulidae**

*Carpophilus hemipterus* L. κν. «σκαθάρι των ξηρών φρούτων»: Στις αποθήκες προσβάλλει κυρίως σύκα και αποξηραμένα βερικόκα, χουρμάδες, σταφίδες, μπανάνες κ.α. Έχει βρεθεί και σε ξηρούς καρπούς, άλευρα, κακάο, τρούφα, σπόρους σιτηρών, αμυλώδη βιομηχανικά προϊόντα κ.α.

➤ Οικογένεια **Bruchidae**

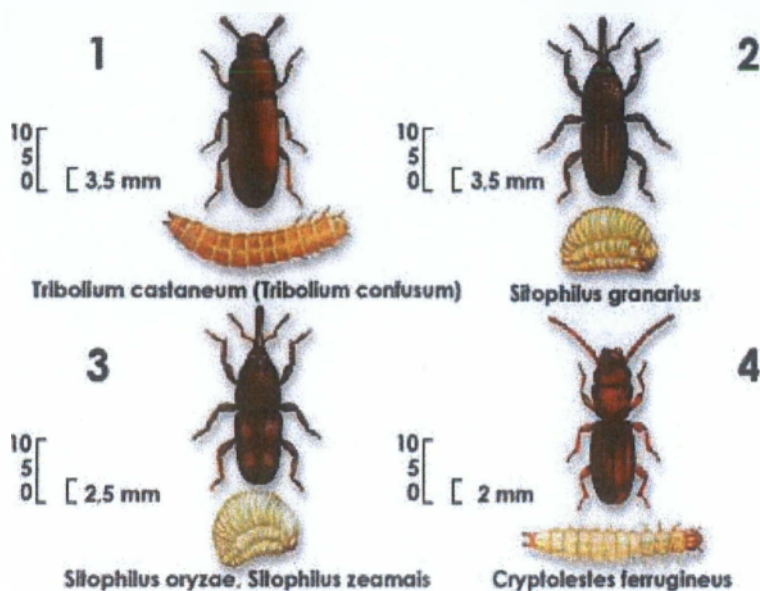
*Acanthoscelides obtectus* (Say) κν. «Βρούχος των φασολιών»: Προσβάλλει κυρίως φασόλια όλων των ποικιλιών αλλά και σόγια. Ανάλογες προσβολές σε όσπρια προκαλούν τα συγγενή είδη: *Bruchus pisorum* (L.) κοινώς Βρούχος των μπιζελιών, *Bruchus rufimanus* (Boheman) κοινώς Βρούχος των κουκιών, *Bruchus lentis* (Frolich) κοινώς Βρούχος της φακής

➤ Οικογένεια **Dermestidae**

*Anthrenus museorum* (L.) και *Anthrenus verbasci* (L.) κν. «σκαθάρια των μουσείων»: Οι προνύμφες προσβάλλουν συνήθως ζωικές ύλες, νεκρά έντομα, και ζώα σε συλλογές και μουσεία αλλά και μάλλινα, τάπητες, βαμβακερά, δέρμα, και γουναρικά.

*Trogoderma granarium* Everts κν. «Τρωγόδερμα των σπόρων»: Αντίθετα με τα υπόλοιπα Dermestidae, τρέφεται αποκλειστικώς με φυτικές ύλες και είναι

καταστρεπτικό στα αποθηκευμένα σιτηρά. Επίσης προσβάλλει ελαιώδεις σπόρους και πλακούντες. Αποτελεί «Έντομο καραντίνας» σε πολλές χώρες και στην Ελλάδα.



Εικ. 2. Σχετικά μεγέθη των πιο σημαντικών κολεοπτέρων αποθηκευμένων προϊόντων

## ΤΑΞΗ LEPIDOPTERA

### ➤ Οικογένεια Pyralidae

***Ephestia kuhniella* Zeller** κν. «Μεσογειακό σκουλήκι των αλεύρων»  
Προσβάλλει άλευρα και σπόρους σιτηρών, όσπρια, ξηρούς καρπούς, πίτυρα, γύρη στις κυψέλες των μελισσών κ.α.

***Ephestia cautella* Walker** κν. «σκουλήκι των σύκων, σταφίδας»  
Προσβάλλει κυρίως μισοξηραμένα και ξερά σύκα, άλλα και πολλά άλλα ξηρά φρούτα και καρπούς (σταφίδες, δαμάσκηνα, βερίκοκα, χουρμάδες, φιστίκια, αμύγδαλα) ενώ προσβάλλει λιγότερο το αλεύρι, τα πίτυρα, τα μπισκότα, τη σοκολάτα και τις ζωοτροφές.

***Ephestia elutella* Hübner** κν. «σκουλήκι του καπνού ή του κακάο»  
Εκτός από καπνά πλούσια σε σάκχαρα και πτωχά σε νικοτίνη, προσβάλλει και κακάο, σοκολάτα, αλεύρι, ζυμαρικά, σπόρους σιτηρών και οπώρες, αφυδατωμένα λαχανικά, πλακούντες κ.α

***Plodia interpunctella* Hübner** κν. «Κοινό σκουλήκι αποθηκών»  
Είναι έντομο πολυφάγο. Εκτός από διάφορα είδη σπόρων και τα προϊόντα τους, προσβάλλει όλα σχεδόν τα είδη ξηρών σπόρων και οπωρών, αποξηραμένες φυτικές και ζωικές ουσίες (βοτανικές και ζωολογικές συλλογές), σκόνη γάλακτος, σοκολάτα, γύρη στις κυψέλες των μελισσών κ.α.

***Pyralis farinalis* (L.)** κν. «σκουλήκι των αλεύρων»  
Προσβάλλει κυρίως άλευρα και σπόρους σιτηρών αλλά και διάφορα άλλα φυτικά υλικά και αλλοιωμένα προϊόντα.

***Corcyra cephalonica* Stainton** κν. «σκουλήκι του ρυζιού (διεθνώς)»: Στην Ελλάδα έχει προκαλέσει σοβαρές ζημιές σε μαύρη κορινθιακή σταφίδα και σουλτανίνα, αχρηστεύοντας το αποθηκευμένο προϊόν ενώ διεθνώς αναφέρεται ως εχθρός των σπόρων και αλεύρων ρυζιού καθώς και αλεύρων άλλων σιτηρών (σίτου, αραβοσίτου).

➤ Οικογένεια **Tineidae**

***Tinea granella* L.** κν. «Τίνεα των σπόρων»: Εκτός από τους σπόρους σιτηρών είναι δυνατόν να προσβάλλει και σπόρους ψυχανθών, άλευρα, ξηρές σπώρες, ξηρούς καρπούς, τρόφιμα και ζωοτροφές. Σε περιπτώσεις μεγαλύτερης προσβολής, η επιφάνεια των σωρών των σπόρων καλύπτεται από ιστούς μεταξίνων νημάτων και αποτελεί χαρακτηριστικό της προσβολής από το έντομο. Τα προσβεβλημένα προϊόντα, παίρνουν δυσάρεστη οσμή και γεύση.

➤ Οικογένεια **Gelechiidae**

***Sitotroga cerealella* (Oliver)** κν. «Σιτότρωγα»: Είναι σοβαρός εχθρός των σπόρων όλων των καλλιεργουμένων σιτηρών αλλά και μερικών αυτοφυών αγρωστωδών. Δεν δημιουργούνται νήματα στην επιφάνεια των προϊόντων αλλά εκτός από τις απώλειες σε βάρος και σε βλαστικότητα οι σπόροι αποκτούν δυσάρεστη οσμή και γεύση ενώ το κριθάρι γίνεται και ακατάλληλο για ζυθοποίηση.

### 1.4.3. Παράγοντες προσβολής

Από τους σοβαρότερους οικολογικούς παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιβίωση και τον πολλαπλασιασμό των εντόμων αποθηκών είναι η θερμοκρασία και η υγρασία που για τα περισσότερα έντομα ισχύουν οριακές τιμές και ο ρυθμός αναπαραγωγής τους είναι ανάλογος των τιμών αυτών των παραγόντων στο ίδιο το προϊόν και τους αποθηκευτικούς χώρους. Έχει αποδειχθεί ότι θερμοκρασίες ανώτερες των 35°C και κατώτερες των 21°C έχουν δυσμενή επίδραση στην ανάπτυξη και εξάπλωσή τους.

Ως προς τις απαιτήσεις σε υγρασία (MC) τα περισσότερα είδη, όπως τα *Tribolium spp.* ζουν και αναπαράγονται σε προϊόντα μικρής περιεκτικότητας σε υγρασία (άλευρα , γαλέτα) και άλλα όπως τα *Sitophilus spp.* δεν μπορούν να αναπαραχθούν σε σπόρους με υγρασία κατώτερη του 8%. Αρκετά έντομα (*Lasioderma*, *Ptinus* κ.α.) χρειάζονται υγρασία προϊόντος (MC) τουλάχιστον 10%.

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας που ευνοεί τα έντομα αποθηκών στο να γίνουν ζωικοί εχθροί και να προσβάλλουν τα γεωργικά προϊόντα είναι το μέγεθος αλλά και το σχήμα του σώματος τους, τα οποία είναι τέτοια ώστε να τα ευνοούν στην είσοδο αλλά την εγκατάστασή τους στους αποθηκευτικούς χώρους. Το μήκος του σώματος των τελείων ποικίλει από 1mm μέχρι 12 mm περίπου ενώ η πλειονότητά τους δεν ξεπερνά τα 5mm. Έτσι, μια στενή ρωγμή ή σχισμή στην εσωτερική

κατασκευή του αποθηκευτικού χώρου γίνεται πολλές φορές καταφύγιο πληθυσμών εντόμων, ικανών να ξεκινήσουν σοβαρές προσβολές στα φιλοξενούμενα προϊόντα. Το μικρό τους μέγεθος, παρέχει σε αυτά τη δυνατότητα να αποφεύγουν εύκολα τους φυσικούς τους εχθρούς και πολλές φορές και την επίδραση των εντομοκτόνων. Παράδειγμα, τα μικροκαμωμένα και πεπλατυσμένα *Oryzaephilus* sp. που χάρη στα «προσόντα» τους αυτά, έχουν σήμερα μεγάλη εξάπλωση και προσβάλλουν μεγάλο αριθμό προϊόντων.

Τα περισσότερα είδη εντόμων αποθηκών ανήκουν στην τάξη Κολεόπτερα με επόμενη την τάξη Λεπιδόπτερα. Από την τάξη Υμενόπτερα τα περισσότερα έντομα που απαντώνται στους αποθηκευτικούς χώρους ανήκουν στις οικογένειες Ichneumonidae, Braconidae, Pteromalidae και παρασιτούν πληθυσμούς εντόμων αποθηκών. Ελάχιστα είναι τα Ημίπτερα (κυρίως οικ. Reduviidae και Anthocoridae) που είναι αρπακτικά διαφόρων ειδών που ζουν στους αποθηκευτικούς χώρους ενώ ύπαρξη ειδών άλλων τάξεων κρίνεται μάλλον συμπτωματική.

Υπάρχουν επίσης και είδη εντόμων όπως τα Κολεόπτερα της οικογένειας Bruchidae, που ενώ είναι εχθροί των καλλιεργειών και αναπτύσσονται στους αγρούς και τους ωριμασμένους σπόρους εντούτοις είναι ικανά να διαχειμάσουν στο ξηρό αποθηκευμένο προϊόν, χρησιμοποιώντας την αποθήκη για να περάσουν στην επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Αρκετά από τα έντομα αυτά, με μικρές αλλαγές στις συνθήκες τους, έχουν γίνει γνήσια έντομα αποθηκών. (Μπουχέλος 1996)

#### **1.4.4. Αντιμετώπιση εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων**

Για την αντιμετώπιση των εντόμων των αποθηκευμένων προϊόντων έχουν δοκιμαστεί κατά το παρελθόν τεχνικές και μέθοδοι όλων των ειδών, αν και τελευταία υπάρχει μεγάλη τάση για στροφή σε βιολογικές μεθόδους αντιμετώπισης ακόμη και στα έντομα αποθηκευμένων προϊόντων χρησιμοποιώντας κυρίως φυσικές ουσίες και εντομοπαθογόνους μικροοργανισμούς. Παρακάτω παρατίθεται μία βιβλιογραφική ανασκόπηση των κυριότερων μεθόδων αντιμετώπισης, όπως: Χημικές, Μηχανικές, Φυσικές, Βιοτεχνικές και Βιολογικές μέθοδοι αντιμετώπισης.

#### 1.4.4.1. Προληπτικά μέτρα κατά την αποθήκευση

Ο χώρος που προορίζεται για την αποθήκευση των γεωργικών προϊόντων προς κατανάλωση θα πρέπει να πληρεί κάποιες προϋποθέσεις που θα εξασφαλίζουν την συντήρηση των προϊόντων όσο το δυνατόν πιο υγιεινά.

Τα μέτρα ξεκινούν:

- Από την κατασκευή και τα υλικά των αποθηκών, τα οποία θα μας διατηρήσουν την υγρασία, την θερμοκρασία και τον αερισμό σε ευνοϊκές συνθήκες αποθήκευσης.
- Μόνωση της οροφής για την αποφυγή υψηλών θερμοκρασιών κατά τους θερινούς μήνες.
- Στεγανοποίηση δαπέδων και τοίχων για την διατήρηση της υγρασίας σε χαμηλά επίπεδα ακόμα και σε υγρές περιοχές.
- Την κάλυψη των παραθύρων με πυκνό πλέγμα για την αποφυγή εισόδου στο εσωτερικό του χώρου.
- Την σχολαστική καθαριότητα του χώρου και του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται.

#### 1.4.4.2. Χημικές μέθοδοι αντιμετώπισης

Μεγάλος αριθμός χημικών ουσιών έχει χρησιμοποιηθεί κατά το παρελθόν για την αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων. Πριν την αποθήκευση μπορεί γίνει χημική απεντόμωση με ψεκάσμο στο δάπεδο, στους τοίχους, στην οροφή, στους σάκους και στον εξοπλισμό της αποθήκης. Ο ψεκάσμος πρέπει να γίνεται 2-3 εβδομάδες πριν την είσοδο του προϊόντος στην αποθήκη. Στη συνέχεια ακολουθεί μετά την αποθήκευση μία επέμβαση στην επιφάνεια του προϊόντος. Προσφάτως, αξιοσημείωτα αποτελέσματα θνησιμότητας έδειξε το spinosad ακόμα και σε χαμηλές δόσεις επί των *S.oryzae*, *R.dominica* και *T.confusum* (Kavallieratos et al., 2010).

Μια ευρέως εφαρμοσμένη στην πράξη χημική μέθοδος είναι η χρήση ασφυκτικών αερίων, των καπνογόνων (Φωσφίνη, Dichlorvos, CH<sub>3</sub>Br). Τα καπνογόνα είναι χημικές ενώσεις, οι οποίες επενεργούν τοξικά με ατμούς στα παράσιτα που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα. Ο τρόπος εφαρμογής και η αποτελεσματικότητα του υποκαπνισμού εξαρτάται από τις φυσικές ιδιότητες του καπνογόνου. Το μεγάλο πλεονέκτημα τους είναι ότι εξαπλώνονται πολύ γρήγορα και

διδεισδύουν σε θέσεις και χώρους όπου άλλοι μέθοδοι αντιμετώπισης είναι αδύνατον να εφαρμοστούν.

Άλλη κατηγορία εντομοκτόνων με εφαρμογή σε αποθηκευτικούς χώρους είναι τα πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα. Εντομοκτόνα αυτής της ομάδας (π.χ. deltamethrin, permethrin, cyrepermethrin) χρησιμοποιούνται σε αρκετά μεγάλη κλίμακα για την καταπολέμηση εντόμων αποθηκών γιατί παρουσιάζουν γρήγορη δράση και ικανότητα κατάρριψης (knock-down). Είναι εντομοκτόνα επαφής, εισέρχονται στο εσωτερικό του εντόμου και δρουν επί του κεντρικού νευρικού συστήματός του. Έχουν μεγάλο φάσμα δράσης εναντίον πολλών αρθροπόδων, και παρουσιάζουν μικρή τοξικότητα στα θηλαστικά και τον άνθρωπο. Ένα ακόμη πλεονέκτημά τους είναι ότι χρησιμοποιούνται στη πράξη σε μικρές δόσεις. Η χρήση τους όμως ευνοεί τον πολλαπλασιασμό των ακάρεων.

#### 1.4.4.3. Μηχανικές μέθοδοι αντιμετώπισης

α) Πίεση: Γίνεται χρήση υψηλών πιέσεων όπου θανατώνονται κυρίως τέλεια έντομα. Χρησιμοποιείται και πεπιεσμένος ξηρός αέρας για καθαρισμό μηχανών, δαπέδων και τοίχων.

β) Ξήρανση: Με την απαλλαγή της πλεονάζουσας υγρασίας από τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα εμποδίζεται η βιολογική εξέλιξη των επιβλαβών εντόμων

γ) Κενό: Πλήρες ή υψηλό και παρατεταμένο κενό θανατώνει πολλά είδη εντόμων. Με την έλλειψη ατμοσφαιρικού αέρα προκαλείται συγκέντρωση CO<sub>2</sub> και ο χώρος γίνεται ασφυκτικός.

δ) Ασφυξία: Για την δημιουργία ασφυκτικών συνθηκών στα έντομα χρησιμοποιούνται διάφορα καθαρά, λευκά έλαια (παραφίνη) ή γαλακτώματα ορυκτελαίων που αναμιγνύονται με τους προσβεβλημένους σπόρους. Έτσι εμποδίζεται η αναπνοή των εντόμων.

ε) Πλύσιμο με νερό: Χρησιμοποιείται άφθονο νερό υπό ισχυρή πίεση, οπότε πραγματοποιείται μηχανική απομάκρυνση.

στ) Φυγοκέντρωση: Επιτυγχάνεται με μια συσκευή που ονομάζεται entoleter. Αυτή περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα και εκσφενδονίζει τους σπόρους (σιτηρών) στο τοίχωμα της συσκευής, προκαλώντας τη θανάτωση των εντόμων (ακμαίων και

ατελών σταδίων) που προσβάλλουν τους σπόρους αλλά και των αυγών τους. Τέτοια μηχανήματα λειτουργούν σε διάφορους αλευρόμυλους

#### 1.4.4.4. Φυσικές μέθοδοι αντιμετώπισης

α) Θερμοκρασία: Θερμοκρασίες 52-55°C επί 3 περίπου ώρες ή μεγαλύτερες με αντιστρόφως ανάλογες χρονικές εκθέσεις, καταστρέφουν όλα τα στάδια των εντόμων αποθηκών προκαλώντας πήξη των λευκομάτων τους. Προτιμάται θερμό ρεύμα αέρος για προϊόντα και θερμό νερό ή ατμός για μέσα μεταφοράς, εργαλεία και μηχανήματα προκειμένου να αποφευχθεί η δημιουργία πολύ υψηλών θερμοκρασιών.

β) Ψύχος: Η επίδραση του ψύχους παρεμποδίζει την εξέλιξη των βιολογικών σταδίων των εντόμων και την εγκατάσταση νέων προσβολών. Συνήθως χρειάζεται έκθεση του προϊόντος σε -5 έως -10°C επί πολλές ημέρες, το οποίο επιτυγχάνεται με συσκευές ψύξεως και ρεύματα ψυχρού αέρα. Χρησιμοποιείται και ως τρόπος συντήρησης του προϊόντος σε ψυκτικού; θαλάμους.

γ) Ηλεκτροστατικό πεδίο: Με διοχέτευση ρεύματος υψηλής συχνότητα; και μεγάλης ισχύος, αυξάνεται σε ελάχιστα δευτερόλεπτα η θερμοκρασία των ζωικών παρασίτων χωρίς να αυξηθεί στον ίδιο βαθμό και η θερμοκρασία του προϊόντος

δ) Ιονίζουσες ακτινοβολίες: Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες, συνήθως ακτίνες γ, εφαρμόζονται κατευθείαν στα αποθηκευμένα προϊόντα για την αποστείρωσή τους χωρίς να αφήνουν κατάλοιπα. Το κυριότερο μειονέκτημα της μεθόδου είναι το υψηλό κόστος των εγκαταστάσεων της

#### 1.4.4.5. Βιοτεχνικές μέθοδοι αντιμετώπισης

α) Ελκυστικές παγίδες και Φερομονικές παγίδες: Χρησιμοποιούνται για την παγίδευση δολώματα, ελκυστικές ουσίες ή αντικείμενα που προσελκύουν τα έντομα μέσα σε δοχεία από τα οποία δεν μπορούν να εξέλθουν ή σε κολλητική επιφάνεια. Κατά περιπτώσεις χρησιμοποιούνται πολλές μορφές ή συνδυασμός παγίδων όπως τροφικές, κολλητικές, φωτοπαγίδες κ.λπ. Με τη χρήση των παγίδων αποσκοπούμε στον έλεγχο του πληθυσμού του εντόμου, στον προσδιορισμό της εξόδου των ακμαίων και συνεπώς στον προσδιορισμό του χρόνου επεμβάσεως με εντομοκτόνα, αλλά και στη μείωση και εξόντωση του πληθυσμού με την μαζική παγίδευση (Buchelos and Levinson, 1993, Jones, 1998, Αθανασίου κ.α., 1999, Athanassiou and Buchelos, 2001)

Οι φερομόνες είναι ουσίες που παράγονται από έντομα ή άλλα ζώα, ελευθερώνονται στην επιφάνεια του σώματός τους ή στο περιβάλλον, και προκαλούν χαρακτηριστικές αντιδράσεις συμπεριφοράς ή φυσιολογίας σε άλλα άτομα του ίδιου κατά κανόνα είδους (Τζανακάκης, 1995). Οι ουσίες αυτές συντίθενται χημικά και χρησιμοποιούνται στις παγίδες. Έχουν εξειδικευμένη δράση με αποτέλεσμα να προστατεύεται η ωφέλιμη πανίδα, δεν παρουσιάζουν τοξική υπολειμματικότητα, δεν μολύνουν το περιβάλλον, η χρήση τους είναι εύκολη και ακίνδυνη αλλά το κόστος σύνθεσής τους είναι υψηλό.

Οι αποθηκευτικοί χώροι προσφέρονται περισσότερο από τους εξωτερικούς για την χρήση φερομονών, διότι αποτελούν ένα κλειστό σύστημα, με σχετικά σταθερές συνθήκες (μέτριες τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτισμού) και σχετικά μικρά ρεύματα αέρα, τα οποία ευνοούν βιοτεχνολογικούς χειρισμούς των εντόμων που βρίσκονται μέσα σε αυτούς. Οι φερομονικές παγίδες για τα μικρολεπτόπτερα είναι κολλητικές ταινίες (μυγόχαρτα) στις οποίες επισυνάπτεται η φερομόνη μέσα σε πλαστική κάψουλα. Στην Ελλάδα έχουν δοκιμαστεί φερομόνες για το *E. kuehniella* σε αλευρόμυλους. Οι πρώτες εφαρμογές για παρακολούθηση του εντόμου με φερομονικές παγίδες έγιναν κατά τα έτη 1977-78 και 1978-79 (Μπουχέλος, 1993).

β) Ρυθμιστές ανάπτυξης: Σ' αυτή την ομάδα εντομοκτόνων ανήκουν i) οι μιμητές της ορμόνης νεότητας (fenoxycarb, pyriproxyphen) και ii) οι παρεμποδιστές βιοσύνθεσης της χιτίνης ( diflubenzuron, triflumuron, buprofezin). Με τη χρήση των μιμητών της ορμόνης νεότητας το έντομο παραμένει σε προνυμφικό στάδιο, δηλαδή εμποδίζεται το έντομο να περάσει στο νυμφικό στάδιο με αποτέλεσμα να μην μεταμορφώνεται και να πεθαίνει. Με τη χρήση των παρεμποδιστών οι προνύμφες των εντόμων παρεμποδίζονται στο μηχανισμό έκδυσης, δηλαδή παρεμποδίζεται η αποβολή του χιτίνινου σωματικού περιβλήματος με αποτέλεσμα το έντομο να μην διέρχεται σε μεγαλύτερη ηλικία και να πεθαίνει. Οι ρυθμιστές ανάπτυξης παρουσιάζουν μηδενική τοξικότητα για τον άνθρωπο και τα θερμόαιμα και παρουσιάζουν εξειδικευμένη δράση με αποτέλεσμα να προστατεύονται οι ωφέλιμοι μικροοργανισμοί.

#### **1.4.4.6 Βιολογικές μέθοδοι αντιμετώπισης**

Με τις βιολογικές μεθόδους γίνεται χρήση των φυσικών εχθρών των επιβλαβών εντόμων για την γεωργία με σκοπό τον έλεγχό τους. Οι φυσικοί εχθροί



διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες στα ωφέλιμα αρθρόποδα και στους εντομοπαθογόνους μικροοργανισμούς. Επίσης φυσικές ουσίες χρησιμοποιούνται ευρέως για την αντιμετώπιση των εντόμων των αποθηκευμένων προϊόντων. Κάποιες από τις ουσίες που έχουν δείξει αξιοσημείωτα αποτελέσματα είναι το Azadirachtin (Kavallieratos et al., 2007), Abamectin (Kavallieratos et al., 2009) και Diatomaceous earth (Athanassiou et al., 2006; Kavallieratos et al., 2010). Όσον αφορά τους εντομοπαθογόνους μικροοργανισμούς μελέτες έχουν δείξει την αποτελεσματικότητα των εντομοπαθογόνων μυκήτων *B.bassiana* και *M. anisopliae*. Οι μύκητες αυτοί μπορούν να επιζήσουν πάνω στα σιτηρά και να αναπαραχθούν παράγοντας μεγαλύτερο αριθμό παθογόνων σπορίων (Athanassiou et al., 2008). Σε δημοσιευμένες βιοδοκιμές έχουν δοκιμαστεί διάφορα είδη μυκήτων παρουσιάζοντας συχνά αμφιταλαντευόμενα αποτελέσματα. Ο μύκητας *B.bassiana* δείχνει να είναι ο πιο αποτελεσματικός έναντι εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων (Vassilakos et al., 2006).

#### 1.4.5. Το *Rhizopertha dominica* (F.)

Αναφέρθηκε το 1792 από ναυτικούς από την Ινδία καθώς μετέφεραν σπόρους δημητριακών στην Ν. Αμερική. Στην συνέχεια υπάρχουν αναφορές στις ΗΠΑ πριν από εκατό χρόνια να εμφανίζεται σε ποικίλα μέρη προσβάλλοντας μεγάλες ποσότητες αλεύρου και σίτου. Κατά την διάρκεια του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου μεγάλες ποσότητες αποθηκευμένου σίτου που βρίσκονταν στην Αυστραλία για την αποστολή τους στις ΗΠΑ προσβλήθηκαν εντόνως από το *R. dominica* με αποτέλεσμα την μεταφορά του και την εξάπλωσή του (Arthur, 1996b). Σήμερα συναντάται στις περισσότερες περιοχές της γης, αναπτύσσει μεγάλους πληθυσμούς και προκαλεί σοβαρές ζημιές.

Το ακμαίο άτομο έχει μήκος σώματος 2,5 - 3 mm, είναι επίμηκες, κυλινδρικού σχήματος και το χρώμα του είναι καστανό έως ερυθροκαστανό. Η κεφαλή δεν φαίνεται από πάνω αλλά καλύπτεται από τον προθώρακα ο οποίος αποτελείται από βοθρία. Οι κεραιές αποτελούνται από δέκα άρθρα με τα τρία τελευταία αραιώς τοποθετημένα ώστε να σχηματίζουν ρόπαλο. Ο θώρακας στην ραχιαία επιφάνεια φέρει πυκνά χιτινώδη επάρματα (εξογκώματα). Στα έλυτρα υπάρχουν ευκρινείς κατά μήκος γραμμές από μικρά κοιλώματα.

Η προνύμφη έχει μήκος 4-6 mm σε πλήρη ανάπτυξη και είναι σκαραβαιόμορφος, δηλαδή το σώμα της είναι κυρτό, παχύ και διογκωμένο προς τα εμπρός. Το χρώμα της είναι υπόλευκο, με κεφαλή και πόδες καστανούς.



Εικ. 3 . Ακμαίο και προνύμφη του *Rhyzopertha dominica*



Εικόνα 4 . Σιτάρι σοβαρώς προσβεβλημένο από ακμαία άτομα *R. dominica*

Τόσο το ακμαίο όσο και η προνύμφη προσβάλλουν το σιτάρι και τους σπόρους σιτηρών (ρύζι, σίκαλη, κριθάρι, αραβόσιτος και βρώμη), όπως επίσης και συμπαγή αμυλούχα προϊόντα (ξηρός άρτος, φρυγανιές, ζυμαρικά). Μπορεί να τραφεί και με άλευρο, πίτυρα ή πλιγούρι. Προσβάλλει επίσης σε μικρότερο βαθμό όσπρια, καπνό, λαχανικά και ορισμένα άλλα τρόφιμα και ζωοτροφές. (Σταμόπουλος, 1995).

Διαχειμάζει στις αποθήκες σε όλα τα στάδια. Πολλαπλασιάζεται σχετικά αργά. Η εμφάνιση μεγάλων πληθυσμών του εντόμου εννοείται όταν οι σπόροι από τους οποίους τρέφεται μείνουν για πολύ καιρό αμετακίνητοι. Πολλές προνύμφες του μπαίνουν σε κάθε σπόρο και καταστρέφουν το εσωτερικό του, μέσα στον οποίο νυμφώνονται. Το σκαθάρι του ρυζιού αναπτύσσεται όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 18 - 30 °C. Οι optimum συνθήκες για την ανάπτυξή του είναι οι 30 °C. Όταν η θερμοκρασία είναι 25 έως 28 °C τότε μπορεί να παρατηρηθούν μέχρι και 4 ή 6 επάλληλες γενιές το έτος.

Όπως υποδηλώνει και η κοινή ονομασία του, το σκαθάρι του ρυζιού προσβάλλει κατά κύριο λόγο τους σπόρους του ρυζιού, παρ' όλα αυτά προσβάλλει και άλλους σπόρους όπως το σιτάρι, τον αραβόσιτο, το κριθάρι καθώς και άλευρα και προϊόντα αλεύρων όπως μπισκότα κ.α. Το *R. dominica* είναι το πολυπληθέστερο έντομο που παρατηρείται σε αποθήκες με ρύζι και σιτάρι στην Ελλάδα.

Η χημική αντιμετώπιση του *R. dominica* στηρίζεται κυρίως στη χρήση πυρεθροειδών σκευασμάτων. Αυτό συμβαίνει γιατί το σκαθάρι του ρυζιού είναι αρκετά ευαίσθητο στα σκευάσματα που περιέχουν πυρεθρο παρά σε αυτά που είναι οργανοφωσφορικά. Το γεγονός αυτό έχει διαπιστωθεί και από τους Samson and Parker (1989) καθώς και από τον Arthur (1994). Επιπροσθέτως οι White and Launch (1996) χαρακτηριστικά αναφέρουν πως οι πυρεθρίνες είναι πιο τοξικές για το σκαθάρι του ρυζιού, σε αντίθεση με τα οργανοφωσφορικά, παραλλήλως όμως είναι και πιο ακριβές, γεγονός που αποτελεί μειονέκτημα.

Η ουσία cyfluthrin έχει δοκιμασθεί για την αντιμετώπιση του εν λόγω εντόμου, όμως έχει παρατηρηθεί πως χρειάζονται υψηλότερες δόσεις αυτής καθώς και μεγαλύτερα διαστήματα εκθέσεως σε αυτήν έτσι ώστε να επιτευχθούν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η παρουσία προϊόντος που δεν είναι κατεργασμένο με cyfluthrin μπορεί να δώσει την ευκαιρία στα έντομα να επανέλθουν μετά από την έκθεσή τους σε προϊόν που έχει υποστεί κατεργασία. (Arthur, 1999). Τα bioemethrin και resmethrin μπορούν επίσης να δώσουν πολύ καλά αποτελέσματα (Arthur, 1992).

Ένα από τα οργανοφωσφορικά φάρμακα που έχουν δώσει καλά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση του *R. dominica* είναι το chlorpyrifos-methyl. Μόνο του ή σε συνδυασμό με κάποιο πυρεθροειδές μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο του εντόμου στο σιτάρι για αρκετό διάστημα όπως αναφέρει και ο Arthur (1992, 1999).

Το *R. dominica* λόγω της αναπτύξεως των νυμφών και των προνυμφών του εντός του σπόρου, είναι από τα έντομα που η αντιμετώπισή τους είναι δύσκολη. Επίσης επειδή και το ακμαίο τρέφεται εντός του σπόρου, είναι δύσκολο να γίνει διάγνωση κυρίως στα αρχικά στάδια της προσβολής. Η προσβολή γίνεται συνήθως αντιληπτή από την σκόνη που δημιουργείται από την κονιορτοποίηση των σπόρων εφ' όσον καταναλωθούν από το *R. dominica*.

Έρευνες που έχουν γίνει δείχνουν πως τα ακμαία άτομα *R. dominica* είναι από τα λιγότερο ευαίσθητα είδη σκαθαριών των αποθηκών όταν για τη καταπολέμησή τους χρησιμοποιείται κάποιο σκεύασμα γης διατόμων (Subramanyam and Roesli 2000, Fields and Korunic 2000). Γενικώς το σκαθάρι του ρυζιού δεν είναι πολύ κινητικό, σε σύγκριση με άλλα είδη της ίδιας τάξεως και έτσι η επαφή με τα μόρια της γης διατόμων είναι μειωμένη.

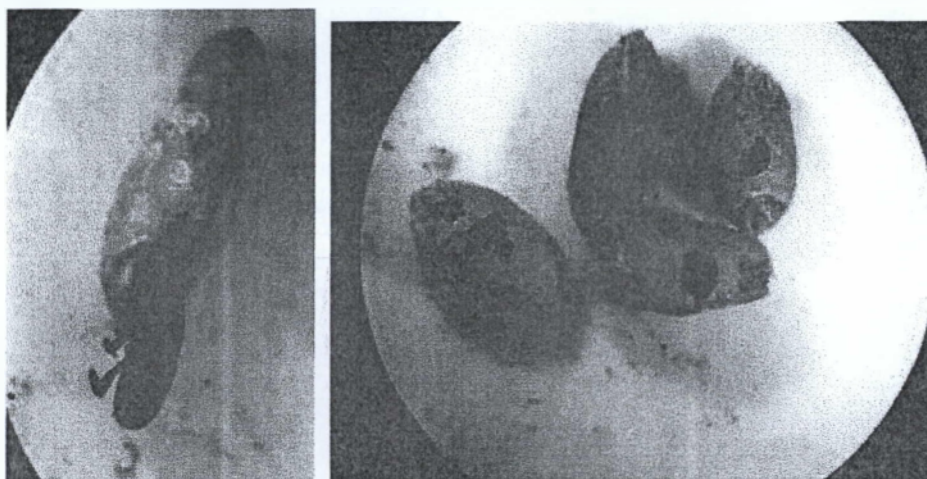
Παρ' όλα αυτά, τα αποτελέσματα των ερευνών των Athanassiou and Kavallieratos (2005) και των Kavallieratos et al. (2005) δείχνουν ότι το *R. dominica* παρουσιάζει ιδιαίτερη ευαισθησία στα σκευάσματα γης διατόμων PyriSec, Insecto και Silicosec. Η δραστηριότητα των σκευασμάτων αυτών εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό και από το είδος του δημητριακού στο οποίο εφαρμόζονται.

#### 1.4.6. Το *Sitophilus oryzae*

Το *Sitophilus oryzae* είναι ένα από τα πιο καταστροφικά έντομα αποθηκευμένων σιτηρών παγκοσμίως (Sinha and Matters, 1985) Απαντάει συχνότερα σε ζεστά, τροπικά και υποτροπικά κλίματα. Τρέφεται αδηφάγα στο σιτάρι, κριθάρι και καλαμπόκι προκαλώντας σημαντική οικονομική ζημιά. Οι προνύμφες και τα ακμαία τρέφονται σε ολόκληρους σπόρους προκαλώντας μείωση του βάρους του σπόρου, ποιοτική υποβάθμιση, αύξηση του λιπαρούς οξέως και ευπάθεια σε δευτερογενείς προσβολές μυκήτων. Η εισβολή του *S. oryzae* σε αποθήκη σιτηρών μπορεί επίσης να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας των σπόρων και να διευκολύνει την εγκατάσταση αποικιών μυκήτων, εντόμων και ακάρεων. (Koehler, 2008, Sinha and Matters, 1985). Το *Sitophilus oryzae* είναι έντομο μέτριας ανθεκτικότητας σε κρύες συνθήκες και απαιτεί σχετικά υψηλή υγρασία για να αναπτυχθεί. Απαντάει συχνότερα σε τροπικά και ζεστά κλίματα και συνήθως δεν

επεκτείνεται σε κρύες περιοχές. Δεν ευδοκίμει σε περιοχές με πολύ υψηλή θερμοκρασία το καλοκαίρι και συχνά μετατοπίζεται σε υγρές και ζεστές περιοχές.

Στην Κεντρική Αμερική ολοκληρώνει 4-5 γενεές τον χρόνο, στις Νότιες περιοχές της Ρωσίας 4-7 και στον Καναδά 1 γενεά ανά έτος. Συνήθως οι λάρβες και τα ακμαία τρέφονται με ολόκληρο τον σπόρο των σιτηρών, όπως σιτάρι, ρύζι, κριθάρι, καλαμπόκι, αράπικο φιστίκι, φασόλι και σόργο. Το *S.oryzae* μπορεί να μολύνει ώριμους σπόρους και ειδικά το καλαμπόκι στον αγρό.



Εικόνα 5 .Προσβολή σπόρων σίτου από *Sitophilus oryzae*

Η άποδη προνύμφη του *S.oryzae* τρέφεται και αναπτύσσεται στον εσωτερικό πυρήνα του σπόρου χωρίς να γίνει αντιληπτή εξωτερικά. Με τις δυνατές σταγόνες, οι προνύμφες ανοίγουν μεγάλες ακανόνιστες τρύπες στο εσωτερικό του σπόρου. Όταν βγει το ακμαίο από την νύμφη, ανοίγει τρύπα 1,5 χιλ. διαμέτρου, εξέρχεται από τον σπόρο και επιτίθεται σε νέο σπόρο. Συνήθως είναι χαρακτηριστικό το σχήμα των τρυπών στους σπόρους από το *S.oryzae* όπως επίσης και το να αναπτύσσονται δύο έντομα στον πυρήνα του. Ένα έντομο μπορεί να καταστρέψει περίπου το 30% του πυρήνα του σπόρου σε όλο το βιολογικό του κύκλο. Σε βαριά προσβολή, το μόνο μέρος του σπόρου που παραμένει είναι το κέλυφος.

Το ακμαίο έχει μέγεθος 2,5-4 χιλ., είναι κόκκινο καφέ ή σκούρο καφέ, μένα μακρύ στενό ρύγχος, μυζητικά στοματικά μόρια, οκτώ κοιλιακά μέρη, έχει γωνιώδες σώμα και ροπαλοειδής κεραίες. Τα ακμαία του *S.oryzae* και *S.zeamais* μπορούν εύκολα να διαχωριστούν από τα ακμαία του *S.granarius*, από την παρουσία κοντινών κυκλικών οπών (αντί των οβάλ που έχουν τα *S.granarius*) πάνω στον θώρακα και δύο κόκκινο καφέ περιοχές σε κάθε έλυτρο. Μόνο τα εσωτερικά χαρακτηριστικά από τα αρσενικά όπως ο αιδιαγός, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ξεχωρίσουν τα δύο

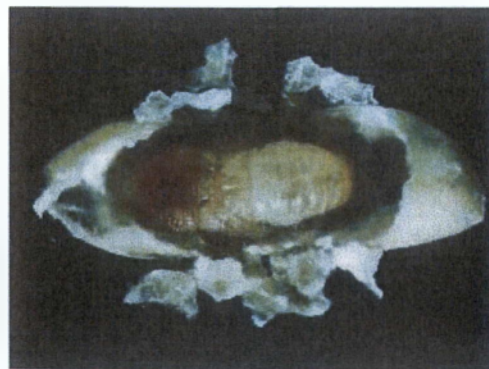
είδη. Στο *S.oryzae* , η άνω επιφάνεια του αιδοιαγού είναι ομοιόμορφα κυρτή ενώ το *S.zeamais* είναι επίπεδη και έχει δύο σαφής διαμήκης αποτυπώματα. Τα υπόλοιπα στάδια του *S.zeamais* καρπού. Τα ωά είναι λευκά, αδιαφανής και ωσειδές σε σχήμα αχλαδιού. Η προνύμφη είναι λευκή, παχιά, άποδη και ολοκληρώνει όλα τα στάδια μέσα στον σπόρο. Η νύμφη είναι λευκή και σε αυτήν διακρίνονται τα πόδια, οι πτέρυγες και το ρύγχος του ακμαίου.

Το *S.oryzae* είναι σχεδόν όμοιο με τα εξωτερικά χαρακτηριστικά του *S.zeamais*. Παρόλα αυτά, το *S.oryzae* σπάνια πετάει, ενώ το *S.zeamais* πετάει συχνά. Το *S.oryzae* φαίνεται να προτιμά μικρότερους σπόρους όπως του ρυζιού, ενώ το *S.zeamais* προτιμά μεγαλύτερους σπόρους, όπως το καλαμπόκι.

Η ζημιά που προκαλεί το *S.cerealalla* ,είναι όμοια με του *S.oryzae*. Η διαφορά είναι εμφανής από τις οπές εξόδου των ακμαίων.



Εικόνα Ακμαίο *Sitophilus oryzae*



Εικόνα 6 Νύμφη *Sitophilus oryzae*

Το θηλυκό ανοίγει τρύπα σε επιλεγμένη θέση στον σπόρο είτε στον αγρό είτε στην αποθήκη. Τότε εναποθέτει ένα αυγό στον σπόρο και σφραγίζει την τρύπα μένα

ζελατινώδες κόμμα. Το θηλυκό γεννάει 2 ή 3 αυγά ανά ημέρα και περίπου 500 αυγά σε όλη του τη ζωή.

Μετά την εκκόλαψη, η προνύμφη τρέφεται και αναπτύσσεται μέσα στον πυρήνα του σπόρου. Η μέση διάρκεια ζωής του κάθε σταδίου είναι :αβγό 4-6,5 ημέρες, προνύμφη 18-22 ημέρες, νύμφη 8-14 ημέρες και συνολικά τα ανώριμα στάδια 34-40 ημέρες στους 25°C και σε 70% σχετική υγρασία.

Τα φυσικά όρια για επιτυχή ανάπτυξη είναι 17-34°C και 45-100% σχετική υγρασία. Η άριστη θερμοκρασία είναι 26-31°C και 70% σχετική υγρασία. Η δραστηριότητα του *S.oryzae* διακόπτεται στους 40°C. Το *S.oryzae* είναι λιγότερο ευαίσθητο σε υψηλή θερμοκρασία από το *S.granarius*.

Εργαστηριακές μελέτες φανέρωσαν πως το *S. oryzae* έχει χαρακτηριστική συμπεριφορά διασποράς σε μεγάλες ποσότητες αποθηκευμένων σπόρων. Η μεταναστευτική αναλογία είναι μεγαλύτερη σε πυκνούς πληθυσμούς σε σύγκριση με αραιούς πληθυσμούς. Σε μεγάλη ποσότητα σιταριού αποθηκευμένο σε 14% ΣΥ και 30°C, το *S. oryzae* διασπείρετε σε μικρή έκταση από το σημείο εισαγωγής του, ασχέτως του σημείου εισαγωγής του. Τα ακμαία απομακρύνονται γρήγορα μόνο όταν η θερμοκρασία ανέβει στους 32 °C ή ψηλότερα.

Σε σύγκριση με το *S. zeamais* καλλιεργούμενα σε σιτάρι και καλαμπόκι σε 29 °C και 70% ΣΥ, το *S. oryzae* ήταν πιο παραγωγικό είδος στο σιτάρι, ενώ το *S. zeamais* στο καλαμπόκι. Όταν το *S. oryzae* εκτράφηκε σε σύγκριση με το *Rhizopertha dominica* σε διάφορες ποικιλίες φυτών σε 30 °C και 70% ΣΥ, το *S. oryzae* αναπτύσσεται καλύτερα και έχει πιο αναπαραγωγικές γενεές. Η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει την αναλογία ανάπτυξης και την αναλογία ωοαποθέτησης και έτσι ο πληθυσμός αυξάνεται σημαντικά. Επιπρόσθετα, σε άριστη θερμοκρασία και υγρασία τα ακμαία διασπείρονται από το αρχικό σημείο προσβολής, το οποίο αρχίζει να προσβάλετε από μύκητες αποθηκευμένων προϊόντων (*Aspergillus*, *Absidia*) ακτινομύκητες και βακτήρια. (Sinha and Matters, 1985).

Το *S. oryzae* είναι ξενιστής για τα παρακάτω Υμενόπτερα, χωρίς όμως να μπορούν να ελέγξουν ικανοποιητικά τον πληθυσμό του χωρίς χρήση εντομοκτόνων:

*Anisopteromalus calandrae*

*Choetospila elegans*

*Holepyris sylvanidis*

*Lariophagus distinguendus*

*Cephalonomia tarsalis*

*Cerocephala dinodiri*

*Meraparus requisitus*

*Dibrachys cavus*.

Το *S. oryzae* λόγω της αναπτύξεως των νυμφών και των προνυμφών εντός του σπόρου, είναι από τα έντομα που η αντιμετώπιση τους είναι δύσκολη. Επίσης επειδή ακόμη και το ακμαίο τρέφεται εντός του σπόρου, είναι δύσκολο να γίνει διάγνωση κυρίως στα αρχικά στάδια της προσβολής. Είναι δυνατόν η προσβολή να γίνει αντιληπτή πριν την έξοδο των ακμαίων από τον σπόρο, εάν μικρή ποσότητα σπόρου ριχθεί μέσα σε δοχείο με νερό. Οι προσβεβλημένοι σπόροι λόγω του κενού θα ανέλθουν στην επιφάνεια, ενώ οι υγιείς βυθίζονται.

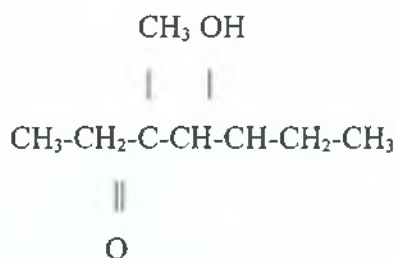
Σε πειράματα που έγιναν με το *S. oryzae* (Nelson, 1972), χρησιμοποιήθηκε συσκευή που εκμεταλλεύτηκε το ηλεκτρικό ρεύμα. Συγκεκριμένα δημιουργήθηκε διάταξη, που αποτελείται από σωλήνα εντός του οποίου διοχετεύεται σιτάρι. Ο σωλήνας καταλήγει σε ένα θάλαμο ο οποίος είναι συνδεδεμένος με κύκλωμα που του παρέχει ηλεκτρικό ρεύμα συχνότητας 10 - 100 Mhz. Εντός του θαλάμου αναπτύσσεται θερμοκρασία που φτάνει μέχρι 65 °C. Λόγω του ηλεκτρικού ρεύματος υψηλής συχνότητας τα έντομα θανατώνονται από ηλεκτροπληξία και επιτυγχάνεται η απεντόμωση των σπόρων του σιταριού. Η διάταξη ολοκληρώνεται με ένα σωλήνα που μεταφέρει το σιτάρι του θαλάμου, έξω από την συσκευή. Ως μειονέκτημα της διάταξης αναφέρεται το υψηλό κόστος της μεθόδου.

Επειδή ο βιολογικός κύκλος του *S. oryzae* ολοκληρώνεται εντός του σπόρου του αποθηκευμένου προϊόντος, είναι δύσκολη η καταπολέμηση σε άλλα στάδια ανάπτυξης, εκτός από το στάδιο του τέλειου εντόμου. Πρέπει να αναφερθεί επίσης ότι πολλά έντομα έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα σε διάφορα σκευάσματα. Αναφέρεται ότι το *S. oryzae* ανέπτυξε και στην χώρα μας ανθεκτικότητα στη φωσφίνη, ενώ το συγγενές είδος *S. granarius* έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα στο lindane.

Τα παραπάνω συνηγορούν στην εφαρμογή παγίδων διαφόρων τύπων για την μείωση του πληθυσμού του *S. oryzae* στις αποθήκες. Συγκεκριμένα για το γένος *Sitophilus* sp. εφαρμόζονται παγίδες τύπου σόντας (Σταμόπουλος, 1995).

Έχουν χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιούνται και παγίδες τροφικές και φερομονικές. Συγκεκριμένα στις τροφικές παγίδες χρησιμοποιούνται ως προσελκυστικές ουσίες κυρίως ακόρεστα και κορεσμένα λιπαρά οξέα, όπως τριγλυκερίδια του παλμιτικού οξέος του ολεϊκού και λινολεϊκού. Οι προσελκυστικές αυτές ουσίες συγκεντρώνουν άτομα του γένους *Sitophilus* sp. (Σταμόπουλος, 1995)

Το *S. oryzae* κατατάσσεται στα μακρόβια είδη (Μπουχέλος, 1993). Αυτό σημαίνει όσον αφορά στην δραστηριότητα του, ότι για την σύζευξη και την αναπαραγωγή του είναι απαραίτητη η λήψη τροφής. Τα έντομα αυτά έχουν την ικανότητα να επικοινωνούν κυρίως με φερομόνες συνάθροισης, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την χρησιμοποίησή τους σε παγίδες για την σύλληψη του εντόμου. Συγκεκριμένα αναφέρεται ότι για το *S. oryzae* καθώς επίσης και για το συγγενές είδος *S. granarius* χρησιμοποιείται ως ελκυστικό η κετόνη 4 μέθυλο 5 υδρόξυ επτανόνη (3).



#### Φερομόνη συναθροίσεως *S. oryzae*, *S. granarius*

Επί του *S. oryzae* έχουν εφαρμοστεί σκευάσματα που στηρίζουν την δράση τους σε ρυθμιστές αναπτύξεως. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκε ένας παρεμποδιστής σύνθεσης της χιτίνης το diflubenzuron σε αναλογία 0.2 mg /kgf σίτου (Oberlander, 1997). Η εφαρμογή αυτή είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση λίγων ακμαίων στην F<sub>1</sub> γενεά, τα οποία με την σειρά τους απέτυχαν να δώσουν απογόνους στην F<sub>2</sub> γενεά. Παρόλα αυτά επειδή οι ρυθμιστές αναπτύξεως δεν είναι πάντα αποτελεσματικοί στο γένος *Sitophilus* sp., θα πρέπει να γίνεται έλεγχος του πληθυσμού των εντόμων με επιπρόσθετη ποσότητα diflubenzuron ώστε να επιτυγχάνεται η προστασία από τα έντομα.

Σε πειράματα (Shaaya et al., 1997) που έγιναν με επεμβάσεις ελαίων φυτικής προελεύσεως από φυτά των γενών *Eucalyptus* sp., *Gossypium* sp. και άλλων επί του γένους *Sitophilus* sp., έγινε φανερό ότι τα έλαια αυτά μπορούν να παρέχουν



προστασία. Η εφαρμογή των ελαίων αυτών στηρίζεται σε μεθόδους υποκαπνισμού. Συγκεκριμένα πολύ αποτελεσματικό εναντίον του *S. oryzae* καθώς και εναντίον του συγγενούς *S. zeamays*, τόσο στο σιτάρι όσο και στον αραβόσιτο, ήταν το ακατέργαστο βαμβακέλαιο σε αναλογία 10gr/kgf σπόρου. Το έλαιο αυτό στην προαναφερθείσα αναλογία, έδωσε ολοκληρωμένη προστασία για μια περίοδο 4 -5 μηνών στις αποθήκες. Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η αναλογία που απαιτείται για πλήρη έλεγχο, δηλαδή 10 - 15 gr/kgf σπόρου, μειώνει σε μεγάλο βαθμό την βλαστικότητα του σπόρου, κάτι που καθιστά την μέθοδο δύσχρηστη έως και ακατάλληλη. Πρέπει παρόλα αυτά να αναφερθεί ότι για το *S. oryzae* τα πιο αποτελεσματικά έλαια είναι αυτά που προέρχονται από σκελίδες σκόρδου και από κέδρο.

Για την βιολογική αντιμετώπιση του *S. oryzae*, έχουν μελετηθεί τρία έντομα που ανήκουν στην τάξη Υμενόπτερα. Τα έντομα αυτά δρουν παρασιτικά. Το σημαντικότερο παράσιτο του *S. oryzae* καθώς και του συγγενούς είδους *S. granarius* είναι το *Anisopteromalus calandrae* (Υμενόπτερα, Pteromalidae). Η δράση του εντοπίζεται επί της προνύμφης του *S. oryzae*. Συγκεκριμένα το θηλυκό Υμενόπτερο έχει την ικανότητα να ανιχνεύει το κάλυμα της οπής που δημιουργεί το ακμαίο *S. oryzae*, στον σπόρο, κατά την ωοτοκία. Στην συνέχεια τρυπά με τον ωοθέτη του την είσοδο της οπής και σπρώχνει την προνύμφη περιορίζοντας την κίνηση της. Η πίεση αυτή που ασκείται από τον ωοθέτη του θηλυκού παρασίτου επί της προνύμφης του *S. oryzae* έχει ως αποτέλεσμα την παράλυση της τελευταίας. Παράλληλα το θηλυκό παράσιτο εναποθέτει ένα και μοναδικό ωό στο εξωτερικό της προνύμφης ή κοντά σε αυτή. Μετά την εκκόλαψη, η νύμφη του παρασίτου τρέφεται με την παραλυμένη προνύμφη, καταστρέφοντας τη. Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου του παρασίτου είναι 15 ημέρες. Έχει παρατηρηθεί (Cotton, 1963) ότι ένα θηλυκό παράσιτο εναποθέτει περισσότερα από 283 ωά, αλλά παρόλα αυτά τα παράσιτα δεν είναι αρκετά ώστε να ελέγξουν τον πληθυσμό του *S. oryzae*, με μία μόνο εφαρμογή. Γι' αυτό η εξαπόλυση του είδους αυτού πρέπει να επαναλαμβάνεται.

Εκτός του προαναφερθέντος εντόμου χρησιμοποιούνται σε μικρότερη κλίμακα και δύο άλλα Υμενόπτερα το *Lariphagus distinguendus* και το *Chaetospila elegans* (Τόλης, 1986), τα οποία δρουν και αυτά επί των προνυμφών του *S. oryzae*.

## 1. 5. Τα φοινικοειδή

Οι φοίνικες ήταν γνωστοί στον άνθρωπο από τα πανάρχαια χρόνια. Υπάρχουν αποδείξεις ότι η καλλιέργεια του φοίνικα γινόταν από το 6.000 π.Χ., ότι οι Ασσύριοι γνώριζαν την ύπαρξη δυο τύπων φοινίκων και ότι είναι απαραίτητοι και οι δυο για την παραγωγή καρπών. Οι φοίνικες επίσης φαίνεται ότι ήταν γνωστοί και στους Έλληνες από την αρχαιότητα, από την προϊστορική εποχή αφού ορισμένες αρχαίες ονομασίες τοποθεσιών σε νησιά του Ν. Αιγαίου δείχνουν την πιθανή ύπαρξη δενδροκαλλιεργειών φοινίκων στις περιοχές αυτές τα αρχαία χρόνια.

Σύμφωνα με την μυθολογία ο Φοίνικας (Φοίνιξ, από το «φοινός» = πορφυρός, βαθυκόκκινος) είναι ένα μυθολογικό πουλί, το οποίο χαρακτηρίζεται από την μοναδική του ικανότητα να αναγεννιέται από τις στάχτες του, οι οποίες προέρχονται από την ίδια του τη φωτιά. Όταν ο Φοίνιξ έχει φτάσει σε μία ηλικία και θέλει να ανανεωθεί παραδίδεται στις φλόγες χρησιμοποιώντας ιερά και εξαγνιστικά βότανα όπως το μύρο. Ο Φοίνιξ πεθαίνει και αναγεννιέται μόνος του. Είναι ένα σύμβολο, για το οποίο υπάρχουν αναφορές σε αρκετούς πολιτισμούς, που εκφράζει τη δύναμη του ανθρώπου να αναγεννιέται από τις δυσκολίες του και να γίνεται ακόμα πιο δυνατός. Στην αρχαία Ελλάδα το πουλί του Φοίνικα τιμούνταν και συνδεόταν με την λατρεία του Ήλιου και του Απόλλωνα. Σύμφωνα με τους Αιγυπτίους ονομάζεται Μπένου (Benpu) και βρισκόταν στη κορυφή της πυραμίδας που ξεπρόβαλε στη Δημιουργία από τα αρχέγονα ύδατα. Ο Φοίνιξ συνδέεται με το γιο του Όσιρη και της Ίσιδος, τον Ωρο, που είναι το ιερό βρέφος που παίρνει εκδίκηση για το θάνατο του Πατέρα του. Στον Εβραϊκό πολιτισμό είναι το μόνο ζώο που δεν τρώει από το καρπό του δέντρου της γνώσης του καλού και του κακού. Σύμφωνα με αυτή τη παράδοση λοιπόν η Εύα δίνει σε όλα τα ζώα να φάνε και μόνο αυτός αντιστέκεται. Ο Θεός λοιπόν τιμάρει τον Φοίνικα (Milcham) και τον κάνει αθάνατο. Έτσι είναι μόνο ένα αρσενικό και δεν αναπαράγεται. Στον χριστιανισμό, ο Φοίνιξ αναπαριστά τον Ιησού Χριστό, που επίσης πεθαίνει και ανασταίνεται σε τρεις μέρες όπως και ο φοίνιξ αναγεννιέται πλήρως σε τρεις μέρες. Ο συμβολισμός μπορεί να γίνει εμφανής σε πολλούς ναούς της Ελλάδας.



**Εικ.7.** Τοιχογραφία η οποία απεικονίζει το μυθολογικό πουλίνα αναγεννάται απο τις στάχτες του

Τέλος, η πρόσφατη διαπίστωση ότι οι φοίνικες που υπάρχουν στη θέση Βαΐ και σε ορισμένες άλλες τοποθεσίες της Κρήτης αποτελούν ένα ξεχωριστό ενδημικό είδος, οδηγούν στην υπόθεση ότι αυτό αναπτύχθηκε και έζησε εκεί από παλιές γεωλογικές εποχές όταν το κλίμα στον Ελλαδικό χώρο ήταν θερμότερο.

**Πιν.1** Συστηματική κατάταξη των φοινικοειδών

**Βασίλειο:**



**Διαίρεση:**

Φυτά (plantae)  
Magnoliophyta

**Κλάση:**

Liliopsida

**Τάξη:**

Arecales

**Οικογένεια:**

Palmae / Palmaceae /Arecaceae

Τα φοινικοειδή αποτελούν την οικογένεια των Παλαμιδών ή Αρεκιδών ή Φοινικιδών (Palmae) πολύ πλούσια σε είδη δέντρων φυτών, ομαδοποιημένων από μερικά εμφανή κοινά χαρακτηριστικά. Η ονομασία εξάλλου Palmae σημαίνει «Φοίνικες». Ειδικότερα όμως η ονομασία φοίνικας αναφέρεται στα είδη του γένους Φοίνιξ (Phoenix) της παραπάνω οικογένειας. Το γένος Φοίνιξ περιλαμβάνει περίπου 17 είδη ιθαγενή των τροπικών και υποτροπικών περιοχών της Αφρικής και της Ασίας. Σημαντικότεροι εκ των οποίων είναι: ο Κανάριος φοίνικας (*Phoenix canariensis*), ο Κρητικός φοίνικας (*Phoenix theophrastis*), η Χουρμαδιά (*Phoenix dactylifera*). Άλλα σημαντικά φοινικοειδή είναι: η Ααβόρα, ο χαμαίρωπας χαμηλός (*Chamerops humilis*), ο φοίνικας Ντούμ.

Τα φοινικοειδή αναπτύσσονται σε φάσεις. Μετά το φύτεμα του σπόρου περνάνε από ένα στάδιο εγκατάστασης (νεανική φάση) κατά την οποία το ακραίο μερίστωμα παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους ή λίγο κάτω από αυτή. Στη συνέχεια δημιουργούνται τα κοτυλόφυλλα, τα οποία αντικαθίστανται από τα κανονικά φύλλα του φυτού. Αναπτύσσεται πρώτα σε διάμετρο και ακολουθεί η καθ' ύψος ανάπτυξη του φυτού. Στην ενήλικη φάση ο φοίνικας συνεχίζει να αναπτύσσεται καθ' ύψος. Τα φύλλα τα οποία σχηματίζονται σε αυτή τη φάση είναι σταθερού μεγέθους. Μερικά φοινικοειδή δεν σχηματίζουν ευδιάκριτο κορμό για αρκετά χρόνια ενώ άλλοι μένουν στην νεανική φάση για παραπάνω από δέκα χρόνια. Οι ρίζες φύονται από την βάση του κορμού με τυχαίο τρόπο και, όπως και ο κορμός, δεν αναπτύσσονται δευτερογενώς σε διάμετρο. Ωστόσο οι ρίζες διακλαδίζονται. Οι τριτοταγείς και τεταρτοταγείς ρίζες είναι τα όργανα απορρόφησης νερού και θρεπτικών στοιχείων του φυτού τα οποία αναπτύσσονται πολύ σε πλούσια εδάφη. Οι ρίζες είναι άτριχες. Πολλά φοινικοειδή, ειδικά του γένους *Phoenix*, έχουν πλούσιο ριζικό σύστημα. Όπως σε όλα τα μονοκότυλα φυτά ο κορμός του φοίνικα δεν έχει αγγειακό κάμβιο και έτσι δεν αναπτύσσεται σε διάμετρο όπως τα δικοτυλήδονα. Δεν μπορεί να δημιουργηθεί νέος αγγειακός ιστός και για το λόγο αυτό πληγές στον κορμό του φοίνικα δεν επουλώνονται. Οι πληγές αυτές αποτελούν μία καλή είσοδο για παθογόνα (έντομα και μύκητες) στο εσωτερικό του κορμού. Οι φοίνικες έχουν ένα μόνοακραίο μερίστωμα ανά κορμό, την στεφάνη ή την καρδιά του φοίνικα όπως ονομάζεται. Εάν για κάποιο λόγο το ακραίο μερίστωμα νεκρωθεί, πεθαίνει ο φοίνικας (Elliott et al., 2004). Τα φύλλα των φοινίκων είναι τα μεγαλύτερα φύλλα στο φυτικό βασίλειο. Η παραγωγή φύλλων είναι αργή, περίπου ένα φύλλο ανά μήνα. Περιφερειακά του ακραίου μεριστώματος υπάρχουν αρκετά φύλλα που έχουν διαφοροποιηθεί αλλά δεν είναι εμφανή ακόμα εξωτερικά. Για το λόγο αυτό αν νεκρωθεί το ακραίο μερίστωμα η ζημιά μπορεί να πάρει ένα χρόνο ή και παραπάνω για να φανεί, δεδομένου ότι τα νεγύ φύλλα συνεχίζουν να εξέρχονται από το εσωτερικό του φοίνικα (Elliott et al., 2004).

Τα φοινικοειδή, ευδοκούν σε όλα τα εδάφη, αρκεί οι κλιματολογικές συνθήκες να είναι κατάλληλες, δηλαδή ξηρή ατμόσφαιρα, υψηλές θερμοκρασίες και άφθονο νερό για πότισμα. Ευδοκούν όμως καλύτερα και δίνουν άριστη ποιοτική και ποσοτική παραγωγή σε γόνιμα εδάφη, αμμοαργιλώδη, ελαφρά, βαθιά, πλούσια σε αλκαλικά άλατα.

### 1. 5.1. Ο Κανάριος φοίνικας

Ο Κανάριος Φοίνικας ή *Phoenix canariensis* είναι ποικιλία φοίνικα ο οποίος, όπως δηλώνει και το όνομα του, κατάγεται και φύεται σε φυσική κατάσταση στα Κανάρια Νησιά. Θεωρείται το 2ο γνωστότερο είδος χουρμαδιάς μετά τον *Phoenix dactylifera*. Οι χουρμάδες του *Phoenix canariensis* είναι μη βρώσιμοι και πιο μικροσκοπικοί απ' της γνωστής μας χουρμαδιάς, με πορτοκαλο-κόκκινο χρώμα. Όπως και σε άλλες ποικιλίες φοίνικα, υπάρχουν αρσενικά και θηλυκά άτομα. Τα αρσενικά ξεχωρίζουν καθώς δεν κάνουν τσαμπιά με καρπούς και συνήθως έχουν πυκνότερη παράταξη φυλλώματος του κεντρικού μίσχου του φυτού. Είναι μεγάλος φοίνικας, μεγαλύτερος απ' τον *Phoenix dactylifera*, με παχύτερο κορμό και μεγαλύτερα, πιο βαθυ-πράσινου χρώματος, φύλλα. Σε μεγάλη ηλικία φτάνει περίπου τα 15 με 30 μέτρα ύψος (αναλόγως το κλίμα της περιοχής) και είναι ανθεκτικός στο κρύο μέχρι θερμοκρασίες των  $-7^{\circ}\text{C}$ . Φυτεύεται ευρέως σε όλο τον κόσμο σε περιοχές με τροπικό και εύκρατο κλίμα σε πάρκα, σε δημόσιους χώρους και κτήρια, και σε αυλές και κήπους οικιών.

**Βασίλειο:** [Φυτά](#) (Plantae)  
**Συνομοταξία:** [Αγγειόσπερμα](#) (Magnoliophyta)  
**Ομοταξία:** [Μονοκοτυλήδονα](#) (Liliopsida)  
**Τάξη:** [Αρεκώδη](#) (Arecales)  
**Οικογένεια:** [Φοινικοειδή](#) (Arecaceae)  
**Γένος:** [Φοίνιξ](#) (*Phoenix*)  
**Είδος:** *P. canariensis*



Στην Ελλάδα υπάρχει το ημι-αυτοφύες Φοινικόδασος της Παναγιούδας με *Phoenix Canariensis* στην ανατολική ακτή της Λέσβου, και ακόμα ένα στις παρυφές της πόλης της Ελευσίνας.



**Εικ.8.** Ημιαντοφυές φοινικόδασος από *Phoenix canariensis* στη Παναγιούδα Λέσβου.

### 1. 5.2. Ο Κρητικός Φοίνικας

Ο Κρητικός Φοίνικας ή Φοίνικας του Θεόφραστου (*Phoenix theophrasti*) είναι ένας μικρός φοίνικας, ενδημικός στην ανατολική περιοχή της Μεσογείου, με πολύ περιορισμένη εξάπλωση σε λίγες περιοχές της Κρήτης, με μεμονωμένα άτομα σε 5 σημεία στην Αμοργό και σε 1-2 σημεία στην Ανάφη στην νότια Ελλάδα, και στις χερσονήσους Datca και Bodrum (απέναντι από την Κω) της επαρχίας Mugla στη νοτιοδυτική Τουρκία. Το μόνο μεγάλο δάσος φοίνικα της Ευρώπης αποτελείται από το Φοίνικα του Θεόφραστου, στο Βάι, μια παραλία στο νομό Λασιθίου στην ανατολική Κρήτη. Το φοινικόδασος του Αγίου Νικήτα που υπάρχει στο νότιο μέρος του Νομού Ηρακλείου είναι μακρόστενο και φύτεται στα ανατολικά Αστερούσια Όρη σε κάπως αρκετή απόσταση απ' τη θάλασσα (το μόνο στην Κρήτη). Στην παραλία Πρέβελης ένα άλλο γνωστό παραποτάμιο φοινικόδασος στη νότια ακτή του Νομού Ρεθύμνης και στον ίδιο νομό δυτικότερα κοντά στον παράλιο οικισμό Πλακιάς φύονται λίγα άτομα δίπλα σε ένα ποτάμι στην παραλία Σούδα. Ο φοίνικας φτάνει τα 15 μ ύψος, συνήθως με πολλούς λεπτούς κορμούς. Τα φύλλα είναι πτεροειδή, με μάκρος 2-3 μ, με τα πολυάριθμα, άκαμπτα, γκριζο-πράσινα, γραμμικά φυλλάκια 15-50 εκατ. μήκος σε κάθε πλευρά του κεντρικού μίσχου. Ο καρπός είναι ωοειδής, κιτρινο-καφέ δρύπη, με 1,5 εκατ. μάκρος και 1 εκατ. σε διάμετρο, και περιέχει ένα μόνο μεγάλο σπόρο. Σαν φοίνικας θυμίζει τον *Phoenix dactylifera* τη γνωστή μας

χουρμαδιά που φύεται στις ερήμους Σαχάρα και της Αραβίας, αλλά η σάρκα του καρπού του (του "χουρμά") δεν αξίζει να φαγωθεί επειδή είναι πάρα πολύ λεπτή και ινώδης και έχει μια στυφή γεύση, αν και μερικές φορές οι καρποί του τρώγονται από τους ντόπιους.

<u>Βασίλειο:</u>	<u>Φυτά</u> (Plantae)
<u>Συνομοταξία:</u>	<u>Αγγειόσπερμα</u> / <u>Magnoliophyta</u>
<u>Ομοταξία:</u>	<u>Μονοκοτυλήδονα</u>
<u>Τάξη:</u>	<u>Αρεκώδη</u> (Arecales)
<u>Οικογένεια:</u>	<u>Φοινικοειδή</u> (Arecaceae)
<u>Υποοικογένεια:</u>	
<u>Γένος:</u>	<b><i>Φοίνιξ</i></b> ( <i>Phoenix</i> )
<u>Είδος:</u>	<b><i>P. theophrasti</i></b>



### 1. 5.3. Η Χουρμαδιά



Η χουρμαδιά (*Phoenix dactylifera*) είναι είδος φοίνικα. Φύεται στην Βόρεια Αφρική (Σαχάρα), στην Αραβική χερσόνησο, στη Μεσοποταμία του Ιράκ και κατά μήκος του Περσικού φτάνει μέχρι το Πακιστάν, την βορειοδυτική Ινδία και τα νοτιοδυτικά σύνορα του Αφγανιστάν. Στην Ευρώπη και συγκεκριμένα στην Ανδαλουσία της Ισπανίας, υπάρχει ένα τεραστίων διαστάσεων, τεχνητά φυτεμένο φοινικόδασος με *Phoenix dactylifera*, δίπλα σε μια πόλη.

Η χουρμαδιά φθάνει σε αρκετά μεγάλο ύψος, περίπου τα 20 με 30 μ. Έχει λεπτό κορμό γκρίζου-καφέ χρώματος, τα φύλλα της έχουν μήκος περί τα 5.5-6 μ. και τα φυλλάκια του τα 30-60 εκατοστά. Αντέχει στο ψύχος μέχρι και στους -10οC και έχει απαιτήσεις σε φως και νερό. Οι καρποί της (χουρμάδες) κίτρινου-πορτοκαλιού ή πορτοκαλοκόκκινου χρώματος και με μήκος 3,8 εκατοστών είναι οι μόνοι βρώσιμοι απ' όλα τα είδη χουρμαδιάς που υπάρχουν. Καρπούς παράγουν μόνο τα θηλυκά δέντρα συνήθως όταν κοντά τους φύονται αρσενικά και βοηθούν τη γονιμοποίηση μέσω της γύρης των ανθών.



Εικ. 9. Χουρμάδες



Εικ. 10. *Washingtonia filifera*



#### 1. 5.4. *Washingtonia filifera*

Πρόκειται για ένα αειθαλές φοινικόδεντρο με καταγωγή από το Μεξικό και τις Ανατολικές Πολιτείες της Αμερικής Καλιφόρνια, Νεβάδα και Αριζόνα. Ο ρυθμός ανάπτυξής του είναι αργός και το ύψος του μπορεί να φθάσει τα 20 m.

Πολλαπλασιάζεται με σπόρο, εμφανίζει ανθεκτικότητα σε θερμοκρασίες μέχρι -8 °C και παρουσιάζει ευαισθησία στο Ca. Ο κορμός του στεφανώνεται από 20-30 μεγάλα, διαμέτρου μέχρι 1,8 m, φαιοπράσινα, μακρόμοσχα, μήκους 1,5- 1,8 m, σύνθετα, παλαμοειδή φύλλα, με νήματα στις άκρες. Οι μίσχοι έχουν μέχρι το μέσον τους αγκάθια και τα φυλλάρια φθάνουν σε μήκος μέχρι και τα 2 m. Ανθίζει Ιούλιο-Αύγουστο και τα άνθη του είναι ερμαφρόδιτα, μικρά, λευκά, σε πυκνές, διακλαδισμένες, μασχαλιαίες ταξιανθίες σπάδικα (♂ φυτά) ή βότρυ (♀ φυτά) μήκους 3-4 m. Ο καρπός του είναι μαύρη δρύπη, μη βρώσιμη (Humphries et al., 1982).



#### 1. 5.5. Φοίνικας Ααβόρα

Η Ααβόρα γνωστή και με την ονομασία ελαΐς η Γουινέα είναι ψηλό φοινικόδεντρο της οικογένειας των Φοινικοειδών και της τάξης των Αρεκωδών. Καλλιεργείται στη δυτική Αφρική, στην Ινδονησία, στην κεντρική και νότια Αμερική και στις Η.Π.Α. για τη παραγωγή λαδιού. Το ύψος του δέντρου φτάνει τα 25 μέτρα, τα κλαδιά του είναι κοντά και στην άκρη τους φύονται πολλά μικρά λουλούδια, που κατά την ωρίμανση τους σχηματίζουν μεγάλα τσαμπιά με καρπούς. Οι καρποί έχουν μήκος που φτάνει τα 4 εκατοστά και έχουν σχήμα ωοειδές. Το εξωτερικό τους περίβλημα είναι σαρκώδες και μετά από κατεργασία και μία διαδικασία ζυμώσεως δίνει το γνωστό φοινικέλαιο. Το λάδι αυτό χρησιμοποιείται στην παρασκευή λιπαντικών, σαπουνιών, κεριών και στην επεξεργασία του λευκοσιδήρου. Από τους σπόρους του φυτού, μετά από

σύνθλιψη, παράγεται ένα διαφορετικό φοινικέλαιο που χρησιμοποιείται στη παρασκευή φαρμακευτικών προϊόντων και μαργαρίνης. Το υπόλοιπο που απομένει από τη σύνθλιψη των σπόρων χρησιμοποιείται για τροφή των ζώων και για λίπασμα. Με χάραγμα στη βάση του τσαμπού βγαίνει ένας χυμός που μετά από ζύμωση δίνει ένα αλκοολούχο ποτό, γνωστό σαν το "κρασί του φοίνικα".

### 1. 5.6. Φοίνικας Ντουμ

Ο φοίνικας Ντουμ (*Hyphaene thebaica*) είναι φοινικοειδές φυτό που φυτρώνει σε όλο το Σαχέλ, κατά μήκος του ποταμού Νείλου και σε περιοδικούς και μη ποταμούς στην Ανατολική Αφρική. Το βορειότερο όριο εξάπλωσής του, είναι η πόλη Εντοπα στο Ισραήλ. Φυτρώνει συνήθως σε περιοχές όπου το κλίμα είναι ημερημικό έως ερημικό αλλά σχεδόν πάντα δίπλα σε ποτάμια, μικρές λίμνες και εποχιακές νερολακούβες. Είναι παράξενος φοίνικας, διότι δεν αναπτύσσεται όπως οι περισσότεροι φοίνικες παγκοσμίως, αλλά διακλαδωτά με κύριο κορμό που συνήθως ψηλότερα αναπτύσσονται από 3 έως και με 6 βραχίονες με υπο-βραχίονες (σε μεγαλύτερη ηλικία) μαζί όπως πολλά δέντρα, και που στην κορυφή του κάθε βραχίονα ή υπο-βραχίονα (αναλόγως την ηλικία του δέντρου) βγαίνουν κοντά φοινικοειδή κεντρικά φύλλα με τα φυλλάρια τους σε διάταξη βεντάλιας και τα δέντρα αυτά κάνουν κιτρινωπούς έως πορτοκαλί καρπούς σε μέγεθος καρυδιού.

### 1. 5.7. Χαμαίρωπας χαμηλός

Ο *Chamaerops humilis*, γνωστός με την ελληνική του ονομασία ως Χαμαίρωπας χαμηλός, είναι νανοειδές φοινικοειδές της δυτικής λεκάνης της Μεσογείου. Φύεται κυρίως σε βραχώδη τοπία, και η περιοχή εξάπλωσής του ξεκινάει από τα Όρη του Άτλαντα στο Μαρόκο, στην Αλγερία, στην Τυνησία και συνεχίζει στην Ευρώπη, όπου και φύεται στη Μάλτα, στην Ιταλία (Σικελία), στο Γιβραλτάρ, στην Ισπανία και στην Πορτογαλία, και τέλος στη νότια Γαλλία. Είναι ο μοναδικός φοίνικας στον κόσμο που φύεται μέχρι και σε αρκετά μεγάλο βόρειο γεωγραφικό πλάτος, όπως για παράδειγμα στην τοποθεσία "Hyeres Les Palmiers" στη νότια μεσογειακή ακτογραμμή της Γαλλίας με Γ.Π. 43ο 07' Ν' και στο νησί "Carpaiia" της Ιταλίας με Γ.Π. 43ο 04' Ν'. Έχει πράσινα προς ελαφρώς ασημοπράσινα φύλλα, με αγκαθωτούς μίσχους που καταλήγουν σε βενταλοειδούς ανάπτυξης φυλλάρια. Ο κορμός του είναι ελαφρώς τριχωτός και παράγει κίτρινα άνθη το καλοκαίρι και καφέ χρώματος καρπούς το



φθινόπωρο. Αναπτύσσεται σε ξηρά εδάφη με αλκαλικό pH εδάφους, και έχει μεγάλες απαιτήσεις σε ήλιο αλλά και σε νερό. Αντέχει σε χαμηλές θερμοκρασίες έως και  $-20^{\circ}\text{C}$ , αλλά παρόλα αυτά απαιτεί την προστασία του από ισχυρούς παγετούς. Φτάνει το ύψος των 3 μέτρων μόνο και αναπτύσσεται αργά. Φύεται με την ανάπτυξη εκ του κεντρικού φυτού περιφερειακών φυτών-παραφυάδων. Είναι κατάλληλο για φυτεύσεις μεμονωμένα, σε ομάδες, σε βραχόκηπους και σε παραθαλάσσιες περιοχές, ενώ ο πολλαπλασιασμός του φυτού γίνεται με σπόρους.

#### 1. 6. Εντομολογικοί εχθροί φοινικοειδών

Υπάρχουν πολλοί σοβαροί εχθροί των φοινικοειδών οι περισσότεροι προέρχονται τόσο από το Ανατολικό όσο και από το Δυτικό ημισφαίριο. Λόγω κυρίως των εισαγωγών καλλωπιστικών φοινικοειδών στη μεσόγειο, ήδη έχουν παρατηρηθεί νέοι εχθροί όπως *Rhynchophorus ferrugineus*, *Paysandisia archon*, *Pseudophilus testaceus* και *Diocalandra frumentii*.

Επίσης αρκετοί άλλοι εχθροί των φοινικοειδών (όπως *Rhynchophorus palmarum*, *R. billineatus*), εάν εισαχθούν στη Μεσόγειο θα αποτελέσουν σημαντική απειλή τόσο για τα καλλωπιστικά όσο και για τα καλλιεργούμενα φοινικοειδή.

**Πίνακας 2:** Έντομα που προσβάλλουν τα φοινικοειδή

Έντομα που προσβάλλουν φύλλα	Έντομα που προσβάλλουν άνθη και καρπούς
<i>Phonapate frontalis</i>	<i>Derelomus</i> sp
<i>Parlatoria blanchardii</i>	<i>Batrachedra amydraula</i>
<i>Maconellicoccus hirsutus</i>	<i>Arenipses sabella</i>
<i>Ommatssus binotatus lybicus</i>	<i>Cadra cautella</i>
<i>Schistocerca gergaria</i>	<i>Plodia interpunctella</i>
<i>Thrips palmi</i>	<i>Virachola livia</i>
	<i>Oryzaephilus surinamensis</i>
	<i>Coccotrypes dactyliperda</i>
	<i>Vespa orientalis</i>

Έντομα που προσβάλλουν αποθηκευμένους καρπούς φοινικοειδών	Έντομα που προσβάλλουν ρίζα και κορμό
<i>Oilgonychus afrasiaticus</i>	<i>Microcerotermes diversus</i> <i>Microtermes najdensis</i>
<i>Ephestia cautella</i>	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>
<i>Ephestia calidella</i>	<i>Pseudophilus testaceus</i>
<i>Ephestia figulilella</i>	<i>Oryctes elegans</i> and <i>Oryctes agamemnon</i> <i>Oryctes boas</i>
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i> , <i>Rhynchophorus</i> spp.
<i>Tribolium confusum</i>	<i>Diocalandra frumentii</i>
<i>Carpophilus dimidiatus</i>	<i>Paysandisia archon</i>
	<i>Xyleborus perforans</i>

Μεταξύ των διαφόρων εντόμων εχθρών των φοινικοειδών ιδιαίτερος επικίνδυνα είναι εκείνα που προσβάλλουν το εσωτερικό του κορμού καθώς είναι δύσκολος ο εντοπισμός τους σε πρώιμο στάδιο πριν την καταστροφή του φυτού.


### 1. 6.1. Το *Rhynchophorus ferrugineus*

Το *Rhynchophorus ferrugineus* (κόκκινος ρυγχωτός κάνθαρος των φοινικοειδών, Red palm weevil, Coconut weevil, Asiatic palm weevil, Indian red palm weevil) θεωρείται σήμερα ως ο σημαντικότερος εχθρός των φοινικοειδών. Αποτελεί το σημαντικότερο εχθρό των καλλιεργειών χουρμαδιάς στην Ασία και τη

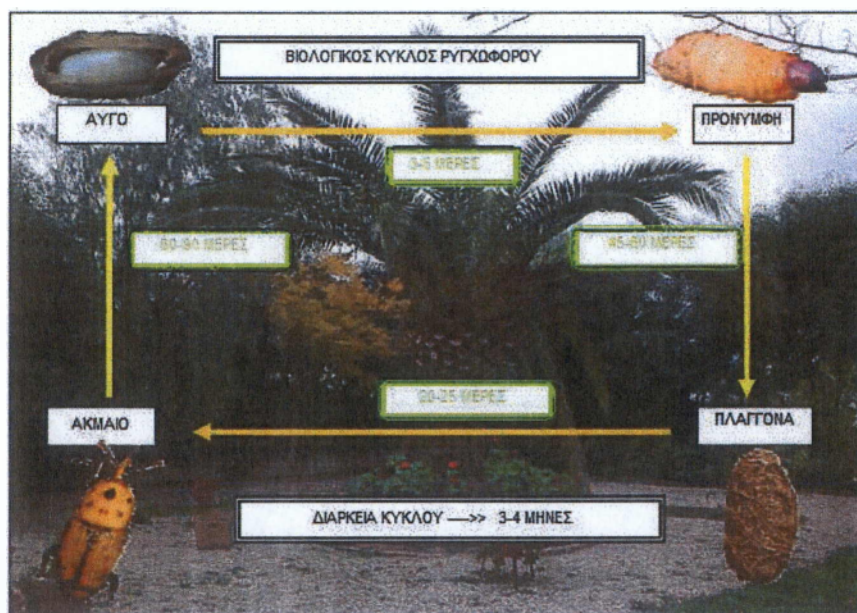
βόρεια Αφρική αλλά και των καλλωπιστικών φοινικοειδών σε όλες τις μεσογειακές χώρες. Προσβάλλει πολλά είδη φοινικοειδών όπως *Areca catechu*, *Arenga pinnata*, *Borassus flabellifer*, *Caryota maxima*, *C.cumingii*, *Cocos nucifera*, *Corypha gebanga*, *C. elata*, *Elaeis guineensis*, *Livistona decipiens*, *Metroxylon sagu*, *Oreodoxa regia*, *Phoenix canariensis*, *Ph. dactylifera*, *Ph. sylvestris*, *Ph. theophrasti*, *Sabal umbraculifera*, *Trachycarpus fortunei*, *Washingtonia* spp. κ.α., καθώς και τα *Agave americana* και *Saccharum officinarum*. Η προσβολή ενός φοινικοειδούς από το *Rhynchophorus ferrugineus* ξεκινά από την κορυφή (στεφάνη) όπου τα θηλυκά ωοτοκούν. Οι προνύμφες ανοίγουν στοές έως και ένα μέτρο κατά μήκος του κορμού αλλά και κατά μήκος των βάσεων των φύλλων. Η προσβολή οδηγεί στο θάνατο το φοινικοειδές. Το *R. ferrugineus* έχει καταγραφεί σε πολλές χώρες της Ωκεανίας (Αυστραλία, Νέα Παπούα-Γουϊνέα, νήσοι Σολομώντος) και της Ασίας (Μπαγκλαντές, Μπαχρέιν, Καμπότζη, Κίνα, Ινδία, Ινδονησία, Ιράκ, Ιράν, Ιαπωνία, Κουβέιτ, Λάος, Μαλαισία, Μυανμαρ, Ομάν, Πακιστάν, Φίλιππίνες, Κατάρ, Σαουδική Αραβία, Ιορδανία, Σρι Λάνκα, Ταϊβάν, Ταϊλάνδη, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, Βιετνάμ). Τα τελευταία έτη έχει επεκταθεί σε Μεσογειακές χώρες (Αίγυπτος, Ισραήλ, Παλαιστινιακή αρχή, Συρία, Τουρκία, Ισπανία, Πορτογαλία, Ιταλία, Γαλλία, Κύπρος).

Το *R. ferrugineus* βρέθηκε για πρώτη φορά στην Ελλάδα, στην Κρήτη (Χερσόνησος, Ν. Ηρακλείου) το Νοέμβριο του 2005 σε δείγματα που προσκομίστηκαν στο Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο. Ήδη έχει επεκταθεί σε όλη την Κρήτη προκαλώντας μεγάλες καταστροφές. Στην υπόλοιπη Ελλάδα έχει προκαλέσει επίσης μεγάλες καταστροφές στη Νήσο Ρόδο, στο Νομό Ηλείας, στην Αττική, τη Βοιωτία και την Εύβοια.

**Πίνακας 2: Συστηματική κατάταξη του ρυγχοφόρου**

<b>Βασίλειο:</b>	
<b>Φύλο:</b>	Αρθρόποδα
<b>Κλάση:</b>	Έντομα

<b>Τάξη:</b>	Κολεόπτερα / Coleoptera
<b>Οικογένεια:</b>	Curculionidae
<b>Γένος:</b>	<i>Rhynchophorus</i>
<b>Είδος:</b>	<i>ferrugineus</i> Olivier



**Εικ11.** .Βιολογικός κύκλος του εντόμου



**Εικ12.** .Συμπτώματα προσβολής (φαγώματα)



**Εικ13.** .Σύμπτωμα προσβολής: Ώψη ανοιχτής ομπρέλας



**Εικ14.** . Σύμπτωμα προσβολής: Οσπές

### **1. 6.2. Μορφολογία του *Rhynchophorus ferrugineus***

#### **Ωό**

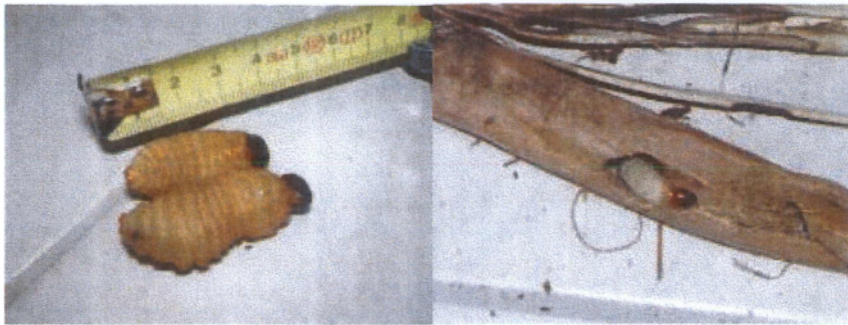
Τα ωά είναι λευκού, κρεμ χρώματος, λεία και ωοειδούς σχήματος. Έχουν μήκος 2,6 mm και πλάτος 1,1 mm, και λίγο πριν την εκκόλαψη αυξάνονται σε μέγεθος (EPPO, 2008).



**Εικ. 15** . Ωά του εντόμου *Rhynchophorus ferrugineus*

#### **Προνύμφη**

Οι προνύμφες είναι ευκέφαλες, άποδες, η κεφαλή δηλαδή είναι ευκρινής και καλά αναπτυγμένη, ενώ οι θωρακικοί πόδες και οι κοιλιακοί ψευδόποδες λείπουν. Οι καταβολές των πτερυγών και των ποδών αναπτύσσονται εσωτερικά και στρέφονται προς τα έξω κατά τη νύμφωση. Οι προνύμφες μπορούν να φθάσουν σε μήκος τα 50 mm και πλάτος τα 20 mm. Είναι χρώματος λευκού, κρεμ, που σκουραίνει λίγο πριν την νύμφωση, με καφετιά, σκληρή κεφαλική κάψα. Κινούνται με περισταλτικές μυϊκές συσπάσεις. Τα στοματικά τους μόρια είναι μασητικού τύπου (EPPO, 2008).



Εικ.16 . Προνύμφες *Rhynchophorus ferrugineus*

### Νύμφη

Η νύμφη είναι εντετημημένη, δηλαδή οι καταβολές των ποδών, των πτερυγών και της κεφαλής είναι ελεύθερες προς τα έξω. Είναι κρεμ χρώματος και σταδιακά γίνεται καφέ, με λεία αυλακωτή επιφάνεια. Έχει μήκος 35 mm και πλάτος 15 mm (Πηγή: EPPO, 2008).



Εικ. 17 . Νύμφη *R. ferrugineus*



Εικ. 18 . Κουκούλι *R. ferrugineus*

### Νυμφική θήκη

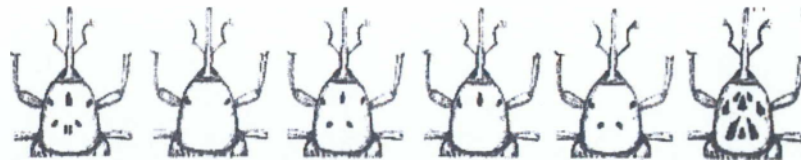
Η νυμφική θήκη είναι σχήματος οβάλ, μήκους 50-95 mm και πλάτους 25-40 mm. Την κατασκευάζει η προνύμφη από ξερές ίνες του φοίνικα, όταν πρόκειται να νυμφωθεί (EPPO, 2008).





### Ακμαίο

Τα τέλεια, ακμαία (♂ και ♀), παρουσιάζουν ένα συνδυασμό του κόκκινου, καστανού και πορτοκαλί χρώματος. Ο θώρακάς τους φέρει μαύρα σχέδια, τα οποία διαφέρουν από άτομο σε άτομο, δηλαδή το χρωματικό πρότυπο (pattern) παρουσιάζει ατομική παραλλακτικότητα. Στα έλυτρά τους υπάρχουν κοκκινοκάστανες ανοιχτόχρωμες και σκουρόχρωμες ραβδώσεις με εναλλαγή. Φθάνουν σε μήκος τα 35 mm και πλάτος τα 12 mm και διαθέτουν σκληρό και δερματώδη εξωσκελετό (EPPO, 2008).



Εικ. 19 . Στίγματα πάνω στον θώρακα θηλυκών



Εικ.20 . Στίγματα πάνω στον θώρακα αρσενικών ατόμων

Διακρίνονται από το χαρακτηριστικό προτεταμένο ρύγχος στην άκρη του οποίου βρίσκονται τα στοματικά μόρια και το οποίο είναι μακρύτερο από την κεφαλή. Οι κεραίες τους είναι ροπαλοειδείς και βρίσκονται στο ρύγχος. Το ρύγχος και οι πόδες των αρσενικών φέρουν καστανές τρίχες. Το ρύγχος των θηλυκών είναι λείο, ελαφρώς μεγαλύτερο και πιο κυρτό (EPPO, 2008).



Εικ. 21 . Ρύγχος θηλεως ατόμου



Εικ.22 . Ρύγχος άρρενος ατόμου

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των φοινίκων (*Phoenix* spp.) και φοινικοειδών (των άλλων γενών της οικογένειας) ως ξενιστές των εντόμων είναι ότι αποτελούν σημαντικές πηγές τροφής για τα τελευταία. Το γεγονός ότι είναι αειθαλή φυτά και έχουν διαφορετική ωριμότητα «από πολύ νεαρά έως πολύ ώριμα» αποτελεί σημαντική πηγή τροφής για όλο το χρόνο. Κάποια είδη εντόμων προτιμούν τα νεαρότερης ηλικίας φύλλα των φοινικοειδών, ενώ κάποια άλλα είδη τα πιο ώριμα φύλλα. Η ποσότητα της διαθέσιμης τροφής δεν διαφοροποιείται καθώς το μέγεθος των φύλλων και αριθμός τους στην κορώνα μένει ουσιαστικά ο ίδιος σε όλη τη διάρκεια της ζωής ενός φοίνικα.

Το σχήμα των φύλλων των φοινικοειδών προσφέρει πολλαπλά πλεονεκτήματα για τα περισσότερα αρθρόποδα. Το μεγάλο μέγεθος των φύλλων των περισσότερων φοινίκων τους κάνει εύκολους στόχους για έντομα τα οποία εξαπλώνονται με τον άνεμο, αφού τους προσφέρει μια μεγάλη επιφάνεια και άρα εύκολη πρόσβαση προς το φυτό. Το πυκνό και ευρύ φύλλωμα των φοινίκων παρέχει μια άριστη ασπίδα προστασίας στα αρθρόποδα από δυσμενή για τα έντομα καιρικά φαινόμενα όπως δυνατή βροχή και έντονη ηλιοφάνεια. Τα φύλλα, λόγω του βάρους τους, σε συνδυασμό με το μήκος τους, τείνουν να κάμπτονται και έτσι δημιουργούν την ομπρέλα προστασίας για τα αρθρόποδα.

Τα περισσότερα είδη εντόμων, που έχουν ως ξενιστή τους κάποιο φοινικοειδές, δείχνουν μια ιδιαίτερη προτίμηση ως προς τις κοίλες επιφάνειες που σχηματίζονται μεταξύ των βάσεων των φύλλων του φοίνικα. Αυτό συμβαίνει πιθανό, επειδή τα εν λόγω σημεία προσφέρουν προστασία στα έντομα όχι μόνο από αβιοτικούς παράγοντες όπως προαναφέραμε, αλλά πιθανό και από κάποια σπονδυλωτά αρπακτικά. Πουλιά και σαύρες για παράδειγμα μπορούν εύκολα να προσγειωθούν ή να πηδήξουν πάνω στα φύλλα του φοίνικα τα οποία βρίσκονται σε οριζόντια διάταξη.

Όμως οι κοίλες επιφάνειες δεν είναι εύκολα προσβάσιμες για τα μεγαλύτερα σπονδυλωτά. δύσκολα θα παρατηρήσουμε έντομα να μένουν ή να ξεκουράζονται στις εύκαμπτες άκρες του φυλλώματος, δείχνουν να προτιμούν τα σημεία που βρίσκονται κοντά στον ψευδοκορμό του φοίνικα, τα οποία είναι πλατύτερα, περισσότερο άκαμπτα και κινούνται λιγότερο από τον αέρα. Το να προσβληθεί ένα φοινικοειδές είναι ευκολότερο σε σχέση με ένα δικοτυλήδονο δέντρο, ακριβώς επειδή όταν το έντομο εδραιωθεί στον κορμό του φοίνικα, έχει άμεση πρόσβαση από προστατευμένο για αυτό σημείο προς όλα τα φύλλα του φοίνικα, σε αντίθεση με την προσβολή σε δικοτυλήδονο που θα πρέπει να ξεπεράσει πολλά φυσικά εμπόδια. Από παρατηρήσεις ειδικών προκύπτει ότι στις περισσότερες περιπτώσεις αρθροπόδων που προσβάλλουν φοινικοειδή, οι προσβολές αφορούν σε ενήλικα φυτά και φαίνεται να μην προτιμούν νεαρά σπορόφυτα.

Τα άνθη των φοινικοειδών παράγουν μεγάλες ποσότητες γύρης και μέχρι ενός σημείου σχεδόν όλα τα είδη είναι ανεμόφιλα. Παρόλα αυτά τα έντομα είναι οι κύριοι επικονιαστές για κάποια είδη. Ένα από τα πλεονεκτήματα στα άνθη των φοινίκων είναι ότι είναι ρηχά και έτσι γίνονται εύκολα προσβάσιμα για τα αρθρόποδα. Τα έντομα τα όποια προσεγγίζουν το φοίνικα για τη γύρη και το νέκταρ δεν είναι εκείνα που δημιουργούν πρόβλημα στο φοίνικα, αφού αυτά θα τον εγκαταλείψουν σύντομα μιας και η ανθοφορία δεν διαρκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Σε αντίθεση υπάρχουν αρθρόποδα τα οποία τρέφονται με τους καρπούς των φοινίκων, οι οποίοι είναι ουσιαστικά διαθέσιμοι πάνω στο φυτό όλο το έτος. Εκείνα τα έντομα είναι μονοφάγα (Φανουράκης, 2008).

### 1.6.3. Αντιμετώπιση του *Rhynchophorus ferrugineus*

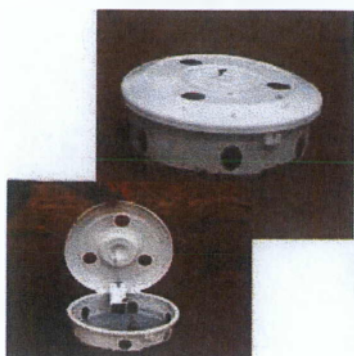
Για την αντιμετώπιση του *Rhynchophorus ferrugineus* απαιτείται:

1. απαγόρευση εισαγωγής φυτών φοινικοειδών με διάμετρο κορμού μεγαλύτερη των 5cm από χώρες (ή περιοχές χωρών) στις οποίες έχει καταγραφεί το έντομο αυτό. Τα επιτρεπόμενα προς εισαγωγή φοινικοειδή πρέπει να προέρχονται μόνο από περιοχές όπου δεν έχει εμφανιστεί το συγκεκριμένο πρόβλημα.
2. απαγόρευση διακίνησης φυτών φοινικοειδών από τις περιοχές της χώρας μας στις οποίες διαπιστώνεται το έντομο αυτό.
3. υποχρεωτική καταστροφή όλων των προσβεβλημένων φοινικοειδών [ή φυτοϋγειονομικά ασφαλής αφαίρεση της προσβολής (δενδροχειρουργική) ή

φυτοϋγειονομικά ασφαλής θανάτωση του εχθρού (θερμική θανάτωση με μικροκύματα)], που θα συνοδεύεται με πλήρη και λεπτομερή καταγραφή των ευρημάτων (τοποθεσία, ξενιστές, σημεία προσβολών επί των φοινικοδένδρων, σύνθεση του ευρισκόμενου πληθυσμού του *R. ferrugineus*).

4. επεμβάσεις για την προστασία των φοινικοειδών με εντομοπαθογόνους νηματώδεις ή άλλα εγκεκριμένα σκευάσματα ή μεθόδους.
5. εγκατάσταση εκτεταμένου και συστηματικού δικτύου παγίδευσης του εντόμου (μόνο στα σημεία που έχουν παρατηρηθεί προσβολές)

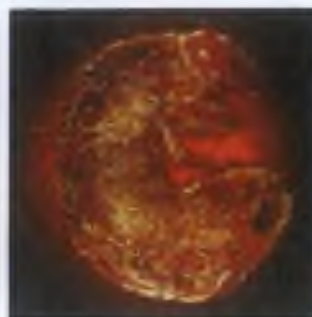
Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια να αναπτυχθεί ένα σύστημα αυτόματης ακουστικής ταυτοποίησης του *R. ferrugineus* καθώς και διαφόρων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων.



Εικ. 23 . Παγίδα



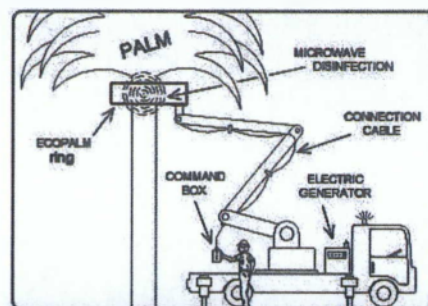
Εικ. 24 . Βιολογική αντιμετώπιση με εντομοπαθογόνο μύκητα *Beauveria bassiana*



Εικ. 25 . Βιολογική αντιμετώπιση με εντομοπαθογόνο νηματόδη



Εικ. 26 . Δενδροχειρουργική

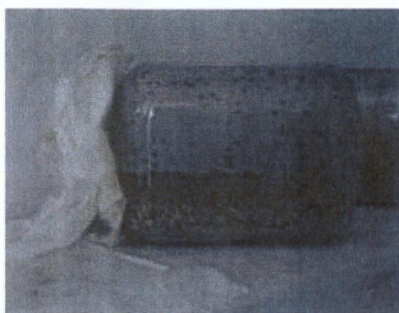


Εικ. 27 . Θερμική θανάτωση με χρήση μικροκυμάτων

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1. Εκτροφές των κολεοπτέρων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων

Τα κολεοπτέρα *Sitophilus oryzae*, *Rhyopertha dominica* και *Prostephanus truncatus* εκτράφηκαν στο εντομοτροφείο του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου σε αραβόσιτο, κριθάρι και σιτάρι σε θερμοκρασία 25οC και σχετική υγρασία 60%, στο σκοτάδι.



α)



β)



γ)

**Εικ. 28 .** Εκτροφές του *S. oryzae* (α. σε κριθάρι, β. σε αραβόσιτο, γ. σε σιτάρι) που διατηρούνται στο εντομοτροφείο του Εργαστηρίου Γεωργικής Εντομολογίας του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου



**Εικ. 29** . Εκτροφή του *R. dominica* που διατηρείται στο εντομοτροφείο του Εργαστηρίου Γεωργικής Εντομολογίας του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου.

## 2.2. Συσκευή ακουστικής ανίχνευσης AED 2000

Το όργανο “AED 2000” σε συνδυασμό με ,διαφόρων τύπων, ειδικούς αισθητήρες (sensors), όπως ο SP-1L αποτελεί ένα αποτελεσματικό εργαλείο, όσον αφορά την ανίχνευση εντόμων που παρασιτούν σε μία περιοχή. Οι εφαρμογές του είναι πολυάριθμες και εντοπίζονται κυρίως στην ανίχνευση τερμιτών που ζουν μέσα σε ξύλα, σε δέντρα και στο έδαφος, κανθάρων (σκαθαριών) και που τρέφονται με ρίζες ή ξύλο δένδρων, μυρμηγκιών, μελισσών και διαφόρων εντόμων που παρασιτούν σε αποθηκευμένα προϊόντα κ.α.



**Η συσκευή “AED 2000”**



**Ο αισθητήρας SP1 Probe15**

## Χαρακτηριστικά συσκευής

- Απλή λειτουργία ηλεκτρολογίου 12 θέσεων για πλοήγηση στο μενού
- Ένδειξη LCD, τεσσάρων γραμμών x 16 χαρακτήρες για επιλογή και ρύθμιση παραμέτρων
- Ρυθμιζόμενο Gain και Threshold, με LED που αναβοσβήνει όταν ξεπεραστεί η τιμή Threshold
- Αποδιαμορφωμένη έξοδος audio σήματος, που βοηθάει στον χαρακτηρισμό του σήματος. Σημαντικό χαρακτηριστικό σε εφαρμογές ανίχνευσης διαρροής χαμηλής συχνότητας, παρακολούθησης κατάστασης μηχανημάτων και εντοπισμού παρασίτων.
- Σειριακή θύρα, συνεχούς σύνδεσης, σε υπολογιστή.
- Λειτουργία με μπαταρίες ή ρεύμα (AC). Χρησιμοποιεί 2 κανονικές ή επαναφορτιζόμενες μπαταρίες των 9 Volt.
- Έξοδος AC σήματος για σύνδεση με παλμογράφο ή ψηφιακή ηχογράφηση.
- Ευρύ Bandwidth 1KHz – 2.5KHz
- Λειτουργία φίλτρου ζώνης με μεταβαλλόμενο bandwidth
- Αύξηση Gain μέχρι και 20 dB. 40 dB εσωτερικού Gain
- Μεταβαλλόμενο Threshold από 0 έως 5 Volt με διαβαθμίσεις των 20 mV
- Έξοδος DC ρεύματος 24 Volt, για σύνδεση με προενισχυτές ισχύος, και αισθητήρες εσωτερικής προενίσχυσης.

Το μοντέλο αισθητήρα SP1 Probe είναι σχεδιασμένο για μετρήσεις επαφής σε συνδυασμό με τη συσκευή AED 2000. Διαθέτει ένα set βιδωτών εξαρτημάτων, πολλαπλών εφαρμογών, που το μετατρέπουν σε πολυχρηστικό εργαλείο.

Ο αισθητήρας SP1 Probe διατίθεται σε 2 εκδόσεις :

Το SP1L είναι ένα μοντέλο αισθητήρα χαμηλής συχνότητας με έναν συντονισμένο κρύσταλλο στα 40 KHz και έναν ολοκληρωμένο προενισχυτή 40 dB. Με τη χρήση, ειδικά σχεδιασμένων, φίλτρων, ο SP1L μπορεί να λειτουργήσει στο 1KHz, για εφαρμογές ανίχνευσης διαρροής νερού και ανίχνευσης παρασιτικών εντόμων μέσα σε ξύλο, σε προϊόντα και στο χώμα. Το υψηλόσυχο μοντέλο SP1H είναι σχεδιασμένος για εφαρμογές των 100KHz και πάνω όπως είναι η ανίχνευση διαρροής σε σωληνώσεις υψηλής πίεσης, ανίχνευση διαρροής σε βαλβίδες,



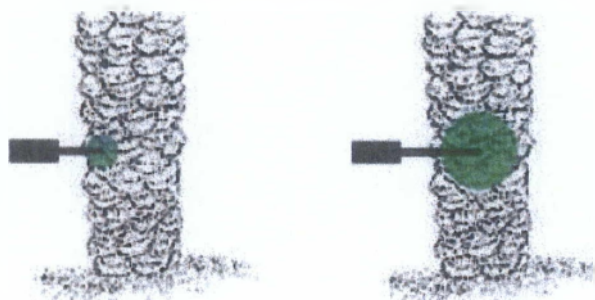
παρακολούθηση λειτουργίας μηχανημάτων και ανίχνευση μερικής αποφόρτισης μετασχηματιστών.

Μαζί με τους αισθητήρες, διατίθεται, επίσης, ένα σύνολο βοηθητικών προεκτάσεων όπως:

- Ένας ισχυρός μαγνήτης NeBFe για επαφή με φερομαγνητικά υλικά.
- Ένα ανοξειδωτο, ατσάλινο ακροσωλήνιο, κυρίως για εισαγωγή σε ξύλινες επιφάνειες και στο έδαφος.
- Ένα ανοξειδωτο, ατσάλινο ακροσωλήνιο, με ελαστικό περίβλημα, για εισαγωγή σε μαλακές επιφάνειες, ικανό να ελαχιστοποιεί τον θόρυβο επαφής σε χαμηλόσυχνες εφαρμογές.

### 2.3. Καταγραφή ήχων - Ανάλυση ηχητικής εκπομπής

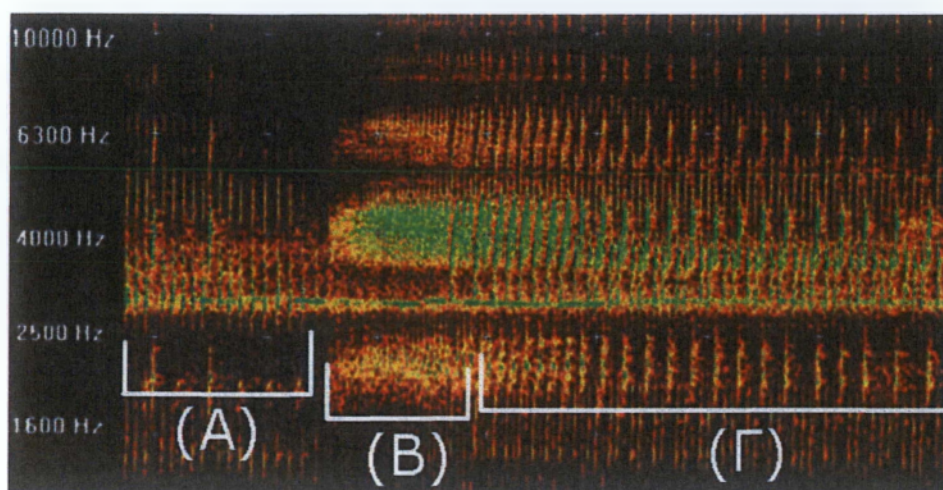
Οι παρατηρήσεις επί του *R. ferrugineus* έγιναν σε προσβεβλημένα φοινικοειδή. Οι καταγραφές επί των εντόμων αποθηκών έγιναν επί πληθυσμών που ελήφθησαν από τις εκτροφές.



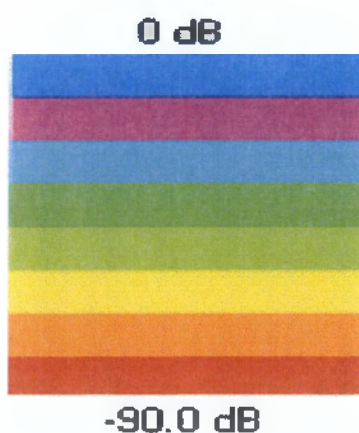
**Εικ. 30** Η ευαισθησία του ανιχνευτή αυξάνεται ανάλογα με το βάθος εισαγωγής

Όπως έχουμε αναφέρει, τα διάφορα είδη παράγουν ηχητικές εκπομπές, των οποίων η διαφορετικότητα δε γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο αυτί. Η γραφική αναπαράσταση του ήχου, οπτικοποιεί τις διαφορές αυτές, βοηθάει στην ηχητική ανάλυση και αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την ταυτοποίηση των ειδών.

Οι δύο πιο δημοφιλείς γραφικές αναπαραστάσεις είναι το φασματογράφημα (spectrogram) ή τρισδιάστατη ανάλυση συχνοτήτων.



Εικ. 31 Φασματογράφημα φώνησης τζιτζικιού.

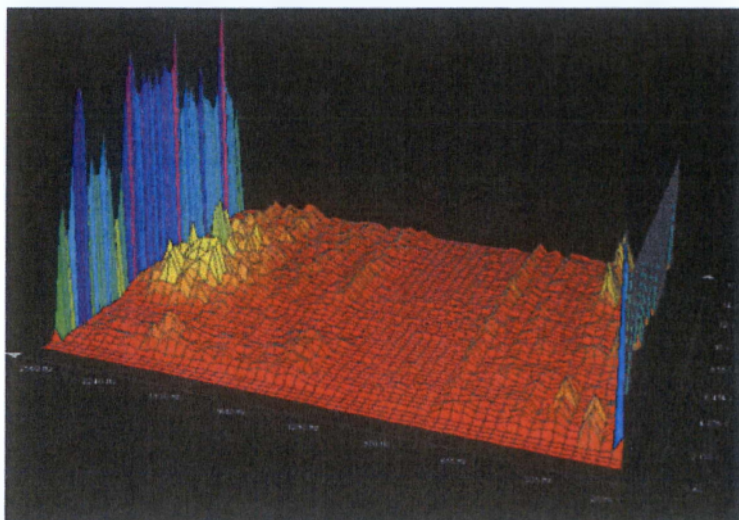


Εικ. 32 Αντιστοιχία χρωμάτων του φασματογραφήματος

Το φασματογράφημα είναι ένα γράφημα του οποίου οι άξονες αναπαριστούν, ο μὲν του  $x$  τον χρόνο και ο δε  $y$  την συχνότητα. Η τρίτη παράμετρος, που είναι το χρώμα, για έγχρωμο γράφημα, ή η πυκνότητα του χρώματος, για γράφημα που χρησιμοποιεί την κλίμακα του γκρι, απεικονίζει το πλάτος έντασης σε dB. Το γράφημα σχηματίζεται υπολογίζοντας τον Short-time Fourier Transformation (STFT) ενός παραθύρου του ήχου, ανά μικρά χρονικά διαστήματα και σχεδιάζοντας το μέτρο. Σύμφωνα με την αρχή της Αβεβαιότητας (Uncertainty Principle), δεν μπορούμε να έχουμε ακριβή ανάλυση και στο χρόνο και στη συχνότητα.

Τα φασματογραφήματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στα Ευρείας ζώνης και στα Στενής ζώνης. Το Ευρείας Ζώνης φασματογράφημα (Wideband Spectrogram) δίνει έμφαση στην ανάλυση, σε σχέση με το χρόνο, έτσι ώστε να παρακολουθείται ταχείες μεταβολές του φάσματος και υπολογίζεται χρησιμοποιώντας μικρών εύρων

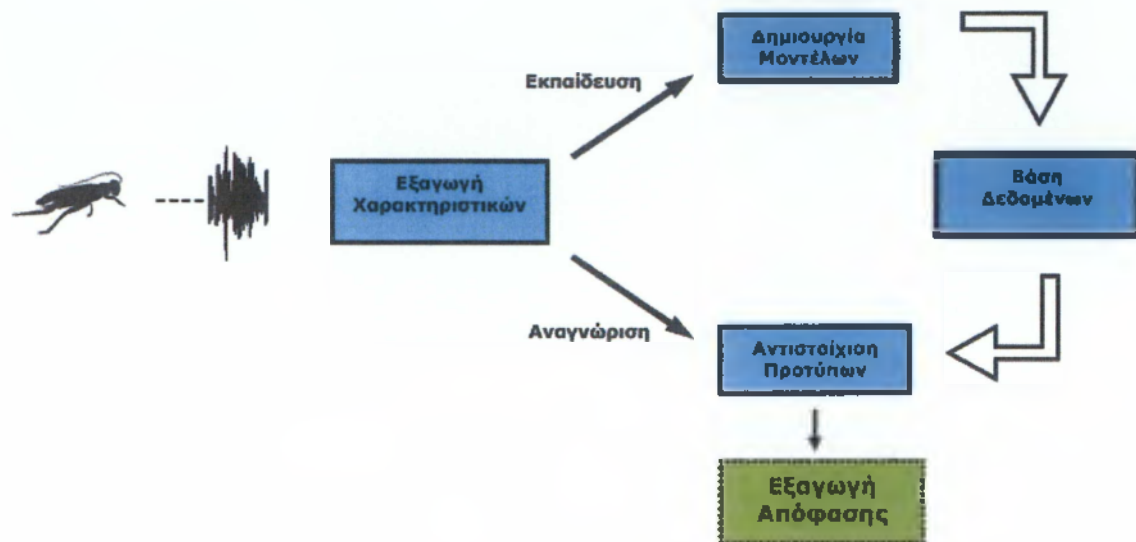
παράθυρα (περίπου 5-20 sec). Το Στενής Ζώνης φασματογράφημα (Narrowband Spectrogram) δίνει έμφαση στην ανάλυση, σε σχέση με τη συχνότητα, έτσι ώστε να αναπαριστά το φάσμα με αρκετή λεπτομέρεια. Υπολογίζεται χρησιμοποιώντας παράθυρα, με μεγαλύτερο εύρος (της τάξης των 50 msec). Στην τρισδιάστατη ανάλυση συχνοτήτων, οι δύο κάθετοι άξονες αντιστοιχούν στο χρόνο και στην συχνότητα, όπως και στο φασματογράφημα και το διαφορετικό χρώμα σε διαφορετικό πλάτος έντασης.



**Εικ. 33 Τρισδιάστατη ανάλυση συχνοτήτων φώνησης τζίτζικιού . Οι χαμηλές συχνότητες που παρουσιάζονται, προέρχονται από τον μηχανικό θόρυβο.**

Τα φασματογραφήματα χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, βάση του περιεχομένου τους. Τα χρονικά και τα φασματικά. Τα χρονικά είναι αυτά στα οποία η πληροφορία παρουσιάζεται να επαναλαμβάνεται σε ίσα χρονικά διαστήματα, έχοντας, πάντα, το ίδιο πλάτος έντασης και το ίδιο συχνοτικό περιεχόμενο. Τα φασματικά, είναι τα γραφήματα των οποίων η πληροφορία είναι συγκεκριμένη. Μπορεί να υπάρχουν μόνο κάποιες φράσεις που να επαναλαμβάνονται μεν αλλά άτακτα και χωρίς τα ίδια πλάτη έντασης δε, έχοντας πάντα το ίδιο συχνοτικό περιεχόμενο. Τα έντομα παράγουν ήχους, οι οποίοι τα βοηθούν στην προσέλκυση του θηλυκού εντόμου από το αρσενικό ή για να δηλώσουν την ενόχληση τους από άλλα έντομα. Μπορούν, ακόμα, να παράγουν ήχους, μη επιτηδευμένα, κατά την διάρκεια κάποιων λειτουργιών τους, όπως, για παράδειγμα, κατά την σίτισή τους, την πέψη τους και άλλα. Στο σχήμα φαίνεται το φασματογράφημα της φώνησης ενός τζίτζικιού. Είναι χρονικό, αφού μπορεί εύκολα να παρατηρηθεί ότι αποτελείται από μια συγκεκριμένη φόρμα, που επαναλαμβάνεται και αποτελείται από τρία διαφορετικά μοτίβα. Το (Α)

το (B) και το (Γ). Η συγκεκριμένη φώνηση έχει σκοπό να προκαλέσει ερωτικά το θηλυκό του είδους.



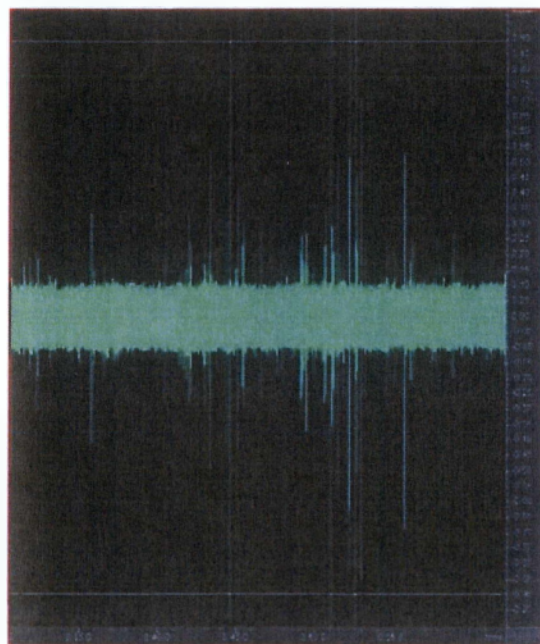
**Εικ. 34 Τα στάδια λειτουργίας ενός ολοκληρωμένου συστήματος αυτόματης αναγνώρισης**

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή των συγκρίσεων των ηχογραφήσεων της μελέτης με ηχογραφήσεις άλλων ερευνητών, είναι μια εφαρμογή που έχει υλοποιηθεί στο περιβάλλον του Matlab, της Mathworks Inc. Η διαδικασία η οποία ακολουθείται, προκειμένου να εξαχθεί η απόφαση σχετικά με την αναγνώριση ή την επιβεβαίωση ομιλητή, στην συγκεκριμένη εφαρμογή, αναλύεται στα παρακάτω στάδια:

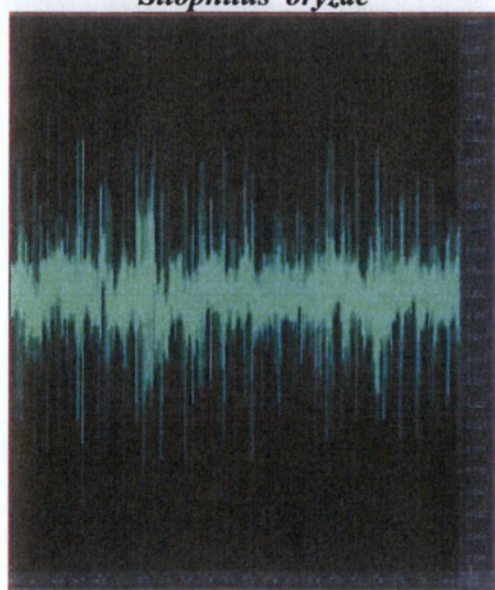
- Προέμφαση
- Εφαρμογή Παραθύρου
- Fast Fourier Transformation
- Δημιουργία Mel-Frequency κλίμακας
- Εξαγωγή του Cepstrum
- Μοντελοποίηση GMM

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

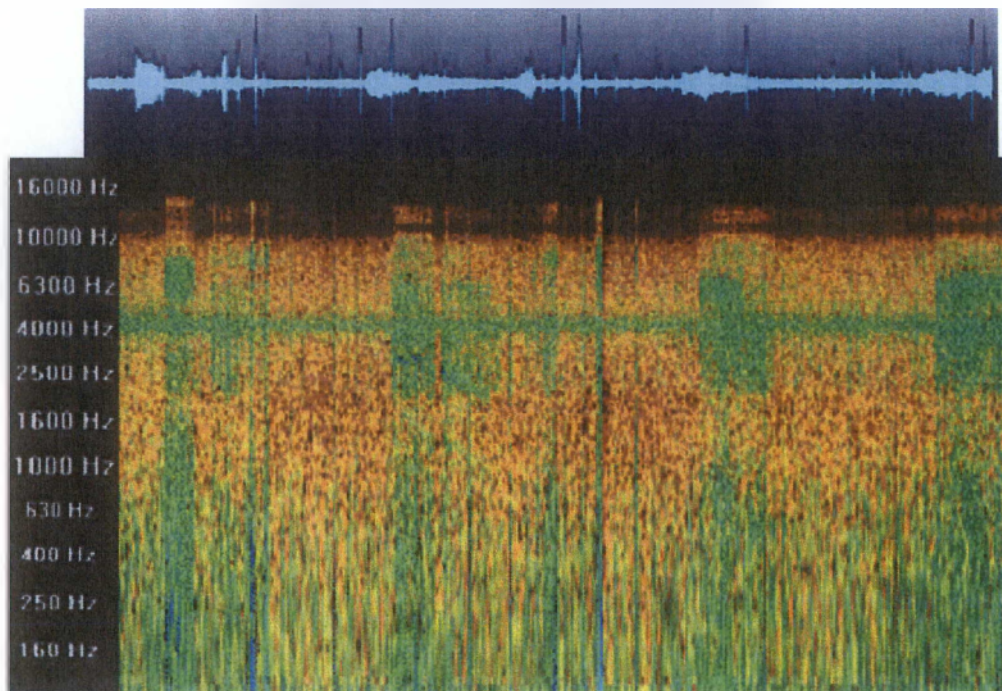
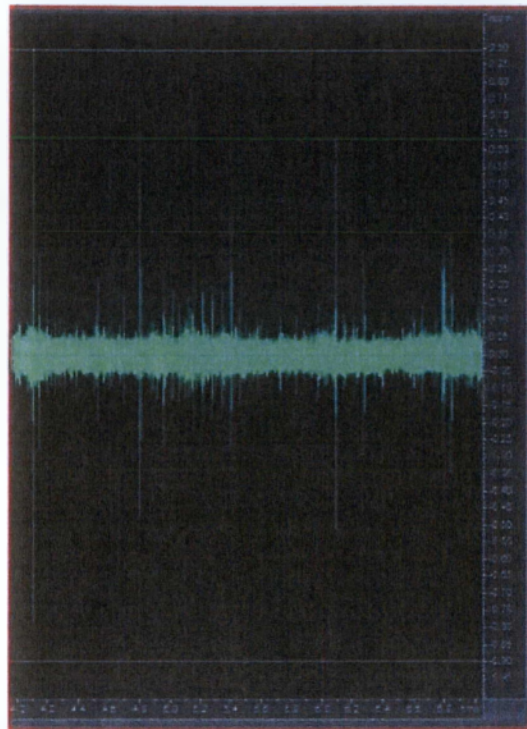
Στην περίπτωση των εντόμων που εξετάστηκαν στην παρούσα μελέτη οι ηχητικές εκπομπές που παράγονταν και εξετάστηκαν προέρχονταν από τη διαδικασία κίνησης και σίτισης των ακαμίων και των προνυμφών και όχι ως ερωτικό κάλεσμα ή επίδειξη κυριαρχίας σε μία περιοχή. Παρακάτω παρατίθενται οι ηχογραφήσεις για τα τρία είδη και το φασματογραφήματα από τις χαρακτηριστικότερες εκπομπές του *Rhynchophorus ferrugineus*.



*Sitophilus oryzae*



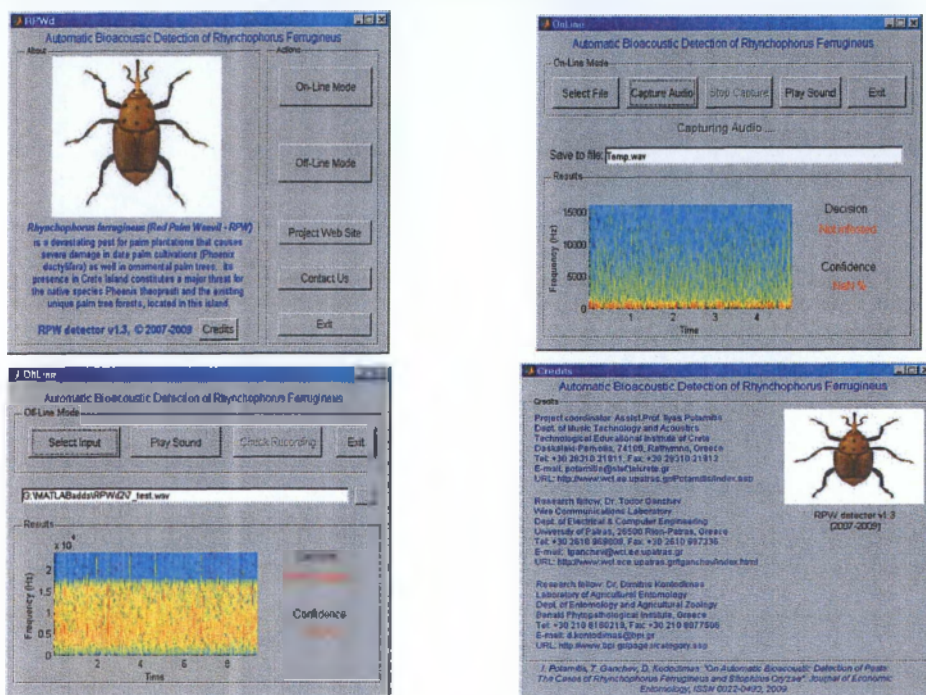
*Εικ. 35 Rhyzopertha dominica*



**Εικ. 36 *Rhynchophorus ferrugineus***

Οι ηχογραφήσεις αυτές συγκρίθηκαν με τις ηχητικές εκπομπές άλλων εντόμων (βλ. Παράρτημα). Τα αποτελέσματα έδειξαν ταυτοποίηση ηχογραφήσεων σε ποσοστό 99.1% για το *R. ferrugineus* και 100% για τους εχθρούς των αποθηκευμένων προϊόντων.

Το λογισμικό που δημιουργήθηκε και χρησιμοποιήθηκε για την ταυτοποίηση του *R. ferrugineus* βρίσκεται διαθέσιμο στο διαδίκτυο στον ιστοχώρο <http://www.wcl.ece.upatras.gr/ganchev/RPWd.html>.



Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης διαπιστώθηκε ότι είναι δυνατό να ανιχνευθούν και να ταυτοποιηθούν τα έντομα *Rhynchophorus ferrugineus*, *Sitophilus oryzae* και *Rhyzopertha dominica* εντός των ενδιαιτημάτων τους. Διαπιστώθηκε ότι τα ήδη υπάρχοντα αυτόματα συστήματα αναγνώρισης ανθρώπινης ομιλίας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές ανίχνευσης και αναγνώρισης ακουστικών εκπομπών εντόμων. Τα ποσοστά επιτυχίας ήταν αρκετά ενθαρρυντικά ώστε να μπορούμε να εμπιστευτούμε τέτοιου είδους συστήματα, για βιοακουστικές εφαρμογές ενώ η αύξηση του ποσοστού σωστής πρόβλεψης μπορεί να επιτευχθεί με την βελτίωση των αλγορίθμων, πάνω στους οποίους βασίζεται ένα σύστημα αυτόματης αναγνώρισης.

Επίσης περαιτέρω έρευνα θα δώσει τη δυνατότητα βελτίωσης του συστήματος ώστε να δίνει πληροφορία και για την πυκνότητα της προσβολής. Τέλος είναι δυνατό (κατ' αναλογία με τα υφιστάμενα ολοκληρωμένα συστήματα παρακολούθησης πουλιών, που αποτελούνται από πολλούς διάσπαρτους σταθμούς και καταγράφουν επί εικοσιτετράωρου τις φωνήσεις των πουλιών, τις οποίες ταξινομούν και τις αποστέλλουν αυτόματα μέσω δικτύου) να αναπτυχθούν συστήματα παρακολούθησης και αυτόματης καταγραφής εντόμων οικονομικής σημασίας.

#### 4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

**Potamitis, I., T. Ganchev and D.C. Kontodimas. 2009.** On automatic bioacoustic detection of pests: the cases of *Rhynchophorus ferrugineus* and *Sitophilus oryzae*. *J.Econ. Entomol.* 104: 1681-1690.

Αθανασίου, Χ. και Κ. Μπουχέλος. 1999. Κολεόπτερα αποθηκευμένων δημητριακών και συναφών προϊόντων στην Ελλάδα. Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Εντομολογικού Συνεδρίου, Ρ. 215.

**Λυκουρέσης Δ.Π., 1995.** Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση εντόμων-εχθρών καλλιεργειών. (Πανεπιστημιακές Παραδόσεις), Σελ. 69, 77.

**Μπουχέλος, Κ., 2006.** Έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Αθήνα, Ρρ 93.

**Σταμόπουλος, Δ., Κ., 1995.** Έντομα αποθηκών, μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, Ρρ 254.

**Aitken A.D., 1975.** *Insect travelers. I: Coleoptera.* Technical bulletin 31, HMSO, London, Ρρ 190.

**Arthur F.H., 2000b.** Impact of food source on survival of red flour beetles and confused flour beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed to diatomaceous earth. *J Econ Entomol* 93: 1347- 1356.

**Athanassiou C.G., Arthur F.H. and Throne J.E., 2009b.** Efficacy of spinosad in layer-treated wheat against five stored-product insect species. *J Stored Prod Res* 45: 236- 240.

**Athanassiou C.G., Arthur F.H. and Throne J.E., 2010a.** Effects of short exposures to spinosad-treated wheat on four stored-grain insects. *J Econ Entomol* 103: 197- 202.

**Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., Yiatilis A.E., Vayias B.J., Mavrotas C.S. and Tomanović Ž., 2008.** Influence of temperature and humidity on the efficacy of spinosad against four stored-grain beetle species. *J Insect Sci* 8: 60, Ρρ 9.



**Bonnemaïson L., 1967.** Οι ζωικοί εχθροί των καλλιεργούμενων φυτών και δασών. Τόμος II. Σελ. 28- 29.

**Chanbang Y., Arthur F.H., Wilde G.E. and Throne J.E. and Subramanyam Bh., 2008.** Susceptibility of eggs and adult fecundity of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*, Exposed to Methoprene. *J Insect Sci* 8: 48, Pp 6.

**Cox P.D. and Wilking, D.R., 1996.** The potential use of biological control of pests in stored grain. Research review 36. Home-grown cereals authority, London.

**Dal-Bello G., Padin S., Lopez-Lastra C. and Fabrizio M., 2001.** Laboratory evaluation of chemical-biological control of the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in stored grains. *J Stored Prod Res* 37: 77- 81.

**Fang L., Subramanyam Bh. and Dolder S., 2002b.** Persistence and efficacy of spinosad residues in farm stored wheat. *J Econ Entomol* 95: 1102- 1109.

**Fang L., Subramanyam Bh. and Arthur F.H., 2002a.** Effectiveness of spinosad on four classes of wheat against five stored product insects. *J Econ Entomol* 95: 640- 650.

**Hunt D.A., 1996.** 2-arylpyrroles: A new class of insecticide. Structure, activity, and mode of action. *Pestic sci* 47: 201- 202.

**Mian L.S. and Mulla M.S., 1982.** Residual activity on insect growth regulators against stored – product beetles in grain commodities. *J Econ Entomol* 69: 479- 480.

**Moore D., Lord J.C. and Smith S.M., 2000.** Pathogens. in: Subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W. [Eds]. Alternatives to pesticides in stored-product IPM. Kluwer academic publishers, Dordrecht, Pp 193- 227.

**Oberlander H., Silhaek D. L., Shayya E. and Isayya I., 1997.** Current status and future perspectives of the use of insect growth regulators for the control of stored product insects. *J Stored Prod Res* 33: 1- 6.

**Sall J., Lehman A. and Creighton L., 2001.** *JMP Start statistics. A guide to statistics and data Analysis using JMP and JMP IN software.* Duxbury Press, Belmont, CA, Pp 491.

**Samson P.R., and Parker R.J., 1989.** Laboratory studies on protectants for control of Coleoptera in maize. *J Stored Prod Res* 25: 49- 55.

**Shaaya E., Kostjukovski M., Eilberg J. and Sukprakarn C., 1997.** Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *J Stored Prod Res* 33: 7- 15.

**Smet H.J., Rans M. and De Loof A., 1989.** Activity of new juvenil hormone analogues on a stored food insect, *Tribolium confusum*. *J Stored Prod Res* 25: 165-169.

**Sokal R.R. and Rohlf F.J., 1995.** *Biometry*, 3rd Edition. WH freeman and company, Newyork, Pp 887.

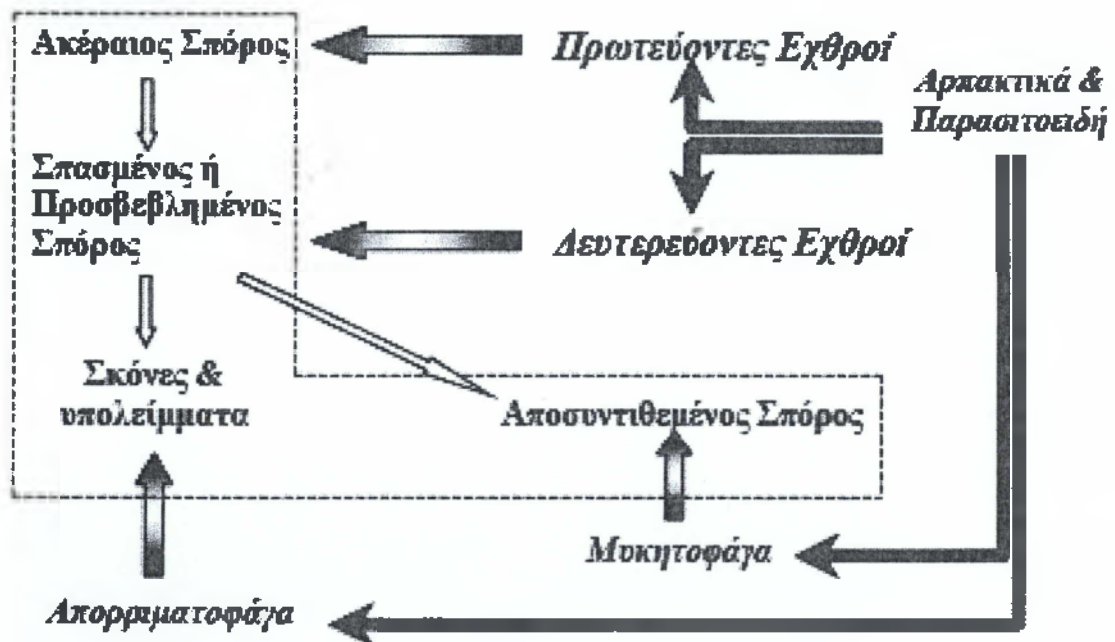
**Staal G.B., 1975.** Insect growth regulators with juvenile hormone activity. *Annu Rev Entomol* 20: 417- 460.

## 5. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Το Οικοσύστημα των αποθηκών - Γενικό πλέγμα τροφικών σχέσεων των εχθρών των αποθηκευμένων σιτηρών

Αρπακτικά,  
Παρασιτοειδή,  
Παθογόνα

Αρπακτικά,  
Παρασιτοειδή,  
Παθογόνα



Ολοκληρωμένη προστασία αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων

Προληπτικά μέτρα	Εγκαιρή διαπίστωση προσβολής	Θεραπευτικά μέτρα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Δομή και κατασκευή της αποθήκης</li> <li>• Υγιεινή</li> <li>• Ψύξη</li> <li>• Ξήρανση</li> <li>• Ερμητική αποθήκευση</li> <li>• Μικρός χρόνος αποθηκεύσεως</li> <li>• Συσκευασία INSECT - PROOF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Οπτικός έλεγχος</li> <li>• Έλεγχος σε :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- θερμοκρασία</li> <li>- υγρασία</li> <li>- πυκνότητα προϊόντος</li> <li>- κίνηση εντόμων</li> <li>- απώλεια προϊόντος</li> <li>- συγκέντρωση CO<sub>2</sub></li> </ul> </li> <li>• χρήση παγίδων</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φυσικές μέθοδοι</li> <li>• Βιολογική Καταπολέμηση</li> <li>• Βιοτεχνολογικές μέθοδοι</li> <li>• Χημική Καταπολέμηση</li> </ul>

## Προτάσεις εξάλειψης θορύβου

Είναι εύκολο να αντιληφθεί κανείς ότι για την εξαγωγή σωστών και επιτυχών αποτελεσμάτων στην αναγνώριση και την επιβεβαίωση ομιλητή, είναι σημαντικό οι ηχογραφήσεις να μην εμπεριέχουν θόρυβο. Το περιεχόμενο της ηχογράφησης δεν πρέπει να επικαλύπτεται από άχρηστη πληροφορία, όπως το θόρυβο από το βάθος πεδίου ή τον μηχανικό θόρυβο. Η διαφορά στάθμης db ανάμεσα στη μέγιστη στάθμη σήματος και την στάθμη του θορύβου, ονομάζεται λόγος σήματος προς το θόρυβο (signal to noise ratio S/N). Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος σήματος προς τον θόρυβο τόσο καθαρότερο ήχο έχουμε. Η αναλογία σήματος προς το θόρυβο πρέπει να είναι τουλάχιστον της τάξης των 40 db. Όσο οι αναλογίες γίνονται μικρότερες της τελευταίας, τόσο μειώνεται το ποσοστό επιτυχούς απόφασης από το σύστημα.

Υπάρχουν πολλές τεχνικές με τις οποίες μπορούμε να κρατήσουμε την αναλογία S/N σε υψηλά επίπεδα. Κάποιες από αυτές είναι:

A) Αρχικά ο πιο απλός τρόπος είναι να χρησιμοποιήσουμε μια πύλη θορύβου (Noise Gate) και να αφαιρέσουμε τον θόρυβο που πιθανότατα θα υπάρχει στον λαμβανόμενο ήχο. Αυτό όμως δεν έχει αποτέλεσμα, όταν η στάθμη του θορύβου κυμαίνεται στα επίπεδα του εκπεμπόμενου σήματος του παρασίτου, γιατί στην προσπάθεια μας να ρυθμίσουμε το Noise Gate να απομακρύνει το θόρυβο, θα απομακρύνει και πληροφορία που θέλουμε.

B) Μια άλλη τεχνική είναι να ηχογραφήσουμε ένα σήμα, με ένα αισθητήρα μέσα στον δέντρο ή χώμα κ.λ.π., χωρίς την παρουσία του εντόμου που θέλουμε να ηχογραφήσουμε. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα η ηχογράφηση αυτή να εμπεριέχει μόνο τον μηχανικό θόρυβο αλλά και τον θόρυβο βάθους του υλικού στο οποίο ηχογραφούμε. Έχοντας αυτήν την ηχογράφηση, γνωρίζουμε το συχνοτικό περιεχόμενο του θορύβου (συνήθως είναι χαμηλόσυχνος) και έτσι εύκολα, με την χρήση φίλτρων, μπορούμε να τον απομακρύνουμε. Το ίδιο αποτελέσματα και ίσως καλύτερο μπορούμε να έχουμε με την χρήση equalizer και compressor. Εισάγοντας το σήμα θορύβου στο EQ και ενισχύοντας τις συχνοτικές περιοχές που περιέχει, το σήμα εισάγεται στην Side Chain είσοδο του compressor ενώ στο IN εισάγεται το σήμα που περιέχει και το παράσιτο. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα στην έξοδο να έχουμε μόνο το σήμα εκπομπής του παρασίτου αφού ο compressor θα έχει συμπιέσει το ενισχυμένο από το EQ σήμα θορύβου.

Γ) Άλλος ένας τρόπος είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα σύνολο από Band Pass φίλτρα τα οποία θα επιτρέπουν να περνάνε μόνο οι συχνότητες στις οποίες εκπέμπει το εκάστοτε έντομο-παράσιτο που ηχογραφούμε. Σε περιπτώσεις, όμως, που ενδέχεται να εκπέμπονται ήχοι, οι οποίοι περιέχουν, σχεδόν, όλο το εύρος των συχνοτήτων (σύνηθες φαινόμενο των φωνήσεων του R.P.W.), ίσως είναι καταστροφικό, για την ταυτοποίηση του εντόμου, να μην εμπεριέχονται στο δείγμα που ηχογραφείται. Για τον λόγο αυτό, ίσως, να μην ενδείκνυται η χρήση των Band Pass φίλτρων σε τέτοιες περιπτώσεις αλλά, απλά, να γίνεται μια ενίσχυση στους υπόλοιπους ήχους που ταυτοποιούν το εκάστοτε είδος.

## Αυτόματη αναγνώριση ομιλίας

Τα συστήματα αναγνώρισης ομιλητή ταξινομούνται σε καθορισμένου και ακαθόριστου. Στην πρώτη περίπτωση το σύστημα «γνωρίζει», εκ των προτέρων, την φράση «κλειδί» ή τον κωδικό που θα προφέρει ο χρήστης. Αυτά τα συστήματα απαιτούν από τον χρήστη να επαναλάβει κάποιες συγκεκριμένες εκφράσεις, που συνήθως περιέχουν το ίδιο κείμενο με τα δεδομένα της «εκπαίδευσής» του. Σε αυτή την περίπτωση η γνώση λέξεων ή ακολουθιών λέξεων μπορεί να εκμεταλλευτεί προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση. Όσον αφορά την αναγνώριση ομιλητή ακαθόριστου κειμένου, το σύστημα δεν γνωρίζει, εξ' αρχής, το κείμενο που προφέρεται από τον χρήστη, είναι πιο ευέλικτο και τα μοντέλα πιθανότητας γίνονται πιο πολύπλοκα.

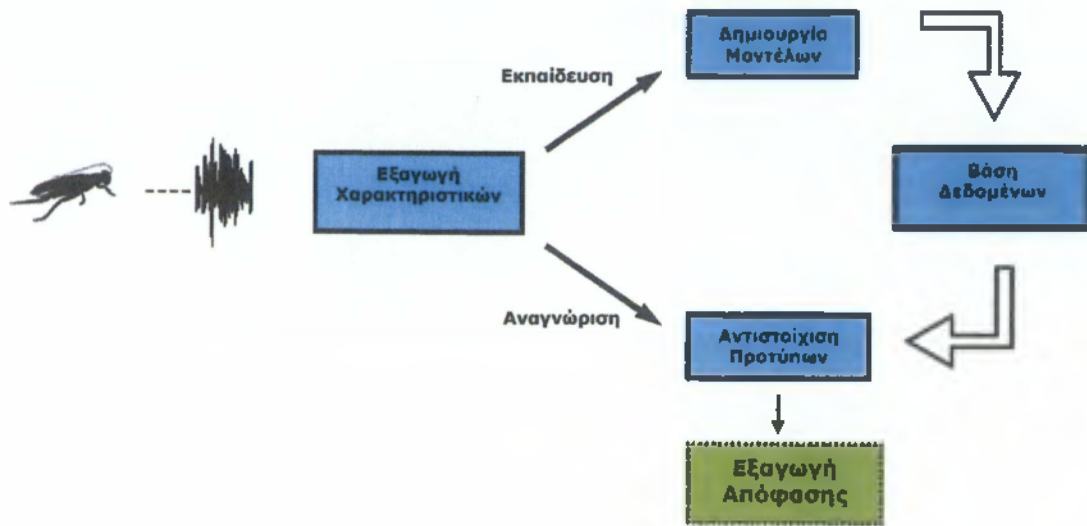
Καθορισμένο κείμενο		Ακαθόριστο κείμενο
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Πλεονεκτήματα
Γενικά, καλύτερη απόδοση όσο περιορίζεται η διαδικασία	Απαιτεί συγκεκριμένη και ακριβή άρθρωση του λόγου προκειμένου να γίνει η ταυτοποίηση	Το σύστημα είναι πιο ευέλικτο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μη συγκεκριμένο λόγο.
Το σύστημα βελτιώνεται όσο περιορίζεται το μέγεθος του κειμένου προς αναγνώριση	Απαιτείται δημιουργία μοντέλων και για τη δυναμική φύση του λόγου.	Δεν χρειάζεται η δημιουργία μοντέλων για την δυναμική του λόγου, οπότε υπάρχει υπολογιστικό κέρδος.
Υπάρχει αυξημένη ασφάλεια, καθώς το σύστημα είναι δύσκολο να εξαπατηθεί		

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα αναγνώρισης ομιλίας λειτουργεί σε 2 φάσεις. Αρχικά, προηγείται η φάση της εκπαίδευσης (training) του συστήματος και επακολουθεί η φάση της αναγνώρισης, που είναι και ο τελικός στόχος στον οποίο αποσκοπούμε.

**Εκπαίδευση συστήματος:** Εισάγουμε στο σύστημα φωνητικά δείγματα γνωστής προέλευσης, από τα οποία, με ειδική επεξεργασία, θα δημιουργηθούν τα μοντέλα πιθανότητας.

**Αναγνώριση:** Κάθε νέο, άγνωστο, φωνητικό δείγμα που εισάγεται στο σύστημα συγκρίνεται με τα ήδη υπάρχοντα, γνωστά δείγματα προκειμένου να επιτευχθεί η αναγνώριση, επιβεβαίωση ή ταυτοποίηση του ομιλητή.

Πρέπει να σημειώσουμε, όμως, ότι κάθε μοντέλο πιθανότητας που δημιουργείται αποθηκεύεται σε μία βάση δεδομένων, η οποία χρησιμεύει για την ταξινόμηση του κάθε νέου είδους που ανιχνεύεται. Οι βαθμίδες λειτουργίας του συστήματος φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.

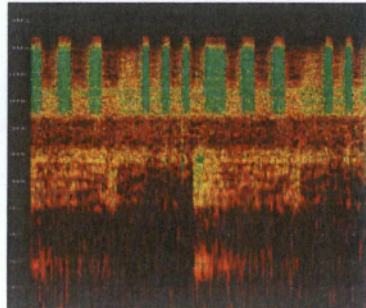


Ηχητικές εκπομπές εντόμων  
που συγκρίθηκαν με τις ηχογραφήσεις της παρούσας μελέτης

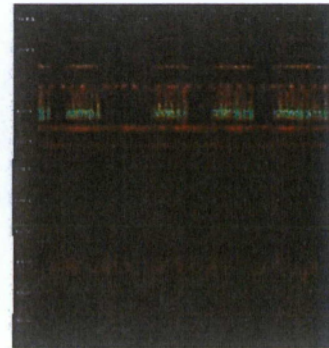
Orthoptera



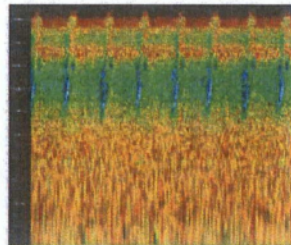
Acrididae



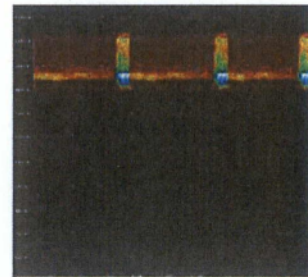
Gryllidae



*Teleogryllus sp.*



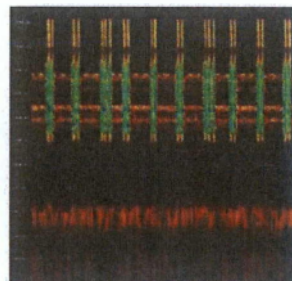
Gryllidae



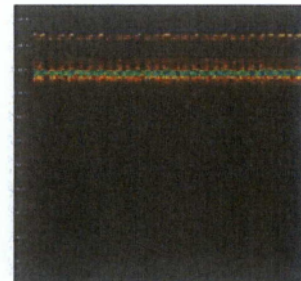
*Velarifictorus ornatus*



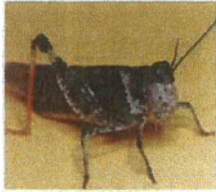
Tettigoniidae



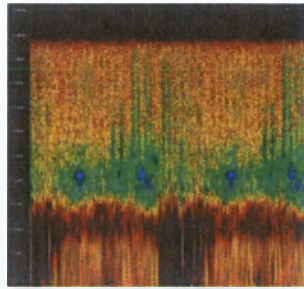
Gryllidae



## Hemiptera



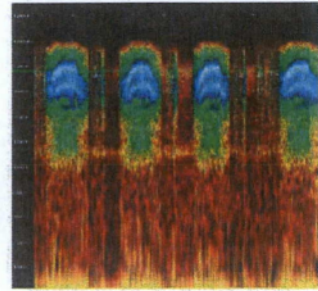
**Acrididae**



*Trimerotropis pallidipennis*



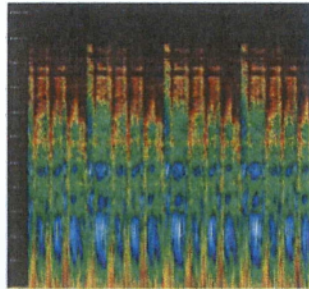
**Cicadidae**



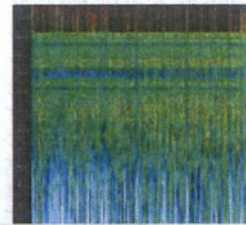
## Coleoptera



**Cerambycidae**



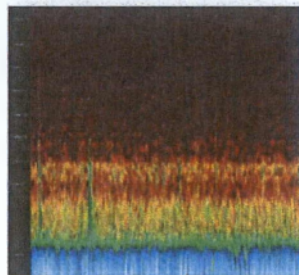
**Cerambycidae**



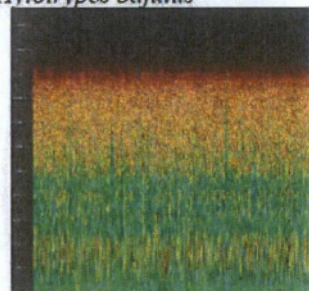
*Hylotrypes bajulus*



**Buprestidae**



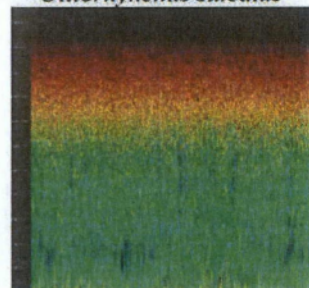
**Curculionidae**



*Ottiorhynchus sulcatus*



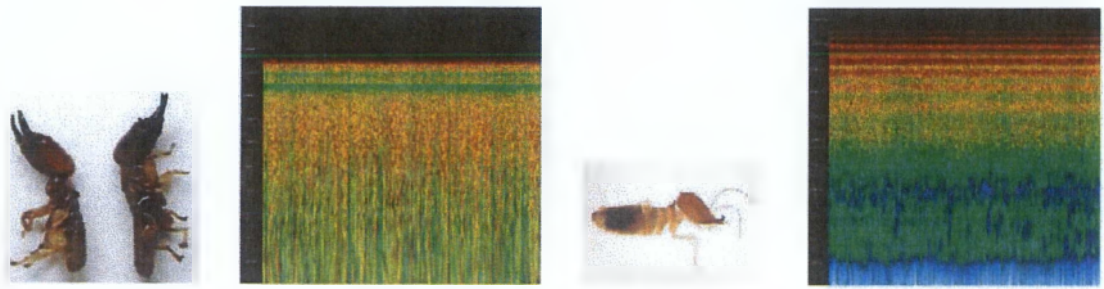
**Curculionidae**



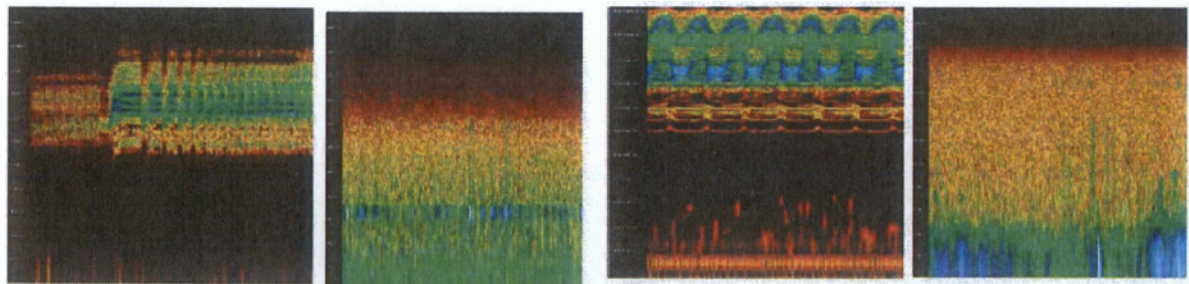
*Diaprepes abbreviatus*



## Isoptera



## Lepidoptera

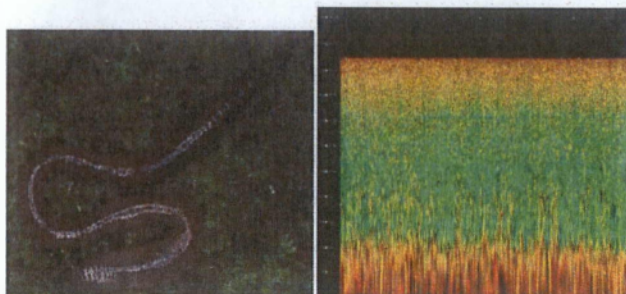


*Tosena melanoptera*

*Plodia interpunctella*

*aburazemi*

*Euzophera magnolialis*



Ηχητική εκπομπή γαιοσκώληκα Lubricidae